

# MÉTODOS E TÉCNICAS NO ESTUDO DA DINÂMICA DA PAISAGEM FÍSICA NOS PAÍSES DA CPLP - COMUNIDADE DOS PAÍSES DE EXPRESSÃO PORTUGUESA



Jorge L. P. Oliveira-Costa · Andréa A. Zacharias · Andréia M. Pancher

· organizadores ·

**Jorge L. P. Oliveira-Costa**

**Andréa A. Zacharias**

**Andréia M. Pancher**

(organizadores)

**MÉTODOS E TÉCNICAS NO ESTUDO  
DA DINÂMICA DA PAISAGEM FÍSICA  
NOS PAÍSES DA CPLP -  
COMUNIDADE DOS PAÍSES  
DE EXPRESSÃO PORTUGUESA**

**Concepção gráfica e Pré-impressão**

Nilton de Araújo Júnior

contato.najr@gmail.com - (55 14) 99196-8466

**2022**

**EUMED**

**Málaga - España**

## **SOBRE OS ORGANIZADORES**

### **JORGE LUIS P. OLIVEIRA-COSTA**

Doutorando em Geografia Física. Universidade de Coimbra (Faculdade de Letras), CEGOT (Centro de Estudos de Geografia e Ordenamento do Território), Largo da Porta Férrea, CEP: 3030-370, Coimbra, Portugal.

E-mail: oliveiracostajorge@gmail.com



### **ANDRÉA APARECIDA ZACHARIAS, PhD.**

Universidade Estadual Paulista – UNESP (Faculdade de Ciências, Tecnologia e Educação – FCTE/UNESP-Ourinhos), PPGGEO/UNESP RIO CLARO, GEOCART (Grupo de Pesquisa ‘Geotecnologias e Cartografia Aplicadas à Geografia’/CNPq), Campus Ourinhos, CEP: 19903-302, Campus Rio Claro, CEP: 3506-562, São Paulo.

E-mail: andrea@ourinhos.unesp.br



### **ANDRÉIA MEDINILHA PANCHER, PhD.**

Universidade Estadual Paulista UNESP (Instituto de Geociências e Ciências Exatas – IGCE - Departamento de Geografia e Planejamento Ambiental – DGPA/UNESP-Rio Claro), PPGGEO/UNESP-RIO CLARO, GEOCART (Grupo de Pesquisa ‘Geotecnologias e Cartografia Aplicadas à Geografia’/CNPq), Campus Rio Claro, CEP: 3506-562, São Paulo.

E-mail: am.pancher@unesp.br

# SUMÁRIO

<b>Palavra dos organizadores</b> .....	<b>6</b>
<b>Carta ao leitor</b> .....	<b>7</b>
<b>1. A ABORDAGEM SISTÊMICA NO ESTUDO DA DINÂMICA DA PAISAGEM</b>	
<b>O GTP aplicado ao estudo do meio ambiente</b> .....	<b>10</b>
<i>Messias Modesto dos Passos</i>	
<b>Perfis geocológicos e avaliação da estrutura das paisagens: uma perspectiva geossistêmica</b> .....	<b>31</b>
<i>Adalto Moreira Braz • Cristina Silva de Oliveira</i>	
<b>2. MUDANÇAS GLOBAIS: O CLIMA E AS NOVAS PAISAGENS</b>	
<b>Uma visão social sobre o clima e seus significados nas paisagens climáticas dos lugares, o Pantanal/Brasil no contexto das mudanças climáticas</b> .....	<b>49</b>
<i>Charlei Aparecido da Silva • Edson Soares Fialho • Vinicius Machado Rocha</i>	
<b>Validação dos dados de precipitação e temperatura do ar da reanálise ERA5 - interim do ECMWF</b> .....	<b>77</b>
<i>João Alberto Fischer Filho • Daniela Fernanda da Silva Fuzzo</i>	
<b>3. PAISAGEM, CONSERVAÇÃO DA NATUREZA E IMPACTOS AMBIENTAIS</b>	
<b>Diagnósticos e intervenções: estudos de caso sobre vulnerabilidade/fragilidade da paisagem e conservação dos solos</b> .....	<b>89</b>
<i>João Osvaldo Rodrigues Nunes • Caio Augusto Marques dos Santos • Dener Toledo Mathias • Leda Pedro Correia Miyazaki • Melina Fushimi</i>	
<b>Interpretação, mapeamento e gestão territorial da paisagem vegetal do Parque Nacional Serra da Capivara, Piauí-Brasil</b> .....	<b>115</b>
<i>Jorge Luis P. Oliveira-Costa</i>	
<b>As invasões biológicas beneficiam-se da paisagem? O estado ambiental das paisagens impulsiona as tendências regionais de distribuição e abundância de espécies invasoras em Portugal Continental</b> .....	<b>188</b>
<i>Jorge Luis P. Oliveira-Costa</i>	

#### 4. PAISAGEM, PLANEJAMENTO AMBIENTAL E BACIAS HIDROGRÁFICAS

**A cartografia geomorfológica evolutiva como instrumento para o estudo da paisagem** 227  
*Cenira Maria Luppinaci • Estêvão Botura Stefanuto*

**A Análise Fatorial Exploratória (AFE) e a Álgebra de Mapa como metodologias na modelagem de padrões espaciais: análises a partir da vulnerabilidade social e ambiental em paisagens com riscos hidrológicos e hidrogeológicos** ..... 247  
*Matheus Rizato • Bruno Zucherato • Andréa Aparecida Zacharias*

**Compartimentação fisiográfica aplicada a estudos geoambientais: conceitos, método e exemplos de aplicação** ..... 279  
*José Eduardo Zaine • Flávio Henrique Rodrigues • André de Andrade Kolya*

**Estado Ambiental das unidades físico naturais sob a perspectiva geocológica: Região da Baixada Santista-SP** ..... 302  
*Regina Célia de Oliveira • Marcelo da Silva Gigliotti • André do Santos Ribeiro*

**O Processo de Análise hierárquica (AHP) na modelagem dos fatores socioambientais à inundação na região administrativa do Lavapés, Bragança Paulista, São Paulo, Brasil** 327  
*Franciele Caroline Guerra • Andréa Aparecida Zacharias • Lúcio Cunha*

#### 5. PAISAGENS URBANO-CULTURAIS, QUALIDADE AMBIENTAL, RISCOS E JUSTIÇA AMBIENTAL

**Qualidade ambiental urbana: análise e múltiplos recortes espaciais em Rio Claro, São Paulo, Brasil** ..... 351  
*Marcos Paulo Almeida Fornazieiro • Andréia Medinilha Pancher*

**Desafios e perspectivas no mapeamento da Justiça Ambiental no Brasil** ..... 370  
*Rúbia Gomes Morato • Fernando Shinji Kawakubo • Marcos Roberto Martines*

**Valorização de paisagens culturais rurais: estudo da Vila Sarney na Área de Proteção Ambiental de Maracanã (São Luís, Maranhão, Brasil)** ..... 386  
*Fabiana Pereira Correia • Luciene Cristina Risso*

## PALAVRA DOS ORGANIZADORES

Este Livro nasceu da iniciativa de uma rede de estudos sobre PAISAGEM, estabelecida entre pesquisadores brasileiros que organizam o workshop internacional LANDSCAPE REPRESENTATIONS, celebrado em sua segunda edição em Março de 2022 na Universidade Estadual Paulista UNESP - Campus Rio Claro. Através do presente livro, vemos uma oportunidade de divulgar nossas 'visões' da PAISAGEM, por meio de conceitos e aplicações sob abordagem interdisciplinar. Por isso, nós os coordenadores desta obra gostaríamos de agradecer a todos os nossos colegas e colaboradores que tem possibilitado a realização deste Livro. Ainda, nossos agradecimentos ao CEGOT Universidade de Coimbra (Centro de Estudos de Geografia e Ordenamento do Território), a UNESP Rio Claro, ao seu Programa de Pós-Graduação em Geografia, e ao Grupo de Pesquisa em Geotecnologias e Cartografia Aplicadas à Geografia - GEOCART/CNPq, pelo suporte que foi oferecido na realização do livro, e também à equipe científica e executiva da Editora EUMED.NET (Málaga), pela oportunidade de publicação do livro, e ao Sr. Nilton Araujo Junior, pelo suporte nos trabalhos de edição final e diagramação da presente obra.

*J.L.P.O.C., A.A.Z. e A.M.P.*

*Coimbra (Portugal) e Rio Claro (São Paulo-Brasil)*

*Dezembro, 2021.*



Cofinanciado por:



POCI-01-0145-FEDER-006891



1 2 9 0



UNIVERSIDADE DE  
COIMBRA

## CARTA AO LEITOR

É com imensa satisfação que apresentamos o Livro “*Métodos e Técnicas no Estudo da Dinâmica da Paisagem Física nos Países da CPLP - Comunidade dos Países de Expressão Portuguesa*”, publicado em formato eletrônico pela Editora/Grupo EUMED.NET, Universidad de Malaga, España.

A obra é idealizada em conjunto pelo Centro de Estudos de Geografia e Ordenamento do Território (CEGOT) da Universidade de Coimbra – UC/Portugal, e pelo Grupo de Pesquisa em Geotecnologias e Cartografia Aplicadas à Geografia (GEOCART/CNPq), sediado na Universidade Estadual Paulista – UNESP/São Paulo/Brasil, como resultado de parcerias estabelecidas entre alguns de seus pesquisadores.

Direcionado para investigadores, técnicos, gestores, tomadores de decisão, docentes e discentes do ensino superior, além de cidadãos interessados em aprofundar os conhecimentos acerca das temáticas abordadas, o livro reveste-se de grande importância na atualidade por apresentar diferentes técnicas e métodos das representações no estudo da dinâmica física das paisagens, reforçando sua importância não somente para as ciências ambientais, mas também para a conservação, o planejamento e a gestão do território.

Em um contexto fortemente marcado por mudanças globais, incertezas e com fortes tendências de alterações nas dinâmicas sociais, resultado de processos como das alterações climáticas e, mais recentemente, do momento pandêmico vigente, torna-se urgente a necessidade de avançar no conhecimento e inovação associados à adoção de práticas de gestão e manejo dos recursos naturais e humanos, numa perspectiva integrada e descentralizada. Assim, a presente obra contribui neste debate trazendo reflexões que se traduzem em novos desafios para o (re)pensar científico nos dias de hoje, sobre como suscitar discussões e avanços no âmbito da problemática: “*qual o papel da Ciência da Paisagem e de suas interfaces interdisciplinares na contemporaneidade?*”.

Com esta perspectiva e sob esta problemática, o presente Livro *MTEDPF-CPLP* reúne a produção científica de investigadores de diferentes instituições de pesquisa e ensino superior Luso-Brasileiras, além de contemplar trabalhos de professores pesquisadores que têm produzido relevantes contribuições para o debate e o aprofundamento das áreas de conhecimento destacadas.

Por um lado, dada a qualidade e a distribuição geográfica diversa das instituições de origem dos contribuidores do livro, as produções que compõem a obra mostram a evidência do potencial e da abrangência do campo de estudo sobre “*Landscape*” para as pesquisas científicas de natureza interdisciplinar; por outro lado, esta obra poderá servir como exemplo para a geografia moderna ao congregar o conjunto de processos que devem compor uma agenda de ações de investigação e de integração das diferentes interfaces do estudo da Paisagem associados ao espaço físico e humano, à geografia e suas especialidades.

Desse modo, em síntese, o modelo teórico sobre “*Landscape*” que é apresentado através deste livro visa compreender e analisar desde os impactos dos processos amplos de degradação ambiental e agravamento da fragilidade das paisagens, bem como, investigar e reunir os principais conceitos e teorias clássicas do estudo da paisagem, sob uma visão multidisciplinar entre sociedade, natureza, e questões culturais.

Dividido em 5 (cinco) eixos, e subdividido em 15 (quinze) capítulos, o livro aborda questões contemplando desde os princípios do(s) conceito(s) de Paisagem e as dicotomias envolvidas, os métodos de classificação, mapeamento, modelagem espacial em ambiente SIG, análise geoestatística das condicionantes paisagísticas, até as interações entre ‘paisagens culturais’ e ‘paisagens urbanas’, e o debate sobre ‘qualidade ambiental urbana’ e ‘justiça ambiental’, onde:

O **eixo 1** - “*A Abordagem Sistêmica no Estudo da Dinâmica da Paisagem*” -, contempla o debate acerca da Teoria GTP aplicada ao estudo do meio ambiente, e a aplicação de perfis geoecológicos na avaliação da estrutura das paisagens, pela perspectiva geossistêmica.

O **eixo 2** – “*Mudanças Globais: o Clima e as Novas Paisagens*” -, traz uma visão social sobre o clima e seus significados nas paisagens climáticas dos lugares, apoiando como estudo de caso o Pantanal brasileiro no contexto das mudanças climáticas. Ainda, apresenta aplicação da validação de dados de precipitação e temperatura do ar pela reanálise ERA5 - interim do ECMWF.

O **eixo 3** – “*Paisagem, Conservação da Natureza e Impactos Ambientais*” -, reúne modelos teóricos e novas propostas metodológicas para obter: a) os diagnósticos e intervenções sobre a vulnerabilidade/fragilidade das paisagens, relacionando à conservação dos solos; b) a interpretação, o mapeamento e a gestão territorial das paisagens vegetais, a partir de estudo de caso com a Caatinga do Parque Nacional Serra da Capivara, Sudeste do Piauí; c) o estudo da dispersão de espécies exóticas, tendo como caso ecogeográfico a dispersão do gênero *Acacia* na Bacia do Rio Arouce, Região Centro de Portugal.

O **eixo 4** – “*Paisagem, Planejamento Ambiental e Bacias Hidrográficas*” -, (i) apresenta a cartografia geomorfológica evolutiva como instrumento para o estudo da paisagem; (ii) discute sobre a análise fatorial exploratória (AFE) e a álgebra de mapa como metodologias na modelagem de padrões espaciais, tendo como perspectiva algumas análises a partir da vulnerabilidade social e ambiental em paisagens com riscos hidrológicos e hidrogeológicos; (iii) trata do tema da compartimentação fisiográfica aplicada a estudos geoambientais, tendo como meta os conceitos, as técnicas, e alguns exemplos de aplicação; (iv) identifica o estado ambiental das unidades físico naturais da Região da Baixada Santista (localizada no Estado de São Paulo) sob a perspectiva geoecológica; (v) e, por último, traz a análise hierárquica de processo (AHP) na modelagem dos fatores socioambientais à inundação na Região Administrativa do Lavapés, localizada na cidade de Bragança Paulista, Estado São Paulo, Brasil.

O **eixo 5** – “*Paisagens Urbano-Culturais, Qualidade Ambiental, Riscos e Justiça Ambiental*” -, oferece importantes índices, na atualidade, para mensurar a qualidade ambiental urbana, a partir de análises e múltiplos recortes espaciais na cidade de Rio Claro, São Paulo. Ainda, propõe analisar a convergência entre os desafios e as perspectivas no mapeamento da Justiça Ambiental no Brasil. Também apresenta os resultados de pesquisas sobre a valorização das paisagens culturais rurais, a partir de estudos realizados na Vila Sarney, Área de Proteção Ambiental Maracanã, Cidade de São Luís, Maranhão, Brasil.

Desse modo, o livro reúne capítulos científicos inéditos, resultado de investigações, ensaios e/ou relatos de experiência com foco na PAISAGEM, integrando modelos teóricos e operacionais a partir de abordagens multidisciplinares, onde é posto em evidência a paisagem em diálogo com o ensino superior, cujo público-alvo são professores, estudantes, gestores, técnicos, além de curiosos sobre a temática em apreço.

Boa leitura a todos!

Os organizadores,

Jorge Luis P. Oliveira-Costa – UC/CEGOT-Coimbra/Portugal

Andréa A. Zacharias – UNESP/FCTE-Ourinhos/GEOCART/CNPq-Brasil

Andréia Medinilha Pancher – UNESP/IGCE-Rio Claro/GEOCART/CNPq-Brasil

# 1

## **A ABORDAGEM SISTÊMICA NO ESTUDO DA DINÂMICA DA PAISAGEM**

# O GTP APLICADO AO ESTUDO DO MEIO AMBIENTE

Messias Modesto dos Passos<sup>1</sup>

**RESUMO:** Inicialmente é preciso chamar a atenção para o surgimento do geográfico na mídia, nas políticas de ordenamento territorial e no cotidiano das pessoas. Esse geográfico está explícito na espetacularização do meio ambiente, quer seja através das imagens de catástrofes, de cenários paisagísticos; mas, também, na necessidade de se considerar as potencialidades de determinados territórios em termos de recursos naturais: água, solo, biodiversidade, geodiversidade etc. nas políticas de Ordenamento do Território.

A complexidade da abordagem paisagística obriga o geógrafo a repensar e recentrar sua posição disciplinar, suas relações com os outros saberes e seus métodos de trabalho: Meio ambiente, espaço, paisagem, território... são 'palavras-chaves', carregadas de mestiçagem, e constituem temas transversais da geografia. Temos que superar os métodos científicos clássicos para desenvolver uma problemática cultural, científica, social: de complexidade e de diversidade. É preciso entender a estrutura, o funcionamento e a história da natureza. Esse conjunto precisa, para compreendê-lo, uma metodologia global. A compreensão geográfica do meio ambiente deve se manifestar essencialmente na perspectiva de territorializar o meio ambiente, ou seja, de enraizá-lo no território dos homens e na longa história das sociedades, fornecendo os meios conceituais e metodológicos de fazer avançar o conhecimento ambiental nesse campo. O paradigma GTP (Geossistema–Território–Paisagem), é uma construção de tipo sistêmico destinada a demonstrar a complexidade do meio ambiente geográfico respeitando, tanto quanto possível, a sua diversidade e sua interatividade. A recentragem em torno dos conceitos de *estrutura* e de *sistema*, e do princípio de *auto-organização*, relançou a Ecologia em torno do conceito renovado de ecossistema e, a Geografia Física, em torno do conceito de geossistema. Esses conceitos são unívocos e, apesar da grande relevância dos mesmos, devemos avançar na aplicação do GTP: Geossistema – um conceito naturalista, com dimensão antrópica; Território – um conceito social, com dimensão naturalista e Paisagem: que representa o espaço-tempo da cultura, da arte, da estética, do simbólico e do místico. Ela é o lado sensível do Meio Ambiente.

**Palavras-chave:** Meio Ambiente; Geossistema; Território; Paisagem.

---

<sup>1</sup> Programa de Pós-Graduação em Geografia da FCT-UNESP, Campus de Presidente Prudente/SP – Brasil. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1825-0097>. E-mail: [mmpassos86@gmail.com](mailto:mmpassos86@gmail.com)

## Introdução

É preciso considerar que desde que a gente fala de paisagem, de meio ambiente, de gestão, de ordenamento ou de território, a gente fala sempre do mesmo objeto. É um conjunto que a gente não pode utilizar com uma única metodologia. É um paradigma que tem em consideração os elementos híbridos (exemplo: natureza/sociedade, individual/coletivo, ordinário/extraordinário). É uma entrada particular no território que é função de cada um.

A valorização da paisagem pelos meios de informação moderna e a comunicação de escala industrial está na moda. Há uma leitura sociológica evidente do fenômeno: a paisagem como meio de afirmação e de dominação de grupos sociais privilegiados, a paisagem que se vende e que faz vender, a paisagem elaboração de classe e objeto de mercado. Inegavelmente a beleza cênica da paisagem é objeto de manipulação, de *marketing*.

A complexidade da abordagem paisagística obriga o geógrafo a repensar e recentrar sua posição disciplinar, suas relações com os outros saberes e seus métodos de trabalho.

Meio ambiente, espaço, paisagem, território... são 'palavras-chaves', carregadas de mestiçagem, e constituem temas transversais da geografia. A análise epistemológica desta disciplina revela, no entanto, fortes flutuações quanto à apreensão do conceito de paisagem.

## A dimensão epistemológica da noção de Meio Ambiente

*A questão não é saber se a Geografia é a ciência do meio ambiente, e, sim, reconhecer o geográfico do meio ambiente.*

Inicialmente é preciso chamar a atenção para o surgimento do geográfico na mídia, nas políticas de ordenamento territorial e no cotidiano das pessoas. Esse geográfico está explícito na espetacularização do meio ambiente, quer seja através das imagens de catástrofes, de cenários paisagísticos; mas, também, na necessidade de se considerar as potencialidades de determinados territórios em termos de recursos naturais: água, solo, biodiversidade, geodiversidade etc. nas políticas de Ordenamento do Território.

A noção de sustentabilidade, que introduziu a reflexão e a ação em matéria de desenvolvimento, se apresenta muito clara: a referência à lógica de progresso das sociedades humanas, coloca a ênfase sobre a necessária articulação entre a viabilidade econômica das formas tomadas por este desenvolvimento, sua capacidade de não colocar em perigo os recursos ambientais sobre os quais ele se funda, e o caráter equitativamente benéfico de seus efeitos sobre os diferentes grupos sociais (Conferência Mundial sobre o desenvolvimento sustentável, 2000). É, portanto, neste "conceito" que as questões de sustentabilidade devem ser entendidas, ou seja, integrando as questões que correspondem aos meios naturais e às dinâmicas sociais. Lembramos que, não se trata de identificar e de proteger os meios frágeis de um lado e de outro de "sacrificar" regiões em nome de um desenvolvimento econômico e social, mas, sobretudo, de conservar os meios nos quais as sociedades possam se desenvolver em plena coerência.

Atravessamos hoje em dia uma revolução cultural: não apenas científica, mas de todo conjunto. Temos que superar os métodos científicos clássicos para desenvolver uma problemática cultural, científica, social: de complexidade e de diversidade.

Uma nova maneira de ver o mundo das relações humanas com o planeta. Passando da Natureza para a Sociedade. Esse mundo não é somente da Natureza.

A crise contemporânea da natureza fez da pesquisa sobre o meio ambiente uma moda e uma necessidade. O meio ambiente é, antes de tudo, um imenso questionamento, global e confuso, quase metafísico, que a sociedade faz a si mesma e, mais precisamente, ao conjunto da comunidade científica.

A Natureza não é somente um recurso. É preciso diagnosticar e prognosticar como ela funciona por si mesmo. A natureza são recursos quantitativos e qualitativos. É preciso entender a estrutura, o funcionamento e a história da natureza. Esse conjunto precisa, para compreendê-lo, uma metodologia global.

É preciso desenvolvermos uma dimensão sensível da Natureza e teoricamente desenvolver os cinco sentidos: ver, tocar, sentir, cheirar, paladar, ou seja, Meio Ambiente: a palavra e a coisa.

Consideramos a COISA, uma referência ao planeta, desde o ponto de vista humano: o que se vê, o que se come, o que se toca, o que se cheira, o que se ouve (os cinco sentidos).

A PALAVRA Meio Ambiente/*environnement* (uma palavra inglesa) foi inventada em 1972. A verdadeira revolução foi quando o Meio Ambiente mudou de concepção, nos anos 1980/90.

Apartir da Conferência Internacional Sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento Humano, realizada na cidade do Rio de Janeiro, em 1992, o Meio Ambiente passa a ser considerado como uma questão de sociedade. E, então, surgem novas estratégias/concepções mundiais para o enfrentamento da problemática. Enfrentamentos muitos distintos entre os países do Norte e do Sul. Esta concepção foi agravada pelas crises do clima.

O meio ambiente é um exemplo acabado de palavra “que engloba tudo”, que todo mundo ouve, mas que cada um compreende ao seu gosto. Sua evolução semântica é uma deriva:

- Primeiramente, ela foi meio ambiente inanimado (clima, rocha, água) dos povoamentos vegetais;
- depois das biocenoses, em uma concepção estreitamente naturalista;
- em seguida, ela se tornou, por extensão, o “meio ambiente natural” dos homens, com forte conotação biológica. Depois, ela penetrou no campo social, econômico e cultural, primeiramente com implicações biológicas e, em seguida, invadindo a “noosfera”.

O estudo geográfico do Meio Ambiente requer uma abordagem científica em três níveis:

- *em nível epistemológico*, participar mais diretamente e de forma mais criativa do movimento geral das ideias a respeito das questões do meio ambiente, de ecologia, de qualidade de vida etc.
- *em nível disciplinar*, afirmar a identidade geográfica renunciando de uma vez por todas a abraçar a totalidade da problemática ambiental em todas as escalas de espaço e de tempo;
- *em nível interdisciplinar*, participar da reflexão e dos estudos da mesma forma que as outras ciências da sociedade e da terra. A geografia deve primeiramente medir as consequências do desenvolvimento das outras disciplinas, da extensão de seus conceitos e de seus campos de investigação assim como das relações que elas já estabeleceram entre si.

O meio ambiente aparece assim como um mundo sensível e não apenas material, ou seja, o meio ambiente aparece cada vez mais complicado. É preciso passar do complicado para a complexidade.

A geografia é hoje reconhecida como “a ciência social dos territórios”. A compreensão geográfica do meio ambiente deve se manifestar essencialmente nessa perspectiva. Territorializar o meio ambiente é, ao mesmo tempo, enraizá-lo no território dos homens e na longa história das sociedades..., fornecendo os meios conceituais e metodológicos de fazer avançar o conhecimento ambiental nesse campo.

### **A necessária epistemologia**

Nos últimos vinte anos a paisagem tem mudado de estatuto, de finalidade e de conteúdo participando de forma explícita da cultura, da sensibilidade, do simbólico, ou seja, do que se considera de “artialização”. E mais, a paisagem assume, a cada dia, maior relevância como um dos componentes das políticas de ordenamento – ambiental e patrimonial - dos territórios.

A epistemologia participa, direta e cotidianamente, da generalização das observações realizadas nos trabalhos de campo, comprovando (ou negando) novos conceitos e métodos: geossistema, desde 1960; sistema GTP (Geossistema - Território – Paisagem), a partir de 1990 e SPT (sistema paisagístico territorializado), a partir de 2007. Está claro que o geossistema não é a paisagem, ainda que haja um geossistema na paisagem e vice versa.

A paisagem é o sinal sobre o terreno e o olhar das convulsões ambientais que sacodem o planeta. Trabalhar com a paisagem significa contemplar um paradigma de complexidade e de diversidade, que transcende disciplinas e interdisciplinas.

Após uma longa história, se tem dado à paisagem, talvez como último recurso, a missão de interceder para sensibilizar, nos dois sentidos do termo, sobre as questões do território, do meio ambiente, do ordenamento e do desenvolvimento.

Não se pretende, nesse momento, desenvolver uma nova teoria da paisagem. O que está colocado para nós é a prática de um empirismo de aproximações sucessivas, no curso do qual a paisagem não é senão a parte emersa desse *iceberg* que é o território dos homens. A paisagem não é nem um fim nem um meio. É um passo, com seus limites e seus obstáculos. Uma etapa obrigatória e essencial para aquele que, ao interrogar-se sobre o território e o meio ambiente, não esquece o conjunto dos valores, fontes, recursos e inspirações que nos dizem como os homens e as sociedades percebem, constroem e vivem seu território, que é também seu ambiente.

A paisagem pode (e deve) ser muito mais do que um atalho, uma moda. Ela é um longo caminho que aclara e humaniza o território.

As paisagens, tal como são vividas sobre o terreno, estão na origem do conceito de geossistema. Porém, o geossistema não é a paisagem na plenitude de seu significado. Entre ambos existe uma grande diferença determinada por uma noção sociocultural muito ampla, de referência banal (paisagem), e um conceito construído e claramente finalizado (geossistema).

O geossistema não é a paisagem, no entanto, há, entre ambos, fundamentos teóricos comuns e uma indiscutível continuidade conceitual: integração a partir do trabalho de campo e da territorialização, utilização da análise sistêmica, hierarquização das estruturas e dos processos em função das escalas têmporo-espaciais, ampla abertura sobre as diferentes formas e sobre os distintos mecanismos de antropização, interface natureza-sociedade etc.

## Meio ambiente: complexidade-diversidade. O GTP

*Se há um contraste de paisagem, há, também, um contraste político-administrativo. Para conhecer a Geografia Física é preciso conhecer os problemas sociais, econômicos, administrativos...*

O paradigma GTP (Geossistema–Território–Paisagem), é uma construção de tipo sistêmico destinada a demonstrar a complexidade do meio ambiente geográfico respeitando, tanto quanto possível, a sua diversidade e sua interatividade.

O GTP, isto é, Geossistema (“dimensão antrópica de um conceito naturalista”), Território (“dimensão naturalista de um conceito social”/considerado como meio ambiente artificializado), Paisagem (“dimensão cultural da natureza”/a paisagem - a expressão do trabalho da sociedade humana sobre a natureza, às vezes com e contra esta - se tem convertido em um ponto privilegiado de um encontro interdisciplinar entre as ciências humanas e a geografia física.

A interdisciplinaridade, o globalismo, o ambientalismo e a análise dialética da natureza e da sociedade não puderam se desenvolver senão num ambiente científico dominado pelo espírito de sistema. Era o fim de uma longa tradição de setorização da pesquisa, ao curso da qual, os elementos, isolados de um sistema de referência, conheceram longas derivas. A recentragem em torno dos conceitos de *estrutura* e de *sistema*, e do princípio de *auto-organização*, relançou a Ecologia em torno do conceito renovado de ecossistema e, a Geografia Física, em torno do conceito de geossistema. Este último é lentamente separado da análise paisagística para dar nascimento a um método naturalista às margens das ciências sociais e das práticas de organização do espaço.

De onde a necessidade de não se analisar o meio ambiente no quadro estrito de um único conceito,

A partir de 1990, Bertrand reconhece que não é possível abordar o meio ambiente – complexo e com diversidade -, a partir de um conceito unívoco, (ecossistema e/ou geossistema) e, então, propõe o modelo GTP (Geossistema – Território – Paisagem).

BERTRAND (2002) explicita, de forma bastante didática, o sistema metodológico fundado sobre estes três conceitos espaço-temporais:

- O *geossistema*: um conceito naturalista com dimensão antrópica, representa o espaço-tempo da natureza antropizada. É a “fonte” (*SOURCE*).
- O *território*: um conceito social com dimensão naturalista, fundado sobre a apropriação e o “limitar/cercar”, representa o espaço-tempo das sociedades, aquele da organização política, jurídica, administrativa e aquela da exploração econômica. É o “recurso” (*RESSOURCE*) no tempo curto e instável do mercado.
- A *paisagem*, representa o espaço-tempo da cultura, da arte, da estética, do simbólico e do místico. Ela é o *RESSOURCEMENT* de tempo longo, patrimonial e identitário. É o lado sensível do Meio Ambiente.

A diversidade. Ela não está limitada à biodiversidade (que é essencial). É preciso se considerar a diversidade geográfica ou geodiversidade.

A mestiçagem entre os fatos naturais e os fatos sociais. A maior parte dos objetos/sujeitos analisados é mista.

A relação objetivo/objetivo (a propósito da paisagem e das representações).

Das experiências de prospecção territorial, objetivando diagnosticar as potencialidades paisagísticas, na Sibéria Ocidental, na Austrália e no Canadá, surgem os Soil survey e Land survey anglo-saxões, os geossistemas russos, as análises integradas do meio natural (antes mesmo da invenção do ecossistema). O geossistema soviético (Escola de Tbilisi se confunde com o CTN – Complexo Territorial Natural, com dois subsistemas: (a) Potencial ecológico e (b) a Exploração biológica.

O geossistema bertrandiano, acrescenta a estes dois subsistemas, um terceiro: a ação antrópica, cujo sentido inicial era de agregar ao conceito (de geossistema) a “teoria da antropização da natureza”, e que, infelizmente, foi excessivamente ecologizado – por terceiros -, a tal ponto do homem passar a ser considerado o destruidor, o vilão, o bicho que entrou na fruta e apodreceu tudo (vide: “*Antes que a natureza morra*” – Jean Dorst).

Em síntese:

- O ecossistema: um conceito biocêntrico e unívoco (tem como referência maior a biodiversidade);
- O geossistema: um conceito naturalista antropizado e unívoco (tem como referência maior a geodiversidade);

O geossistema, como conceito antrópico, não tem o compromisso de explicar a sociedade e, sim, de explicar o funcionamento do território modificado pela sociedade. Ou seja, admite a teoria de antropização da natureza e, sobretudo, a geografia como uma interpretação social do território.

### **A paisagem: sujeito e objeto**

A confusão entre *Paisagem e Meio Ambiente*, notadamente na Geografia brasileira. A paisagem não é nem a natureza, nem o meio ambiente. O senso comum associa muito frequentemente a paisagem à natureza. À medida que o olho humano não se coloca sobre estes espaços, ditos naturais, com a finalidade de criar imagens, valores e sensações..., não há paisagem, mas uma extensão silenciosa, dizem os culturalistas. No entanto, para os geógrafos, estas paisagens concretas existem realmente desde que os conceitos e métodos da ciência permitem sua representação e a compreensão de sua origem e evolução. Ao contrário, outros geógrafos preferem falar de espaços concretos ou de territórios independentes do olhar humano. Este dualismo de paisagens objeto e sujeito se encontra na distinção que fazem alguns especialistas entre a paisagem e o meio ambiente. Do ponto de vista das ciências ambientais, por exemplo, da vida vegetal e animal, a paisagem decodificada é uma fonte de informações qualitativas ou quantitativas. Seja ela feita de índices e de indicadores que falam das propriedades objetivas de um sistema ecológico, ou se ela traduz o espaço de uma coerência funcional. Para as ciências ecológicas que têm por objeto as patologias do meio ambiente – a poluição, a diminuição da biodiversidade, a erosão do solo -, as qualidades de paisagens para pesquisar e para restaurar não dependem unicamente dos olhares que são colocados sobre elas, mas, sobretudo, da funcionalidade orgânica. A água dos rios deve estar própria e os solos estáveis. A questão social dessa ciência é avaliar os riscos para aumentar a segurança e o conforto dos homens, não de procurar emoções, pelo menos numa primeira

etapa. Uma paisagem de saúde e segurança que permanece em silêncio para os sentidos não é uma paisagem. Este estado de saúde ambiental é uma condição necessária para que ela torne-se uma paisagem qualificada, mas não é suficiente. Dito isso, o reconhecimento dessas paisagens sob controle ambiental depende, sobretudo dos olhares. Decepcionantes e pobres para uns, desejada e possuída para outros, eles ignoram as buscas de imagens nômades ou enfrentam os desafios políticos e as promessas locais.

Quanto à finalidade cultural, a paisagem não é, pois, redutível à materialidade dos fatos naturais ou artificializados. Os ambientalistas, os ecologistas e os naturalistas não se preocupam em priorizar a produção de aparências para os efeitos que eles produzem. Entretanto, eles utilizam a noção de paisagem para designar os níveis de análise sistêmica ou o “golpe-de-olho” é substituído pela “unidade funcional”, por exemplo, aquele de uma bacia hidrográfica – à maneira dos geossistemas de G. Bertrand – que não é necessariamente visível na sua totalidade, ao menos a partir do solo.

### **Há uma ecologização da Geografia?**

*A análise geográfica deve ser atenta às questões de escala: um pequeno rio, não é um grande rio!*

É necessário lembrar, a título de reflexão, a facilidade com a qual a Geografia assume a “moda” - desde que esta (a moda) lhe permita manter os ferrolhos disciplinares e, notadamente ficar acomodada na tangente das mudanças, dentre as quais destacamos: (i) *A revolução “copernicana”,* ou seja, a revolução cultural, científica, social..., dos anos 1968-1970, que mexeu com as ciências, notadamente ao propor a Análise Sistêmica e, que, na Geografia foi praticada a partir da chamada “interdisciplinaridade” ou “muldisciplinaridade necessária”: um autêntico “quebra-galho”, pois, na verdade, “as análises integradas, praticadas na Geografia Física, consistiram na formação de equipes de geógrafos de diferentes subáreas – climatologia, biogeografia, geomorfologia... - da Geografia. No entanto, a verdadeira interdisciplinaridade só acontece quando trabalhamos com culturas diferentes: psicólogos, agrônomos, arquitetos etc.; (ii) o impacto da Conferência Internacional sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento Humano, ocorrida em Estocolmo, no ano de 1972. As propostas divulgadas no Relatório Final dessa Conferência, motivou uma “ecologização” generalizada das ciências contemporâneas. A consequência mais evidente e imediata, dessa ecologização, na Geografia Física, foi a aceitação sumária do conceito de Ecossistema. Apesar da maturidade desse conceito, ele tem um caráter biocêntrico e, além de unívoco, não contempla a complexidade das relações sociedade-natureza; (iii) nesse mesmo ano de 1972, os Estados Unidos lançaram o satélite Landsat que, poderia (e deveria) ter sido – como realmente foi – adotado nas práticas de mapeamento do uso da terra e de outras dinâmicas territoriais executados pelos geógrafos físicos. No entanto, ao abarcar essa nova ferramenta de trabalho, o geógrafo físico se distanciou das análises globais e passou a ignorar, quase que por completo, a necessária epistemologia. E, pior, ao se entrincheirar em novas tecnologias, o geógrafo abdicou da Geografia e, claro, passou a ser “reconhecido” como especialista em geoprocessamento, o que não contribuiu em nada para o fortalecimento do profissional geógrafo. Enfim: esta encruzilhada no caminho (ou

descaminho?) da Geografia, motivada por vários eventos: a emergência da análise sistêmica (em detrimento da análise setorializada); o lançamento do satélite LANDSAT; a eclosão da Questão Ambiental, vista (equivocadamente) como monopólio da Ecologia; a incapacidade da Geografia para endogeneizar tudo isso, a partir de “passarelas” que lhe permitissem ir e vir das teorias às tecnologias, do social ao ambiental..., abalou os alicerces de uma Geografia Física, já por si mesmo, atrofiada pela hipertrofia da geomorfologia.

## A paisagem na Geografia

*“A paisagem é o reflexo e a marca impressa da sociedade dos homens na natureza. Ela faz parte de nós mesmos. Como um espelho, ela nos reflete. Ao mesmo tempo, ferramenta e cenário. Como nós e conosco, ela evolui, móvel e frágil. Nem estática, nem condenada. Precisamos fazê-la viver, pois nenhum homem, nenhuma sociedade, pode viver sem território, sem identidade, sem paisagem.” (Bertrand, 2007).*

Considerada como ferramenta essencial à análise regional, a paisagem foi a pedra angular da construção da geografia no século XIX. Ela ocupa uma grande parte da reflexão de E. Reclus, e, sob a caneta de P. Vidal de La Blache, uma longa descrição de paisagem aparece necessária cientificamente e pedagogicamente ao conhecimento e à compreensão de uma região. No entanto, as bases teóricas de uma análise de paisagem não estão fortemente estabelecidas: “[...] *rien de plus familier au géographe que le paysage concret et sa description heureusement balancée. Rien de plus étranger à la géographie que l’analyse globale et méthodique du paysage*”. (BERTRAND, 1978, p. 17).

É uma coisa banal: cada um ver as coisas diferentes. Temos que trabalhar para aprofundar essa visão: as pessoas veem coisas (representação): é uma pedagogia!

Essa coisa complicada/banal de cada dia se chama paisagem, paisaje, paysage...

Nós entramos na paisagem de um ponto de vista do meio ambiente. A paisagem como dimensão cultural, quase esquecida pelos investigadores, do meio ambiente.

Neste contexto, nós optamos em desenvolver a nossa problemática de pesquisa em torno da noção de “paisagem” – em primeiro lugar pelo caráter aglutinador que lhe confere. Bertrand (2002) edificou as bases conceituais da paisagem como meio de fazer dialogar as ciências naturais e as ciências sociais em torno de questões socioambientais. Deffontaines (1998) deu um caráter concreto e operatório à abordagem paisagística para que ela traduza e revele os modos de funcionamento e de organização dos espaços, “*a paisagem sendo o lugar onde se inscrevem indicadores visuais práticos num meio dado*”. Assim, a entrada pela paisagem foi retida desde que o interesse em conjugar uma abordagem naturalista, indicadora das dinâmicas biofísicas, a uma abordagem territorial sobre a apreensão pela sociedade dos recursos naturais cuja gestão depende, notadamente, da escolha e das orientações em relação com as dinâmicas socioeconômicas dos territórios considerados. A paisagem é, pois, o resultado material de um conjunto de interações entre processos físicos, processos ecológicos, processos sociais e processos culturais. Na verdade, ela é considerada como o “*reflexo das relações entre o homem e seu meio ambiente*” e aparece assim indissociável do conjunto das dinâmicas territoriais (Béringuier et al. 1999).

A *paisagem* representa o espaço-tempo da cultura, da arte, da estética, do simbólico e do místico. Ela é o *ressourcement* de tempo longo, patrimonial e identitário.

Pintura, literatura, arte dos jardins foram, por essência, elitistas e, à exceção dos jardins japoneses, não se vulgarizaram antes do fim do século XIX e início do século XX. A ideia de paisagem, mais ou menos bem abordada segundo os tempos, os lugares e as disciplinas, ficou por muito tempo um negócio de iniciados.

A partir do século XIX, o termo *paisagem* é profundamente utilizado em Geografia e, em geral, se concebe como o *conjunto de "formas" que caracterizam um setor determinado da superfície terrestre*. A partir desta concepção que considera puramente as formas, o que se distingue é a heterogeneidade da homogeneidade, de modo que se podem analisar os elementos em função de sua forma e magnitude e, assim, obter uma classificação de paisagens: morfológicas, vegetais, agrárias etc. Esse conceito de paisagem foi introduzido em Geografia por A. Hommeyerem mediante a forma alemã *Landschaft*, entendendo exatamente por este termo, o conjunto de elementos observáveis desde um ponto alto.

As línguas germânicas apresentam um claro paralelismo através da palavra originária *land*, com um sentido praticamente igual e da qual derivam *landschaft* (alemão), *landscape* (inglês), *landschap* (holandês) etc. Esse significado de espaço territorial, mais ou menos definido, remonta ao momento da aparição das línguas vernáculas e podemos dizer que esse sentido original, com certas correções, é válido ainda hoje.

A possibilidade de deslocamentos mais rápidos, as epopeias coloniais, a aparição e a difusão da fotografia, o papel da imprensa, o acesso aos romances de aventuras ou regionalistas, a tomada de consciência das agressões das quais as paisagens são vítimas etc., levam à tomada de consciência coletiva da noção comum de paisagem.

### **As correntes paisagísticas**

A Geografia sempre utilizou a paisagem como uma ferramenta de observação e de hierarquização dos fenômenos espaciais, sem que, aliás, verdadeiros consensos metodológicos acontecessem ou fossem impostos sobre níveis pertinentes de análise.

Inicialmente lembremos que há três diferentes correntes de estudo da paisagem:

- uma corrente naturalista;
- uma corrente sensível;
- uma corrente mais flexível.

No entanto, a paisagem, sobretudo considerada no seu aspecto dinâmico de "processos paisagísticos" deve ser estudada como um polisistema formado pela combinação dos sistemas natural, social, econômico, cultural etc.

Ou seja, para abordar a paisagem adotamos três entradas: materialidade, sensibilidade e representação. Esse posicionamento, conhecido como Tripé Paisagístico deixa, de acordo com os questionamentos iniciais, com a realidade da região de estudo e com os objetivos, a liberdade de se privilegiar mais ou menos cada uma das entradas. Porém, é na sua utilização completa que ela atinge de maneira mais eficaz seus objetivos.

A paisagem se presta, entre outras finalidades, para enraizar o meio ambiente no território dos homens e na longa história das sociedades: enfim, são as sucessivas sociedades que constroem as sucessivas paisagens como lugar para morar, trabalhar e sonhar.

Há uma corrente, da qual participa Georges Bertrand – a “Escola de Toulouse”, para a qual a *sensibilidade* é atribuída ao sentido de identidade (*ressourcement*), ou seja, carregada de subjetividade, de imaterialidade... e de poesia. A paisagem está na frente e atrás dos olhos. Para esta corrente, a paisagem está mais “atrás dos olhos”.

Segundo esta corrente - “*a cada um a sua paisagem*” -, não se pode definir a paisagem, mas dizer o que ela representa: identidade cultural (por exemplo: agrestino). É uma referência patrimonial (por exemplo: o Pantanal). Dentro desse patrimônio há coisas construídas (lugares: morar/trabalhar/sonhar). Isto é, há uma extensão do meio ambiente...

### **O Sistema Paisagem Território**

Uma paisagem nasce, toda vez que um olhar cruza um território... Ou seja, a paisagem nasce da interação de dois elementos: (a) *o objeto* - um espaço geográfico qualquer -; (b) *o sujeito* - o observador: é o homem com sua sensibilidade, seus projetos. O mais importante é o que existe entre os dois. Paisagem é um processo! Um modo de representação sociocultural de um espaço.

O Sistema Paisagem Território/SPT: a paisagem constitui uma dimensão imprescindível do território. A paisagem produz mais discurso que métodos! Falta uma ferramenta de trabalho teórico-metodológico. A Paisagem Território se define como um fato geográfico territorializado/materializado. Diferente das paisagens dos pintores, dos poetas. Vivemos a Paisagem Território todos os dias. Constitui um sistema territorial de complexidade-diversidade, seja material ou natural. É preciso não deixar a paisagem isolada e, sim, dentro do meio ambiente (geográfico).

### **A paisagem indicadora**

A paisagem é um indicador dos processos de antropização dos meios e, portanto, ela é uma ferramenta de análise pertinente das dinâmicas espaciais na interface natureza-sociedade. A espacialização das *paisagens-indicadoras* a partir da utilização de imagens de satélite é um ponto de partida pertinente/satisfatório à realização de diagnósticos paisagísticos para melhorar o conhecimento dos territórios e ajudar a tomada de decisão em matéria de políticas de desenvolvimento sustentável? Aqui, o objetivo maior é, a partir de um guia metodológico comum, desenvolver, segundo os contextos regionais, abordagens metodológicas específicas a fim de testar a paisagem como ferramenta para avaliação da sustentabilidade (*paisagens-indicadoras*).

A identificação de *paisagens-indicadoras* se presta para um melhor conhecimento territorial na interface natureza-sociedade.

Trata-se de mostrar como a entrada pelas paisagens pode servir para analisar o contínuo espacial segundo um ponto de vista comum, que atenda tanto às ciências da natureza como às ciências sociais e, por consequência, permita construir uma tipologia paisagística que possa servir de linguagem de referência entre as diferentes disciplinas associadas (geografia, pedologia, botânica, teledetecção etc.). Esta categorização espacial apresenta o interesse de centrar as análises em torno dos mesmos objetos de observação, de facilitar os cruzamentos e complementos de informações e de determinar *paisagens*

*indicadoras* das dinâmicas espaciais. Tudo isso para melhorar os conhecimentos sobre os territórios nas trajetórias da evolução contrastada em função das variáveis socioambientais que tem localmente o desenvolvimento sustentável.

A análise da paisagem permite identificar as dinâmicas territoriais em função do grau de antropização ligadas aos fatos de ordem política, socioeconômica, ecológico e histórico.

A análise fisionômica e morfológica deixa o menor número de restrições possíveis a uma abordagem parcial da dimensão paisagística. Ela permite diagnosticar a materialidade objetivável identificando e qualificando a natureza dos componentes (pastagem, culturas perenes, estradas etc.), suas recorrências espaciais e a proporção das superfícies que elas ocupam, portanto, os princípios de organização que os estruturam.

A foto (Figura 1), mostra um cemitério de um ex-bairro rural completamente abandonado no meio das pastagens, que se presta como paisagem indicadora do forte processo de desterritorialização motivado pela crise da cultura do algodão no sudoeste paulista, no início dos anos de 1960.

**Figura 1.** Cemitério abandonado que se presta como paisagem indicadora do processo de desterritorialização: alta bacia do ribeirão Santo Antônio, município de Mirante do Paranapanema/Sudoeste do Estado de São Paulo.



Fonte: Passos (2001).

## As principais etapas de uma pesquisa paisagística

1. a dimensão epistemológica (sempre dentro do sistema GTP);
2. um inventário pré-paisagístico: para reunir todos os elementos que podem ser utilizados depois para se entender a paisagem. É um inventário da materialidade (da natureza e dos artefatos): aqui, devemos aplicar a *metodologia do geossistema* (se pode identificar e hierarquizar os elementos que vão entrar na paisagem...);
3. inventário das imaterialidades: o estudo das várias representações sociais do território (lendas, poesias...), ilustrações (a representação das pessoas): escolares => fazer desenhos, escrever poesias (idosos, profissionais...). Tudo isso deve ser utilizado para entender e diagnosticar os problemas pelas pessoas.

*A matriz de leitura de paisagem* (segundo a escala espacial):

- o conjunto cultural geral (dos brasileiros);
- o decorado de fundo (o "horizonte"): as coisas distantes;
- lineamentos/hierarquizar (ex. na montanha: a vertente; no rio São Francisco: o rio);
- o mosaico das paisagens ("as unidades de paisagem");
- *mise en scène* de paisagem: uma visão panorâmica (parar: para olhar e admirar a paisagem);
- desfile (da paisagem): estamos numa civilização onde os deslocamentos são muito rápidos;
- a paisagem cinética!
- cada um tem que eleger o que lhe agrada e, notadamente, em função de seu projeto!
- não há metodologia se não há projeto! (um projeto é sempre um projeto político).

## Paisagem e Ordenamento do Território

*"O ordenamento do território é a arte de adequar as gentes e a produção de riqueza ao território numa perspectiva de desenvolvimento."*

Jorge Gaspar

O Ordenamento do Território é o processo integrado da organização do espaço biofísico, tendo como objetivo a ocupação, a utilização e a transformação do território, de acordo com as suas capacidades e vocações numa perspectiva de aumento da sua capacidade de suporte de vida.

Segundo a Carta do Ordenamento do Território (Conselho da Europa, 2000, p.10), são quatro os princípios de ordenamento do território:

- *Democrático*: deve ser conduzido de modo a assegurar a participação das populações interessadas e dos seus representantes políticos;
- *Integrado*: deve assegurar a coordenação das diferentes políticas setoriais e a sua integração numa abordagem global;
- *Funcional*: deve ter em conta a existência de especificidades regionais, fundamentadas em valores, cultura e interesses comuns que, por vezes, ultrapassam fronteiras administrativas e territoriais, assim como a organização administrativa dos diferentes países;
- *Prospectivo*: deve analisar e tomar em consideração as tendências e o desenvolvimento em longo prazo dos fenômenos e intervenções econômicas, ecológicas, sociais, culturais e ambientais.

A paisagem constitui um ativo (um trunfo) indispensável para a região em termo de qualidade do quadro de vida e do desenvolvimento local (particularmente turístico).

A fim de criar uma sinergia entre o domínio da pesquisa e aquele da gestão da paisagem é necessário uma cultura de aproximação do conhecimento produzido nas universidades com os gestores públicos.

Entre as diferentes abordagens pertinentes à descrição e análise das dinâmicas e organizações espaciais, existem duas grandes orientações que, acreditamos, devem ser vistas como complementares. Uma, *a análise espacial*, consiste em explicitar as grandes regras que estruturam e organizam o espaço. A outra, *a geografia social*, aborda os processos de construção territorial pela análise dos comportamentos sociais. A abordagem paisagística se propõe a costurar as relações entre estas duas orientações, para mostrar como as diferentes combinações de comportamentos individuais induzem cada uma das construções paisagísticas específicas e, pois, os modelos recorrentes de organização do território.

Além dessa iniciativa conceitual, a entrada pela paisagem oferece outras perspectivas, como, por exemplo, associar à análise das dinâmicas espaciais às problemáticas de ordem física e social que emergem, por consequência, tanto de um contexto ambiental particular, de uma estruturação do espaço dado, como da ação complexa dos diferentes atores. É igualmente um suporte de observação integrando as escalas regionais até aquela muito mais local de um conjunto de parcelas. *A paisagem-sinal* contém uma grande diversidade de informações que o observador pode utilizar, segundo os seus objetivos de pesquisa. A nossa hipótese inicial parte do princípio que, se as modificações da materialidade paisagística são uma consequência – direta ou indireta – de algumas políticas de desenvolvimento, elas se prestam, portanto, como suporte para apreciar os seus efeitos.

A escolha da entrada paisagística permite associar às pesquisas socioeconômicas concernentes à explicitação dos processos de construção e de recomposição social dos territórios, uma análise da inscrição espacial das relações entre os atores e suas ações e, notadamente, do impacto territorial das políticas sucessivas de desenvolvimento. Como diferentes configurações de “desenvolvimento” se traduzem sobre o plano espacial? Quais medidas contribuem para diminuir o ritmo do desmatamento e para “sedentarizar” alguns grupos sociais, motivando-os a investir mais na agricultura que na pecuária? A análise das paisagens que aparecem, desaparecem, se estendem ou se fracionam, faz parte das pistas necessárias à elaboração de um diagnóstico territorial sobre o qual se poderiam apoiar as tomadas de decisões tanto ao nível do município como à escala da região.

Nesse sentido, é preciso desenvolver estudos dentro do contexto econômico e social predominante ao longo da história de ocupação dessa região e, sobretudo, termos em consideração as “sucessivas sociedades” e suas relações com o meio ambiente do território.

As paisagens<sup>2</sup> tornaram-se um tema incontornável, patrimônio e elemento estruturante da identidade dos indivíduos e dos territórios. Embora não seja exclusivo da Geografia Física, o estudo da paisagem tem preocupado, sobretudo os especialistas deste campo da Geografia, pois o seu estudo materializa a integração das relações entre diferentes aspectos

---

<sup>2</sup> Na Europa a consideração da paisagem se presta para ligar os componentes naturais e os componentes culturais (polisssemia) e se impõe aos problemas de ordenamento do território e do desenvolvimento sustentável (Convenção Européia de Paisagem, 1998).

da natureza, que convergem num determinado espaço, num geocomplexo: a geologia e o relevo, que constituem o seu suporte, o clima, a água e os solos que lhe dão vida própria, a fauna e a flora que a pinta com diferentes cores, dando-lhe diferentes texturas e permitindo diferentes usos. A articulação do ser humano, da sociedade, da economia e da cultura com o patrimônio natural, ou, se preferirmos, a produção do espaço resultante da apropriação e domínio do território pela sociedade também se traduz indelevelmente na paisagem. Nela, ficam inscritos os modos de inserção do povoamento e das infraestruturas que o servem, de exploração dos recursos agroflorestais, pastoris, industriais, os testemunhos de desastres e catástrofes quando os geocomplexos entram em ruptura.

Palimpsesto no qual se plasma a complexa interação que os fatores naturais e a ação social estabeleceram ao longo dos tempos, a paisagem é um sistema complexo e dinâmico no qual confluem, para o melhor e para o pior, as questões do território, do ambiente, do ordenamento e do desenvolvimento, acompanhando o triunfo da imagem e da sensibilidade, do formal e das aparências, do efeito-decoração e do efeito-imagem. As facetas culturais, econômicas, sociais e estéticas que lhes andam associadas remetem para a ciência ou a poesia, a objetividade ou a subjetividade, a razão ou a emoção consoante nos determos a estudar ou contemplar a paisagem.

A valorização dos recursos e a adequada gestão de ecossistemas frágeis, sobretudo em regiões e países particularmente sensíveis, pressupõem um conhecimento profundo dos recursos naturais e dos processos de degradação para tentar controlar riscos naturais, mitigar os seus efeitos nefastos ou desenhar intervenções que visem recuperar ecossistemas degradados. Conhecer as capacidades de carga dos espaços mais sensíveis, promover a diversificação de atividades econômicas (ligadas ao lazer e ao turismo, por exemplo), estimular o dinamismo de cidades pequenas com perfil econômico essencialmente rural por meio de políticas públicas pode melhorar a qualidade de vida da população e evitar que busque alternativas de sobrevivência nas regiões metropolitanas, favorecendo a coesão territorial.

A solução de todos estes problemas não constitui tarefa fácil, levanta múltiplas questões a que importa responder quando se pretende superar prementes desafios econômicos (competitividade, recessão, inflação, dívida externa etc.) e sociais (desemprego, desigualdade, pobreza, exclusão etc.). A rápida difusão de inovações e o aumento da escolaridade, na cidade e no campo, tanto aceleram aquelas mudanças como ajudarão a alterar a geografia do país. Num mundo cada vez mais globalizado, no qual os grandes e graves problemas econômicos e ambientais não conhecem fronteiras, todas as regiões do mundo, notadamente as mais deprimidas, estão confrontadas com a necessidade de encontrar novos modelos de desenvolvimento, ambientalmente corretos e socialmente justos, desafios que implicam conhecimento e melhor investigação e, portanto, uma participação ativa da Geografia e dos geógrafos.

As mudanças socioespaciais ocorridas nas últimas décadas aceleraram a passagem de sociedades predominantemente agrárias para sociedades nas quais, com gradientes diversos, os serviços e a dimensão urbano-industrial ganharam maior significado.

A diversidade regional e o fato duma parcela significativa dos espaços, sobretudo no Brasil, ainda poderem ser considerados de conquista, associados ao avanço do capital no campo, resultaram em significativos impactos socioambientais e deram origem a diferentes modelos de ocupação, emergindo configurações e dinâmicas territoriais diversas.

Neste contexto, o empreendimento de investigações que analisem as tendências e indiquem os limites e possibilidades de permanência e aprofundamento de alguns processos são de fundamental importância.

O Meio Ambiente está no centro da problemática mundial (Política, social, econômica...). A crise mundial é, sobretudo, de "recursos naturais". A natureza aparece agora, politicamente, como um recurso. Mesmo no Brasil, onde há muitos recursos, há crise de meio ambiente material (água, solo...).

O meio ambiente é, também, imaterial (representação/o patrimônio...): o desenvolvimento da sensibilidade das pessoas/ "a qualidade de vida".

### **A percepção da paisagem**

*"É em nós que as paisagens tem paisagem".*  
(Extraído do livro "Desassossego – Lisboa & Pessoa".  
São Paulo: Martins Fontes, 2007, p. 38).

A paisagem, enquanto termo, é usada desde o período medieval, quando a mesma foi considerada quase exclusivamente no sentido estético. Uma visão, um panorama, uma porção do território que o olho pode abraçar capaz de despertar impressões e emoções. A partir da definição medieval, o valor estético da paisagem ainda tem um valor único onde os testemunhos, pois, sendo paisagens naturais ou artificiais, representam e constituem a estrutura formal do território.

A este respeito deve-se sublinhar que os termos paisagem, território e ambiente são distintos uns dos outros. Pode-se atribuir ao termo paisagem um conceito de qualidade do espaço que o eleva para ser apreciado/entendido e não apenas sobre o ponto de vista estético. O território pode ser considerado como uma porção de terras com valor administrativo e/ou produtivo, enquanto o ambiente inclui recursos naturais conotado a valor ecológico.

A paisagem, fenômeno cultural de notável complexidade, é objeto de estudo da parte de numerosas escolas de pensadores que a evidenciam, muitas vezes sem distinção clara, os diferentes aspectos entre os quais podemos destacar:

- o valor amplamente estético como aspecto exterior da beleza 'artística' dos lugares;
- o valor inerente principalmente nos bens histórico/cultura, bens que em grau de conservação são capazes de preservar as provas, como a construção e os 'sinais' no ambiente agrário ou históricas e simbologias em geral;
- o quadro geográfico em contínua transformação, com inter-relações dinâmicas significativas que conotam aos lugares os aspectos naturais e antrópicos;
- os valores visivelmente perceptíveis constituem os caracteres da usabilidade da paisagem, nelas, suas propriedades cênicas, são consideradas como produto do indivíduo espectador/ator.

No capítulo 1 da CEP (Convenção Europeia de Paisagem) tem-se evidenciado que "a paisagem é uma área, percebida pela população, e cujas características são resultado da ação e da intervenção de fatores naturais e/ou humanos", estas ações podem ser identificadas facilmente na paisagem. Mas, a definição da Convenção, entretanto, exclui que a paisagem

possa ser entendida como somatória de objetos vinculados. Aqui ela vem enquanto forma, estilo, marca de uma sociedade e como qualidade de ambiente de vida baseado sobre equilibrado encontro entre homem e natureza.

A evolução das sociedades e as constantes influências sobre o espaço, implicam uma contínua atualização do conhecimento sobre as paisagens, de forma a obter-se uma melhor gestão e ordenamento do território.

A paisagem retorna para se colocar na articulação do objetivo e do subjetivo: entre o que se vê, o ato de perceber e de interpretar a imagem observada e as relações existentes que não são forçosamente visíveis sobre a imagem, mas que a construiu. Atualmente nós temos ainda de um lado pesquisadores, artistas, profissionais que restam positivistas e mais objetivistas que adotam a paisagem simplesmente como aquilo que é visível (uma imagem), mas cada vez mais nós encontramos também pesquisadores que optam por um novo paradigma: o pensamento pluridisciplinar da complexidade (nascida às vezes do desenvolvimento e dos limites das ciências contemporâneas).

### **A representação da paisagem**

*“Le paysage revient inattendu dans le vide où le système comme un arc-en ciel dans le pré”<sup>3</sup>*

Michel Serres, *Les cinq sens*, p. 229 Grasset, 1983.

Abordar a paisagem como uma questão transversal – e de travessia – suscita muito mais interrogações que afirmações. A citação de Michel Serres *“Le paysage revient inattendu dans le vide où le système comme un arc-en ciel dans le pré”*, página 229, *Les cinq sens*, Grasset, 1983, coloca as questões essenciais inerentes à paisagem e nos interpela sobre muitos pontos.

- O retorno da paisagem: foi preciso esperar o fim dos Trinta Gloriosos para que se tivesse um olhar de interesse pela paisagem, há muito tempo esquecida, notadamente pelos gestores do território;
- A relação entre paisagem e sistema;
- A abordagem sensível, poética e cultural, que marca o retorno da paisagem através da imagem, da espetacularização das catástrofes ambientais...

A primeira dificuldade desde que se fala de paisagem é lhe dar uma definição. Segundo um provérbio chinês *“a paisagem está ao mesmo tempo na frente dos olhos e atrás dos olhos”*. Cada um de nós tem uma imagem associada à paisagem e a define através de suas próprias referências. E mais, todos os povos não exprimem a noção de paisagem. Esta concepção vaga tem um sentido diferente em função das línguas e das culturas. Os rurais não falam de paisagem, eles falam da terra: *“a gente cultiva a terra” e a gente “olha a paisagem”*.

Além do debate em torno das definições se coloca a questão do “retorno” da paisagem. Há muito tempo esquecida, a paisagem tornou-se atualmente uma preocupação tanto ecológica e econômica como cultural, interferindo com as problemáticas do meio ambiente e da gestão do território

---

3 A paisagem retorna para o vazio ou o sistema como um arco-íris no prado.

Mas este novo interesse suscita outros problemas e interrogações. Nós somos confrontados com uma multiplicidade de fontes, de interpretações históricas e de *lobbies* que se interessam no sujeito. A multiplicação de correntes, tendências de “escolas” que se opõem nas ambições e aspirações diferentes dão uma visão confusa da percepção atual da paisagem. A noção de paisagem procede menos da polissemia que da cacofonia (vazia de sentido, frágil, logomarca etc.); se quer ligar a paisagem às formas de interdisciplinaridade atualmente frágeis. É preciso encontrar outra coisa, fora das disciplinas. É preciso reconhecer e favorecer a diversidade das interpretações e das abordagens. Propor uma abordagem, híbrida, susceptível de associar os contrários: natureza e sociedade, subjetivo e objetivo, individual e coletivo, teórico e prático, ciência e cultura, ordinário e extraordinário etc. Associa a paisagem ao território no sistema GTP (Geosistema/Território/Paisagem) fundado sobre a trilogia *Source-Ressource-Ressourcement*.

É preciso construir um sistema a partir dos diferentes elementos. É mais que um simples agregar. É preciso rejeitar a ruptura entre geografia física e geografia humana, aproximar-se da história. É preciso utilizar a geografia para atravessar as outras disciplinas com a condição de traçar um caminho. Como o diz António Machado: “*O caminho, a gente o faz caminhando*”. É preciso considerar que desde que a gente fala de paisagem, de meio ambiente, de gestão, de ordenamento ou de território, a gente fala sempre do mesmo objeto. É um conjunto que a gente não pode utilizar com uma única metodologia. É um paradigma que toma em consideração todos os elementos e híbrido dos contrários (exemplo: natureza/sociedade, individual/coletivo, ordinário/extraordinário). É uma entrada particular no território que é função de cada um.

A demanda social por paisagem, ou mais particularmente por ‘paisagens cênicas’ é muito forte.

‘Olho’, ‘olhar’, as duas palavras sugerem um elemento diretivo (o olhar) e um elemento perceptivo (o olho), associados na apreensão da paisagem, do terreno para o observador. É a concepção clássica, fenomenológica, da visão: a vista está sobre os objetos que ela apreende, mas as representações pertencem ao sujeito que observa.

A valorização da paisagem pelos meios de informação moderna e a comunicação de escala industrial está na moda. Há uma leitura sociológica evidente do fenômeno: a paisagem como meio de afirmação e de dominação de grupos sociais privilegiados, a paisagem que se vende e que faz vender, a paisagem elaboração de classe e objeto de mercado. Inegavelmente a beleza cênica da paisagem é objeto de manipulação, de *marketing*.

A reflexão sobre o futuro da paisagem e as escolhas da sociedade que ela implica é essencial: “*le paysage est devenu un enjeu politique: son analyse scientifique se pose autant en termes de pouvoir que de savoir*” (BERTRAND, 1978).

De outra parte sobre a forma, a facilidade de leitura de blocos diagramas estimula o interesse e fornece informação acessível para todos.

A complexidade da abordagem paisagística obriga o geógrafo a repensar e recentrar sua posição disciplinar, suas relações com os outros saberes e seus métodos de trabalho:

*'j'ai rejeté en particulier le concept selon lequel il existe un modèle (ou une méthode) universel d'aménagement du paysage qui procéderait d'un processus partant du sommet vers la base. Je crois plutôt que pour élaborer une stratégie pertinente, il est tout d'abord nécessaire de comprendre quelles sont les questions qu'il faut poser, base sur laquelle on peut ensuite construire progressivement une méthodologie de conception adéquate.* (STEINITZ, 1993, p. 102).

Meio ambiente, espaço, paisagem, território... são 'palavras-chaves', carregadas de mestiçagem, e constituem temas transversais da geografia. A análise epistemológica desta disciplina revela, no entanto, fortes flutuações quanto à apreensão do conceito de paisagem.

Mais precisamente, a paisagem não é a natureza: de uma parte a paisagem não é unicamente constituída de elementos naturais, de outra parte a paisagem é a natureza unicamente como ela é percebida por um observador. Esta precisão permite melhor definir os debates e as questões:

*[...] pour nombre de spécialistes, géographes, ingénieurs, écologues, la notion de paysage est comprise dans celle d'environnement ou de nature; ce qui, entre autres conséquences, fait que la beauté paysagère devrait aller de soi pourvu que l'écosystème tourne rond.* (BERQUE, 1990, p. 79).

Entre estes dois polos, do observador e do objeto observado, se situa toda dificuldade de definir a paisagem. A análise paisagística é fundamentalmente ambígua porque a paisagem procede de dois tipos de fatos de natureza diferente e, portanto híbrido: ela tem por base uma fração do espaço, composto de elementos geográficos de ordem material, mensuráveis, susceptíveis de ser analisados objetivamente, e para desfecho a reação individual do amador de paisagem, reação por vezes fugitiva, que procede do gosto pessoal, da subjetividade e, pois, o estudo é essencialmente de domínio da psicologia.

A paisagem se distingue, portanto, pelo papel da percepção visual e pelo lugar do homem, enquanto ator, mas igualmente espectador.

Esta complexidade faz a especificidade da paisagem, que pode se analisar segundo três eixos temáticos:

- O primeiro concerne a paisagem 'objeto', isto é, o aspecto e a repartição do conjunto dos elementos abióticos, bióticos ou construídos na superfície do globo. Notamos que uma parte desses elementos deve ser visível de outra parte que são evocados em função de casos concretos.
- A segunda concerne às 'modalidades da percepção visual da paisagem', que condicionam os caracteres da imagem da paisagem. As noções do ponto de vista da perspectiva e da paisagem visível são essenciais. A análise da imagem de paisagem, ou melhor, das imagens da realidade paisagística que são construídas e, então, interpretadas, constitui aqui o centro da reflexão. Ela é mais particularmente desenvolvida nos domínios da teledetecção e do tratamento de imagem, que perturbam nossa visão de mundo e cada vez mais, as possibilidades de criar novas imagens e, portanto, novas percepções e novas análises da paisagem. As capacidades e limites dessas ferramentas para enriquecer a problemática da paisagem são muito amplas.

- A terceira concerne a ‘percepção individual’ ou ‘coletiva da paisagem’ através dos filtros econômicos e socioculturais. A produção das imagens de paisagem, mas também sua utilização (consciente ou não) não é neutra: a percepção de paisagem inclui alguns comportamentos, algumas escolhas políticas e legislativas que vão nortear a gestão da paisagem, e reciprocamente.

A construção e utilização de representações da paisagem, mesmo compreendidas no quadro de uma reflexão científica, não são jamais neutras. A escolha das visualizações condiciona, e é condicionada, pela análise, e se instaura um laço complexo entre o pesquisador, a paisagem estudada, a imagem que é produzida e o público ao qual ela se endereça.

O “conceito” de paisagem é indissociável da percepção subjetiva (e mais precisamente estética) do espaço, pois o ponto de vista particular que transforma o espaço olhado em paisagem não tem nada de obrigatório e de universal.

A percepção do *pays* em *paysage*, isto é, o distanciamento entre o indivíduo e o território no qual ele vive, é concomitante de uma mutação socioeconômica (êxodo rural, urbanização e industrialização) e da profunda revolução cultural e filosófica do século das luzes (LUGINBUHL, 1989). O nascimento da modernidade é caracterizado por um olhar descolado, mas refletivo e sensível, do homem sobre o mundo, condição *sine qua non* da aproximação científica, mas, também, da aproximação estética da natureza. Essa ‘transição paisagística’ (BERQUE, 1990) que coloca o homem no exterior de um mundo (e mais particularmente da natureza) sobre o qual ele pode, à vontade, agir fisicamente e simbolicamente, é verdadeiramente a origem da percepção da paisagem.

O aparecimento da sensibilidade paisagística é, pois, histórica; a evolução dessa percepção se efetua em função de mecanismos datáveis.

A paisagem é a fisionomia de uma região. É nela que as relações sociedade-natureza se materializa. Nós valorizamos a geo-foto-grafia para a análise paisagística, pois as fotos são reveladoras de três unidades distintas, onde a estrutura socioeconômica atuou e atua sobre a estrutura geoecológica para construir a paisagem atual. O pouco tempo de permanência de um mesmo modelo/padrão de ocupação regional é o grande responsável pela ausência de sinais mais marcantes da história paisagística de determinadas regiões.

Por meio de nossas pesquisas de campo nos municípios do Noroeste do Paraná, depreendemos os reflexos negativos da relação dissimétrica entre sociedade e meio ambiente – ao longo do processo de ocupação e povoamento do território – sobre a população local. Uma das abordagens em voga na ciência geográfica diz respeito à percepção do indivíduo sobre seu espaço de vida. A análise dos diferentes modos de captação e reação à paisagem pelas pessoas em sua vida cotidiana também é um importante elemento para aprofundar o conhecimento sobre as dinâmicas socioambientais em um dado território.

O que há de mais interessante nesta abordagem é o fato de sermos levados a pensar nestas questões de ordenamento territorial não apenas pelo viés institucional: dos gestores municipais, estaduais ou federais (no caso brasileiro, por exemplo). A paisagem, como representação sociocultural, nos permite reintroduzir o indivíduo, e sua sensibilidade, no processo social.

A recente consideração do meio ambiente, polarizada na urgência dos problemas de despoluição e de tratamento do lixo, preocupou-se pouco com as paisagens e aquilo que elas representam para as populações envolvidas.

Novos valores e novas necessidades aparecem [...]. Aparece uma verdadeira mutação da sensibilidade que atinge nossas relações com o patrimônio e o território. (BERTRAND, 2007, p.286).

### **Considerações finais**

O tratamento geográfico do meio ambiente ainda apresenta uma série de lacunas, ou “caixas pretas”, que devem ser preenchidas e superadas.

Uma destas lacunas diz respeito à necessidade de se trabalhar com o meio ambiente tendo-se como princípio considerar os cenários prospectivos; afinal, “não podemos trabalhar com o meio ambiente sem pensar no futuro, imediato ou distante. Ao geógrafo cabe estar atento ao ordenamento do território, ou dos territórios.

A título de reflexões “finais”

- A paisagem deve ser recolocada no coração da sociedade, lá aonde a cultura e a sensibilidade vêm interferir com as questões socioeconômicas e ecológicas, muito especialmente aquelas que surgem da gestão do meio ambiente e da transformação dos territórios.
- A consideração da paisagem permite superar a separação entre geografia naturalista e geografia social. Ela reconcilia o material e o ideal, o quantitativo e o qualitativo, ela ultrapassa o rompimento entre natureza e cultura, ela combina o individual e o coletivo, o ecológico e o geográfico, a monografia e o sistema. Não é uma revolução, mas é um passo adiante. Ao compor uma paisagem, recompomos uma geografia.
- Século XVIII/XIX: uma paisagem estática! Agora a paisagem é vista do carro, da bicicleta...: um leque!!!
- A caixa de ferramenta deve ser o modelo GTP: didática, ou seja, pode-se utilizar a P e o T para se entender o geossistema, ou se utilizar o G para se entender a P.
- Uma coisa muito importante é o objeto.
- Outra coisa mais importante: é a METODOLOGIA...
- O retorno do geográfico (não é o retorno da disciplina Geografia). Os geógrafos podem desenvolver um trabalho extraordinário, mas não sós... Devemos citar os antropólogos, por exemplo.
- A paisagem e a geografia participam de uma mesma cultura clássica.
- A ruptura entre a geografia física e a geografia humana acrescentada ao anulamento da geografia regional, praticamente eliminaram a paisagem não apenas do método, mas também do pensamento geográfico. É verdade que a análise paisagística sobreviveu mais sob formas subalternas e, mais frequentemente, arcaicas. A ruptura epistemológica está consumada.

Enfim, uma das preocupações mais pertinentes, em termos de políticas territoriais e, notadamente em tempos de mudanças globais, é saber como estes novos conceitos, teorias e paradigmas podem ajudar:

- no diagnóstico das potencialidades paisagísticas;
- na definição de uso do território, com sustentabilidade socioambiental;
- no estabelecimento de modelos/de modelização capazes de prever:
  - qual o futuro do passado?
  - qual o futuro do presente?
  - qual o futuro... do incerto futuro?

## Referências

- Berque, A. **Médiance, de milieux en paysages**. Montpellier: GIP Reclus, 1990.
- Béringuier, P.; Dérioz, P.; Laques, A. É. **Les paysages français**. Paris: Armand-Colin, 1999.
- Bertrand, G. Le paysage entre la nature et la société. **Revue Géographique des Pyrénées du Sud-Ouest**. [S.l.], t. 49, n. 2, p. 239-258, 1978.
- Bertrand C. et G. (2002). **Une géographie traversière. L'environnement à travers territoires et temporalités**. Paris: Arguments, 309 p.
- Bertrand, C; Bertrand, G. **Uma geografia transversal e de travessias. O meio ambiente através dos territórios e das temporalidades**. Maringá: Ed. Massoni, 2007. Tradução de: Messias Modesto dos Passos.
- CONSEIL D'EUROPE. **Project de Convention Européenne du Paysage**. Strasburg, 2000.
- Deffontaines, J. P. **Les sentiers d'un géoagronome**. Paris : Arguments, 360p., 1998.
- Dorst, J. **Antes que a natureza morra: por uma ecologia política**. Rio de Janeiro: E. Blucher, 1973.
- Gaspar, J. **O novo ordenamento do território: geografia e valores em dinamismos sócio económicos e reorganização territorial: processos de urbanização e reestruturação produtiva**. Coimbra : Instituto de Estudos Geográficos, 1996, p. 707-718.
- Grenier, Ch., (2000), **Conservation contre nature**. Paris: IRD, Coll. Latitudes 23.
- Luginbuhl, Y. Lumières sur le paysage européen de l'an 2000. In: **Composer le paysage: construction et crise de l'espace 1789-1992**. Paris: Champ Vallon, 1989, p. 313-327.
- Passos, M. M. **A raia divisória – Eco-história**. Maringá: Eduem, 310p., 2007.
- Passos, M. M. **Paisagem e Meio Ambiente (Noroeste do Paraná)**. Maringá: Eduem, 2013.
- Serres, M. **Les cinq sens**. Paris: Grasset, 1985.
- Steinitz, C. Un Model de Raisonnement pour la Planification Paysagere. **Cahiers, I.A.U.R.I.F.**, Paris, n. 106, 48, Dec. 1993.

# PERFIS GEOECOLÓGICOS E AVALIAÇÃO DA ESTRUTURA DAS PAISAGENS: UMA PERSPECTIVA GEOSISTÊMICA

Adalto Moreira Braz<sup>1</sup>

Cristina Silva de Oliveira<sup>2</sup>

**RESUMO:** Os perfis geoecológicos constituem-se numa técnica de representação das paisagens por meio de um traçado no terreno, permitindo a correlação dos elementos das paisagens e sua representação numa ótica horizontal. O capítulo examina a estrutura horizontal das paisagens no município de Mineiros, estado de Goiás, no Centro-Oeste brasileiro, a partir destes perfis. Apropriando-se da teoria dos geossistemas, busca-se efetuar uma leitura integrada dos elementos que compõe paisagens no Cerrado. A técnica de elaboração de perfis geoecológicos é significativamente utilizada como recurso técnico para a interpretação geossistêmica da paisagem em estudos da Geografia Física. O perfil foi elaborado utilizando o SIG ArcGIS, apoiado pelos softwares AutoCAD e Excel. Inicialmente o perfil foi representado a partir da escolha de um traçado para extração da altimetria, seguida dos demais elementos geoecológicos que compõem a estrutura das paisagens. Após a extração e sistematização das informações ao longo do transecto, plotou-se as informações geoecológicas num plano, orientado a partir da escala cartográfica de interesse para a representação da seção das paisagens de Mineiros (GO). As informações temáticas utilizadas na representação foram: cartas topográficas de Jataí (SE-22-V-D-V) e Serra do Caiapó (SE-22-V-D-II), escala 1:000.000, geologia, pedologia, morfoestrutura e uso e cobertura da terra, além da indicação dos tipos de paisagens. O perfil confirma certo desequilíbrio nos geossistemas do município, consoante ao processo histórico de ocupação da região, ao passo que existem, ainda, paisagens com potencial de referência para manutenção da bio e geodiversidade nessa região do Cerrado brasileiro. A perspectiva integrada, revelada pelos perfis geoecológicos, foi fundamental para a compreensão da síntese paisagística de Mineiros, demonstrando que o estudo das paisagens é significativo, não só para a compreensão das dinâmicas naturais e antropogênicas, como igualmente relevante ao planejamento ambiental e ordenamento do território.

---

1 Doutor em Geografia. Pesquisador do Grupo Geossistemas e Paisagem (PAISAGEO).  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6376-6965>. E-mail: [adaltobraz.geografia@gmail.com](mailto:adaltobraz.geografia@gmail.com)

2 Doutora em Geografia. Geógrafa da Universidade Federal de Jataí (UFJ).  
ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9175-8826>. E-mail: [crisoliveira@ufj.edu.br](mailto:crisoliveira@ufj.edu.br)

## Introdução

O termo paisagem surgido na Alemanha como *landschaft* é uma das palavras mais importantes da linguagem geográfica, sendo um dos principais conceitos da Geografia, fundamental para a Geografia Física (HARTSHORN, 1951). Na Geografia Física, dentre outras acepções representa o campo de investigação responsável por compreender as inter-relações dos sistemas complexos que integram as atividades humanas e os sistemas ambientais.

Por conta de suas formações iniciais como naturalistas, os geógrafos alemães da segunda metade do século XIX tinham uma visão “global” do ambiente natural (ou da natureza). Esta visão se expressou através do conceito de paisagem, trazido desde Alexander von Humboldt, servindo como guia para suas observações em viagens científicas.

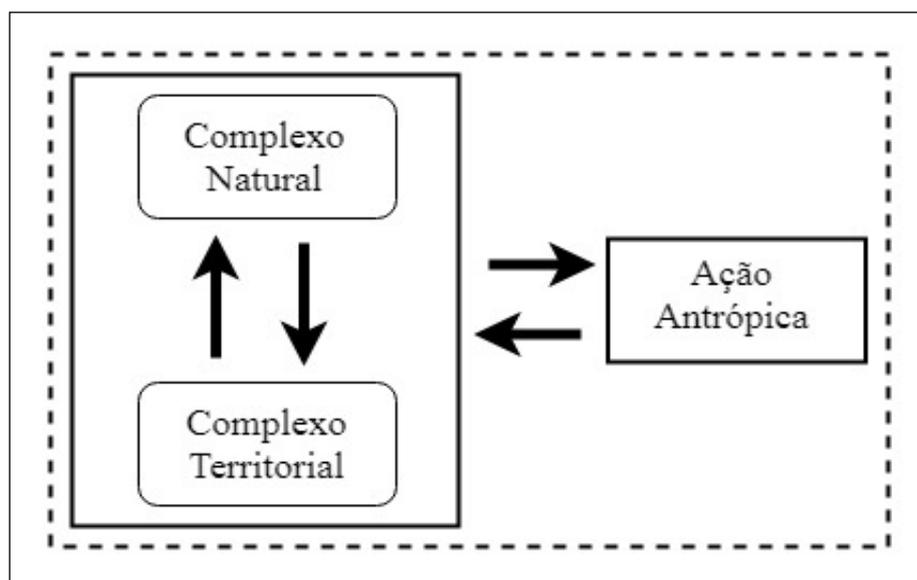
Humboldt (1875) tratou da natureza como uma composição de diversos fenômenos, além de enfatizar em seus estudos o aspecto natural das paisagens, fato que reflete até os dias atuais no estudo das paisagens, a saber:

A natureza, considerada por meio da razão, isto é, sujeita como um todo ao trabalho do pensamento, é a unidade na diversidade dos fenômenos, a harmonia entre as coisas criadas, que diferem pela sua forma, pela própria constituição, pelas forças que as animam; é o todo animado por um sopro de vida. O resultado mais importante de um estudo racional da natureza é reunir unidade e harmonia neste imenso acúmulo de coisas e forças; [...] que é uma consequência das descobertas dos séculos passados [e que] devido às investigações dos tempos em que vivemos [se torna preciso] analisar o detalhe dos fenômenos sem sucumbir à sua massa (HUMBOLDT, 1875, p. 4, tradução nossa).

Diante disso, as reflexões iniciais sobre a paisagem como objeto verdadeiramente geográfico de estudo surgiram na forma da “ciência da paisagem” nos fins do século XIX, a partir das obras de Vasily Vasilí'evich Dokuchaev, e posteriormente das premissas lançadas por Lev Semionovich Berg, sendo que ambos foram fundamentais para a formação da chamada ciência da paisagem, especialmente na Escola Russo-Soviética de Geografia. Com isso, no início do século XX, a paisagem passou a representar uma categoria quase universal e muito utilizada pelos geógrafos russos, compreendida enquanto um “complexo territorial natural” (FROLOVA, 2007).

Além disso, seus interesses de estudos estão voltados para a divisão espacial (zoneamento), para as relações mútuas, o inventário de unidades morfológicas, as classificações das paisagens, o estabelecimento de relações hierárquicas, níveis de distribuição espacial e a interação de seus componentes (Figura 1), formando a estrutura das paisagens (BERUTCHACHVILI e CLOPÉS, 1977; VOLKOVA, ZUCHKOVA e NIKOLAEV, 2000; CAVALCANTI, 2017).

**Figura 1.** Dinâmica dos complexos territoriais naturais.



Fonte: Adaptado de Berutchachvili e Mathieu (1977).

Posteriormente, com os esforços de reflexão em torno do entendimento dos processos e da dinâmica das paisagens, o pesquisador russo-soviético Viktor Borisovich Sochava propõe o termo geossistemas pela primeira vez em 1963 (SOCHAVA, 1963; SEMENOV e SNYTKO, 2013) e posteriormente formula a Teoria dos Geossistemas (SOCHAVA, 1978), que resulta numa teoria integradora e das mais bem sucedidas para a Geografia Física.

A consolidação e desenvolvimento desta teoria na Rússia e em outros países do mundo produziu uma série de trabalhos aplicados em Geografia, pautados no mapeamento das relações entre os elementos geoecológicos constituintes do geossistema, importantes para derivação de informações necessárias à formulação de políticas, planejamento e gestão (ambiental e territorial) em escalas que variam do local ao nacional e até mesmo continental.

Um dos legados mais importantes dessa vertente de estudos na Geografia, é o destaque para a relevância da representação das paisagens para sua avaliação, seja ela zonal ou azonal, vertical ou horizontal, estrutural ou funcional. Tal como na Geografia, a forma mais comum para representação das paisagens é através dos mapas.

Todavia, a cartografia de paisagens, tem seu interesse na fisionomia das camadas (das paisagens), isto é, seu aspecto visível, além do interesse na integridade, nas estruturas (verticais e horizontais), no funcionamento e complexidade (configurações geoecológicas), classificação e desenvolvimento das paisagens (MATEO RODRÍGUEZ, SILVA e CAVALCANTI, 2010; CAVALCANTI, 2018), dispõe da colaboração de diferentes técnicas de representação.

Lembra-se, ainda, que a cartografia de paisagens deve ser elaborada concatenada ao ordenamento e gestão (ambiental e territorial). Sendo que o grande número e variedade de fatores envolvidos na descrição, caracterização e representação das paisagens apresentaram, ao longo do tempo, algumas dificuldades procedimentais para o mapeamento das paisagens e compreensão dos geossistemas (COMUNIDAD DE MADRID, 2003).

Contudo, para além dos mapas, têm-se à disposição para a representação das paisagens os croquis, as fotografias, os blocos-diagrama, e os perfis geoecológicos (transectos). Cada

qual com suas particularidades, tanto potenciais quanto desfavoráveis, a depender de escalas, objetivos, entre outros fatores.

Neste capítulo, serão exploradas as particularidades do uso de perfis geoecológicos para estudo das paisagens. Os perfis geoecológicos representam uma importante técnica para o inventário e diagnóstico das paisagens, pois fornecem uma estrutura organizada para a análise geográfica dos padrões de distribuição dos elementos e componentes geoecológicos em uma área selecionada (OLIVEIRA, 2019).

Ao examinar a importância das características organizacionais no âmbito específico da teoria geossistêmica, Monteiro (2001) demonstra que as mais diversas linhas de orientação de pesquisa em Geografia Física consideram a representação esquemática em perfil importante para explanação dos fatores organizacionais dos componentes estruturais das paisagens, e inferência de processos que atuam na definição dos arranjos /associações espaciais dos elementos naturais e humanos dos geossistemas.

Mais especificamente, em relação aos perfis geoecológicos, é preciso considerar que se trata de uma abordagem para inventário e espacialização dos atributos geossistêmicos que compõem as paisagens, pois fornece uma estrutura para representação do arcabouço horizontal e vertical e para a análise geográfica dos padrões de distribuição dos elementos que compõem os geossistemas.

Trata-se de uma representação gráfica da interseção das unidades geológicas na subsuperfície, com a topografia, formas do relevo, vegetação e hidrografia. A construção de um perfil geoecológico envolve a interpretação do arranjo das rochas, distribuição das formas do relevo, da vegetação, usos agrícolas e urbanos em uma área. Além destes temas, dados climatológicos e da fauna usualmente são representados em perfis.

Nesse trabalho, a interrelação entre os elementos geoecológicos é considerada dentro do contexto da Teoria dos Geossistemas. Por se tratar de uma abordagem integrativa, essa teoria lança o esforço para preencher a lacuna entre as disciplinas relacionadas, tanto físicas quanto humanas, que fornecem percepções e visões complementares da estrutura e dinâmica de paisagens naturais e/ou antropizadas.

Dessa maneira, o capítulo explora a utilização do perfil geoecológico, a fim de compreender representação das paisagens no município de Mineiros (GO), tendo sido escolhido um transecto Oeste-Leste, que apresenta a síntese paisagística do município, através de significativas variações de elementos naturais e antrópicos.

## **Área de Estudo**

O município de Mineiros está localizado no Centro-Oeste brasileiro, no estado de Goiás, e tem seu território inserido, na totalidade, sobre o Cerrado (Figura 2).

Em geral, o clima do Cerrado é tropical estacional, com temperaturas médias anuais entre 20°C a 22°C ou 24°C a 26°C, dependendo da região (COUTINHO, 2016). Nimer (1977) reconheceu que na região Centro-Oeste (área core do Cerrado), o clima dominante é quente e semiúmido, predominantemente homogêneo para toda a região, definido por quatro a cinco meses mais secos.

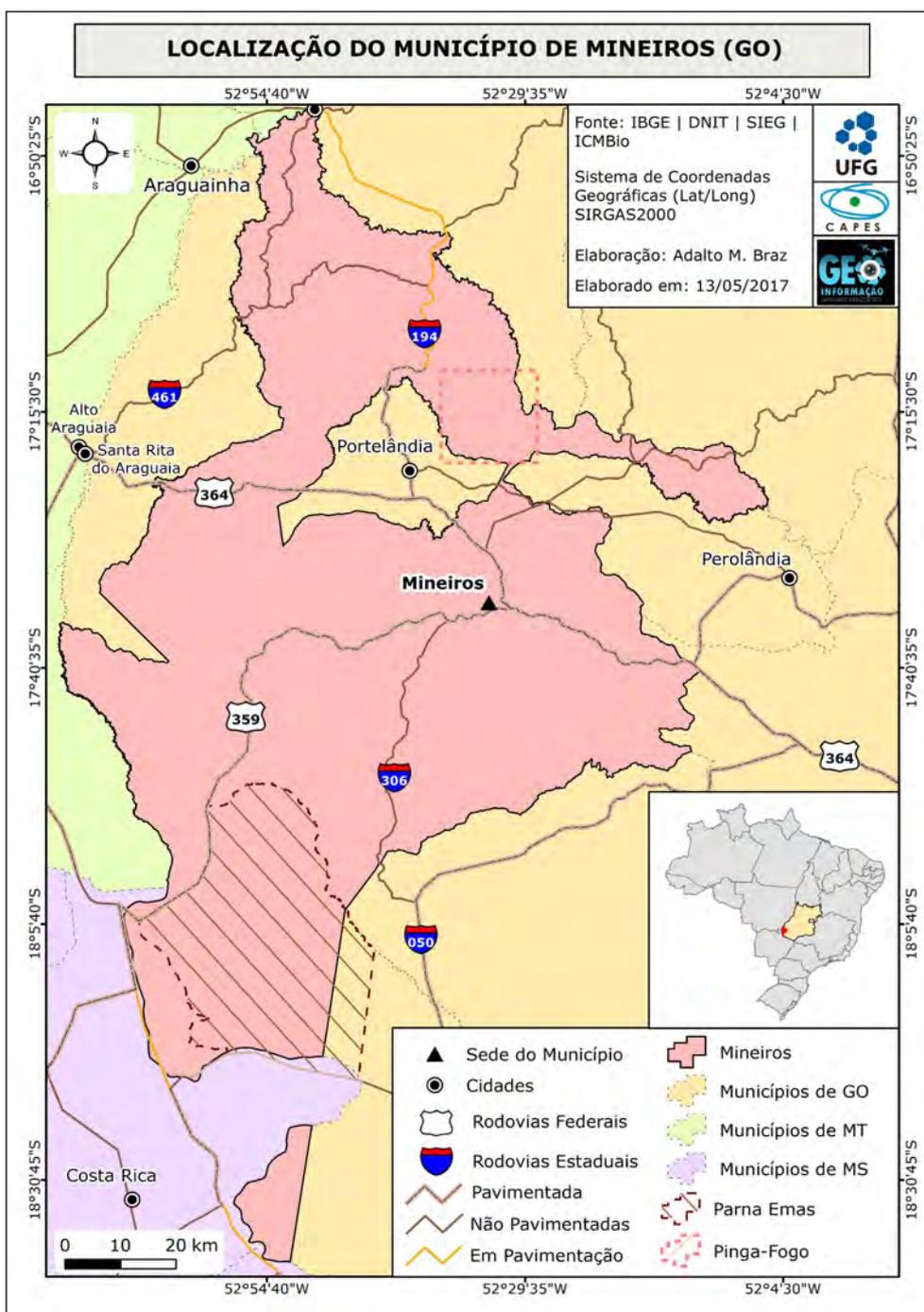
Com relação a hipsometria e declividade, existem contrastes marcantes em Mineiros. Ao Norte, coincidindo com a Depressão do Araguaia – Peixe, as altitudes não ultrapassam os 500m, com topografia suave-ondulada. Ainda na Depressão, mas em sua transição entre o Chapadão do Rio Verde – Alto Garças, as declividades são as mais acentuadas de Mineiros, chegando em torno de 70° numa topografia fortemente escarpada. O contraste desta situação está presente também no Norte e no Sul do município, nos chapadões que se destacam na paisagem, ali as altitudes chegam a 1.000m e o relevo é muito plano, com declividades que, por vezes, não chegam a 1° de inclinação.

Quanto à Geomorfologia, seguindo as informações propostas pelo Radambrasil (1983), Mineiros apresenta as seguintes unidades geomorfológicas: Planaltos e Chapadas da Bacia Sedimentar do Paraná, Planalto dos Guimarães (Alcantilados) e a Depressão do Araguaia. Derivam-se subunidades menores destes relevos, e destacam-se aqui, como exemplos predominantes, o Chapadão do Rio Verde - Alto Garças, Chapadão das Emas – Taquari, Patamares das Altas Bacias dos Rios Verde – Claro, Vertentes dos Vales Babilônia – Claro e Depressão do Araguaia – Peixe.

Quanto à pedologia de Mineiros, Nunes (2015) destacou que as classes de solos predominantes, em nível de ordem, são respectivamente os Latossolos, Neossolos e Argissolos e, em nível de subordem, Latossolos Vermelhos, Argissolos Vermelhos e Neossolos Quartzarênicos.

Os Neossolos, sobretudo os Quartzarênicos, são classes de solos consideráveis para Mineiros, devido a sua fragilidade para alguns tipos de uso da terra de caráter intensivo, exigindo manejo e planejamento. Representam a fase intermediária para os Latossolos Vermelho-Amarelos, possuindo textura de areia a areia-franca. Ocorrem, geralmente, nas áreas de topografia suave ondulada a ondulada, apresentam baixa capacidade de retenção de água e suscetibilidade natural a erosão (GUERRA et al., 1989; MARTINS e CHAGAS, 2015). Sobre a expressão quantitativa dos solos, os Latossolos Vermelhos são predominantemente a classe de maior ocorrência (357.540ha), seguido pelos já mencionados Neossolos Quartzarênicos (195.020ha) e ainda os Argissolos Vermelhos (60.218ha).

Figura 2. Localização do município de Mineiros (GO).



Fonte: Braz (2020).

De acordo com Giustina et al. (2016, p. 14), o processo histórico de ocupação do estado de Goiás esteve ligado à disponibilidade e ao uso dos recursos naturais. Desta maneira, “a agricultura goiana, até o início da segunda metade do século XX, foi desenvolvida preferencialmente em paisagens com solos naturalmente férteis”. Essa relação é marcadamente forte com as primeiras lavouras, que ocuparam as áreas de matas, nas encostas e margens de cursos d’água, enquanto o gado era criado geralmente solto em meio às pastagens naturais do Cerrado.

Situação que mudaria significativamente a partir dos anos 1970, com os investimentos oriundos de programas governamentais, que financiariam as pesquisas necessárias à correção dos solos (adição de fertilizantes, calcário), para expansão das pastagens cultivadas e produção comercial de monoculturas.

Embora, na atualidade, Mineiros apresente características particulares quando comparado aos demais municípios goianos, onde as pastagens representam a cobertura predominante e a pecuária é a atividade econômica com maior expressividade, em termos de ocupação das terras, sendo o segundo tipo de uso com maior extensão (24,23%, pouco mais de 219.000ha). Enquanto as lavouras comerciais, que também se estabeleceram no município em meados da década de 1970, representam a mais extensa forma de uso e cobertura da terra (27,89%, pouco mais de 252.000ha) (BRAZ, 2020).

Nunes (2015) constatou que em meados da década de 1990 fitofisionomias como o cerrado denso, cerrado típico e cerrado ralo já haviam sido substituídas em grande parte por pastagens e algumas áreas de pastos que caminhavam para tornar-se áreas de solo exposto (áreas onde o pasto é degradado, deixando o solo descoberto, em exposição), conhecidas pelo seu alto risco de degradação dos solos.

Por outro lado, Mineiros possui características singulares, visto que em meio a vastas áreas de pastagens e a expansão e consolidação da agricultura no município, existem ainda grandes fragmentos de remanescentes do Cerrado. Duas áreas, especificamente, possuem maior expressividade. Uma é o Parque Nacional das Emas, inclusive declarado Patrimônio Mundial Natural pela UNESCO, mas que, entretanto, se caracteriza como uma “ilha de conservação”, composta principalmente por fitofisionomias campestres, savânicas e florestais, e cercada por lavouras. E outra área de destaque é a chamada de Pinga-Fogo, que apresenta predominância de fitofisionomias campestres, entremeadas por savânicas.

A diversidade de paisagens em Mineiros é espacialmente bem delimitada, tendo os fragmentos de vegetação nativa do Cerrado um papel fundamental da manutenção da biodiversidade municipal. Além disso, o contraste entre planalto (extensos chapadões) e depressão, abruptamente separados pela cuesta do Caipaiapó, contribuem para uma interessante diversidade paisagística, acrescida ainda, ao norte do município, por morros testemunhos e um relevo ruiforme, acentuando também considerável geodiversidade.

## **Procedimentos**

O conjunto representado pelo perfil topográfico e informações geoecológicas contidas ao longo dele, denomina-se perfil geoecológico ou seção geoecológica. As suas extremidades são representadas no mapa por letras (por exemplo A-B) indicando a direção da seção. O eixo horizontal representa a variável “X” (distância acumulada em quilômetros ou metros) e o eixo vertical é representado pela letra “Y” simboliza as altitudes (OLIVEIRA, 2019).

A escala horizontal de um perfil geoecológico é a mesma do mapa topográfico a partir do qual foi construído. No entanto, devido à escala da maioria dos mapas, a pequena variação na elevação na escala do mapa irá mascarar a maioria dos detalhes da topografia. Por esta razão, os perfis topográficos são geralmente construídos com exagero vertical para enfatizar os detalhes da topografia. Os critérios utilizados para a escolha do local onde foram

elaboradas as seções relacionam-se à representação da diversidade (maior número possível de elementos) dos atributos geoecológicos da área em estudo e caracterização das variações paisagísticas ao longo do gradiente altitudinal da área em estudo (OLIVEIRA, 2019).

O objetivo de um perfil geoecológico é fornecer uma avaliação representativa da dimensão vertical e horizontal entre os atributos que compõe um geossistema em um mapa. Nele devem estar explicitados as variações da topografia, rochas, solos, vegetação, áreas urbanas e agrícolas.

No presente trabalho, o perfil foi elaborado utilizando-se os *softwares* Excel e AutoCAD 2018, além do SIG ArcGIS 10.6.1. Inicialmente traçou-se uma reta pelas cartas topográficas, que serviu de base para extração das informações altimétricas e dos demais elementos geoecológicos que compõe a base de dados da área.

Posteriormente, exportou-se os valores altimétricos e distância acumulada para o Excel, afim de que se pudesse calcular o exagero vertical. Utilizou-se o exagero vertical de dez vezes. Feito isso, exportou-se os valores para o AutoCAD e, a partir deste momento, plotou-se as informações geoecológicas no gráfico. As curvas de nível que foram usadas como base para elaboração da seção apresentam equidistância de 50 metros, compatível com a escala de 1:100.000.

Todas as informações temáticas utilizadas na representação do perfil geoecológico foram mensuradas no SIG e posteriormente organizadas na forma de tabelas. Estas informações especificavam as distâncias acumuladas referente à extração da distância no mapa de cada atributo geoecológico analisado e sua relação com a altitude.

Foram utilizadas as seguintes bases temáticas para representação: unidades litológicas, unidades geomorfológicas, topografia do terreno, solos, morfoestruturas e uso e cobertura da terra, detalhados no Quadro 1.

**Quadro 1.** Elementos considerados para representação no perfil geoecológico<sup>3</sup>.

Componente	Escala	Descrição	Fonte
Litotipo	1:500.000	Tipos de rochas ou associação litológica, proveniente do mapeamento geológico.	Moreira et al. (2008)
Morfoestrutura	1:250.000	Aspecto azonal, exercido pela síntese das características geológicas, formas do relevo e classes pedológicas.	Braz (2020)
Topografia do terreno	1:100.000	Modelado condicionado pela altitude do terreno.	Carta topográficas (1:100.000): SE-22-V-C-V; SE-22-V-C-VI; SE-22-V-D-IV.
Solos	1:50.000	Classes de solos em nível de grandes grupos e suas características.	Nunes (2015)
Uso e cobertura da terra	1:50.000	Padrão de ocupação, apropriação cultural ou econômica e indicador de paisagens naturais ou antrópicas.	Braz (2020)

Fonte: Adaptado de Braz (2020).

Justifica-se a escolha dos elementos devido à representatividade diante dos fenômenos bióticos e abióticos, bem como a diferenciação atual entre paisagens naturais e antropogênicas, relevadas pelo uso e cobertura da terra. Além disso, a inter-relação desses elementos geoecológicos pode favorecer a compreensão da estrutura e funcionalidade das paisagens, delimitadas a partir de uma representação gráfica (bidimensional), através de um “corte” vertical do terreno.

<sup>3</sup> A sobreposição destes elementos resultou também num mapa de tipos de paisagens de Mineiros. Os detalhes podem ser consultados em Braz (2020).

## **Resultados**

Nas últimas décadas do século passado, o Cerrado brasileiro tem se transformado num ritmo acelerado no chamado celeiro agrícola do Brasil, tendo sofrido com um dos maiores níveis de desmatamento entre os biomas brasileiros. Esta transformação vem acompanhada de uma intensa devastação de paisagens naturais com perdas irreversíveis de seus recursos. Neste sentido, as paisagens encontradas na região do Sudoeste do estado de Goiás, espelham as relações entre a fisiografia e a dinâmica histórica de ocupação de suas terras, antes originalmente típicas do bioma Cerrado e atualmente apresentando cada vez mais paisagens homogêneas com incorporações de práticas agropecuárias e a conversão de terras para implantação de pastagens e lavouras (OLIVEIRA, 2004; 2010).

É preciso tomar conhecimento de que Goiás é o terceiro estado brasileiro com maior representatividade (em área) no bioma Cerrado, atrás apenas dos estados de Mato Grosso e Minas Gerais, respectivamente. Conseqüentemente, o município de Mineiros está inserido em sua totalidade neste bioma o que reflete na representação de paisagens características do Cerrado, e que sua interpretação mantém uma relação intrínseca com a cobertura vegetal natural e antrópica<sup>4</sup> do Cerrado nesse município (BRAZ, OLIVEIRA e CAVALCANTI, 2019; BRAZ, 2020).

Conseqüentemente, Mineiros também é retratado neste cenário. Embora o município apresente uma dinâmica de uso e cobertura da terra – de certa forma – diversificada e se manifestando em diferentes geossistemas, o transecto em questão, de Oeste a Leste, ora reflete parte do município expressivamente agrícola, ora parte mais complexa, na perspectiva geossistêmica, concorrendo áreas agrícolas (pastagem e avanço da agricultura para relevos menos planejados) e fragmentos de áreas naturais (vegetação nativa do Cerrado).

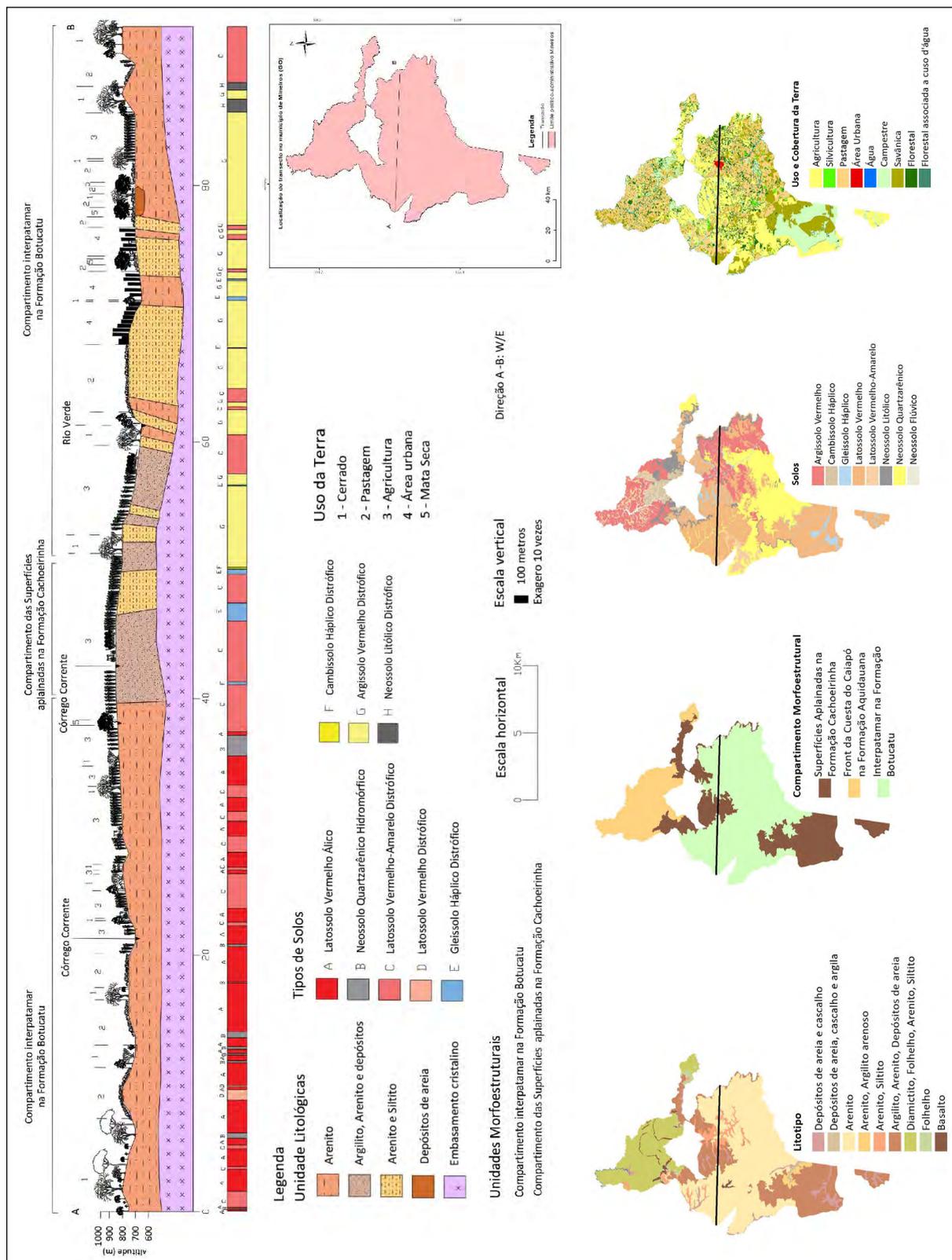
Inicialmente essa segmentação é bastante clara, conforme os dois compartimentos morfoestruturais que o perfil atravessa, a saber, o Compartimento Interpatamar da Formação Botucatu, intervalado neste caso, pelo Compartimento das Superfícies Aplainadas da Formação Cachoeirinha (Figura 3).

A morfoestrutura tem como seu principal atributo de definição, o aspecto geológico de Mineiros, que exerce papel no controle estrutural e litológico do município. Verificou-se que os controles tectônicos que definem a distribuição das unidades morfoestruturais advêm do Cenozoico (mais recente), Mesozoico, na escala de 1:500.000 (MOREIRA et al., 2008), ao longo do transecto verificado.

---

<sup>4</sup> Entre 1960 a 1970 houve uma grande expansão de pastagens cultivadas no Cerrado, mais especificamente no Estado de Goiás, em função de programas de desenvolvimento do Governo Federal, como o Polocentro, a construção de Brasília e significativa melhoria e ampliação do sistema viário da região (MMA, 2002).

Figura 3. Perfil geocológico do município de Mineiros (GO).



Fonte: Autores (2020).

Nas duas extremidades do perfil geocológico, vê-se o Compartimento Interpatamar da Formação Botucatu, que ocupa toda parte central de Mineiros. Diante disso, se torna um

dos grandes divisores de águas no centro do município, ocorrendo sobre trechos das altas bacias do rio Claro e rio Babilônia (em direção de fluxo oposta).

É composto majoritariamente por arenitos eólicos, friáveis e de granulação média a fina, com coloração rosa (GUERRA et al., 1989), características marcantes das rochas sedimentares (arenito Botucatu) desta Formação que, em Goiás, datam do Jurássico Superior ao Cretáceo Inferior (Era Mesosóica).

Ambas as extremidades do perfil, apresentam relevos colinosos, partindo de Oeste (início do transecto), encontram-se colinas amplas e suaves (Figura 4), pouco dissecadas com declividades que, em geral, vão de 3° a 10° e amplitude topográfica de 20 a 50m com vertentes convexas e topos amplos de morfologia tabular ou alongada (CPRM, 2014), sobre a classificação das Vertentes dos Vales Babilônia – Claro, conforme Radambrasil (1978).

**Figura 4.** Colinas amplas e suaves em primeiro plano, na parte Oeste de Mineiros, ocupadas por campos de agricultura e entremeados por vegetação ciliar.



Fonte: CPRM (2014).

Estas áreas de fraca dissecação das Vertentes dos Vales Babilônia – Claro, condicionam o desenvolvimento de Latossolos Vermelhos (predominantemente do grande grupo Álico), associados a interflúvios mais preservados e encostas convexas (NUNES e CASTRO, 2015), por volta dos 760m de altitude.

Todavia, encontram-se restritas manchas de Latossolos Vermelho-Amarelos em colinas mais elevadas – que chegam aos 820m de altitude e, nos vales do rio Babilônia e seus afluentes, estão presentes Neossolos Quartzarênicos Hidromórficos, a uma altitude média de 700m. A declividade, em grande parte, não passa dos 8° de inclinação.

Tais características estão relacionadas diretamente às características litológicas. Conforme explicado por Guerra et al. (1989), a Formação Botucatu posiciona-se sobre os basaltos da Formação Serra Geral e nela encontram-se areias derivadas de arenito róseo (Latossolo Vermelho e Latossolo Vermelho-Amarelo de textura média) e amarelo (Neossolo Quartzarênico de textura arenosa), essencialmente quartzoso.

Ainda a Oeste, encontram-se extensas áreas de pastagens e de agricultura, esta última representada por um avanço da agricultura intensiva sobre os chapadões – melhor detalhada mais adiante – que em busca de maiores áreas agricultáveis, expandem-se sobre os suaves interflúvios desta parte de Mineiros.

Ademais, há uma série de fragmentos de vegetação nativa, das mais variadas fitofisionomias, mas todas sem expressão territorial. Destas, a maioria são Matas de Galeria ou Ciliar sobre córregos, margeadas campos e savanas. A única exceção se faz por uma reserva expressiva, logo no início do perfil – nos primeiros 8km de traçado – tomada por cerrado típico e ralo, nas cabeceiras do ribeirão Empantanado e, já fora dos limites municipais, ampliando-se ao alto curso do rio Araguaia. Logo, confirmando sua relevância geocológica para Mineiros e entorno.

Na outra extremidade do perfil geocológico, a Leste do município, embora volte a estar sobre o Compartimento Interpatamar na Formação Botucatu, as paisagens representadas no transecto indicam particularidades já distintas das paisagens acima descritas (a Oeste). Há predominância de relevo colinoso ligeiramente mais dissecado e morros baixos (Figura 5).

**Figura 5.** Colinas e morros baixos na parte Leste de Mineiros.



Fonte: CPRM (2014).

Nesta parte do município, mesmo com a predominância dos Arenitos da Formação Botucatu, encontra-se com mais frequência, associações litológicas de Arenitos e Siltitos. Diferença expressiva se faz pelas classes pedológicas, sente que nesta parte a Leste, há predominância de Argissolo Vermelho Distrófico, com manchas de Gleissolo Háplico Distrófico, sobre os vales do rio Verde e seus afluentes, por volta dos 650m de altitude.

Em menor expressão, nos interflúvios de maior dimensão – extensões dos chapadões, entre 750m a 840m – vê-se manchas de Latossolo Vermelho Distrófico, em declividades entre 2° a 8°. Ainda, no extremo Leste, ao final do perfil – por volta dos 70km – há uma pequena ocorrência de Neossolo Litólico Distrófico, nas escarpas da serra da Água Boa, transição dos chapadões planos para as colinas dissecadas com declividades que ultrapassam os 30°, numa amplitude altimétrica que chega aos 170m.

Já o uso e cobertura da terra é bastante semelhante à parte Oeste, alternando pastagens e agricultura, sobre declividades marcadas entre 4° a 20°. No entanto, há uma maior

diversidade, e maior número de fragmentos de vegetação natural, predominantemente Formações Florestais nos vales. Em menor proporção, encontram-se Cerrados Ralo, Típico e Denso, além de campo sujo nas vertentes escarpadas, onde ocorrem os Neossolos Litólicos.

Na parte central representada no perfil geocológico, por volta de 40 a 50km do transecto, há uma das paisagens mais marcantes de Mineiros, sobre o Compartimento das Superfícies Aplainadas da Formação Cachoeirinha (da Época Pliocênica), definindo extensos chapadões muito planos que correspondem à cuesta do Caiapó – com declividades que raramente passam dos 5°, numa média geral de 3° de inclinação – e altitudes em torno dos 850m no traçado, e passando dos 1.000m no município.

Os litotipos são marcados por associações de Argilito, Arenito, Depósitos de Areia e Cascalho e, juntamente com o relevo, embasam certa homogeneidade de solos, composta por Latossolo Vermelho Distrófico. Nas planícies e terraços fluviais, encontram-se Gleissolos Háplicos Distróficos.

Estes aspectos geomorfológicas e pedológicas, com poucos tributários dos rios da região, em uma densidade de drenagem muito baixa, resultam no cenário que se tornou ideal para o avanço da agricultura (Figura 6), que dominou o uso e cobertura da terra sobre os chapadões, predominando extensos cultivos de soja e alguns poucos talhões de cana-de-açúcar.

As áreas de agricultura em Mineiros são ocupadas principalmente pelas culturas temporárias (soja e cana-de-açúcar). Estão distribuídas ao longo dos chapadões e platôs, em superfícies aplainadas com pouca declividade no terreno (colinas amplas e suaves), o que favorece as atividades mecanizadas (BRAZ, 2020, p. 173).

Com exceção destes usos encontram-se, geralmente, Campos Limpos e Sujos e estreitas faixas de Matas Secas que se misturam em meio às Matas de Galeria dos poucos e modestos córregos que compõem a rede de drenagem nos chapadões.

**Figura 6.** Campos de agricultura de soja nos chapadões na parte central de Mineiros.



Fonte: Braz (2020).

Como em Mineiros sobressai justamente um relevo plano a suave ondulado, as áreas tomadas pela agricultura, predominantemente nestes chapadões, foram responsáveis por vasta supressão da vegetação primitiva do Cerrado. Essas formas de relevo registram as menores áreas de fitofisionomias nativas, apenas como estreitas faixas de matas de galeria, mata ciliar ou como fragmentos de mata seca, preservadas como Áreas de Preservação Permanente (APP).

Ademais, os resultados obtidos indicam que Mineiros é predominantemente coberto por lavouras e pastagens, mas que, por conta do relevo ou de áreas protegidas (incluindo a cota de reserva legal de propriedades rurais), o município ainda mantém pequena parte de suas fitofisionomias preservadas.

Ao longo do perfil geocológico – bem como em outras áreas do município, são identificadas áreas de degradação ambiental decorrentes do mau uso dos solos, além das extensas áreas de pastagens e agricultura que desconfiguram as paisagens naturais. Este cenário corrobora com o que Antrop (2000) chamou de síntese dinâmica entre o meio natural e cultural:

A paisagem é uma síntese dinâmica entre o meio natural e cultural de uma região, e tem fortes propriedades holísticas. Conseqüentemente, muitas abordagens são possíveis e necessárias. As mais importantes são as classificações tipológicas e cronológicas das paisagens, também utilizada na avaliação da terra (ANTROP, 2000, p. 17, tradução nossa).

Dentre as diferentes abordagens para classificação de paisagens referidas pelo autor supracitado, os perfis geocológicos têm papel fundamental na representação e compreensão das paisagens.

Importante ressaltar, que embora aqui estes tenham sido apresentados separadamente, tendo em vista os objetivos propostos, não há impedimento em optar por uma ou outra abordagem de representação das paisagens. Pelo contrário, recomenda-se, quando possível, a utilização de diferentes abordagens para representar e compreender a síntese das paisagens numa determinada área de interesse.

### **Considerações Finais**

O interesse pela integração dos componentes abióticos e bióticos das paisagens tem suas raízes na Geografia Física, com os conceitos de paisagem e geossistema. É nesse contexto que ganha espaço os perfis para representação dos geossistemas, conceito projetado para vincular os processos do solo à processos geomorfológicos e biofísicos em uma paisagem; tecer relações evolutivas entre diferentes setores dos geossistemas, medições de distribuições, variabilidade de propriedades da estrutura e taxonomia.

São inúmeras as vantagens de representação das paisagens mediante perfis geocológicos, a exemplo de uma visualização alternativa e didática da organização dos elementos das paisagens, mais próxima da perspectiva visual do olho humano. Além disso, sua primazia é reconhecida sobretudo pela síntese da inter-relação simultânea diferentes temas que compõem a estrutura e funcionalidade dos geossistemas, sob diversos níveis de interpretação dos mais variados elementos, naturais e antrópicos.

Todavia, a eficiência comunicativa de um perfil geoecológico, se dá mediante a simplicidade representativa da complexidade dos elementos das paisagens, adequando escala ao nível proposto de avaliação, juntamente com a disponibilidade de informações geoespaciais, para finalmente facilitar uma análise integrada da paisagem.

Esta é uma ressalva notável aos procedimentos. Os perfis surgem, é claro, muito antes da possibilidade da geoinformação tal qual é conhecida nos dias de hoje (tecnológica, informatizada e acessível). Sendo possível, portanto, iniciar a criação de perfis desde um formato próximo aos esboços e croquis de campo, até perfis mais completos, sofisticados e assertivos (em termos de sobreposição e escala da informação).

Neste caso, a geoinformação foi primordial para a representação das paisagens pelo perfil geoecológico. Desde a sobreposição das informações (*layers* em SIG), a obtenção do perfil topográfico a partir de cartas topográficas digitalizadas (1:100.000), enquanto base do transecto, até a construção, em sentido restrito, do perfil num plano cartesiano digital (CAD).

Todavia, as atividades de campo permanecem como essenciais para esta temática na Geografia. Ver, transitar e fotografar paisagens, criar esboços (textuais e gráficos), fazer marcações por meio de pontos e trajetos utilizando navegação via satélite (*Global Navigation Satellite System – GNSS*) e rever toda a informação, num compêndio pelas atividades de campo, tende a melhorar significativamente a compreensão, avaliação e até o prognóstico para planejamentos partindo da síntese das paisagens.

Por fim, o perfil indicou que os geossistemas que compõem o município de Mineiros (GO), sob o traçado investigado, são compreendidos como o resultado da interação entre elementos naturais e antroponaturais entre as condições morfoestruturais, geológicas, geomorfológicas, pedológicas, hídricas e de uso e cobertura da terra, que derivam sua delimitação por meio de grupos com características homogêneas, que se diferenciam em tipos de paisagens.

Essa diferenciação, junto de sua representação cartográfica pelos perfis geoecológicos, viabiliza uma interpretação mais completa dos aspectos estruturais e funcionais, revelando a organização e informações mais consistentes das paisagens que, por sua vez, é traduzida em valioso conhecimento sobre o ambiente natural e cultural, pronto para auxiliar no planejamento das paisagens.

## **Referências**

- Antrop, M. Geography and landscape science. **Revue Belge de Géographie**, Bruxelles, vol. 1, n. 1-4, p. 1-30, dez., 2000.
- Berutchachvili, N.; Clopés, J. M. P. Tendencia actual de la ciencia del paisaje en la Unión Soviética: el estudio de los geosistemas en la estación de Martkopi (Georgia). **Revista de Geografía**, vol. XI, n. 1-2, 1977, p. 23-36.
- Berutchachvili, N; mathieu, J. L'éthologie des géosystèmes. **L'Espace Géographique**, vol. 6, n. 2, p. 73-84, 1977.
- Braz, A. M. **Zoneamento turístico das paisagens para o município de Mineiros (GO), Brasil**. 2020. 358 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal de Goiás, Jataí, 2020.
- Braz, A. M.; Oliveira, I. J.; Cavalcanti, L. C. S. Mapeamento do uso e cobertura da terra no município de Mineiros (GO): uma representação a partir das fitofisionomias do

- Cerrado. **Ambiência**, Guarapuava, vol. 15, n. 3, p. 675-694, set./dez., 2019.
- Cavalcanti, L. C. S. Geossistemas de Curaçá, Bahia. **Clio Arqueológica**, Recife, vol. 32, n. 3, p. 61-87, set., 2017.
- Cavalcanti, L. C. S. **Cartografia de paisagens: fundamentos**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2018.
- Comunidad De Madrid. **Cartografía del paisaje**. Madrid: Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio, 2003.
- Coutinho, L. M. **Biomias brasileiros**. São Paulo: Oficina de Textos, 2016.
- Frolova, M. A paisagem dos geógrafos Russos: a evolução do olhar geográfico entre o século XIX e o XX. **Revista Ra'e Ga**, Curitiba, n. 13, p. 159-170, 2007.
- Giustina, C. C. D. et al. Recursos naturais e sustentabilidade no estado de Goiás: efeitos da transformação da paisagem no século XX para a conservação do Cerrado. In: CASTRO, S. S. (Org.). **Recursos naturais: indicadores de uso e manejo de biotas, solos e águas no Cerrado**. Rio de Janeiro: Garamond, 2016. p. 13-25.
- Guerra, A. J. T. *et al.* **Um estudo do meio físico com fins de aplicação ao planejamento do uso agrícola da terra no Sudoeste de Goiás**. Rio de Janeiro: IBGE, 1989.
- Hartshorne, R. **The nature of Geography**. 4. ed. Kansas: Edwards Brothers, 1951.
- Humboldt, A. **Cosmos: ensayo de una descripción física del mundo**. Tomo I. Tradução de Bernardo Giner e Jose de Fuentes. Madrid: Gaspar e Roig Editores, 1875.
- Martins, A. L. S.; Chagas, C. S. Identificação e mapeamento de solos frágeis no Município de Mineiros, GO. In: castro, S. S.; Hernani, L. C. **Solos frágeis: caracterização, manejo e sustentabilidade**. Brasília: Embrapa, 2015.
- Mateo Rodríguez, J. M.; Silva, E. V.; Cavalcanti, A. P. B. **Geocologia de paisagens: uma visão geossistêmica da análise ambiental**. 3. ed. Fortaleza: Edições UFC, 2010.
- Ministério do Meio Ambiente – MMA. **Biodiversidade Brasileira: avaliação e identificação de áreas e ações prioritárias para conservação, utilização sustentável e repartição de benefícios da biodiversidade brasileira**. Brasília: MMA/Secretaria de Biodiversidade e Florestas, 2002.
- Monteiro, C. A. F. **Geossistemas: a história de uma procura**. 2. ed. São Paulo: Contexto, 2001.
- Moreira, M. L. O. *et al.* (Org.). **Geologia do Estado de Goiás e Distrito Federal**. Escala 1:500.000. Goiânia: CPRM/SIC - FUNMINERAL, 2008.
- Nimer, E. Climatologia da região centro-oeste do Brasil. **Revista Brasileira de Geografia**, Rio de Janeiro, vol. 34, n. 4, p. 4-30, 1972.
- Nunes, E. D. **Modelagem de processos erosivos hídricos lineares no município de Mineiros – GO**. 2015. 242 f. Tese (Doutorado em Geografia) do Programa de Pós-Graduação em Geografia – Instituto de Estudos Socioambientais. Universidade Federal de Goiás (UFG), Goiânia.
- Nunes, E. D.; Castro, S. S. Compartimentação morfoopedológica aplicada à distribuição de padrões espaciais de processo erosivo em solos frágeis – município de Mineiros, GO. In: Castro, S. S.; Hernani, L. C. (Org.). **Solos frágeis: caracterização, manejo e sustentabilidade**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2015. p. 293-323.
- Oliveira, I. J. Sustentabilidade de sistemas produtivos agrários em paisagens do Cerrado: uma análise no município de Jataí, Goiás. **Terra Livre**, São Paulo, v. 23, p. 225-240, 2004.

- Oliveira, I. J. Turismo no Cerrado. **Revista UFG. Extensão e Cultura**, v. 12, n. 9, p. 49-56, 2010.
- Radambrasil. **Folha SE.22 Goiânia**: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra. Rio de Janeiro: MME/SG/Projeto Radambrasil, 1983.
- Semenov, y. M.; Snytko, v. A. The 50th anniversary of the appearance of V. B. Sochava's first article on the geosystem. **Geography and Natural Resources**, Irkutsk, vol. 34, n. 3, p. 5-8, 2013.
- Sochava, V. B. **A definição de alguns conceitos e termos na Geografia Física**. Relatórios do Instituto de Geografia da Sibéria e do Extremo Oriente, Novosibirsk, vol. 3, p. 50-59, 1963. (Em Russo).
- Sochava, V. B. **Introdução à teoria dos geossistemas**. Novosibirsk: Nauka, 1978. (Em russo).
- Volkova, N. I.; Zuchkova, V. K.; NikolaeV, V. A. Formation and development of landscape science and ecology of landscape in Russia. **Problemy Ekologii Krajobrazu**, v. 6, p. 330-336, 2000.

# 2

## **MUDANÇAS GLOBAIS: O CLIMA E AS NOVAS PAISAGENS**

# UMA VISÃO SOCIAL SOBRE O CLIMA E SEUS SIGNIFICADOS NAS PAISAGENS CLIMÁTICAS DOS LUGARES, O PANTANAL/BRASIL NO CONTEXTO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Charlei Aparecido da Silva<sup>1</sup>

Edson Soares Fialho<sup>2</sup>

Vinicius Machado Rocha<sup>3</sup>

**RESUMO:** As duas primeiras décadas do século XXI foram marcadas por um questionamento generalizado, arbitrário e obtuso sobre o papel da Ciência, isso em diversas áreas do conhecimento. No que tange aos estudos sobre o clima, essencialmente quando se trata de mudanças climáticas, observa-se uma máxima, o binômio, céticos versus defensores. A construção de uma pauta clara, objetiva e coerente sobre as questões climáticas tem sido um desafio, essencialmente frente as questões político-econômicas que se apresentam no âmbito mundial. Os ideais presentes na ECO-92 e no Protocolo de Quioto pouco surtiram resultados efetivos e parecem cada vez mais distantes. A construção de uma agenda comum capaz de tratar o clima sob o ponto de vista global apresenta-se mais desafiador do que no passado. A Conferência das Nações Unidas sobre as Mudanças Climáticas de 2021 demonstrou o árduo caminho na construção de um consenso e concordância de opiniões e pensamentos. O alerta realizado pelo Sexto Relatório de Avaliação (AR6, em inglês) do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), divulgado no mês de agosto de 2021 em Genebra, na Suíça, analisa as evidências científicas da mudança do clima do planeta, atribui um papel ainda maior as ações antrópicas em diversas escalas e magnitudes. Reconhecer assim a materialidade de como o contexto de mudanças climáticas se dá nas paisagens climáticas dos lugares torna-se essencial. Compreender o clima dos lugares, suas características e importância no contexto das paisagens e na vida das pessoas permite vislumbrar uma articulação escalar mais humanizada e real. Isso traz consigo a necessidade do reconhecimento da compreensão do clima como um acúmulo de conhecimento muitas vezes milenar. Essa noção sobre o clima pode ser reconhecida sob diversas maneiras, se faz presente no ciclo das águas no Pantanal brasileiro.

---

1 Professor da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD) e Membro do Programa de Pós graduação em Geografia. Pós-Doutor em Geografia pela Universidade Estadual Paulista (Unesp). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5598-7848>. E-mail: [charleisilva@ufgd.edu.br](mailto:charleisilva@ufgd.edu.br)

2 Professor da Universidade Federal de Viçosa (UFV) e Membro do Programa de Pós graduação em Geografia da UFV. Pós-Doutor em Geografia pela Universidade Federal de Juiz de Fora. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1162-632X>. E-mail: [fialho@ufv.br](mailto:fialho@ufv.br)

3 Professor do Centro de Ciências Agrárias, Ambientais e Biológicas (CCAAB) da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia (UFRB). Docente permanente do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola (PPGEA) da UFRB. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9047-9120>. E-mail: [vinimrocha@ufrb.edu.br](mailto:vinimrocha@ufrb.edu.br)

Na abundância das águas da bacia pantaneira, no Pantanal, evidenciam-se paisagens e fenômenos sociais nos quais o clima está inserido integralmente. No ciclo das águas observa-se a necessidade do reconhecimento social para qualquer mudança de postura acerca daquilo que é tão necessário para o enfretamento do quadro de mudanças climáticas e o seu real significado nas paisagens climáticas dos lugares.

### **Os princípios orientadores fundamentais**

As duas primeiras décadas do século XXI foram marcadas por um questionamento generalizado, arbitrário e obtuso da Ciência, isso em diversas áreas do conhecimento. No que tange aos estudos sobre o clima, essencialmente quando se trata de mudanças climáticas, observa-se uma máxima, o binômio, céticos *versus* defensores. Não há dúvidas que esse debate já deveria ter sido superado, essencialmente pelas fragilidades existentes nos argumentos daqueles que não reconhecem as Mudanças Climáticas e suas consequências socioambientais em diversas escalas e magnitudes. Veltrone (2017) revela algo esclarecedor, os chamados céticos são em sua maioria divulgadores científicos, e não cientistas de fato, em alguma medida simplificam os argumentos a fim de atingirem um universo maior de indivíduos. Por essas razões a construção de uma pauta clara, objetiva e coerente sobre as questões climáticas tem sido um desafio, essencialmente frente as questões político-econômicas que se apresentam no âmbito mundial, soma-se aspectos preservacionistas e conservacionista que se estabelecem no âmbito transversal.

A importância da temática e o interesse crescente dos pesquisadores acerca das mudanças climáticas, seus temas correlatos, e, sua importância no contexto da pesquisa científica brasileira foi expresso por Silva, Queiroz e Alves (2021). Os autores constataram expressivo crescimento das publicações científicas tratando do tema em periódicos especializados no período de 2009 a 2019, essencialmente entre 2016 e 2019. O estudo em questão abarca repositórios e periódicos especializados, entre esses a Revista Brasileira de Climatologia, de grande importância para os Geógrafos e estudiosos que se dedicam a pesquisas na área da Climatologia.

De acordo com o Atlas da Mortalidade e Perdas Econômicas por Extremos Meteorológicos, Climáticos e Hídricos (*Atlas of Mortality and Economic Losses from Weather, Climate and Water Extremes*), divulgado pela Organização Meteorológica Mundial (WMO, em inglês) no mês de agosto de 2021, as Mudanças Climáticas e os eventos extremos quintuplicaram o número de desastres naturais em 50 anos. Foram reportados mais de 11 mil desastres de 1970 a 2019, com pouco mais de 2 milhões de mortes e US\$ 3,64 trilhões em danos. De modo geral, o documento afirma que as perdas econômicas aumentaram sete vezes nas cinco décadas (de uma média diária de US\$ 49 milhões na década de 1970 para US\$ 383 milhões no período 2010-2019), mas o número de mortes diminuiu quase três vezes no mesmo período (de mais de 50 mil por ano na década de 1970 para menos de 20 mil na década de 2010), em razão de alertas precoces e gerenciamento aprimorado. No entanto, isso ocorreu de maneira desigual no planeta: mais de 91,0% das mortes se concentraram em países em desenvolvimento. Os desastres climáticos representaram metade de todos os desastres, concentrando 45,0% de todas as mortes reportadas e 74,0% de todas as perdas econômicas no período. Dos 10 principais tipos de desastres documentados, as secas foram as mais mortais (650 mil mortes). Tempestades causaram 577,2 mil mortes, seguidas de inundações (58,7 mil mortes) e eventos de temperaturas extremas (55,7 mil mortes). Na América

do Sul, as enchentes causaram o maior número de desastres (59,0%), maior perda de vidas (77,0%) e a maior perda econômica (58,0%) no período de 50 anos analisado (WMO, 2021).

Ao mesmo tempo temos que considerar que no campo das Ciências Sociais, no qual está a Geografia, o tema Mudanças Climáticas surge naquilo que Souza (2016) aponta como hibridismo geográfico, ou seja, uma apropriação e aproximação da Geografia com conceitos de outras ciências a fim de explicar os fenômenos e os objetos estudados. Isso ocorre em grande medida a partir da incorporação da linguagem matemática, da geração e interpretação de modelos no campo dos estudos do clima, cujas representações têmporo-espaciais se apresentam como contribuições significativas e permitem aproximar e compreender a complexa relação sociedade-natureza, da sociedade com o clima.

Há de se reconhecer também que na escala global a materialidade dos fatores e dos elementos do clima se distancia da percepção dos indivíduos; para esses o clima dos lugares, de seus lugares, é o que realmente importa e não pode ser explicada única e exclusivamente por modelos e/ou equações matemáticas. Nesse sentido as palavras local e lugar(es) aqui não são vista ou utilizadas como sinônimos. A primeira procura evidenciar a articulação escalar e o processo de interdependência existente entre os fenômenos climáticos. A segunda carrega consigo a materialidade posta no território, os territórios-lugares que tem consigo assim o acúmulo do tempo da natureza e da sociedade. Nesse processo complexo de acúmulos de tempo se manifesta, se vê e compreende, a *Paisagem Climática*.

Compreender portanto o clima dos lugares, suas características e importância no contexto das paisagens e na vida das pessoas torna-se essencial, permite vislumbrar uma articulação escalar (global-local) do clima sob o olhar dos lugares e de forma mais humanizada. Isso traz consigo o reconhecimento da compreensão do clima como um acúmulo de conhecimento muitas vezes milenar e presente na paisagem. Nelas (paisagens) observam-se o reconhecimento social, o campo de ação das pessoas e onde detectam-se suas geografias. Aqui se faz necessário uma defesa sobre a necessidade de evidenciar-se os significados do clima escala local compreendo a *Paisagem Climática* com um condicionante do lugar. Qualquer mudança de postura acerca daquilo que é tão necessário para a sociedade dar-se-á no lugar de vivência, nessa escala o clima não é abstrato, é perceptível e ganha real significado social.

### **A simbiose clima e paisagem**

O clima, dentre os aspectos físicos, que compõem a paisagem, é o único, que não é estático. E por conta desta fluidez, produzida pela mobilidade do ar, o clima, assim como a paisagem é resultante da convergência de processos atmosféricos, geomorfológicos, hidrológicos acumulados no tempo lento da natureza. O papel desempenhado pelas Mudanças Climáticas nas dinâmicas das paisagens do quaternário é reconhecido por Suguio (2000); Nunes, Vilas Boas e Silva (2012). No presente a incitação reside concernir aquilo que representa as Mudanças Climáticas no tempo da sociedade e vice-versa.

Para Conti (2014, p. 241), o clima, embora seja algo abstrato enquanto categoria, não pode ser expresso em imagem mas aparece subjacente em qualquer paisagem da superfície terrestre, desempenhando papel relevante por meio da atuação de seus elementos, que demonstram uma forte sintonia entre clima e paisagem.

Esta relação de certa maneira, foi eternizada com a contribuição do geógrafo Aziz Nacib Ab'Saber (2003), que tomou a paisagem como objeto de investigação e o papel da ação humana, por meio do conceito de Domínios Morfoclimáticos.

Todavia, a paisagem não é apenas uma relação entre elementos físicos, as relações com as ações humanas, devem ser consideradas. Na Geografia, Paul Vidal de La Blache (1899), por meio do conceito de Gênero de Vida, procura demonstrar que existem condições geográficas que são integradas por fatos sociais.

Neste contexto, a Geografia ao estudar a paisagem, utiliza de outros meios de conhecimento, análise estatística, histórica da evolução da apropriação da terra, com base em documentos de arquivos, servem apenas para precisar, contemplar, ratificar as ideias que extraímos do estudo direto da natureza.

As ideias, por exemplo, de um biogeógrafo são extraídas da compreensão da inter-relação e interdependência existente na paisagem, acentuando-se suas conexões na imbricada correlação existente entre os fenômenos que a compõe, sendo o clima um elemento transversal. O mesmo se verifica em estudos climáticos cujo a amalgama são os componentes da paisagem. De fato é preciso estar no meio da natureza para sentir o ritmo de sua vida (SORRE *apud* BESSE, 2006, p. 64). A sugestão que Jean-Marc Besse quer fixar é a de que a Geografia oitocentista estabelece uma outra relação com o visível: não nega a representação estética – sobretudo se pensarmos que os escritos de Vidal nos fazem pensar que ele faz uma homenagem à diversidade regional e de gêneros de vida da França, mas que, a partir de uma fruição estética, busca produzir um conhecimento aprofundado na escala do lugar.

Um exemplo retirado de Vidal de La Blache (1899, p. 108), embora o clima possa ser explicado por leis gerais, como a circulação atmosférica, como na região dos desertos, o clima desértico no Saara, Austrália e na América, apresentam encadeamentos diferentes de fenômenos, que causam a diversificação das regiões que, em certos aspectos são análogos. E acrescento, que além disto, as condições dos ambientes irão propiciar possibilidades distintas de adaptações e estratégias de convivência com o ambiente, como observado por Alliaga et al. (2020) para o norte do Chile, onde as populações originárias, com prática dos seus saberes tradicionais, independente da ciência moderna, conseguem manter o ciclo de vida e conviver com uma paisagem de ambiente árido. E para o Brasil, um exemplo de convivência, que se destaca por que remete a preocupação da preservação da vida, segundo Taddei (2017, p. 29) é o Nordeste brasileiro, onde o convívio com a seca, cria a necessidade da observação do tempo e dos sinais da natureza para prever a qualidade de colheitas ou as estações chuvosas.

É importante frisar, não se está fazendo aqui uma defesa determinista, postulando o determinismo geográfico como essência da relação clima-paisagem e seus significados nos lugares, pelo contrário, o objetivo é evidenciar as complexas relações estabelecidas nessa escala climática (local) e de como se observa isso na construção social.

A partir do exposto, a compreensão e a relação com o clima ou a sequencial habitual dos tipos de tempo diário e sazonal, demonstra diferenças de apreensão no contexto da sociedade, a vida das pessoas e seus lugares. Neste contexto, cabe destacar a contribuição de Pabón (2009), que resumiu a história do conceito do clima e suas mudanças ao longo do tempo em quatro períodos, denominados de ambiental, analítico, sinóptico e sistêmico, conforme pode ser visualizado na Tabela 1 apresentada a seguir.

**Tabela 1.** Definições de Clima.

Período	Corrente do Pensamento	Autores	Definição
Grécia Antiga	Ambiental	Eudoxo de Cnido (395-342 a.C). Gemino; Eratóstenes e Hiparco.	κλιμα o inclinación. Klimata se refiere a la inclinación de los rayos solares. Klimata era una franja latitudinal en las que se dividía cada hemisferio desde el Ecuador hasta el Polo.
Séc. XVIII«		Horace B. Saussure (1740- 1799).	Conjunto de condiciones físicas capaces de ejercer sobre los seres animados una influencia especial, que resultan para las distintas regiones terrestres de su respectiva situación en la superficie del planeta.
Séc. XIX e início do Sec. XX.	Analítica	Von Hann (1883).	«Conjunto de fenómenos que caracterizan el estado medio de la atmósfera en un punto de la superficie terrestre. Se determina com valores estadísticos de datos provenientes de observaciones y mediciones meteorológicas realizadas en períodos diarios»
		Köppen (1906).	Clima é o estado médio e o processo ordinário do tempo em um lugar determinado, tendo em cota que o tempo muda, porém o clima se mantém constante.
Primeira metade do Sec. XX.	Sinóptica ou sintética	Blair (1942).	«Climate is the summary or the resultant of all the manifold weather influences».
		Sorre (1943).	«El clima local está constituido por la serie de datos de la atmósfera sobre un lugar, en su sucesión habitual».
		Pédélabore (1958).	Um conjunto de tendências estáveis que resultam das condições permanentes durante um período de 30 anos.
		OMM (1959)	O conjunto flutuante das condições atmosféricas, caracterizado pelos estados e evolução do tempo no curso de um período suficientemente longo, em um domínio espacial determinado.
		Oliver (1981)	O tempo atmosférico médio.
Segunda Metade do Séc XX.	Sistêmica	Monteiro (1971).	É comportamento dinâmico mais habitual dos tipos de tempo ou recorrente da atmosfera, sobre um dado lugar.
		Lockwood (1985).	São sistemas e seus tipos de tempo.
		Kendal (1990).	O clima é uma certa regularidade subjacente a uma aparente desordem.
		IPCC (2007).	«Climate in a narrow sense is usually defined as the “average weather”, or more rigorously, as the statistical description in terms of the mean and variability of relevant quantities over a period of time ranging from months to thousands or millions of years. These quantities are most often surface variables such as temperature, precipitation, and wind. Climate in a wider sense is the state, including a statistical description, of the climate system. The classical period of time is 30 years, as defined by the World Meteorological Organization.

Fonte: Pabón (2009. Adaptado).

Após esta introdução que visa evidenciar a relação entre o clima e a paisagem, destacamos, que no atual contexto do debate das mudanças climáticas, encontramos um maior interesse de pesquisadores de outras áreas das ciências para além da Geografia, no campo das humanidades busca-se compreender o clima não mais como um produto físico-matemático, mas como algo que incorpora os sentidos do clima, conforme afirmam Parente e Volpato (2012, p. 48):

“...A climatologia não é um domínio exclusivo das chamadas ciências naturais. As dimensões sociais, culturais, políticas e econômicas envolvidas na gramática do clima são muito importantes para se compreender porque as narrativas das mudanças climáticas são absorvidas em diversas instituições e fóruns estatais e internacionais...”

A Antropologia tem uma tradição na realização de estudos sobre os padrões históricos de respostas sociais aos eventos climáticos, tanto naturais quanto antropogênicos. Esses estudos demonstram que as mudanças sociais frequentemente coincidem com as alterações ou variabilidades climáticas inerentes ao sistema climático, ainda que as modificações não resultem necessariamente em mudanças significativas da sociedade. E um dos impactos notáveis da mudança do clima, no atual contexto, recai sobre a mobilidade das populações do mundo. Porém, apesar da contribuição das ciências humanas no debate, e isto inclui a Geografia, a maior dificuldade que a disciplina possui para dialogar com outros campos científicos que tratam da questão climática é de origem epistemológica, pois ciências humanas desde sua origem, se estabeleceram pela recusa da prevalência da natureza sobre a cultura, inclusive fazendo o movimento inverso, ou seja, utilizando a cultura para explicar a natureza.

Dessa forma, a ideia de ambiente ou de um fenômeno externo ao humano, tal qual “as mudanças climáticas” e tantos outros fenômenos supostamente naturais, é de difícil naturalização. Isso porque uma vez compreendido que a ideia das Mudanças Climáticas foi gerada em determinado contexto cultural – do mundo ocidental, onde a ciência moderna se define como o limiar da verdade subjugando as outras formas de conhecimento sobre as “mudanças climáticas” enquanto questões social e epistemologicamente relevantes.

Isso quer dizer que, antes de assumir que as Mudanças Climáticas são um fenômeno real e inquestionável, sobre o qual todas as sociedades humanas terão necessariamente que desenvolver perspectivas e respostas, o que nos remete a suspensão da certeza da universalidade do fenômeno, pois ao ser historicizado dentro de um contexto cultural, deve-se observar práticas distintas de adaptação e convivência, considerando um mesmo fenômeno sobre todos os grupos humanos, que vivem e coexistem no planeta Terra. Fato, o processo, a adaptação climática não é, não deve ser, um pastiche.

Neste âmbito, coloca-se em questão a preocupação de Hulme (2017) que destaca em sua obra *Weathered: Cultures of Climate*, a necessidade de se perceber e pensar sobre a variedade das experiências culturais e históricas sobre o clima e os fenômenos climáticos, a começar pela compreensão de que a ideia de clima é algo inerentemente cultural. O entendimento do tempo (cronológico) da natureza posto em concomitância ao tempo social historicamente produzido e acumulado nos lugares torna-se assim uma condição significativa para o domínio do conceito de paisagem climática.

Partindo da lógica que a compreensão do clima de um lugar é o acúmulo social da vivência de indivíduos pode-se afirmar que a paisagem, em associação ao clima correspondente, contribui para a definição de uma identidade, que vai além da regionalização dos elementos do clima, que aqui como um exercício está sendo denominado de *Paisagem Climática*. Essa ideia se aproxima e é denominada como Topoclimas Culturais (ROMERO et al., 2019) ou Socioclimas (ROMERO et al., 2016). Este último conceito embora possa ser tratado como um sinônimo ao de topoclimas culturais, os autores afirmam que:

“(…) Los socioclimas de las comunidades andinas del borde del Desierto de Atacama viven un irreversible proceso de extinción como consecuencia de la pérdida de los sistemas de conocimientos locales manifestados en cosmovisiones basadas en informaciones, representaciones y modos de gestión comunitarias completamente diferentes a los reclamados por la climatología convencional (ROMERO et al., 2016, p. 10). (...)”.

Neste contexto, o socioclima está atrelado ao conhecimento produzido em relação a existência do território, no qual estão inseridos e se manifesta na *Paisagem Climática*. Uma vez esse território sendo extinto, o saber cultural também deixa de se reproduzir, acarretando a extinção do próprio socioclima, enquanto conhecimento. O mesmo se aplica quando observado ações humanas de magnitude que causem impactos que ultrapassam o estado de resiliência da natureza, da paisagem, que transforma os processos de interdependência e inter-relação dos condicionantes do clima na sua primeira escala de conexão: o local. Essa noção de hierarquia e de interdependência importantíssima para os estudos climáticos está expressa na proposta de Arthur Koestler, conhecida como *The Concept of Holon*, presente em Monteiro (1976).

Como se percebe as preocupações com o clima, e, portanto no que tange as mudanças climáticas, não podem estar relacionadas às condicionantes unicamente exteriores aos lugares. Há de se assumir que o clima é um componente presente e ativo, que ele faz parte da paisagem dos lugares, bem como, contribui para as tomadas de decisões dos indivíduos, das sociedades, pois seu ciclo sazonal influencia no comportamento social e nas escolhas dos grupos humanos sobre a paisagem – daí a defesa da ideia de *Paisagem Climática*. O clima, neste sentido, deixa de ser abstrato e passa ser algo concreto, até mesmo porque, com o aumento da frequência da ocorrência dos eventos extremos, fica latente a necessidade de uma nova aprendizagem de como os riscos climáticos, que não é mais natural, mas construído, se colocam dentro da perspectiva da gestão da *Paisagem Climática*.

Há de pensarmos assim que o clima se manifesta na paisagem naquilo que Fagan (2008) ousou chamar de relógio climático, o qual acelera ou diminui sua velocidade; muda de direção e mesmo permanece adormecido por longos períodos de tempo, mas, nunca para. Observamos de fato o estabelecimento de um equilíbrio dinâmico nos quais o tempo (cronológico nesse caso) da natureza e da sociedade se mesclam paradoxalmente cada vez mais, portanto, compreender o *pêndulo climático* nesse momento histórico da humanidade se coloca como o grande desafio (FAGAN, 2008, p. 31). O clima, os condicionantes das Mudanças Climáticas, estão presentes naquilo que se estabeleceu recentemente como Antropoceno (CLAUDINO-SALES, 2020), não há possibilidade de adiar ou furta-se desse reconhecimento e é nessa circunstância que os temas ora discutidos ganham magnitude.

### **O pêndulo climático no presente: Mudanças Climáticas e século XXI**

As Mudanças Climáticas antropogênicas são reais, estão se intensificando numa velocidade surpreendente, sem precedentes nos últimos 2 mil anos e com consequências potencialmente gravíssimas para os seres humanos e o planeta Terra, incluindo a intensificação de tempestades, secas severas e ondas de calor extremo. A frequência e intensidade dos eventos climáticos extremos aumentaram na maioria das áreas terrestres desde 1950 e irão se

agravar nas próximas décadas proporcionalmente ao aquecimento global. Se a temperatura média do planeta ultrapassar 4,0°C antes de 2100 o número de eventos climáticos extremos em algumas regiões pode se tornar nove vezes maior (IPCC AR6, 2021).

O alerta foi realizado pelo Sexto Relatório de Avaliação (AR6, em inglês) do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), divulgado no mês de agosto de 2021 em Genebra, na Suíça, reunindo as principais conclusões da contribuição do Grupo de Trabalho 1 (WGI, em inglês) do órgão. A publicação sintetiza o conhecimento sobre as bases físicas das ciências relacionadas ao clima. Em outras palavras, o relatório produzido pelo WGI analisa as evidências científicas da mudança do clima.

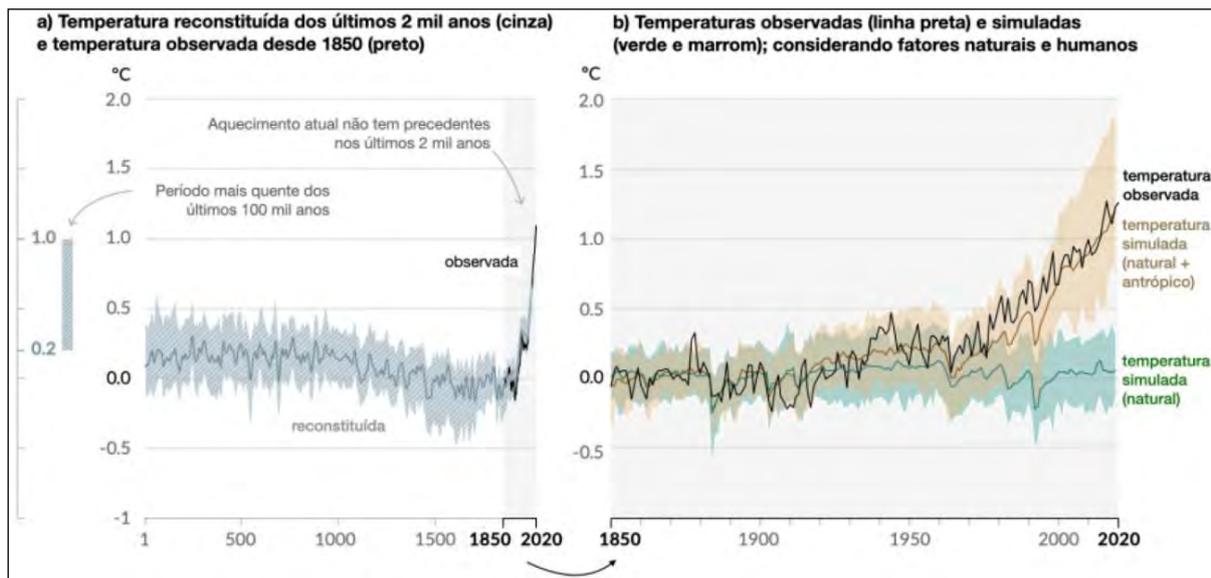
Mais de 14 mil estudos foram analisados na elaboração do AR6, e as evidências não deixam dúvidas nem sobre o papel do homem nem sobre a gravidade do problema. O que muda nesse novo documento, em relação ao Quinto Relatório de Avaliação (AR5) publicado em 2013 (IPCC AR5, 2013) é, principalmente, o nível de refinamento das análises sobre o que está ocorrendo e das projeções sobre o que pode vir a acontecer no futuro, com base nos novos conhecimentos acumulados ao longo dos últimos oito anos.

Segundo o Sumário para Tomadores de Decisão (*Summary for Policy Makers*) (IPCC AR6, 2021), é inequívoco que a ação humana, por meio da emissão de gases de efeito estufa (GEE) originados principalmente pela queima de combustíveis fósseis para geração de energia e, especialmente no Brasil, por mudanças no uso e cobertura da terra, aqueceu o sistema climático e que estão ocorrendo mudanças generalizadas, rápidas e irreversíveis. Comparativamente, o IPCC AR5 (2013) reportava ser “extremamente provável” que a influência humana seja a causa preponderante do aquecimento observado desde meados do século XX. Portanto, ao empregar o termo “inequívoco” o IPCC AR6 (2021) acresce mais certeza e contundência ao fato. A mudança climática induzida pelo homem já está afetando muitos extremos climáticos e meteorológicos em todas as regiões do globo (IPCC AR6 2021).

O aquecimento da Terra nos últimos 2 mil anos é um fato inequívoco, como mostra a Figura 1. Observa-se que a temperatura média da superfície global aumenta pronunciadamente a partir do início do século XX até ultrapassar a marca de 1,0°C de aquecimento no início do século XXI, em relação à temperatura média observada entre 1850 e 1900, que é a linha de base do gráfico, utilizada como referência de temperatura normal do planeta, ou seja, antes do início da interferência humana no clima (Figura 1a). Atualmente, segundo o IPCC AR6 (2021) está em torno de 1,1°C; e continua subindo.

Na verdade, sobre os continentes o aumento da temperatura já está em 1,6°C, comparado a 0,9°C nos oceanos (o que dá uma média de 1,1°C de aquecimento global total, comparado à era pré-industrial). Em escala global, porém, esse limite só não foi superado, ainda, por causa de um outro problema gerado pelo homem: a poluição do ar urbana, que contém partículas (aerossóis e fuligem, por exemplo) que refletem a energia solar de volta ao espaço e, dessa forma, produzem um efeito de resfriamento – oposto ao causado pelos GEE. Segundo o IPCC AR6 (2021), essa poluição reduziu o aquecimento global até agora em 0,5°C. Em outras palavras, o material particulado presente na atmosfera está mascarando cerca de um terço do aquecimento que já ocorreu.

**Figura 1.** Mudança na temperatura da superfície global, relativa a 1850-1900.



A) Variação decadal da temperatura média da superfície do globo nos últimos 2 mil anos juntamente com as observações de 1850-2020 (linha preta sólida). B) variação anual da temperatura média da superfície do globo nos últimos 170 anos (utilizando de referência os anos de 1850-1900).

Fonte: IPCC AR6 (2021). Adaptado da versão original em inglês.

Nos últimos 50 anos a temperatura da superfície global aumentou a uma taxa sem precedentes e é muito provável que a década mais recente tenha sido a mais quente desde o pico do último período glacial, há 125 mil anos. É inequívoco, também, que o aquecimento observado foi impulsionado pelo aumento da concentração de GEE na atmosfera, principalmente o dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) que em 2019 atingiu 410 partes por milhão (ppm) – a concentração mais alta nos últimos 2 milhões de anos, segundo o IPCC AR6 (2021).

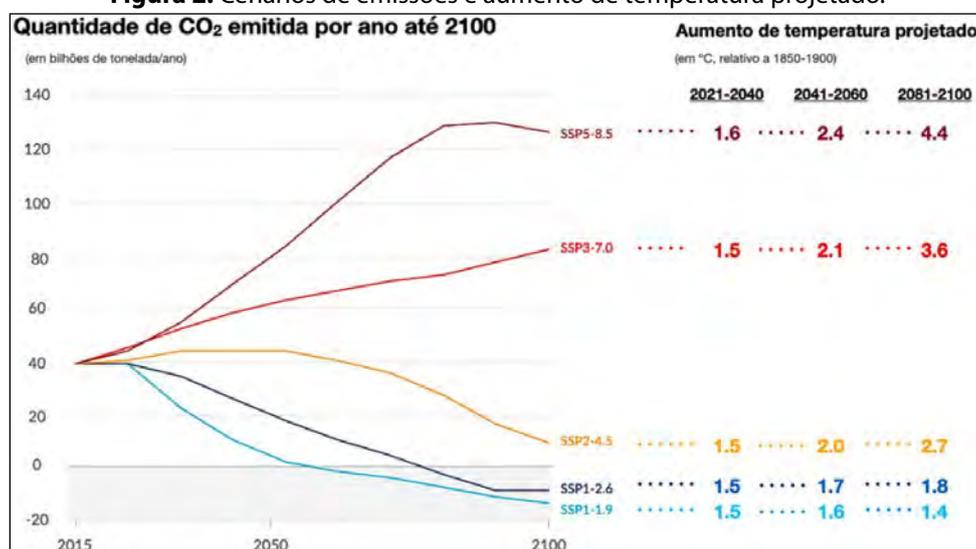
A Figura 1b compara as temperaturas observada e simuladas considerando fatores naturais e antrópicos ao longo dos últimos 170 anos. Verifica-se que a partir do início do século XX, ano 1900, a temperatura simulada considerando a ação humana, por meio da emissão de GEE, se desloca da temperatura simulada com base apenas em fatores naturais. Além disso, a temperatura simulada utilizando fatores naturais somados à ação antrópica se sobrepõe perfeitamente com a temperatura observada, que representa as temperaturas reais, registradas a cada ano desse período. Em outras palavras, somente os fatores naturais, como a atividade solar e vulcânicas, não são capazes de explicar o aquecimento observado nos últimos 100 anos. Não por acaso, o aquecimento recente coincide com a intensificação de atividades industriais e o aumento na concentração dos GEE (dióxido de carbono, metano, óxido nitroso e gases fluorados) na atmosfera, sobretudo, em função da queima de combustíveis fósseis para a geração de energia.

### Cenários futuros compreendidos no presente

Foram utilizados cinco novos cenários de emissões (identificados pela sigla SSPs, que significa Trajetória Socioeconômica Compartilhada, em inglês – *The Shared Socio Economic Pathways*) de GEE para o período 2015-2100 (Figura 2) e modelos climáticos mais sofisticados

nas simulações numéricas. Dessa maneira, foi possível preencher algumas lacunas de dados e promover uma maior integração das evidências. Como resultado, o IPCC AR6 (2021) traz projeções mais apuradas do impacto das emissões de GEE no sistema climático terrestre.

**Figura 2.** Cenários de emissões e aumento de temperatura projetado.



Fonte: IPCC AR6 (2021). Adaptado da versão original em inglês.

No cenário mais otimista (SSP1-1.9, linha azul clara), as emissões antrópicas de dióxido de carbono decairiam rapidamente nas próximas décadas, chegando a emissões líquidas zero por volta de 2050, e tornando-se negativas a partir daí – o que exigiria não somente a redução de emissões, mas também a implementação de medidas capazes de remover o excesso de carbono já acumulado na atmosfera, como o plantio de árvores em larga escala por todo o planeta; ou seja, a sociedade removeria mais carbono da atmosfera do que acrescenta. No segundo cenário otimista (SSP1-2.6, linha azul escuro), isso também ocorreria, porém, a partir de 2080. No cenário intermediário (SSP2-4.5, linha amarela), as emissões de certo modo ainda aumentariam nos próximos anos e reduziriam em meados do século XXI, mas não o suficiente para chegar a zero antes de 2100. Nos dois cenários mais pessimistas (SSP3-7.0, linha vermelha e SSP5-8.5, linha violeta) as emissões continuariam aumentando nas próximas décadas, contudo, em intensidades distintas.

Ainda em relação à Figura 2, observa-se, à direita, o aumento de temperatura projetado para cada cenário no curto prazo (período 2021-2040), médio prazo (2041-2060) e longo prazo (2081-2100). Em todos os períodos considerados, na melhor estimativa do IPCC AR6 (2021), o aquecimento atinge ou ultrapassa a marca de 1,5°C nos próximos 20 anos, a não ser que haja uma ação imediata e contundente da sociedade no sentido de mudar essa trajetória. No cenário intermediário, a Terra ultrapassaria 2,0°C de aquecimento por volta de 2050 e, mesmo a sociedade reduzindo suas emissões a partir daí, chegaria ao final do século com 3,6°C de aquecimento global, o que implicaria Mudanças Climáticas extremas e potencialmente catastróficas para os seres humanos e todos os ecossistemas do planeta. O cenário que melhor representa a trajetória atual da Terra é o SSP3-7.0, no qual o aquecimento global ultrapassaria 2°C por volta de 2050 e chegaria a 3,6°C no fim do século, com potencial para chegar a 4,6°C.

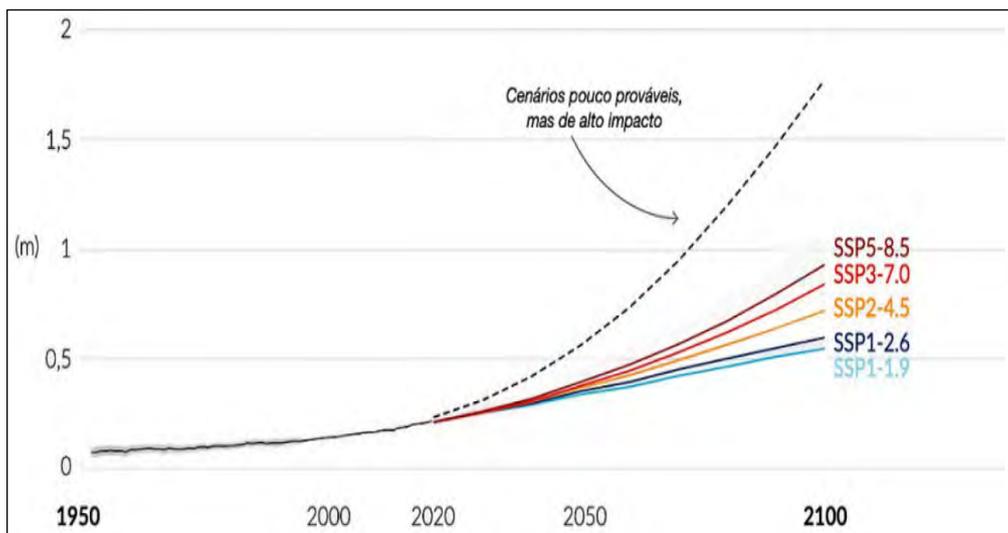
### As sinergias das escalas, a mudança no nível do mar, o agora

Uma das consequências mais impactantes e irreversíveis do aquecimento global é a elevação do nível do mar, causada pela sinergia entre aumento da temperatura da água (que aumenta o volume dos oceanos, por um processo físico de expansão térmica) e derretimento em massa de geleiras, tanto em terra quanto nos oceanos.

Segundo o IPCC AR6 (2021), o nível global do mar aumentou 20 cm entre 1901 e 2018, e é muito provável (90,0% a 100,0% de probabilidade) que esse aumento é resultado do aquecimento global causado pelo homem, principalmente nos últimos 50 anos. A velocidade com que essa elevação está ocorrendo é sem precedentes nos últimos 3 mil anos; e mesmo que as emissões de GEE zerassem imediatamente, essa elevação continuará em curso por pelo menos mais alguns séculos ou milênios, em função do tempo que o calor leva para ser absorvido e se dissipar no oceano. Ainda de acordo com o relatório, estima-se que o nível do mar subirá de 2 m a 3 m nos próximos 2 mil anos, se o aquecimento global for limitado a 1,5°C; ou até 6 m, num cenário de 2,0°C.

A Figura 3 apresenta o grau de elevação simulado (em metros) para cada um dos cinco cenários de emissões analisados pelo IPCC AR6 (2021), até 2100. No cenário intermediário, projeta-se o aumento no nível global do mar em torno de 44 a 76 cm. É uma mudança expressiva, que, combinada com o aumento do número e da intensidade de chuvas e tempestades, pode gerar graves implicações sobre as zonas costeiras continentais, onde vive a maior parte da população brasileira. No cenário mais pessimista (linha pontilhada), pouco provável (porém, não impossível), mas de alto impacto, o nível do mar poderia subir até 2 m ao final do século, e 5 m até 2150, a depender de como os mantos de gelo das regiões polares responderão ao aumento da temperatura global.

**Figura 3.** Mudança no nível do mar, comparado do ano de 1900.



Fonte: IPCC AR6 (2021). Adaptado da versão original em inglês.

O IPCC AR6 (2021) prevê que as geleiras continentais e os mantos de gelo polar continuarão a derreter por centenas de anos, assim como o solo congelado (permafrost) da

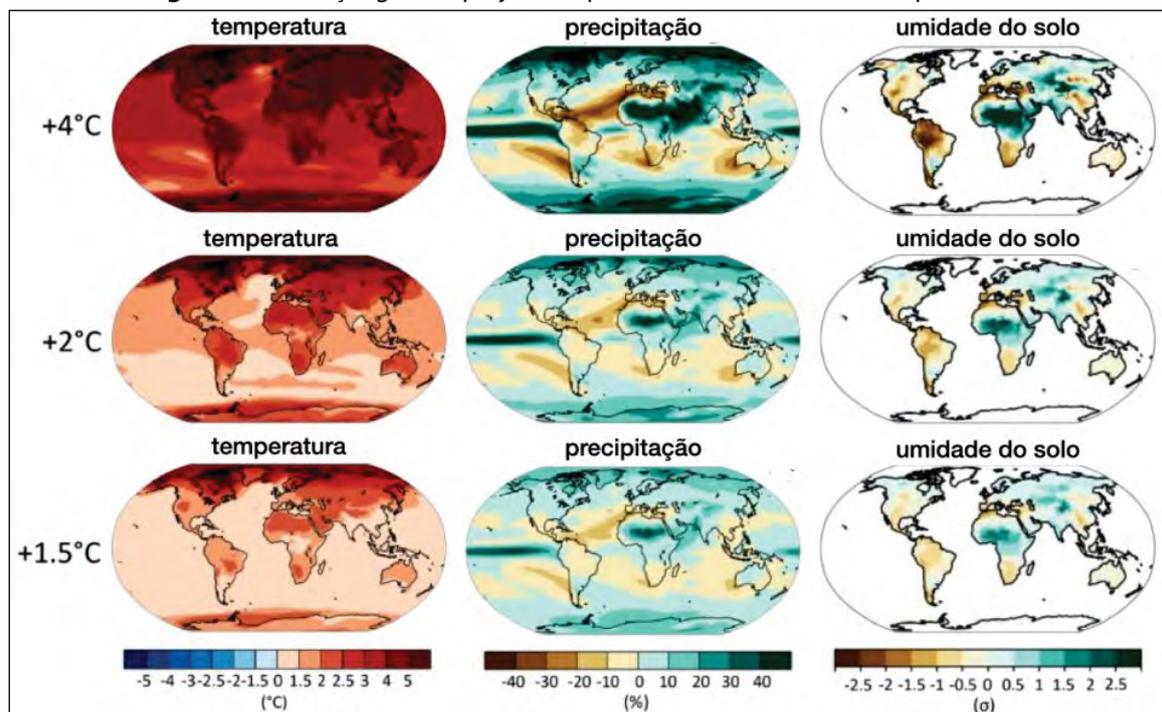
Sibéria, que contém uma quantidade enorme de metano (CH<sub>4</sub>) armazenado. Outros efeitos irreversíveis nos próximos séculos incluem o aquecimento, a acidificação e a desoxigenação das águas oceânicas, com impactos significativos para a biodiversidade marinha global. Ainda que não seja possível frear completamente os processos em curso, o relatório ressalta que a diminuição das emissões de GEE e, conseqüentemente, do aquecimento global pode reduzir consideravelmente a magnitude e duração dos impactos a médio e longo prazo.

### Mudanças no clima global, a compreensão da escala global

O aquecimento global não se manifesta de forma homogênea. Segundo o IPCC AR6 (2021), a temperatura média da superfície global aumentou cerca de 1,1°C desde o início da era industrial, porém, o aquecimento foi maior sobre os continentes (1,6°C) do que nos oceanos (0,9°C) e algumas regiões estão se aquecendo mais rapidamente do que outras. O Ártico está se aquecendo duas vezes mais rápido do que o restante do planeta, e a cobertura de gelo marinho durante o verão tem diminuído significativamente nas últimas décadas.

A Figura 4 apresenta as mudanças globais projetadas nos padrões de temperatura, precipitação e umidade do solo em grande escala, sob diferentes cenários de aquecimento para o período de 2081-2100. Em escala global, os eventos de chuva forte se intensificarão em cerca de 7% para cada grau adicional de aquecimento, uma vez que a atmosfera aquecida é capaz de reter mais umidade (IPCC AR6, 2021). É possível observar, também, que a região central da América do Sul, que inclui a Amazônia e o Centro-Oeste do Brasil, se torna gradativamente mais quente e seca à medida que a temperatura global aumenta.

**Figura 4.** Mudanças globais projetadas para diferentes cenários de aquecimento

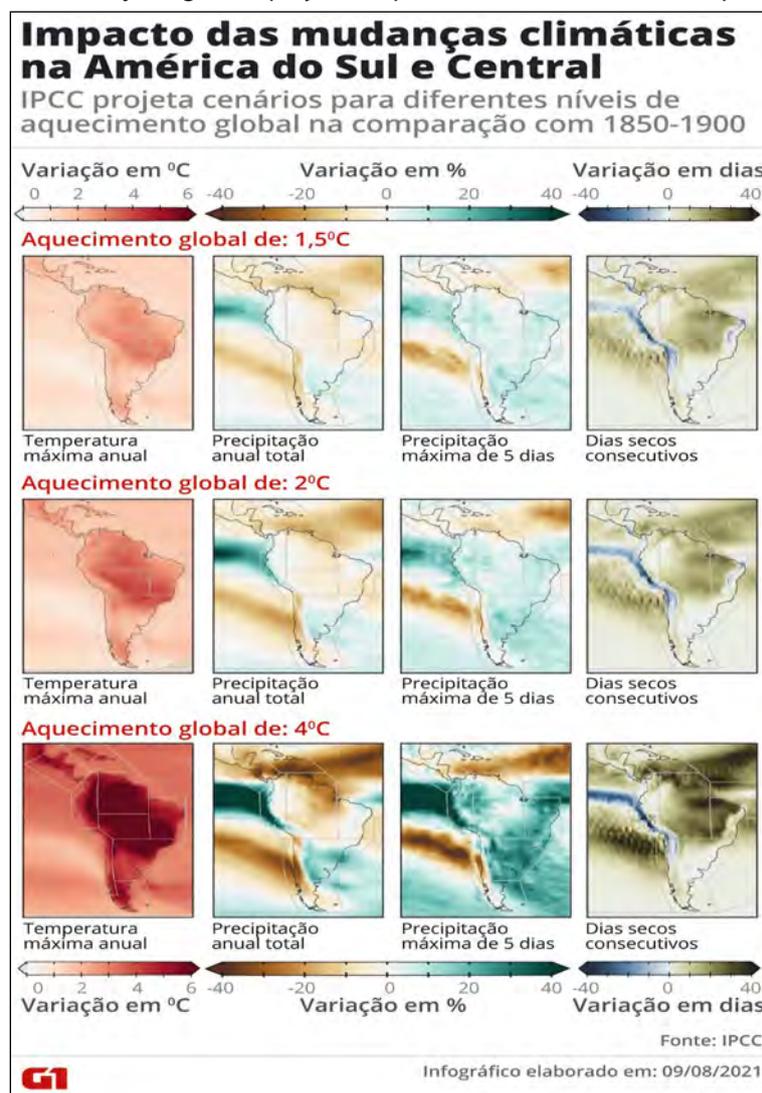


Fonte: IPCC AR6 (2021). Adaptado da versão original em inglês.

## Projeções para o Brasil e as consequências regionais, a articulação escalar

A Figura 5 apresenta as mudanças regionais projetadas para a América do Sul e o Brasil sob diferentes cenários de aquecimento para o período de 2081-2100. De modo geral, as simulações numéricas indicam que a região norte da América do Sul se tornará mais quente e seca, o que poderá alterar gravemente o equilíbrio ecossistêmico da Amazônia como um todo. O mesmo aconteceria na região Nordeste do Brasil, que já é naturalmente seca, o que acarretaria impactos importantes para a segurança hídrica, energética e alimentar da região. A região central da América do Sul, onde está concentrada a maior parte do agronegócio brasileiro, deverá registrar maior aumento na temperatura e elevação da frequência e intensidade das ondas de calor, além de períodos secos mais prolongados. O Sudeste do Brasil se tornaria, além de mais quente, susceptível a mais extremos climáticos de natureza hídrica. Por outro lado, na região Sul do Brasil devem ocorrer mais chuvas fortes e com grandes volumes de água, concentradas em até cinco dias.

**Figura 5.** Mudanças regionais projetadas para diferentes cenários de aquecimento.



Fonte: IPCC AR6 (2021). Adaptado da versão original em inglês.

Em um cenário de aquecimento global de 2,0°C, a temperatura no Brasil pode aumentar, em média, entre 3,0°C e 3,5°C. No entanto, se a temperatura média global aumentar em 4,0°C, projeta-se para o Brasil um aquecimento entre 5,0°C e 5,5°C, principalmente na porção central. Isso desencadearia sérios prejuízos à saúde da população, graves consequências aos biomas brasileiros (como o aumento das queimadas) e implicações importantes para a economia do país, incluindo a produção agrícola. Na verdade, cada 0,5°C adicional de aquecimento global causará aumentos estatisticamente significativos nos extremos de temperatura, na intensidade de tempestades e na gravidade de secas em algumas regiões, como no Nordeste do Brasil e no leste da Amazônia.

Com relação às mudanças nos padrões de precipitação, as projeções apresentadas pelo IPCC AR6 (2021) indicam que, principalmente, a região central do Brasil e a porção leste da Amazônia se tornarão mais secas. Por outro lado, a região Sul do Brasil poderá registrar maior intensidade de chuvas. Na verdade, na região mais ao sul do Brasil já tem se observado um aumento das precipitações (VIANA et al., 2006).

Há de observar-se portanto o papel social acerca das Mudanças Climáticas e como elas se dão nos níveis escalares; a forma como se dá a construção das sociedades e mesmo a produção do espaço no mundo atual; como há necessidades por energia e matéria cujo escopo possui íntima relação com as Mudanças Climáticas evidenciadas. Nas palavras de Friedman:

“E o que dizer do quente? O consenso científico de nossos dias é o de que o planeta vem apresentando uma tendência ao aquecimento – acima das variações naturais e normais – que se deve, quase certamente ao aumento das atividades humanas, associadas à fabricação em grande escala.” Friedman (2010, p. 94):

No caso brasileiro o avanço da fronteira agrícola sobre o Cerrado para produção de commodities a fim de atender a demanda do mercado internacional, e, mais recentemente sobre a Amazônia, possui grande correção e interdependência com o contexto de Mudanças Climáticas e seus significados; a ideia de “fabricação em grande escala” indicado por Friedman se faz presente no modelo de agronegócio vigente hoje no Brasil, concomitante a isso, Féres, Reis e Speranza (2011) alertam sobre os prejuízos que o setor deverá arcar em um quadro de Mudanças Climáticas. A produção do espaço é desigual, as consequências das Mudanças Climáticas ocorrerão da mesma forma, de fato já estão se dando de forma vário. No lugar as vulnerabilidades sociais e os níveis de adaptações as Mudanças Climáticas não são equânimes, esse é o ponto.

### **Na escala climática local, o lugar Pantanal**

A melhor forma de apresentar o significado do Pantanal àqueles que não o conhecem é por meio da poesia de Manoel de Barros, poeta cujos versos transpassam “as coisas”. Não há imagem de satélite ou referência bibliográfica que consiga retratar de forma fiel a complexidade existente por trás do ciclo das águas que estabelece o tempo (cronológico) que rege a vida deste importante bioma brasileiro e o significado desse lugar:

“Definitivo, cabal, nunca há de ser este rio Taquari.  
Cheio de furos pelos lados, torneiral — ele derrama e destramela à toa.  
Só com uma tromba-d’água se engravida. E empacha. Estoura. Arromba. Carrega barrancos. Cria bocas enormes. Vaza por elas. Cava e recava novos leitões.  
E destampa adoidado...  
Cavalo que desembesta. Se empolga. Escouceia árdego de sol e cio. Esfrega o rosto na escória. E invade, em estendal imprevisível, as terras do Pantanal.  
Depois se espraia amoroso, libidinoso animal de água, abraçando e cheirando a terra fêmea. Agora madura nos campos sossegado. Está sesteando debaixo das árvores. Se entorna preguiçosamente e inventa novas margens. Por várzeas e boqueirões passeia manheiro. Erra pelos cerrados. Prefere os deslimites do vago, o campinal dos lobinhos.  
E vai empurrando, através dos corixos, baías e largos, suas águas vadias.  
Estanca por vezes nos currais e pomares de algumas fazendas. Descansa uns dias debaixo das pimenteiras, dos landis, dos guanandis — que agradecem.  
De tarde à sombra dos cambarás pacus comem frutas.  
Meninos pescam das varandas da casa.  
Com pouco, esse rio se entedia de tanta planura, de tanta lonjura, de tanta grandura — volta para sua caixa. Deu força para as raízes. Alargou, aprofundou alguns braços ressecos. Enxertou suas areias. Fez brotar sua flora. Alegrou sua fauna. Mas deixou no Pantanal um pouco de seus peixes.  
E emprenhou de seu limo, seus lanhos, seu húmus — o solo do Pantanal.  
Faz isso todos os anos, como se fosse uma obrigação.  
Tão necessário, pelo que tem de fecundante e renovador, esse rio Taquari, desbocado e malcomportado, é temido também pelos seus ribeirinhos.  
Pois, se livra das pragas nossos campos, também leva parte de nossos rebanhos.  
Este é um rio cujos estragos compõem.

- Um rio desbocado. Manoel de Barros (2006) -

Para além da poética que rege esse lugar denominado Pantanal tem-se que os registros das primeiras ocupações humanas datam de 1550, como citado por Bertelli (1987 *apud*. Moreira e Schwartz, 2007). Para esses autores o povo pantaneiro é resultado de “tumultuada, antiga miscigenação entre espanhóis vindos da Bolívia, por volta de 1550, bandeirantes, errantes da Guerra do Paraguai, indígenas Guaranis, Paiaguás, Guatós, Guaycurús”. Passados quase cinco séculos o Pantanal ainda se apresenta como algo a ser desvelado e compreendido, uma agenda a ser construída como aquilo presente em Schulz et. al. (2019).

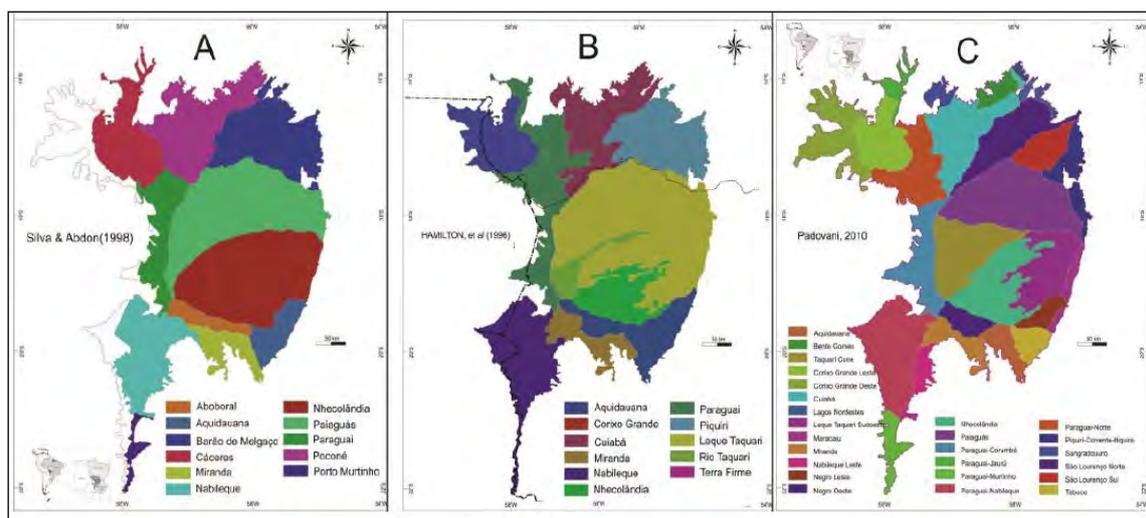
Sob o ponto de vista natural o Pantanal se constitui com uma das maiores planícies alagadas no planeta. Localizada na parte central da América do Sul ocupa aproximadamente 150 mil/km<sup>2</sup>, 65,0% de seu território se concentra no estado de Mato Grosso do Sul e 35,0% no Mato Grosso. Formado na bacia hidrográfica do Alto Paraguai o Pantanal tem dentro de si uma das maiores biodiversidades da flora e da fauna brasileira, como destaca Ab’Saber:

O Pantanal Mato-Grossense funciona como um notável interespaço de transição e contato, comportando: fortes penetrações de ecossistemas dos cerrados; uma

participação significativa de floras chaquenhas; inclusões de componentes amazônicos e pré-amazônicos; ao lado de ecossistemas aquáticos e subaquáticos de grande extensão, nos pantanais de suas grandes planícies de inundação. (AB' SÁBER, 2006, p. 58)

O Pantanal de fato é um bioma composto por fragmentos de paisagens que se articulam, as quais mantem uma intrínseca relação com o planalto circundante. Estudos apontam que não há somente um Pantanal, mas sim vários Pantanaís, a depender da escala e dos critérios utilizados na determinação de suas subdivisões. Martins (2018) ao estudar o bioma identificou que as classificações de Hamilton et al. (1996); Silva e Abdon (1998) e Padovani (2010) são os aqueles mais utilizadas, sendo, Padovani o autor que consegue representar melhor as dinâmicas postas, seja por incorporar áreas da Bolívia e Paraguai e/ou por atualizar a dinâmica das inundações e as unidades geomorfológicas (Figura 6).

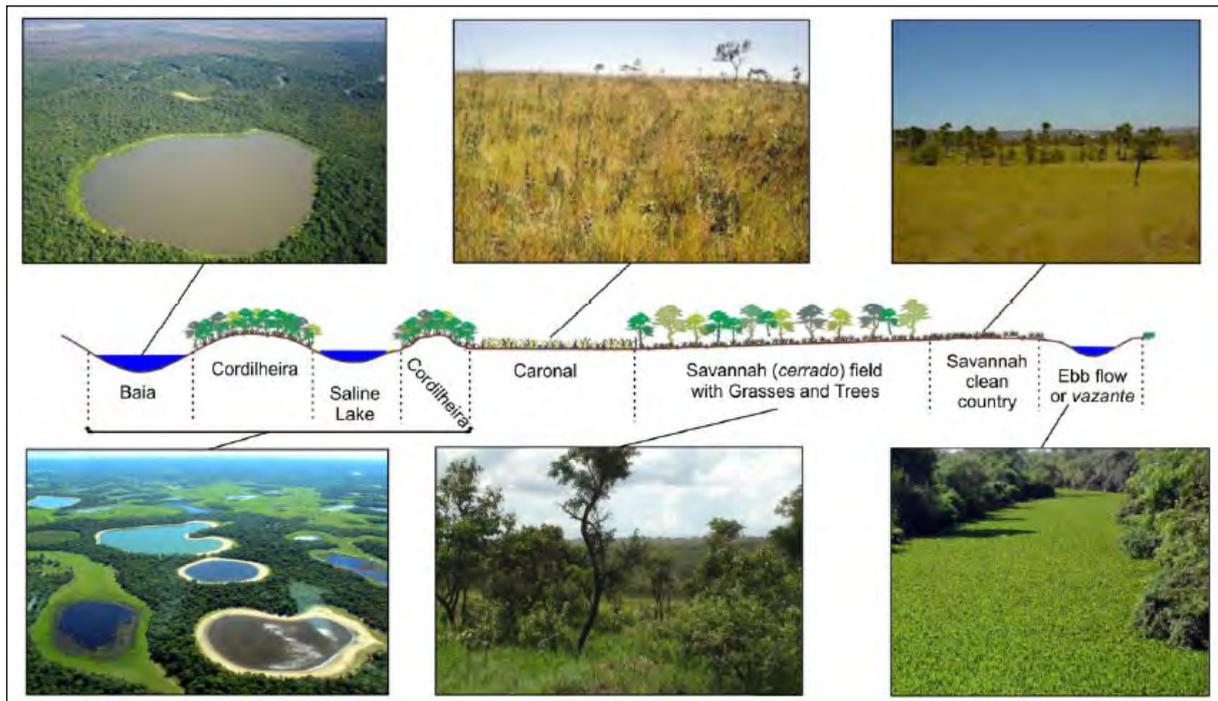
**Figura 6.** As principais subdivisões dos Pantanaís segundo: (A) Hamilton et al. (1996); (B) Silva e Abdon (1998); C) Padovani (2010).



Fonte: Martins (2018, p.149).

A planície pantaneira, formada por uma subsidência crustal de Era paleogênica, caracteriza-se por seu um sistema sedimentar, uma grande bacia sedimentar, circundada por terras altas, esses extensos planaltos que margeiam sua face esquerda no território brasileiro. Rios de grande volume, extensos, à medida que chegam na planície pantaneira vão perdendo energia, condição que contribui para a deposição de contínua de sedimentos, fazendo surgir imensos leques aluviais e megafans – Boin; Martins; Silva e Salgado (2019). O mais conhecido e importante talvez seja o megaleque do rio Taquari, onde se identificam um número grande de paleocanais. Entre o planalto e a planície, em um movimento contínuo, os rios arranjam-se, padrões sinuosos se evidenciam permitindo o surgimento de várzeas, lagoas e pequenos lagos que dão origem a um mosaico de paisagens (Figura 7).

**Figura 7.** Representação das diversas unidades de paisagem presentes no Pantanal.

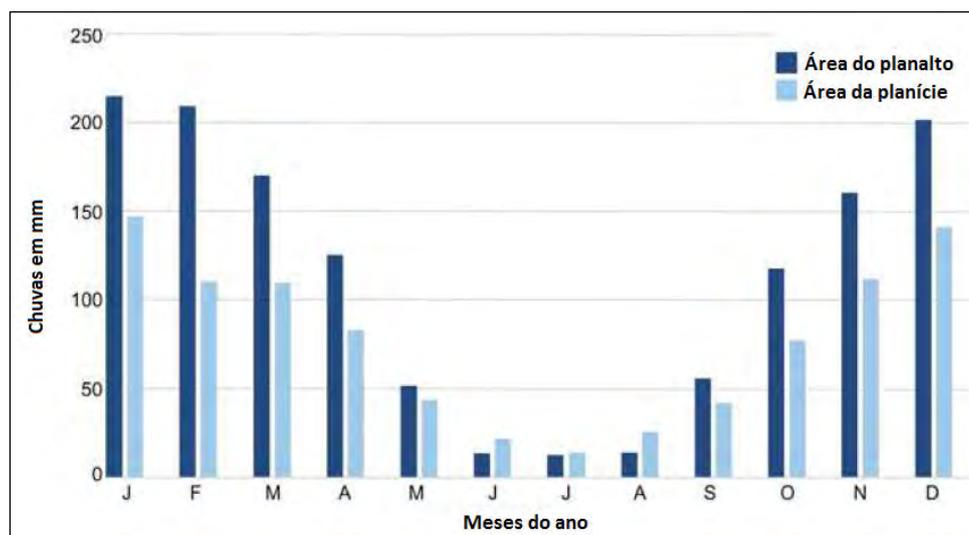


Fonte: Boin; Martins; Silva e Salgado (2019, p. 86).

Localizado no centro do continente o Pantanal tem seu clima marcado pela continentalidade, as temperaturas usualmente são altas, todavia, em episódios específicos, quando da atuação da mPa (Massa Polar Atlântica), essas baixam com muita rapidez, nesses momentos registram-se mínimas próximas a 0°C. Por outro lado quando do predomínio da mTc (Massa Tropical Continental) as máximas ficam acima de 40,0°C. No que tange as médias anuais a temperatura fica em torno de 25,0°C; a mínima 15,0°C e máxima 34,0°C. A umidade relativa do ar por sua vez é 50% no inverno e 75% no verão.

Sua paisagem é marcada por um ciclo contínuo no qual águas precipitadas, evaporadas, drenadas e infiltradas se revelam em toda sua extensão. O elemento chuva talvez seja aquele que demarca com evidência a paisagem. As chuvas são reguladoras da *Paisagem Climática*. A média de chuvas no Pantanal é de 1000 mm, à primeira vista pouco para um bioma cuja existência necessita efetivamente de um grande volume d'água – Figura 8. Assim, na interdependência planalto-planície, soma-se o ciclo das chuvas, que ocorrem de outubro a março, nesse período se estabelece a época das cheias; forma-se uma paisagem cênica cuja beleza dá o matiz do significado do bioma Pantanal.

**Figura 8.** Regime das chuvas no Pantanal brasileiro, inter-relação do planalto com a planície.



Fonte: Boin; Martins; Silva e Salgado (2019, p. 81).

Observa-se assim que o período da seca, que se estende de maio a setembro, não é marcado pela ausência das águas, mas sim de uma reconfiguração da paisagem que permite o surgimento, o avivamento, da flora e dos elevados em sua magnitude, como presente em Moreira e Schwartz:

A diferença de nível das águas entre as estações de seca e de cheias é, em média, de quatro a seis metros. Nos anos de grandes cheias, as águas de rios como Paraguai, Cuiabá, São Lourenço, Taquari e Miranda, assim como seus inúmeros afluentes saem de seus leitos e inundam enormes porções de terras. Estas formam uma densa rede de lagoas, baías e baixadas alagadas, interligadas por cursos de águas efêmeras ou perenes, conhecidos como corixos – (MOREIRA e SCHWARTZ, 2007, p. 320).

No mesmo sentido Kmitta e Leite (2009) destacam, reforçam, essa íntima relação quando apontam:

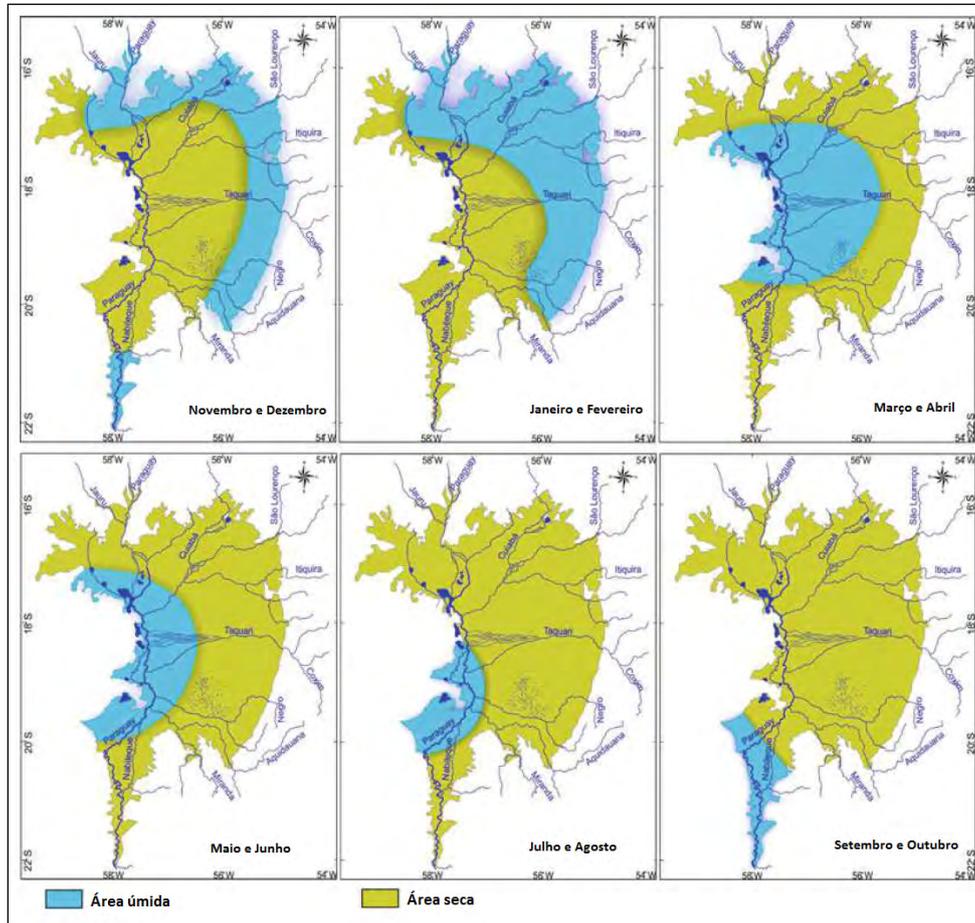
“...A sazonalidade das águas influencia nas maneiras de viver e pensar das populações, incidindo nas condições de vida local. Por ser uma planície inundável, as enchentes, alternada por períodos de estiagem, garante o equilíbrio do ecossistema, determinante para a sobrevivência de várias espécies.” KMITTA e LEITE (2009, p. 3)

E seguem,

“...O câmbio que acontece entre homem e natureza gera a compreensão e estabelece uma relação mística e de respeito do pantaneiro pela natureza. Para este homem que desenvolve habilidades que permitem sobreviver na região, as enchentes têm uma função vital de renovação.” (KMITTA e LEITE, 2009, p. 6)

Aqueles que vivem no Pantanal estão assim acostumados a regência das águas, com o fluxo e os refluxos dos rios, os quais em um movimento síncrono ocupam e desocupam o território pantaneiro; a *Paisagem Climática* se apresenta de forma cíclica, sistêmica, conectada na significação do território e na forma como se apresentam os arranjos socioambientais (Figura 9).

**Figura 9.** O ciclo anual das águas no Pantanal, a interdependência do planalto-planície.



Fonte: Boin; Martins; Silva e Salgado (2019, p. 81).

De fato observa-se ainda hoje a predominância de uma relação de intimidade entre as comunidades pantaneiras e as características naturais no bioma. O estilo de vida, as atividades econômicas, o sincretismo religioso e a cultura estão interligadas, formam a identidade do território pantaneiro, do home e da mulher pantaneira. Nas palavras de Ribeiro e Moretti:

“As pessoas que vivem no Pantanal, ao longo do tempo, vão adquirindo experiências ambientais que as habilitam interpretar os ciclos da natureza, tais como, os períodos de cheia ou de seca, o comportamento e identificação dos sons dos animais, a época de floração das plantas e as ameaças que as ações humanas representam para aquele lugar. Para a população local, cada elemento da paisagem, como, por exemplo, um rio, uma ponte, uma árvore, a sede de uma fazenda, possui um significado que o identifica com o território.” RIBEIRO e MORETTI (2012, p.46)

## A condição iníqua: o Pantanal frente as Mudanças Climáticas

Quando se pensa o quadro de Mudanças Climáticas e ao papel do Brasil no contexto internacional observa-se que o foco reside predominantemente sobre a Amazônia, em seguida, recentemente, o Cerrado em função do contexto do agronegócio e a supressão da vegetação nativa, hoje reconhecidamente reduzido a fragmentos. Todavia, não podemos deixar de lembrar que entre o Cerrado e a Amazônia existe o Pantanal - Ab´ Sáber (2006). O IPCC AR6 (2021) não expressa, não evidencia o Pantanal, mas, isso não significa que não se observa o quadro de Mudanças Climáticas presente no bioma, essencialmente no que tange a ocorrência de eventos extremos que influenciam no seu ciclo plurianual. Siqueira; Martins e Farias (2021) chamam a atenção dos condicionantes que tem sido evidenciado no contexto de Mudanças Climáticas no Pantanal:

“As ações humanas degradantes sobre os ecossistemas da BAP e do Pantanal são, certamente, fatores que multiplicam os efeitos de alterações climáticas em determinados períodos anuais ou plurianuais. O tempo a ser contado – e percebido mais claramente – é o do início da pecuária intensiva com a chegada da gramínea braquiária para o pastoreio no Cerrado e a seguir com a expansão da agricultura industrial na produção de grãos, ambos eventos da parte alta da bacia. As duas atividades podem ser situadas mais corretamente nas últimas 4 décadas e seu efeito maior é o do desmatamento, da degradação do solo e a conseqüente aceleração do transporte de sedimentos e carreamento de agrotóxicos para a bacia pantaneira. A esses processos destrutivos deve-se somar a construção de represas para geração elétrica, as quais para operar, como é óbvio, retém a água que faltará na planície, principalmente em tempos de baixa precipitação. Na parte baixa, no Pantanal propriamente dito, nos últimos anos avança o desmatamento para a implantação da pecuária intensiva, em oposição à pecuária tradicional, tocada ao ritmo das águas.” Siqueira; Martins e Farias (2021, s/p)

Na última década observou-se mudanças na *Paisagem Climática* do Pantanal, períodos longos estiagem alternados por cheias históricas tem mudado a percepção do ciclo das águas. Os anos de 2011, 2014 e 2018 foram caracterizados por cheias históricas, o alagamento, uma condição cíclica, predominou por um período de tempo incomum e atingiu áreas nas quais a segurança da secura do período úmido não se fez presente. As cheias excepcionais trazem consigo impactos socioambientais e socioeconômicos significativos para as comunidades ribeirinhas, afeta atividades econômicas como a pesca, o turismo e o pastoreio do gado - Siqueira; Martins e Farias (2021). A Figura 10 são registros de como eventos extremos pluviais afetam as comunidades pantaneiras, cuja vulnerabilidade é reconhecida quando da ocorrência de cheias excepcionais.

**Figura 10.** A influência das águas sobre as comunidades no contexto de eventos, ciclos, extremos chuvosos.



(A) Cheia excepcional de 2014.

(B) Cheia excepcional de 2018.

Fonte: Domínio público, disponível na rede mundial de computadores.<sup>4</sup>

Não de menor importância estão os períodos de estiagem. As secas prolongadas mingam as águas da planície pantaneira, isso quase sempre em decorrência de baixos volumes de precipitação registrados essencialmente nas áreas do planalto. Os anos de 2018, 2019 e 2020 demarcam a história recente de ciclos secos da planície pantaneira. No biênio 2018-2019 observou-se uma redução de vinte e cinco por cento no volume habitual das chuvas e uma elevação das temperaturas entre 4,0°C a 6,0°C em algumas áreas.

Dados disponíveis na plataforma MapBiomias Brasil<sup>5</sup> dão conta que o bioma Pantanal foi aquele que mais foi afetado por focos de incêndios nos últimos trinta e seis anos. Nesse período registrou-se um aumento expressivo, cinquenta e sete por cento de seu território foi afetado por queimadas, o que representa 86.403 km<sup>2</sup> de toda sua extensão. Soma-se a frequência dos focos, muito superior quando comparado aos demais biomas, em especial na porção que corresponde ao Pantanal Sul-mato-grossense.

Quando considerado todos os biomas e o tipo de cobertura e uso do solo o fogo foi registrado em áreas naturais (65,4%) e antropizadas (34,6%) no período de 1985 até 2020, e, no que diz respeito a estrutura fundiária, (60,4%) ocorreu em propriedades privadas; (15,3%) em vazios fundiários; (13,9%) em áreas protegidas, desse total (11,2%) em terras indígenas e (2,6%) em unidades de conservação.

A face norte do Pantanal, localizada em Mato Grosso, se apresenta no cômputo das áreas com maior incidência de queimadas e/ou focos de incêndio, fato que em certa medida afeta circunstancialmente a planície pantaneira, a área presente no Mato Grosso do Sul. Os dois estados que abrigam o Pantanal estão entre aqueles mais registraram queimadas; Mato Grosso lidera o ranking com 389.014 km<sup>2</sup> e o Mato Grosso do Sul está na décima posição com 87.649 km<sup>2</sup>, desse total a área correspondente ao Pantanal sul-mato-grossense ganha destaque, vide

<sup>4</sup> Fonte das imagens:

(A): Cheia excepcional de 2014. Com uma vida ligada ao Pantanal, ribeirinhos nem pensam em mudança para a cidade. Foto: Rodrigo Nascimento, disponível em <<https://www.semanaon.com.br/conteudo/751/ribeirinhos-nao-abandonam-o-pantanal>>. Acesso 10 de setembro de 2021.

(B): Registro dos impactos de cheias excepcionais em comunidades ribeirinhas de Corumbá (MS). Foto: Renê Marcio Carneiro, disponível em: <<https://g1.globo.com/ms/mato-grosso-do-sul/noticia/enchente-do-rio-paraguai-faz-prefeitura-de-corumba-decretar-situacao-de-emergencia.ghtml>>. Acesso 10 de setembro de 2021.

<sup>5</sup> MAPBiomias: As cicatrizes deixadas pelo fogo no território brasileiro, principais resultados da Coleção 1 do Map-Biomias Fogo, com o mapeamento anual e mensal das áreas queimadas e incêndios florestais no Brasil entre 1985 até 2020, produzido pelo projeto MapBiomias. Disponível em <<https://mapbiomas.org/>> Acesso 01 de agosto de 2021.

que 36.967 km<sup>2</sup> do município de Corumbá foi afetado diretamente pelos incêndios, em termos comparativos isso corresponde a mais de um terço de todo o território de Portugal (92.212 km<sup>2</sup>).

Não obstante as queimadas de 2020, devido a magnitude dos focos de incêndio e a extensão área afetada, em concomitância a seca excepcional e período de estiagem do biênio 2018-2019, ganham notoriedade na imprensa brasileira e mesmo internacional. Impactos das queimadas foram observados em áreas, cidades, distantes a mais de 1000 quilômetros<sup>6</sup>.

Não de menor importância está o fato de que o estado Mato Grosso do Sul apresentou a maior perda absoluta e proporcional de superfície de água na série histórica analisada pela equipe do MapBiomass, uma redução de 57% foi observada, com grande evidência na área que corresponde ao Pantanal. No ano de 1985 Mato Grosso do Sul tinha aproximadamente 1,3 milhão de hectares cobertos por água, no ano de 2020 observou-se pouco mais de 589 mil hectares.

A *Paisagem Climática* decorrente da excepcionalidade seca, atrelada a incapacidade de gestão territorial e as queimadas, se apresenta como um flagelo ainda maior que aquele relatado nas excepcionalidades de cheia (Figura 11). Para além da modificação da habitualidade do ciclo das águas têm-se um forçante externo, o fogo, que altera, reconfigura, impacta a paisagem para além de níveis de resiliência que o bioma possui, como observa Ribeiro, Gonçalves e Oliveira:

“A despeito da recuperação da cobertura vegetal, quase imediata após as primeiras chuvas, em 2020 o fogo atingiu camadas mais profundas do solo, comprometendo recuperação de algumas espécies da flora, interrompendo o importante ciclo de reprodução dos animais que compõem a exuberância local.” (RIBEIRO, GONÇALVES e OLIVEIRA, 2021, p. 11).

**Figura 11.** A resignificação da paisagem e seus símbolos no contexto de eventos, ciclos, extremos secos<sup>7</sup>



(A) Paisagem do Pantanal no contexto extremo seco em 2020, contraste o tuiuiú-queimadas.

(B) Paisagem do Pantanal no contexto extremo seco em 2020, contraste o rio-queimadas.

Fontes: Acervo de particular de Ribeiro (2020). Domínio público, disponível na rede mundial de computadores.

6 Para informações complementares recomenda-se: <https://agencia.fapesp.br/pesquisadores-descrevem-trajetoria-do-rio-de-fumaca-que-escureceu-sao-paulo/31280/>

7 Fonte das imagens:

(A): A paisagem do Pantanal em 2020 após intensas queimadas. O contraste simbólico entre o símbolo máximo do Pantanal o tuiuiú (*Jabiru mycteria*) em contraposição ao significado do contexto das Mudanças Climáticas. Foto: Acervo particular de Mara Aline Ribeiro.

(B): A paisagem do Pantanal, sua significância e conexões com o quadro de Mudanças Climáticas e eventos extremos. Foto: Reinaldo Nogales. disponível em < <https://ecoa.org.br/pantanal-eventos-extremos-e-as-conexoes-com-as-mudancas-climaticas/> > Acesso em 7 de setembro de 2021.

Neste momento final é importante retomar as ideias iniciais, quando da apresentação das preocupações de Hulme (2017), dos postulados presentes (ROMERO et al., 2019) e (ROMERO et al., 2016), bem como, a proposição desse ensaio no qual a ideia do entendimento de uma *Paisagem Climática* atrela-se em função do quadro das Mudanças Climáticas hoje vigentes. Nesse sentido há necessidade da ampliação do olhar geográfico e a incorporação do conhecimento de outras áreas e do saber das comunidades tradicionais sobre o clima e seu significado na vida e na vivência das pessoas, para com isso aproximar as escalas local-global. A simetria local-global talvez não esteja nos princípios da abstração da modelagem climática, mas na compreensão do clima no lugar das pessoas. Nessa ideia que incorre no aceite de um hibridismo no campo da ciência se tem naqueles que vivem no Pantanal uma visão social do clima importante:

“No âmbito da História Cultural, as estratégias de vida ao longo do tempo, são consideradas na medida em que se avalie como o homem e a sociedade elaboram e reelaboram formas de se relacionar com o mundo natural. A construção do dique afasta a possibilidade das águas invadirem a cidade, mas associado a isso está o fator das mudanças climáticas que levam a certeza de que enchentes, como as enfrentadas em 1979 e 1982, são muito remotas. Apesar desta constatação, muitos ainda mantêm o hábito de olhar às águas, os pássaros e outros sinais que precedem as enchentes.” (KMITTA e LEITE, 2009, p. 7-8).

### **Considerações finais**

Pensar o clima e o quadro de Mudanças Climáticas nesse momento histórico se faz necessário; atingir e compreender os princípios que foram pensados para o século XXI emergencial, daí a proposição de se pensar o clima sobre uma perspectiva social que articule as escalas global-local e reconheça os lugares e suas *Paisagens Climáticas*.

Não pode-se negar, observa-se uma mudança que chama a atenção no IPCC AR6 (2021) é o recálculo da quantidade de carbono já emitida pelo homem e o encurtamento da janela de tempo dentro da qual o aquecimento global ultrapassará a marca de 1,5°C acima da temperatura “normal” da era pré-industrial. De acordo com o relatório, as atividades antrópicas emitiram à atmosfera 2.390 bilhões de toneladas de dióxido de carbono entre 1850 e 2019, sendo que a maior parte dessas emissões (entre 80% e 90%) foi gerada pela queima de combustíveis fósseis (petróleo, gás e carvão mineral). Para limitar o aquecimento global a 1,5°C é necessário, portanto, que as emissões de CO<sub>2</sub> não ultrapassem o valor de 2.900 bilhões de toneladas. No ritmo atual de 40 bilhões de toneladas emitidas por ano, o limite seria superado por volta de 2040. O objetivo do Acordo de Paris, firmado em 2015 com base nas conclusões do IPCC AR5 (2013), é justamente manter o aquecimento global bem abaixo de 2,0°C e, preferencialmente, até um limite máximo de 1,5°C.

A temperatura média global da superfície continuará a aumentar até pelo menos meados deste século em todos os cenários de emissões considerados. As taxas de aquecimento global de 1,5°C e 2,0°C serão excedidas durante o século XXI, a não ser que reduções significativas nas emissões de CO<sub>2</sub> e outros GEE ocorram nas próximas décadas

(IPCC AR6, 2021). Atualmente, o aquecimento global é de 1,1°C em relação à temperatura média do período 1850-1900, usada como linha de base para representar a temperatura “normal” (natural) do planeta na era pré-industrial, ou seja, antes da interferência humana.

A escala das mudanças recentes no sistema climático como um todo e o estado atual de muitos aspectos do sistema climático não têm precedentes num período de muitos séculos a muitos milhares de anos. A mensagem do IPCC AR6 (2021) é clara: mudar agora e preparar-se para o impacto. Os pontos de ruptura estão se aproximando e o único nível aceitável de emissões é zero. É nesse sentido que reitera-se a importância da simetria da escala local-global e a compreensão do clima a partir do lugar; a incorporação de uma visão social do clima.

Sem uma reação imediata em grande escala, ou seja, de todos os países, no sentido de reduzir significativamente as emissões de GEE, a meta de limitar o aquecimento global a 1,5°C pode se tornar impossível. As emissões globais de CO<sub>2</sub> teriam de ser reduzidas cerca de 7% ao ano até 2050. A receita está dada. O IPCC AR6 (2021) demonstra claramente o que deve ser realizado, e, no caso brasileiro observa-se portanto um descompasso e um distanciamento da política ambiental brasileira com os postulados presentes no relatório.

O novo ciclo de avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) deverá ser concluído no início de 2022, quando será publicado o relatório com as contribuições do Grupo de Trabalho 2, com foco em impactos, adaptação e vulnerabilidade às mudanças climáticas, e do Grupo de Trabalho 3, com enfoque em mitigação. A expectativa é que os relatórios embasem as negociações climáticas dos países nas próximas conferências da Organização das Nações Unidas (ONU) sobre o clima (COPs).

Não há dúvidas que pressões internacionais recairão sobre o Brasil em um futuro breve, isso frente ao quadro vigente de letargia que está posto e construído no âmbito das pautas que envolvem os enfrentamentos do quadro de Mudanças Climáticas. Os interesses econômicos postos no âmbito da política e na construção de um ideário do país (Brasil) devem ser revistos e questionados com rapidez. O passado não pode se fazer presente, não pode ser aquilo que desejamos para o futuro, não podemos retornar aquilo que foi proposto pelo Ministro brasileiro Costa Cavalcante durante a Conferência de Estocolmo em 1972:

“Desenvolver primeiro e pagar os custos da poluição mais tarde.

...Bem-vindos à poluição, estamos abertos a ela. O Brasil é um país que não tem restrições, temos várias cidades que receberiam de braços abertos a sua poluição, porque nós queremos empregos e dólares para o nosso desenvolvimento.” (DIAS, 2004).

A agenda institucional brasileira deve ser convergente com princípios do século XXI, deve atender aos aspectos vinculados a cidadania, proteção ambiental, proteção da biodiversidade, equidade e justiça social ampla e irrestrita, condição que inclui justiça e a governança climática. Não pode haver espaço para o negacionismo climático no âmbito da política econômica-ambiental-social brasileira se desejamos de fato adentrarmos no século XXI.

## Referências

- Ab'Saber, A.N. Brasil: **Paisagens de Exceção. O litoral e o Pantanal Matogrossense: patrimônios básicos**. Cotia, SP. Ateliê Editorial, 2006. 183p.
- Ab'Saber, A. N. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo: Ateliê Editora, 2003. 159p.
- Aliaga, m. S. M.; Acuña, k. A. P.; Cañipa, J. G. J. Saberes y estrategias de adaptación a la disponibilidad hídrica en las yungas secas del norte de Chile. **Revista de Geografía Norte Grande**, Santiago Do Chile-CHI, v. 76, p. 255-277, 2020. Disponível em: <<https://scielo.conicyt.cl/pdf/rgeong/n76/0718-3402-rgeong-76-255.pdf>>. Acesso em: 10 jul. 2021.
- Barnes, J., Dove, M., Lahsen, M., Mathews, A., Mcelwee, P., Mcintosh, R., Moore, F., O'reilly, J., Orlove, B., Puri, R., Weiss, H., Yager, K. Contribution of anthropology to the study of climate change. **Nature Climate Change**. New York-EUA, v. 3, p. 541-544, 2013. Disponível em: <<https://www.nature.com/articles/nclimate1775>>. Acesso em: 10 jul. 2021.
- Barros, Manoel de. **Poesia completa**. São Paulo: Leya, 2010, 496p.
- Boin, M. N. ; Martins, P. C. S. ; Silva, C. A. ; Salgado, A. A. R. . The Pantanal: the brazilian wetlands. In: André Augusto Rodrigues Salgado; Leonardo José Cordeiro Santos; Julio César Paisani. (Org.). **The Physical Geography of Brazil: Environment, Vegetation and Landscape**. 1ªed.Dordrecht: Springer, 2019, p. 75-91.
- Claudino-Sales, V. A urgência do Antropoceno. **REVISTA DE GEOCIÊNCIAS DO NORDESTE**, v. 6, p. 213-222, 2020.
- Conti, J. B. Geografia e Paisagem. **Ciência e Natura**, Santa Maria-RS, v. 36 Ed. Especial, p. 239–245, 2014. Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/index.php/cienciaenatura/article/view/13218>>. Acesso em: 5 jun. 2021.
- Dias, G. F. Educação ambiental: princípios e práticas. 9.ed. São Paulo: Gaia, 2004.
- Fagan, B. **O aquecimento global: A influência do clima no apogeu e declínio das civilizações**. Tradução de Elvira Serapicos. São Paulo: Larousse do Brasil, 2008, 303p.
- Faulhaber, P. As estrelas eram terrenas: antropologia do clima, da iconografia e das constelações Ticuna. **Revista Antropologia**, São Paulo-SP, v. 47, n. 2, p. 379-426, 2004. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/ra/a/Hmktwpjvbr4BzjjgGDk9yt/?lang=pt>>. Acesso em: 7 jun. 2021.
- Féres, J. Reis, E.; Speranza, J. S. Impacto das Mudanças Climáticas no setor agrícola brasileiro. In: MOTTA, Ronaldo Seroa da Motta ... [et al.]. **Mudança do clima no Brasil: aspectos econômicos, sociais e regulatórios**. Brasília: Ipea, 2011. 301-311p.
- Friedman, T. L. **Quente, plano e lotado: os desafios e oportunidades de um novo mundo**. Tradução Paulo Afonso. Rio de Janeiro: Objetiva, 2010, 623p.
- Hamilton, S. K.; Sippel, S. J.; Melack, J. M. Inundation Patterns in the Pantanal Wetland of South America Determined from Passive Microwave Remote Sensing. **Archivfur Hydrobiologie**, v.137, p. 1-23, jul. 1996.
- Hulme, M. **Weathered: Cultures of Climate**, Londres: Sage, 2017, 178 p.
- Hulme, M. Cosmopolitan Climates. **Theory, Culture & Society**, London, v. 27, n. 2–3, p. 267–276,

2010. Disponível em: <<https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0263276409358730>>. Acesso em: 2 jul. 2021.
- Hulme, M. **Why We Disagree About Climate Change: Understanding Controversy, Inaction and Opportunity**. Cambridge: Cambridge University Press, 2009.
- IPCC, 2013: Summary for Policymakers. In: **Climate Change 2013: The Physical Science Basis**. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- IPCC, 2021: Summary for Policymakers. In: **Climate Change 2021: The Physical Science Basis**. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press. In Press.
- Kmitta, I. R.; Leite, E. F. Homem e natureza no ritmo das águas no Pantanal sul-matogrossense. In: **Anais do II Congresso Nacional, III Regional do Curso de História da UFG/ Jataí: História, Natureza e Cultura “um sertão chamado Brasil”**. Organizado por Marcos Antonio de Menezes. Jataí:CAJ, 2009, p.1-8.
- Martins, P. C. S. **As paisagens da faixa de fronteira Brasil/Bolívia: complexidades do Pantanal sul-matogrossense e suas potencialidades para o Turismo de Natureza**. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade Federal da Grande Dourados. Dourados (MS), 2018. Disponível em <<https://repositorio.ufgd.edu.br/jspui/handle/prefix/404>> Acesso em: 15 ago. 2021.
- Monteiro, C.a. de F. **Teoria e clima urbano**. São Paulo. USP/FFLCH, Tese (Livre-Docência), 1976. 181p.
- Moreira, J. C. C.; Schwartz, G. M. As relações entre os pantaneiros e seu ambiente. **Geografia**. Rio Claro, v. 32, n. 2, p. 319-333, mai./ago. 2007. Disponível em: <<https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/ageteo/article/view/1458>>. Acesso em: 30 jul. 2021.
- Nunes, F. C.; Vilas Boas, G. S. S., Fraga, E. **Mudanças climáticas e seus reflexos na paisagem do quaternário: primeiras reflexões**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2012. 24 p. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/950779/mudancas-climaticas-e-seus-reflexos-na-paisagem-do-quaternario-primeiras-reflexoes> Acesso em: 20 set. 2021.
- ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A EDUCAÇÃO, A CIÊNCIA E A CULTURA – UNESCO. **Pantanal Conservation Area**. s/d. Disponível em: <https://whc.unesco.org/en/list/999/>. Acesso em: 10 set. 2021.
- Pabón, J. D. Tendencias en el desarrollo conceptual de la climatología, sus avances en el siglo XX y su contribución al progreso de la geografía. In: Jhon Williams Montoya G. (org.): **Lecturas en Teoría de la Geografía**, Bogotá: Editorial Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Humanas, p. 319-335, 2009, 371p. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/256482169\\_Tendencias\\_en\\_el\\_](https://www.researchgate.net/publication/256482169_Tendencias_en_el_)

- desarrollo\_conceptual\_de\_la\_climatologia\_sus\_avances\_en\_el\_siglo\_XX\_y\_su\_contribucion\_al\_progreso\_de\_la\_geografia>. Acesso em: 18 jul. 2021.
- Padovani, C. R. **Dinâmica espaço-temporal das inundações do pantanal**. 2010. Tese (Doutorado em Ecologia Aplicada) – Universidade de São Paulo; Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”; Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Piracicaba, 2010.
- Parente, I. C. I.; Volpato, M. Um estudo sobre o estado da arte da Antropologia do Clima. **Revista Brasileira de Informação Bibliográfica em Ciências Sociais**, São Paulo n. 80, 2º semestre de 2015 (publicada em maio de 2017). Disponível em: <<https://anpocs.com/index.php/bib-pt/bib-80/10562-um-estudo-sobre-o-estado-da-arte-da-antropologia-do-clima/file>>. Acesso em: 10 ago. 2021.
- PROJETO MAPBIOMAS. **Mapeamento das áreas queimadas no Brasil**: (Coleção 1). Disponível em <<https://mapbiomas.org/>>. Acesso em 28 de agosto de 2021.
- Ribeiro, M. A. S. E Moretti, E. C.. Processo de resignificação da geografia do pantanal. **Revista Mercator**. Fortaleza, v. 11, n. 24, p. 43-51, jan./abr. 2012. Disponível em: <<http://www.mercator.ufc.br/mercator/article/view/661>> Acesso em: 20 jul. 2021.
- Romero, H.; Albarrán, D.O. Socioclimas, riesgos y ordenación del territorio en las comunidades andinas del desierto de Atacama in: CONGRESO INTERNACIONAL DE LA ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE CLIMATOLOGÍA (AEC): Clima, sociedad, riesgos y ordenación del territorio, Alicante, **Anais...**, 10. Espanha-ESP. 2016. Disponível em: <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/139675/socioclimas-riesgos-y-ordenaci%C3%B3n.pdf?sequence=1&isAllowed=y> . Acesso em: 12 jul. 2021.
- Romero, H.; Mendes, F. H. Comodificação dos climas urbanos e criação de injustiças socioclimáticas em Santiago do Chile. **Revista Entre-lugar** Dourados-MS, v. 11, n. 22, p. 40-56. Disponível em: <<https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/entre-lugar/article/view/12868>>. Acesso em: 28 ago. 2021.
- Romero, H.; Mendes, F. H. La construcción social de climas urbanos y su relación con la pandemia de Covid-19 en Santiago de Chile. **Cuaderno de Geografía** - Revista Colombiana de Geografía, Santiago do Chile-CHI, v. 30, n. 2, p. 376-395, 2021. Disponível em: <<https://revistas.unal.edu.co/index.php/rcg/article/view/88701>>. Acesso em: 28 ago. 2021.
- Romero, H.; Paiva, J. C.; Opazo, D. Geografía Física crítica, topoclimatología andina e o extrativismo no Salar de Atacama. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba-PR, Ano 15. Edição Especial – XIII Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica, 21p. 2019. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/64776/38758>>. Acesso: em: 5 jun. 2020.
- Schulz, C.; Whitney, B. S. ; Rossetto, O. C. ; Neves, D. M. ; Crabbe, L. ; Oliveira, E. C. ; Lima, P. L. T.; Afzal, M. ; Laing, A. ; Fernandes, L. C. S. ; Silva, C. A. ; Steinke, V. A. ; Steinke, E. T. ; Saito, C. H. . Physical, ecological and human dimensions of environmental change in Brazil’s Pantanal wetland: Synthesis and research agenda. **Science of the Total Environment**, v. 687, p. 1011-1027, 2019.
- Silva, E. M. S.; QUEIROZ, F. C. M. & ALVES, J. M. B. A. Climatologia e Mudanças Climáticas: Avaliação da Produção Bibliográfica no Período de 2009 a 2019. **Revista Brasileira**

- de Meteorologia**, Brasília, n. 11, 12p. 2021. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/rbmet/a/GQgPsHsmgtnCzrZPJ3NWJZr/?lang=pt>> Acesso em: 1 ago. 2021.
- Silva, J. S. V. Da; Abdon, M. M. **Delimitação do Pantanal brasileiro e suas sub-regiões**. Pesq. agropec. bras., Brasília, v.33, Número Especial, p.1703-1711, out. 1998.
- Siqueira, A. L.; Martins, P. I. M. & Faria, A. **Pantanal, eventos extremos e as conexões com as Mudanças Climáticas**. ECOA, setembro de 2021. Disponível em: <https://ecoa.org.br/pantanal-eventos-extremos-e-as-conexoes-com-as-mudancas-climaticas/>. Acesso em: 7 de set. 2021.
- Souza, M. L. Consiliência ou bipolarização epistemológica? Sobre o persistente fosso entre as ciências da natureza e as da sociedade – e o papel dos geógrafos. In: SPOSITO, E. S.; SILVA, C. A.; SANT'ANNA NETO, J. L.; MELAZZO, E.S.. (Orgs.): **A diversidade da Geografia brasileira. Escalas e dimensões da análise e da ação**. 1 ed. Rio de Janeiro: Consequência, 2016, v. 1, p. 13-56.
- Suguió, K. As mudanças paleoclimáticas da Terra e seus registros, com ênfase no Quaternário. In: SANT'ANNA NETO, J. A.; ZAVATINI, J. A. (Org.). **Variabilidade e mudanças climáticas: implicações socioeconômicas**. Maringá: Ed. UEM, 2000. p.29-49.
- Taddei, R. **Metereologistas e profetas da chuva**: conhecimentos, práticas e políticas da atmosfera. São Paulo: Terceiro Nome, 2017. 240 p.
- Taddei, R. R. Oráculos das chuvas em tempos modernos: mídia, desenvolvimento econômico e as transformações na identidade social dos profetas do sertão. In: Martins, K. (Org.). **Profetas da chuva**. Fortaleza: Tempo D'Imagem, 2006. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/215549663\\_ORACULOS\\_DA\\_CHUVA\\_EM\\_TEMPOS\\_MODERNOS\\_MIDIA\\_DESENVOLVIMENTO\\_ECONOMICO\\_E\\_AS\\_TRANSFORMACOES\\_NA\\_IDENTIDADE\\_SOCIAL\\_DOS\\_PROFETAS\\_DO\\_SERTAO](https://www.researchgate.net/publication/215549663_ORACULOS_DA_CHUVA_EM_TEMPOS_MODERNOS_MIDIA_DESENVOLVIMENTO_ECONOMICO_E_AS_TRANSFORMACOES_NA_IDENTIDADE_SOCIAL_DOS_PROFETAS_DO_SERTAO)>. Acesso em: 16 ago. 2021
- Veltrone, A. R. As ciências sociais e as mudanças climáticas. **Ateliê Geográfico**. Goiânia (GO), v. 11, n. 3, dez./2017, p. 134-154. Disponível em: <<https://www.revistas.ufg.br/atelie/article/view/34741>> Acesso em: 13 ago. 2021.
- Viana, D. R.; Aquino, F. E.; Matzenauer, R. Comportamento espaço-temporal da precipitação no Rio Grande do Sul entre 1945-1974 e 1975-2004. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 14., 2006, Florianópolis. Anais... Florianópolis: SBMET, 2006.
- Vidal De La Blache, P. Leçon d'ouverture du cours de Géographie. **Annales de Géographie**, Paris—FRA, ano 8, n. 38, 1899. Disponível em: <[https://www.persee.fr/doc/geo\\_0003-4010\\_1899\\_num\\_8\\_38\\_6051](https://www.persee.fr/doc/geo_0003-4010_1899_num_8_38_6051)>. Acesso em: 31 jul. 2021.
- WMO, 2021: The Atlas of Mortality and Economic Losses from Weather, Climate and Water Extremes. Disponível em: <[https://library.wmo.int/index.php?lvl=notice\\_display&id=21930#.YT\\_XuxmSIPZ](https://library.wmo.int/index.php?lvl=notice_display&id=21930#.YT_XuxmSIPZ)> Acesso em: 20 de set. 2021.

# VALIDAÇÃO DOS DADOS DE PRECIPITAÇÃO E TEMPERATURA DO AR DA REANÁLISE ERA5 - INTERIM DO ECMWF

João Alberto Fischer Filho<sup>1</sup>

Daniela Fernanda da Silva Fuzzo<sup>2</sup>

**RESUMO:** As estimativas de dados orbitais para observação da Terra têm contribuído para aumentar a cobertura de dados climatológicos. A utilização dos dados de precipitação pluviométrica e temperatura do ar estimados por meio da reanálise ERA5-Interim podem ser uma alternativa na ausência das estações meteorológicas convencionais de superfície. Objetivou-se avaliar as estimativas diárias de precipitação pluvial e temperaturas média, mínima e máxima do ar do modelo ECMWF para a região no norte do estado de São Paulo. O período analisado foram os anos de 2011 a 2020 oriundos do conjunto de dados do ERA5 Interim, foram importados e processados recorrendo ao uso da plataforma em nuvem do Google Earth Engine (GEE) e de estação meteorológica de superfície, localizada no município de Bebedouro-SP. Os dados foram ajustados seguindo modelos lineares utilizando as informações de superfície (observados) e os dados ERA5-Interim (estimados) e apresentaram correlação muito alta, indicando bom ajuste. Os ajustes apresentaram boa precisão com  $R^2$  superiores a 0,74; demonstraram ser acurados com valores superiores a 0,70 do coeficiente “d” de Willmott. A acurácia determinada pela raiz quadrada do erro médio (RMSE), foi boa para as temperaturas do ar e média para a precipitação pluviométrica, demonstrando a dificuldade de ajuste de modelos para precipitação. Os resultados obtidos foram satisfatórios, mostrando que as estimativas de precipitação e temperaturas mediante ao modelo podem ser uma fonte confiável de dados quando não se dispõe de informações de estações de superfície.

**Palavras-chave:** Climatologia; Dados Espectrais; Acurácia; Google Earth Engine.

---

1 Professor Doutor, Departamento de Ciências Agrárias e Biológicas, Universidade do Estado de Minas Gerais, Unidade Frutal, Brasil. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8787-1631>. E-mail: joao.fischer@uemg.br

2 Professora Doutora, Departamento de Ciências Agrárias e Biológicas, Universidade do Estado de Minas Gerais, Unidade Fruta, Brasil. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0442-5578>. E-mail: daniela.fuzzo@uemg.br

## Introdução

A estimativa da chuva mais próximo do real é fundamental para a avaliação do manejo de culturas, dos rendimentos dos recursos hídricos, do monitoramento de enchentes e das secas, vários trabalhos vêm sendo desenvolvidos para tentar melhorar e complementar programas já existentes baseados em dados obtidos em estações meteorológicas convencionais, com auxílio de imagens orbitais.

Pensando na gestão de recursos hídricos, se faz necessário o uso de dados meteorológicos, entretanto, a dificuldade pelos produtores nas tomadas de decisões, em razão das falhas encontradas nas séries temporais, lento processo de coleta e distribuição de dados, e como grande parte do território brasileiro não dispõe de uma rede de estações meteorológicas de superfície que atenda às necessidades agrícolas, à dificuldade na utilização de dados climáticos nas tomadas de decisões pelos produtores (APARECIDO et al., 2019).

Os dados meteorológicos, assim como as estimativas, estão se tornando cada vez mais importantes para serem usados como entradas para modelos regionais e globais. Nesse sentido, as técnicas de sensoriamento remoto através de sensores espaciais proporcionam um excelente complemento para o monitoramento contínuo de eventos de chuva tanto espacialmente quanto temporalmente. Com a baixa densidade desses postos meteorológicos no território brasileiros, estudos voltados ao sensoriamento remoto têm demonstrado ser uma ferramenta extremamente útil a utilização desses dados estimados por satélite (SILVA, 2011).

Como alternativa aos dados observados, estão disponíveis dados estimados, obtidos por satélites meteorológicos e produzidos por reanálise atmosférica, os quais tornam possível a observação e monitoramento contínuo do tempo e do clima em nível global (ECMWF, 2021). Como exemplo destaca-se a obtenção de dados meteorológicos estimados através de séries de reanálise geradas a partir da assimilação de dados meteorológicos obtidos de uma variedade de fontes: estações meteorológicas de superfície, aviões, navios, imagens de satélite, imagens de radar e radiossonda (PARKER, 2016).

Esses processamentos baseiam-se em técnicas de reanálise atmosférica simultânea de uma grande variedade de dados observados, contidas nos modelos de previsão do tempo, fornecendo uma síntese das observações disponíveis em todo o mundo no contexto de um modelo físico (KALNAY et al., 1996).

Segundo Byrne e O’Gorman (2015) a avaliação da qualidade das análises de precipitação pluviométrica e temperaturas do ar são de suma importância para entender os pontos fortes e as deficiências dos sistemas atuais de previsão e em vista das projeções futuras de tempo/clima.

Dentre as séries de dados de reanálise atmosférica em nível global destacam-se o projeto ERA Interim, produzido pelo ECMWF (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts), para o período de 1979 até o presente momento.

### **ERA5 Interim - ECMWF (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts)**

O ERA5 é a reanálise atmosférica de quinta geração do modelo global ECMWF, uma alternativa para suprir a carência de dados meteorológicos é o uso do modelo atmosférico global ECMWF, o sistema de coleta das informações meteorológicas se dá a partir de estações espalhadas por todo mundo, radares meteorológicos, satélites, entre outras fontes. Tais informações são coletadas a cada 6 horas sinóticas (00, 06, 12, 18 UTC), com resolução espacial de 0,25° (JRC, 2012).

O ERA5 fornece estimativas de hora em hora de um grande número de variáveis climáticas atmosféricas, terrestres e oceânicas, seus dados cobrem a Terra em uma grade de 30 km e envolvem a atmosfera usando 137 níveis da superfície até uma altura de 80 km. Atualizações mensais com garantia de qualidade do ERA5 (de 1979 até o presente), substituí a reanálise ERA-Interim, que parou de ser produzida em 31 de agosto de 2019, apresentando reconhecidas melhorias em relação às reanálises anteriores (ECMWF, 2021).

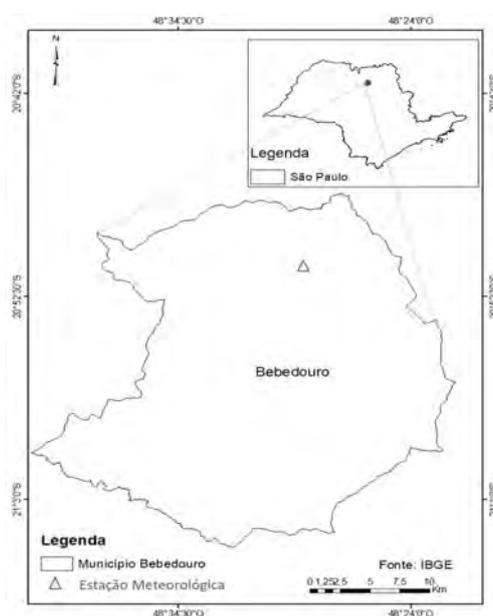
Em razão da sua aplicação em escala mundial, pesquisas têm sido realizadas utilizando o ECMWF e mostram que determinadas variáveis agrometeorológicas apresentam subestimação ou superestimação significativos dos dados do ECMWF em relação aos informados por estações meteorológicas de superfície (MORAES et al., 2020). Destacam-se alguns trabalhos utilizando os dados do ERA Interim em diferentes regiões do globo, como por exemplo, nas bacias hidrográficas da Amazônia brasileira e do Mississippi (BETTS et al., 2009), em regiões da Irlanda (MOONEY et al., 2010), na região do planalto Tibetano (BAO e ZHANG, 2013), para dados de umidade do solo no Brasil (SAPUCCI, 2014) e na obtenção do déficit hídrico na região sul do Brasil (APARECIDO et al., 2019), com obtenção de resultados satisfatórios.

Neste contexto, objetivou-se determinar a acurácia e a precisão da reanálise ERA5-Interim do ECMWF para dados de precipitação pluviométrica, temperaturas média, mínima e máxima do ar na região norte do estado de São Paulo, Brasil.

## Material e Métodos

Foram utilizados dados meteorológicos diários de temperaturas mínima, média e máxima do ar (°C) e precipitação pluviométrica (mm), do período de 2011 a 2020 oriundos do conjunto de dados do ERA5-Interim, uma reanálise atmosférica global produzido pelo modelo ECMWF e também de estação meteorológica de superfície (Coopercitrus), localizada em Bebedouro-SP, norte do Estado do São Paulo, Brasil (Figura 1).

**Figura 1.** Localização da área de estudo.



A região é caracterizada por possuir Latossolo Vermelho distroférico típico e o clima ser classificado como Aw (Clima Tropical), caracterizado por ter verão quente sem estiagem prolongada, com temperatura média em torno de 22 °C e pluviosidade média anual de 1400 mm (FIGUEIREDO et al., 2002).

O banco de dados do Era5-Interim foram importados e processados recorrendo ao uso da plataforma em nuvem do Google Earth Engine (GEE), a plataforma da Google disponibiliza vários conjuntos de dados geoespaciais, entre eles os que foram utilizados neste trabalho e que permite recorrer ao poder de processamento dos seus servidores para rapidamente processar esse mesmo volume de dados, a linguagem de programação utilizada nesta ferramenta é o JavaScript ou Python (SILVA, 2018). O acervo inteiro está disponível em <https://developers.google.com/earth-engine/datasets/>.

Diversos catálogos estão disponíveis na plataforma, com diferentes abrangências e escalas de resolução, variando desde dados locais até mundial. A plataforma contém dados de clima, temperatura, atmosfera, precipitação, cobertura do solo, terreno, dados geofísicos, entre outros (GOOGLE, 2021). Esta ferramenta é, por si, um dos principais focos deste trabalho, pela diferença que traz, em particular no âmbito da detecção remota, relativamente a outros softwares de SIG.

O Google Earth Engine é uma plataforma de computação em nuvem para análises geoespaciais em escala planetária, em petabytes de informações que podem ser analisadas e processadas na própria plataforma, com processamento em servidores da Google, sem necessidade de aquisição dos dados localmente (GORELICK et al., 2017).

Para avaliar a precisão dos valores de temperatura e precipitação diários estimados pelo ECMWF, utilizou-se a análise de regressão linear utilizando os dados de superfície (Estação Meteorológica Automática) como variáveis dependentes e os dados ERA5-Interim como variáveis independentes.

Foram utilizadas análises estatísticas descritivas para avaliar os dados de temperatura. E o desempenho dos ajustes dos modelos foram determinados pelos seguintes índices estatísticos: correlação de Pearson; coeficiente de determinação ( $R^2$ ); coeficiente de concordância de Willmott et al. (1985) (d) (Equação 1) e raiz quadrada do erro médio (RMSE), Equação 2. O desvio foi calculado subtraindo o valor previsto pelo ERA-Interim dos dados reais de superfície ( $Y_{obs} - X_{est}$ ).

$$d = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (Y_{obs} - Y_{est})^2}{\sum_{i=1}^N (|Y_{est} - Y_{obs}|) + (Y_{obs} - Y_{obs})^2} \quad (1)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (Y_{obs_i} - Y_{est_i})^2}{N}} \quad (2)$$

Onde:

$Y_{obs}$  são os valores observados de Y pela estação de superfície,

$Y_{est}$  são os valores estimados de Y pelo ERA-Interim, e

N é o número de dados utilizados.

Os índices de correlação (r) serão classificados quanto a amplitude seguindo a classificação proposta por Hopkins (2000) (Tabela 1).

**Tabela 1.** Classificação das correlações de acordo com o coeficiente de correlação (r).

Coeficiente de correlação (r)	Classificação
0,00 – 0,10	Muito Baixa
0,10 – 0,30	Baixa
0,30 – 0,50	Moderada
0,50 – 0,70	Alta
0,70 – 0,90	Muito Alta
0,90 – 1,00	Quase Perfeita

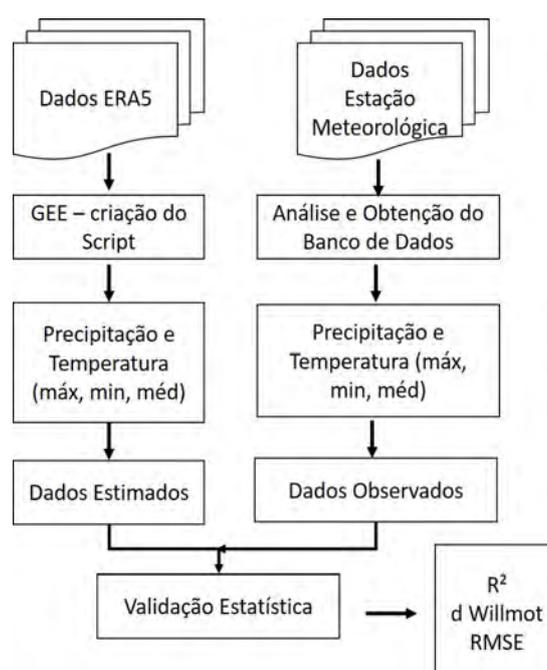
A normalidade dos dados foi testada pelo teste de Kolmogorov e Smirnov (K-S) e foi realizada análise de variância (ANOVA) para significância das regressões. Isso ocorre quando a distribuição dos dados é normal, ou seja, a média de encontra no centro da distribuição e esta possui o mesmo valor da mediana e da moda, devido a simetria da curva.

O teste de aderência de K-S é um teste não paramétrico, cuja estatística de teste tem como base a diferença máxima entre as funções de probabilidades acumuladas, empírica e teórica, de variáveis aleatórias contínuas, é dado pela Equação 3:

$$D = |F_0(x) - S_n(x)| \quad (3)$$

Baseado na diferença entre a função de distribuição cumulativa  $F_0(x)$  e a função de distribuição empírica da Amostra  $S_n(x)$ , toma a maior destas diferenças em módulo que é denominada de desvio máximo e é anotada por D (SIEGEL, 1956). Para tanto, segue abaixo o fluxograma geral do trabalho:

**Figura 2.** Fluxograma geral.



## Resultados e Discussão

As variáveis climáticas (temperaturas do ar mínima, média e máxima e precipitação) apresentaram distribuição normal de acordo com o teste de Kolmogorov-Smirnov, tanto para os dados obtidos pela estação de superfície quanto para aqueles estimados pelo ERA-Interim. Foram realizadas estatísticas descritivas para as temperaturas visando caracterizar as condições climáticas da região (Tabela 2).

**Tabela 2.** Estatística descritiva das temperaturas máxima, média e mínima (°C) diárias observada e estimada, para o período de 2011 a 2020.

	Média ± SE	Mínima	Máxima	C.V.
	----- °C -----			%
T média obs	22,76 ± 0,05	10,00	31,70	13,02
T média est	24,15 ± 0,05	10,88	32,24	11,65
T mínima obs	17,11 ± 0,06	2,14	25,74	19,43
T mínima est	19,48 ± 0,05	6,17	26,15	15,54
T máxima obs	29,76 ± 0,06	12,52	39,71	11,61
T máxima est	29,29 ± 0,06	13,25	38,98	12,24

\* obs – observada (estação de superfície); est – estimada (ERA-Interim); SE – erro padrão; C.V. – coeficiente de variação.

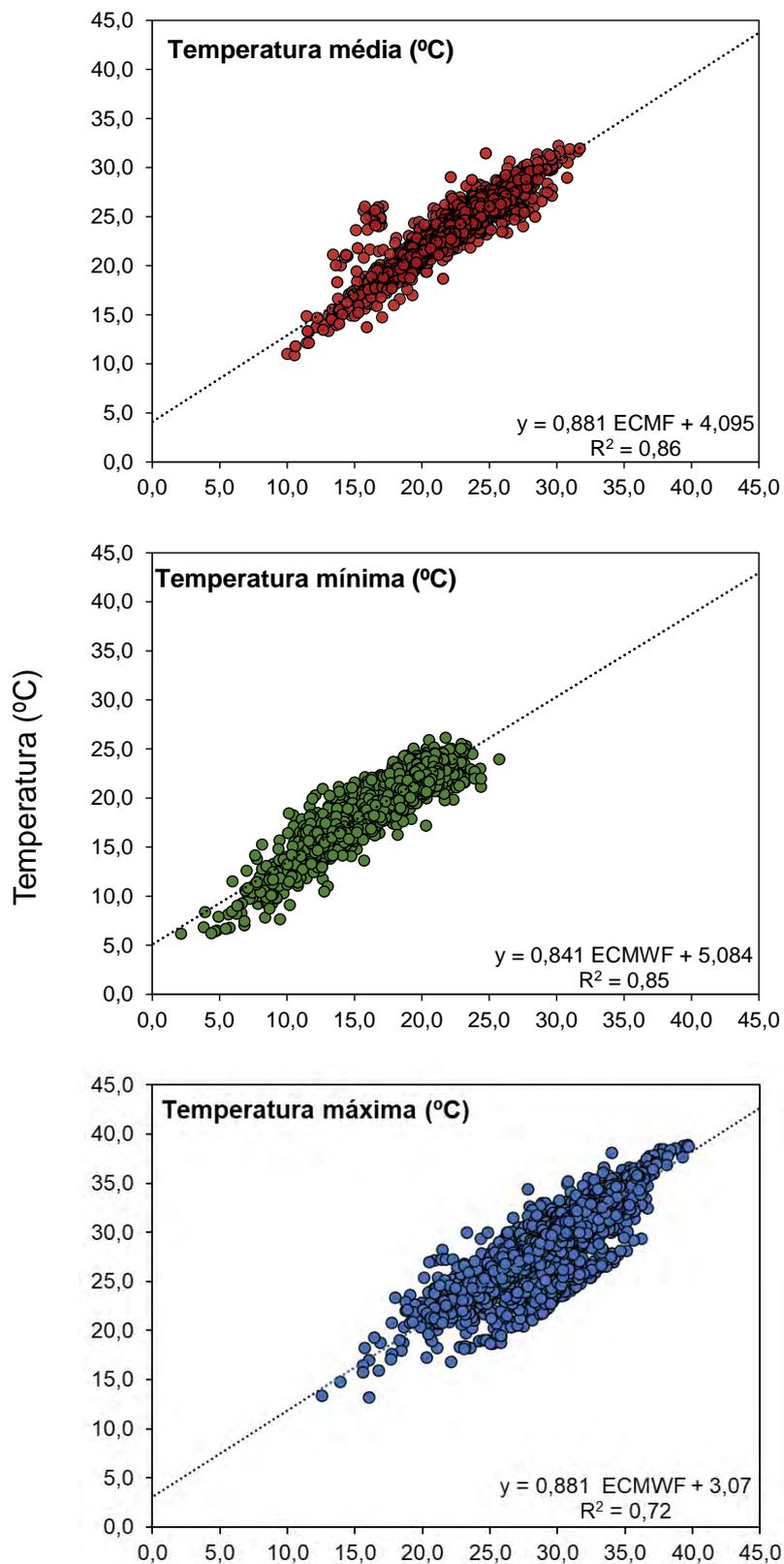
As séries temporais de temperaturas mínima, média e máxima apresentaram dados com baixa dispersão e pouca variabilidade (baixos valores de CV), nota-se que as temperaturas mínimas e médias do ar determinadas pelo modelo são superestimadas, em torno de +2 °C, quando comparadas aos dados do ERA-Interim. Para a temperatura máxima, ocorre desvio médio de -0,5 °C, indicando uma subestimativa dos valores determinados pela estação meteorológica de superfície.

A análise da precipitação pluviométrica se limitou aos valores de desvios e verificou que estes ocorreram em média igual a -0,5°C, evidenciando que o modelo ERA-Interim superestima os valores de chuva.

Segundo Aparecido et al. (2019), a Reanálise ERA-Interim com estações INMET da temperatura média do ar, no estado do Paraná, demonstrou alta acurácia em todas as estações do ano, evidenciando uma redução dos valores de Temperatura média no sentido Noroeste - Sudoeste e no outono, a temperatura do ERA-Interim evidenciou desvios variando entre -1,7 e 0,6 °C, em relação à acurácia e a precisão das previsões pelo ERA-Interim foram de 2,72% (MAPE) e 0,94 (R<sup>2</sup> adj) para todo Estado.

Os dados foram ajustados seguindo modelos lineares utilizando as informações de superfície (Estação Meteorológica Automática) e os dados ERA-Interim para as temperaturas mínima, máxima e média do ar. Os modelos foram significativos (p<0,01) para o teste F e são apresentados na Figura 3.

**Figura 3.** Análises de temperaturas do ar média, mínima e máxima entre a estação de superfície em função da dados da grade ECMWF.

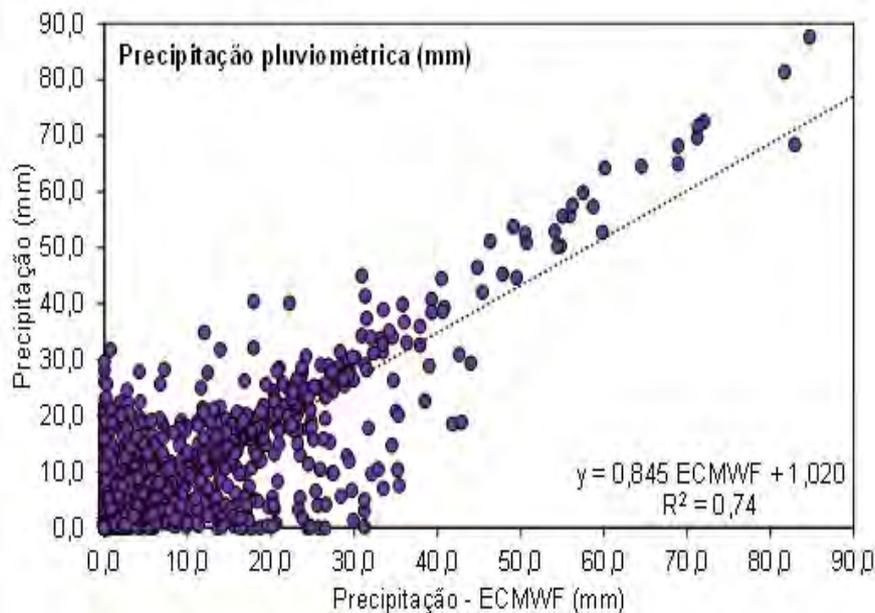


Os dados de reanálise do ERA-Interim demonstraram valores médios de precisão, com  $R^2$  variando de 0,74 a 0,85 para as temperaturas do ar, demonstrando tendências semelhantes aos dados de superfície (Figura 3). Tal fato diferencia dos valores obtidos por Moraes et al. (2012), que identificaram para a região centro-norte do estado de São Paulo, Brasil, baixa precisão no ajuste do ECMWF para a temperatura máxima com valores de  $R^2$  variando entre 0,28 a 0,50. Para temperatura mínima os mesmos autores encontraram  $R^2$  entre 0,70 e 0,80, sendo que o ajuste foi inferior às demais regiões do estado. Deste modo, destaca-se que o uso de dados climáticos mais recentes demonstra melhores ajustes dos modelos para a mesma região, podendo ser indício na aquisição mais precisa dos dados climáticos e da calibração das estimativas pelo modelo ECMWF. Haiden et al. (2016) também indicaram melhorias em relação às versões anteriores.

Os resultados da modelagem relatados demonstram que a aplicabilidade é ampliada, principalmente no suporte à tomada de decisões dentro da área agrícola. Moraes et al. (2020) avaliando a performance do ECMWF na estimativa de precipitação e temperatura, observaram a capacidade de predição pelo modelo ERA-Interim na Amazônia brasileira e que as maiores concentrações de estações meteorológicas de superfície na porção leste / sudeste da região amazônica foram decisivas no desempenho do modelo.

Em relação a precipitação pluviométrica os dados do modelo ECMWF apresentou valores médios de precisão, com  $R^2$  entre 0,74 (Figura 4). Foram obtidos menores valores de  $R^2$  devido ao fato das medidas do ECMWF abrangerem uma área de  $0,25^\circ \times 0,25^\circ$ , enquanto a estação meteorológica determina a precipitação de forma pontual.

**Figura 4.** Análises de precipitação pluviométrica entre a estação de superfície em função da dados da grade ECMWF.



O uso da análise ERA-Interim apresentou resultado satisfatório quando comparado com a estação, com valores de correlação entre os valores obtidos pelo ECMWF e pela estação de superfície para a temperatura máxima e precipitação pluviométrica foi classificada como muito alta, com valores superiores a 0,85, e quase perfeita para temperaturas mínima e média, com índice de correlação superior a 0,90 (Tabela 3), demonstrando assim o excelente ajuste dos modelos testados.

**Tabela 3.** Índices estatísticos para as temperaturas do ar e precipitações pluviométricas dos dados meteorológicos de superfície e do ERA-Interim.

Índice*	T média	T mínima	T máxima	Precipitação
r	0,93	0,92	0,85	0,86
d	0,72	0,70	0,86	0,74
RMSE	1,77	2,69	1,99	-

\* r – correlação de Pearson; d – “d” de Willmott; RMSE – raiz quadrada do erro médio.

Em trabalhos como de Bovolo et al., (2012), na região da Guianas, os autores destacam que os dados provenientes do ERA Interim fornecem uma consistente e precisa distribuição espacial da temperatura do ar em séries anuais e mensais de dados, com valores de correlação próximos a 1,0. Corroborando ao trabalho de Moreira et al., (2017), que apresentaram correlação acima de 0,7 para a maioria das estações meteorológicas correlacionadas com os dados estimados do ERA Interim, para região Sul do Brasil.

O índice “d” de Willmott apresentou valores entre 0,70 e 0,86, indicando elevada acurácia e que as variáveis climáticas estudadas podem ser estimadas usando as regressões lineares com boa precisão. Rampazo et al. (2019) observaram para o estado de São Paulo que a precipitação apresentou baixa variabilidade espacial ( $0,65 < d < 0,70$ ) e concluíram que para temperatura do ar e precipitação, o modelo ECMWF, é uma das alternativas adequadas para aplicação em estudos climáticos.

A magnitude dos erros expressa pela raiz quadrada do erro médio (RMSE), em geral foi baixa, apresentando resultados inferiores a 2,7°C (Tabela 2), demonstrando uma boa estimativa em relação à média dos dados da estação. Foram analisadas as variações da temperatura do ar e da precipitação pluvial para a Europa, Ásia, África, Austrália e América do Norte e do Sul a partir de dados de reanálise (ERA-40 e ERA Interim) e conjuntos de dados observados mensalmente, em séries de 30 anos (SIMMONS et al., 2010 e MOREIRA et al., 2017). Os autores destacaram que os dados de reanálise são confiáveis e de alta qualidade podendo ser utilizados como recurso para o monitoramento do tempo e do clima em nível global.

## Conclusões

O uso da reanálise ERA-INTERIM do ECMWF demonstrou ser acurado e preciso, sendo capaz de redistribuir os padrões de temperaturas do ar média, mínima e máxima e de precipitação pluviométrica de acordo com as observações em estação de superfície.

O modelo tende a superestimar a temperatura máxima e subestimar as temperaturas média e mínima e precipitação. Os resultados obtidos foram satisfatórios com maior parte dos resultados com  $R^2 > 0,70$ ;  $d > 0,70$  e  $RMSE < 3^\circ\text{C}$ .

Conclui-se que os modelos podem ser utilizados como fonte confiável de dados quando não se dispõe de informações de estações de superfície.

## Referências

- Aparecido, L. E. O.; Rolim, G. S.; Moraes, J. R. S. C.; Torsoni, G. B.; Meneses, K. C.; Costa, C. T. S. Acurácia da Reanálise ERA-Interim do ECMWF e sua Aplicação na Estimativa da Deficiência Hídrica no Estado do Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 34, n. 4, p. 515- 528, 2019.
- Bao, X.; Zhang, F. Evaluation of NCEPCFSR, NCEP-NCAR, ERA-Interim, and ERA-40 Reanalysis datasets against independent sounding observations over the Tibetan Plateau. **Journal of Climate**, v. 26, p. 206-214, 2013.
- Betts, A.k.; Köhler, M.; Zhang, Y. Comparison of river basin hydrometeorology in ERA-Interim and ERA-40 reanalyses with observations. **Journal of Geophysical Research**, v. 114, p. 1-12, 2009.
- Byrne, M.p.; O’gorman, P.a. The Response of precipitation minus evapotranspiration to climate warming; Why the “wet-get-wetter, dry-get-drier” scaling does not hold over land. **Journal of Climate**, v.28, p. 8078 – 8092, 2015.
- Bovolo, C. I.; Pereira, R.; Parkin, G.; Kilsby, C.; Wagner, T. Fine-scale regional climate patterns in the Guianas, tropical South America , based on observations and reanalysis data. **International Journal of Climatology**, v. 32, p. 1665-1689, 2012.
- ECMWF. **ERA 5**. Disponível em: <<https://bitly.com/RZoA7>>. Acesso em: 10 set. 2021.
- Figueiredo, J. O. et al. Porta-enxertos para a Lima-ácida-‘tahiti’ na região de Bebedouro, SP. **Revista Brasileira Fruticultura**, v. 24, n. 1, p. 155-159, 2002.
- GOOGLE**. Earth Engine Data Catalog. Disponível em: Acesso em: 10 de setembro de 2021.
- Gorelick, N.; Hancher, M.; Dixon, M.; Ilyushchenko, S.; Thau, D.; Moore, R. et al. Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. **Remote Sensing of Environment**, v. 202, p. 18–27, 2017.
- Haiden, T.; Janousek, M.; Bidlot, J.; Ferranti, L.; Prates, F.; Vitart, F.; Bauer, P.; Richardson, D. S. **Evaluation of ECMWF forecasts, including the 2016 resolution upgrade**. ECMWF Technical Memorandum, European Centre for Medium-Range Weather Forecasts: England. 2016. 53 p.
- Hopkins, W. G. **Correlation coefficient**. 2000. Disponível em: <<http://www.sportsci.org/resource/stats/correl.html>>. Acesso em: 02 mar. 2021.
- JRC- JOINTRESEARCHCENTRE. **Dados meteorológicos simulados pelo modelo do ECMWF**. 2012. Disponível em: <<http://mars.jrc.ec.europa.eu/mars/About-us/FOODSEC/Data-Distribution>>. Acesso em: 08 de set. 2021.
- Kalnay, E.; Kanamitsu, M.; Kistler, R.; Collins, W.; Deaven, D.; Gandin, L.; Iredell, M.; Saha, S.; White, G.; Woollen, J.; Zhu, Y.; Leetmaa, A.; Reynolds, R.; Chelliah, M.; Ebisuzaki, W.; Higgins, W.; Janowjak, J.; Mo, K. C.; Ropelewski, C.; Wang, J.; Jenne, R.; Joseph, D. The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v. 77, n. 3, p. 437-471, 1996.
- Mooney, P.a.; Mulligan, F.j.; Fealy, R. Comparison of ERA-40 , ERA-Interim and NCEP/NCAR reanalysis data with observed surface air temperatures over Ireland. **International Journal of Climatology**, v. 31, p. 545-557, 2010.
- Moraes, J. R. S. C.; Rolim, G. S.; Martorano, L. G.; Aparecido, L. E. O.; Bispo, R. C.; Valeriano, T.

- T. B.; Esteves, J. T. Performance of the ECMWF in air temperature and precipitation estimates in the Brazilian Amazon. **Theoretical & Applied Climatology**, v. 141, 2020.
- Moraes, R. A.; Rocha, J. V.; Rolim, G. S.; Lamparelli, R. A. C.; Martins, M. M. Avaliação dos dados decendiais de precipitação e temperatura máxima e mínima do ar simulados pelo modelo ECMWF para o Estado de São Paulo. **Irriga**, v. 3, n. 17, p. 397-407, 2018.
- Moreira, A.; Fontana, D. C.; Kuplich, T. M.; Cardoso, M. A. Dados meteorológicos estimados em condições de clima subtropical e a relação com índices de vegetação. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 69, p. 1075-1091, 2017.
- Parker, W.s. Reanalyses and observations: What's the Difference?. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v. 97, n. 9, p. 1565-1572, 2016.
- Rampazo, N. A. M.; Picoli, M. C. A.; Cavaliero, C. K. N. Comparação entre dados meteorológicos provenientes de sensoriamento remoto (modelados e de satélites) e de estações de superfície. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 12, n. 2, p. 412-426, 2019.
- Sapucci, L. F. Evaluation of Modeling Water-Vapor-Weighted Mean Tropospheric Temperature for GNSS-Integrated Water Vapor Estimates in Brazil. **Journal of Applied Meteorology and Climatology**, v. 53, n. 1, p. 715-730, 2014.
- Siegel, S. **Nonparametric Statistics for the Behavioral Sciences**. New York: McGraw-Hill Book Company, Inc., 1956, 312 p
- Silva, A. L. F. **Estudo de seca na Península Ibérica usando o Google Earth Engine**. 60p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Geográfica) - Faculdade de Ciências, Universidade do Porto, Portugal, 2018.
- Silva, D. F. **Uso de Modelos Agrometeorológicos de estimativa de produtividade e risco climático da soja no vale do médio Paranapanema – SP**. 80p. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical). Instituto Agrônomo, Campinas, Brasil. 2011.
- Simmons, A. J.; Willet, K. M.; Jones, P.d.; Thorne, P. W.; Dee, D. P. Low-frequency variations in surface atmospheric humidity, temperature, and precipitation: Inferences from reanalyses and monthly gridded observational data sets. **Journal of Geophysical Research**, v. 115, p. 1-21, 2010.
- Willmott, C. J.; Ackleson, S. G.; Davis, R. E.; Feddema, J. J.; Klink, K. M.; Legates D. R.; O'donnell, J.; Rowe, C. M. Statistics for the evaluation and comparison of models. **Journal of Geophysical Research: Oceans**, v. 90, p. 8995-9005, 1985.

# 3

## **PAISAGEM, CONSERVAÇÃO DA NATUREZA E IMPACTOS AMBIENTAIS**

# DIAGNÓSTICOS E INTERVENÇÕES: ESTUDOS DE CASO SOBRE VULNERABILIDADE/FRAGILIDADE DA PAISAGEM E CONSERVAÇÃO DOS SOLOS

João Osvaldo Rodrigues Nunes<sup>1</sup>

Caio Augusto Marques dos Santos<sup>2</sup>

Dener Toledo Mathias<sup>3</sup>

Leda Pedro Correia Miyazaki<sup>4</sup>

Melina Fushimi<sup>5</sup>

**RESUMO:** Ao longo da história contemporânea, a ação humana tem efetivado diversas transformações nas paisagens do globo terrestre, seja em ecossistemas aquáticos ou terrestres, ocasionando, em muitos casos, amplos processos de degradação ambiental e comprometimento da recuperação e resiliência das paisagens. Compreende-se a paisagem alterada como uma materialização da relação histórica entre as dinâmicas da sociedade e da natureza, que serve de suporte físico, em que as diferentes formas de ocupação refletem o momento histórico, econômico, político, social e ambiental. Portanto, a paisagem e seu modelado representam o resultado da dinamicidade entre os processos naturais e sociais, que ocorrem de modo contraditório e dialético, de uma escala de tempo geológica para a escala histórica. Neste aspecto, o presente capítulo tem como objetivo mostrar, através de cinco estudos de caso envolvendo diferentes estados do território brasileiro (São Paulo, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, Minas Gerais e Maranhão), as vulnerabilidades e fragilidades das paisagens e sua relação com os processos erosivos e os impactos ambientais, bem como as técnicas de conservação dos solos implementadas para recuperação das áreas degradadas em escala de detalhe. Os procedimentos metodológicos para os estudos de casos contaram com etapas de gabinete, envolvendo a sistematização de informações e dados por meio do uso de geotecnologias, que geraram diversos mapeamentos temáticos, em que a validação ocorreu através de trabalhos de campo. Para a recuperação dos focos erosivos, utilizou-se de metodologias alternativas de controle das erosões lineares, com o uso de paliçadas de bambus (EMBRAPA, 2006), em virtude de seu baixo custo e facilidade de implementação em áreas degradadas. Por fim, compreende-se que as representações das alterações das paisagens, no aspecto das erosões e seus impactos, devem ser estudadas a partir de uma visão ampla, multidisciplinar e multiescalar, envolvendo a sociedade, a natureza e as questões culturais.

---

1 Universidade Estadual Paulista – SP – Brasil. E-mail: joao.o.nunes@unesp.br

2 Universidade Federal de Rondonópolis – MT – Brasil. E-mail: kiomarques@hotmail.com

3 Universidade Federal de Mato Grosso, Campus Universitário de Cuiabá – MT – Brasil. E-mail: denertoleado@ufmt.br

4 Universidade Federal de Uberlândia, Campus Ituiutaba – MG – Brasil. E-mail: lecpgeo@ufu.com

5 Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Unidade de Campo Grande – MS – Brasil. E-mail: melinafushimi@yahoo.com.br

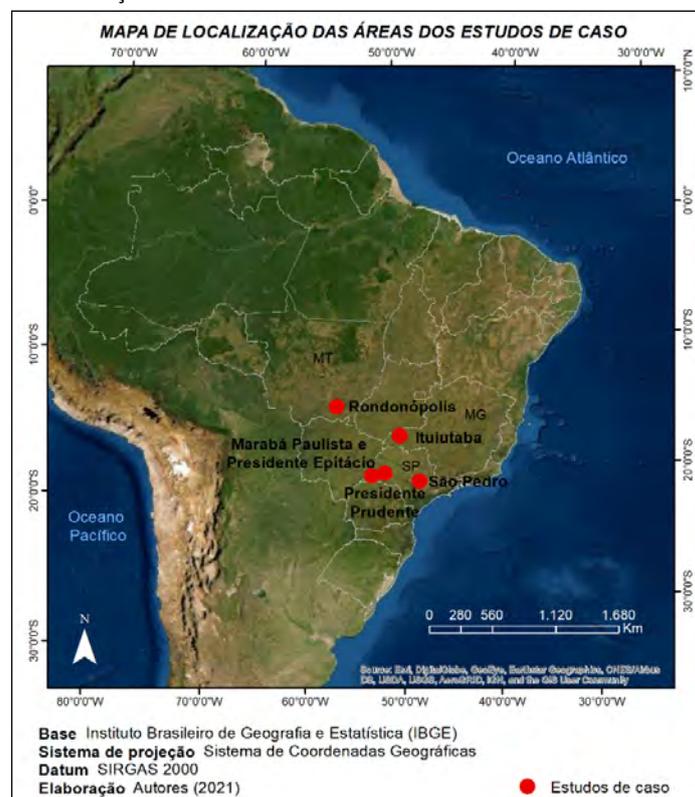
## Introdução

As fragilidades e as vulnerabilidades das paisagens são compreendidas a partir da análise integrada de diferentes elementos físicos associados à ação humana e suas intervenções, as quais podem se dar para mitigar os impactos no ambiente, com destaque aos processos erosivos. Ao longo da história contemporânea, a ação humana tem efetivado diversas transformações e em diferentes escalas nas paisagens do globo terrestre, em ecossistemas aquáticos ou terrestres, acarretando, em muitos casos, amplos processos de degradação ambiental e comprometimento da recuperação e da resiliência das paisagens ao interferir sobremaneira em seus processos metabólicos.

Destarte, o presente capítulo tem como objetivo mostrar, através de cinco estudos de caso em diferentes estados do território brasileiro (São Paulo, Mato Grosso e Minas Gerais, Figura 1), as vulnerabilidades e as fragilidades das paisagens e sua relação com os processos erosivos e os impactos ambientais, bem como as técnicas de conservação dos solos implementadas para recuperação das áreas degradadas em escala de detalhe.

Cabe mencionar que as áreas de estudo situadas nos referidos estados abrangem variados recortes de análise, ou seja, tanto no âmbito de municípios quanto de perímetros urbanos e de áreas de preservação ambiental. Os procedimentos metodológicos utilizados para as análises se deram em etapas de gabinete, envolvendo a sistematização de informações por meio do uso de geotecnologias que geraram diversos mapeamentos temáticos com diferentes métodos, nos quais a validação ocorreu a partir da realização de trabalhos de campo.

**Figura 1.** Localização das áreas dos estudos de caso nos três estados brasileiros.



Fonte: Autores (2021).

## **A paisagem e a ação antrópica**

É necessário chamar a atenção para o entendimento do termo antrópico. Do ponto de vista da língua portuguesa, ele expressa o que é relativo ao homem (como ser genérico) e suas modificações na Terra. Assim, o termo não aponta e não distingue que homem é esse, quais são suas especificidades, suas técnicas, seu conhecimento, sua cultura e – muito menos – sua classe social e seu poder aquisitivo.

As ações do antrópico ocorrem por meio de indivíduos sociais, ou seja, embora as modificações na superfície terrestre sejam feitas individualmente pelo trabalho humano, a personificação (carregada de finalidades) é resultado de relações sociais estabelecidas historicamente. São elas, por sua vez, que determinam as formas como acontecem as relações do homem com a natureza. Resumindo: não se pode abstrair as ações antrópicas das determinações do conjunto social, pois corre-se o risco de extrair e reduzir os significados e as intencionalidades das alterações das paisagens.

No modo de produção capitalista, a finalidade de alteração da paisagem é a acumulação de riqueza via exploração do trabalho assalariado (de modo geral). É do ser social modificar o ambiente pelo trabalho – e isso é indiscutível. Pensa-se, portanto, ser relevante discutir como é forjado o atual ser social, combatendo e modificando essa configuração de sociedade para que as alterações sejam para suprimento das necessidades vitais do antrópico e não para acumulação privada de capital. Dessa forma, é possível mudar as finalidades dos resultados apresentados: de diagnóstico de vulnerabilidade/fragilidade das paisagens em relação às atuais apropriações, uso e ocupações de terra para prognóstico de conservação diante das necessidades vitais das futuras gerações.

Segundo Maximiano (2004, p. 87), entre “os geógrafos há um consenso de que a paisagem, embora tenha sido estudada sob ênfases diferenciadas, resulta da relação dinâmica de elementos físicos, biológicos e antrópicos. E que ela não é apenas um fato natural, mas inclui a existência humana”.

Entre as diferentes formas de se definir a paisagem, destaca-se a concepção que a interpreta como sendo a combinação dinâmica entre os elementos físicos e antrópicos, representando, assim, a totalidade, não sendo idealizada apenas por aspectos naturais, mas considerando-se as implicações da ação humana (BERTRAND, 2004).

Em relação à abordagem de integração dos aspectos naturais ou físicos e da ação antrópica, em suas reflexões teórico-metodológicas, Suertegaray (2018) destaca a importância de considerar as relações histórico-dialéticas, bem como as continuidades e descontinuidades no processo de estruturação do território. A paisagem, bem como os elementos que a constituem são apropriados de forma desigual, combinada e contraditória, deixando marcas e registros, os quais refletem determinado momento histórico, político, social etc.

A partir da inserção do ser humano e das suas ações que repercutem nas mais diferentes configurações da paisagem, se constitui a **paisagem alterada**. Segundo Nunes (2002, p. 31):

**A paisagem alterada** é um espaço produzido, no qual o relevo serve de suporte físico ou recurso, em que as diferentes formas de ocupação refletem o momento histórico, econômico e social. Portanto, o relevo e seu modelado representam o

fruto da dinamicidade entre os processos físicos e os agentes sociais atuantes, que ocorrem de modo contraditório e dialético a partir da análise integrada das relações processuais de uma escala de tempo geológica para escala histórica ou humana.

Uma forma de compreender a constituição da paisagem alterada é por meio de um recorte temporal muito conhecido pelos geógrafos, sendo este o período técnico-científico-informacional. Para Santos (2006, p. 238), nesse período, os objetos técnicos são concomitantemente técnicos e informacionais, uma vez que a intencionalidade de sua produção e localização surgem como informação. Nesse sentido, a ciência, a técnica e a informação formam a base da produção do mundo contemporâneo, pois o ser humano passa a ser considerado um agente esculptor do relevo, porquanto as diferentes formas de alterações e intervenções no ambiente, que contempla a paisagem, passam a ser mais expressivas/intensas e aceleram os processos naturais, principalmente quando se adota um recorte histórico-temporal (PEDRO, NUNES, 2009). Tal processo tem se configurado em paisagens alteradas, cujos impactos ambientais e a degradação são bastante expressivos.

Os impactos ambientais e a degradação são decorrentes da necessidade de manter um padrão de aquisição da dita “sociedade consumista” que, por sua vez, é instigada principalmente pela mídia a consumir cada vez mais produtos, com a finalidade não expressa de acumulação de riqueza tendendo ao infinito. Para isso, os recursos naturais são apropriados de forma exacerbada, sem levar em consideração se um recurso é renovável ou não.

A aceleração do processo produtivo é uma expressão da manutenção do padrão de consumo e vida de uma “sociedade consumista”, que explora cada vez mais os recursos naturais, o que acaba degradando e esculpando as formas superficiais do ambiente, seja ele rural ou urbano. O que se manifesta na paisagem alterada são registros e marcas decorrentes da ação antrópica sobre os elementos físicos (PEDRO, NUNES, 2009).

Entre os autores que consideram o ser humano como um agente esculptor do relevo, pode-se citar Suertegaray (2002). A autora demonstra em seus estudos como o ser humano exerce ações capazes de esculptar o relevo, pois sua força de atuação é visualmente percebida por todo o planeta. Tal forma de interpretação leva a pensar o tempo geomorfológico sob uma perspectiva em que o ser humano é considerado um agente modelador do relevo. Partindo desse ponto de vista, Suertegaray (2002.) fazem uma reflexão sobre a questão temporal e a escala de análise dos processos, uma vez que o momento vivido é conduzido pelo desenvolvimento da técnica, da ciência e da informação (escala histórico-temporal), assim as pesquisas passam a conferir mais ênfase aos estudos dos processos morfodinâmicos (tempo curto), quando comparados aos processos morfogenéticos (tempo longo).

Nesse sentido, sob o contexto social e histórico, a ação antrópica promove e intensifica processos morfodinâmicos, como os processos erosivos, proporcionando relações de fragilidade e vulnerabilidade na paisagem alterada.

### **Fragilidades e vulnerabilidades de uma paisagem**

Nos dias atuais, a questão ambiental vem ganhando destaque em discussões de diferentes esferas da sociedade. No Brasil, a degradação ambiental identificada em vários municípios tem

sido uma das preocupações crescentes entre os gestores públicos que buscam aplicar ações para mitigar diferentes impactos no ambiente (PEDRO MIYAZAKI, SILVA, 2018).

Entre os impactos que contribuem para o agravamento da degradação ambiental nos municípios brasileiros, destaca-se a perda de solo por processos erosivos laminares e lineares. Para Fendrich et al. (1997), a erosão é o processo de desagregação, transporte e deposição do solo em estado de decomposição, promovido pela ação das águas (pluviais e fluviais). De acordo com Guerra e Guerra (2009, p. 229), é a “saliência ou reentrância do relevo, tendendo a um nivelamento ou colmatagem, no caso de litorais, enseadas, baías e depressões”. Em geral, pode-se distinguir vários tipos de erosão: erosão acelerada, erosão elementar, erosão eólica, erosão fluvial, erosão glaciária, erosão marinha e erosão pluvial, sendo esta a dinâmica predominante nas áreas analisadas do presente trabalho.

Vale destacar que o processo erosivo ocorre naturalmente na superfície terrestre, com a formação do relevo da superfície, dos solos aluviais e das rochas sedimentares (OLIVEIRA, 2014). Contudo, pode ser acelerado e intensificado com o manejo inadequado do solo, a ausência de vegetação e as características da rocha, do solo e do relevo que integradamente demonstram o grau de fragilidade ambiental de determinadas paisagens. Dessa forma, os aspectos físicos e os processos naturais, quando articulados com a ação antrópica, ocasionam o que se pode reconhecer como vulnerabilidade ambiental.

A partir de um entendimento simplificado, a fragilidade ambiental pode ser definida como “algo que seja passível de quebrar, romper, de partir, de se tornar instável e, relacionando-o com os estudos geográfico-geomorfológicos, é possível perceber que a fragilidade está diretamente ligada aos ambientes naturais e ao estado em que se encontra a dinâmica dos processos naturais, por isso apresentam características particulares dos componentes que os compõem (relevo, rocha, clima e solo) e que os classificam como frágeis” (PEDRO MIYAZAKI, 2014, p. 84).

Segundo o “Diccionario de la Natureza” (1987), a fragilidade se refere ao grau de susceptibilidade ao dano de determinado elemento ou de uma paisagem ante a incidência de determinadas ações. Podem ser entendidas também como áreas frágeis aquelas que possuem características especificamente sensíveis aos impactos ambientais adversos, de baixa resiliência e pouca capacidade de recuperação.

Nessa perspectiva, o conceito de fragilidade está diretamente relacionado aos aspectos naturais, ou seja, aqueles em que o ser humano não provocou profundas alterações. Pedro Miyazaki (2014) ressalta que um dos componentes naturais que contribuem efetivamente para a identificação do nível de fragilidade em determinada paisagem é o relevo.

Para os autores Thorn e Welford (1994), a fragilidade diz respeito a uma predisposição do relevo de ser modificado, em que o estado de equilíbrio dinâmico passa a ser rompido com facilidade; o que ocorre em razão das próprias características naturais ou até mesmo pela ação do ser humano na paisagem.

Pode-se afirmar que a fragilidade ambiental está diretamente relacionada a um limiar entre o equilíbrio dinâmico e a desestabilização, decorrendo do processo de ocupação do relevo, tanto em áreas urbanas quanto em áreas rurais, o que interfere nos processos morfodinâmicos atuais, ou seja, desagregação e desintegração das rochas, transporte e deposição de sedimentos (PEDRO MIYAZAKI, 2014).

A discussão sobre a fragilidade ambiental de determinada paisagem pode ser o ponto de partida para estudos mais complexos. A análise integrada de uma paisagem envolve uma série de elementos naturais/físicos (rocha, clima, solo, relevo, vegetação, hidrografia etc.) e antrópicos (uso da terra, cobertura da terra, perfil socioeconômico e cultural dos grupos ocupantes), o que permite um estudo mais amplo e complexo que pode ser expresso pelo conceito de vulnerabilidade.

De acordo com Pedro Miyazaki e Fushimi (2017, p. 195), a “vulnerabilidade é um conceito utilizado por diferentes áreas do conhecimento, sobretudo, por aqueles que tentam analisar e ponderar os níveis de vulnerabilidade, sejam eles relacionados aos ambientes naturais, aos grupos sociais ou até mesmo abrangendo ambos os aspectos, na forma de análises socioambientais”. Assim, entende-se que as pesquisas geográfico-geomorfológicas com ênfase na vulnerabilidade ambiental de determinada paisagem podem contribuir para o estudo dos riscos aos quais a sociedade está sujeita, assim como alertar sobre futuros riscos.

O trabalho de Tagliani (2003), que envolveu o mapeamento da vulnerabilidade ambiental de uma área da planície costeira do Rio Grande do Sul, considera tanto as variáveis ambientais como a ação antrópica, entendendo a vulnerabilidade ambiental como maior ou menor susceptibilidade de determinado local de sofrer em decorrência do uso antrópico.

Para Costa et al. (2007), a vulnerabilidade ambiental é compreendida como o risco de degradação do ambiente natural. Está relacionada à erosão do solo, à perda de biodiversidade, ao assoreamento, à contaminação dos corpos hídricos, entre outros. Além disso, os autores afirmam que a situação pode ser agravada pela ação antrópica, uma vez que pode proporcionar a perda da biodiversidade transformando as áreas em terras improdutivas e, conseqüentemente, comprometendo a qualidade e a quantidade disponível de recursos hídricos.

Ao compreender a vulnerabilidade sob a dimensão ambiental, Fushimi (2012) relaciona as características físicas que compõem a paisagem à ação da sociedade representada por meio do uso e da cobertura da terra. A partir de tal concepção, a autora analisa a alteração que a paisagem sofre, sendo que o interesse econômico voltado às áreas de cultivo e de criação de gado pode proporcionar o aparecimento/aceleração da erosão linear.

Pedro Miyazaki (2014, p. 99) destaca que “o conceito de vulnerabilidade deve abranger, de forma conjunta, a análise do ambiente, envolvendo a sociedade e a natureza e suas inter-relações”. Isso é de fundamental importância visto que a vulnerabilidade à erosão linear nos municípios está relacionada aos aspectos físicos, ao uso e ocupação da terra e ao manejo. Uma das formas de realizar os estudos de vulnerabilidade ambiental à erosão linear é por meio da utilização de SIG (Sistema de Informações Geográficas), que “permite armazenar, manipular e integrar uma grande quantidade de dados, provenientes de diferentes fontes, formatos e escalas” (FLORENZANO, 2008, p. 8).

O SIG possibilita a elaboração de modelos representativos de cenários que podem ser utilizados como instrumentos balizadores para o planejamento e a tomada de decisão pelos gestores públicos e privados dos municípios. De acordo com Fushimi (2016), os documentos cartográficos são importantes ferramentas na análise das dinâmicas das paisagens e no processo de tomada de decisão por especialistas e estudiosos.

## **Controle de erosão e recuperação de áreas degradadas**

A recuperação de áreas degradadas por processos erosivos se constitui tema relevante nas engenharias e nas geociências. O conceito de recuperação é apresentado por Bitar e Braga (1995) como associado à ideia de que “o local alterado deve ser trabalhado de modo que as condições ambientais acabem se situando próximas às condições anteriores à intervenção”, o que pode ser traduzido como uma busca no sentido de “devolver ao local o equilíbrio e a estabilidade dos processos ali atuantes anteriormente” (BITAR, BRAGA, 1995, p. 166).

Através do Decreto Federal 97.632/89, a legislação brasileira estabelece como objetivo da recuperação o “retorno do sítio degradado a uma forma de utilização, de acordo com um plano preestabelecido para o uso do solo, visando a obtenção de uma estabilidade do meio ambiente” (BRASIL, 1989).

Tratando-se de processos erosivos lineares, as medidas a serem tomadas para a recuperação da área devem ser embasadas em uma série de procedimentos, iniciando-se com o diagnóstico processual a partir de estudos sobre os atributos físicos envolvidos na dinâmica atuante. Seguem-se o planejamento e a instalação de dispositivos para o controle da erosão e, posteriormente, a recomposição vegetacional da área. De acordo com DAEE/IPT (1989), três premissas devem nortear os projetos nesse sentido: 1) o disciplinamento das águas superficiais, 2) o disciplinamento das águas subsuperficiais e 3) a estabilização dos taludes erosivos.

No Brasil, a temática do controle de erosão é tratada pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) com vasta produção de manuais técnicos voltados para a recuperação de áreas erodidas no meio rural. Outros trabalhos relevantes são o de Fendrich (1997), sobre o disciplinamento da drenagem e controle da erosão urbana, e o de Guerra e Jorge (2017), que apresentam estudos de caso com aplicações de diversas técnicas em regiões diferentes do país.

Os dispositivos para contenção erosiva podem ser construídos a partir de estruturas convencionais, as quais empregam materiais inertes, ou a partir de técnicas da engenharia natural ou bioengenharia de solos, que concebem o uso de materiais vegetativos, conjugados ou não com elementos inertes. O uso de materiais biologicamente ativos ganha escopo à medida que incorpora a função de recomposição vegetacional na contenção da erosão. São relevantes nesse sentido as propostas de Araújo et al. (1996), bem como de Morgan e Rickson (1995), Gray e Sotir (1996), entre outros.

Das estruturas apresentadas pelos autores, destacam-se as paliçadas, que se constituem em barramentos instalados no sentido transversal ao eixo do canal erosivo, tendo como função a retenção dos sedimentos no interior da incisão e a redução do efeito da erosão remontante. Tavares et al. (2008) propõem a utilização de colmos de bambu na concepção de tais estruturas, mencionando a possibilidade de brotamento do bambu que confere a vantagem de uma possível revegetação por estas espécies.

A recuperação de áreas erodidas é um tema complexo que envolve a necessidade de estudos em escala de detalhe e aplicação de técnicas conjugadas, pois a adoção de uma única técnica pode não ser suficiente para o controle dos processos erosivos. As possibilidades são múltiplas e devem ser sopesadas em função das características físicas de cada área, seja em meio urbano ou meio rural, considerando-se também os custos e a viabilidade das intervenções. Em todo caso, trata-se de um tema relevante e cada vez mais necessário haja vista as derivações antrópicas no ambiente e o proporcional aumento das demandas da sociedade por recursos naturais.

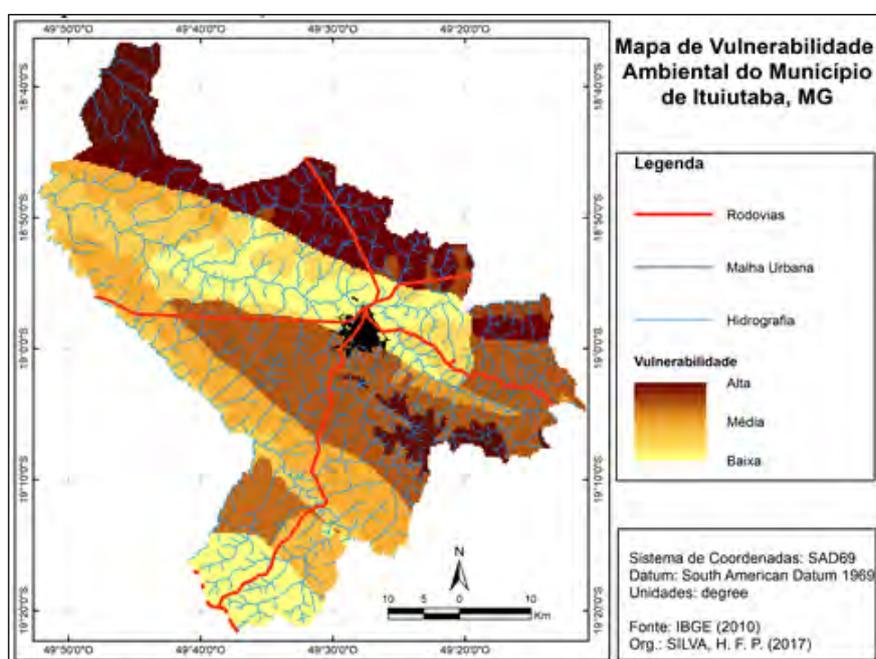
## Diagnósticos e intervenções por meio de estudos de caso

### 1. O caso do município de Ituiutaba (MG)

A partir do conceito de vulnerabilidade ambiental, foi realizado um estudo de diagnóstico voltado à compreensão da manifestação dos processos erosivos lineares, sendo representado por um mapeamento. Assim, o objetivo da investigação foi a análise de áreas que apresentam diferentes níveis de vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares, tendo como recorte espacial o município de Ituiutaba, no estado Minas Gerais (Brasil).

A elaboração da carta de vulnerabilidade ambiental aos processos de erosão linear do município de Ituiutaba se centrou no levantamento das características das variáveis físicas rocha (geologia), solo (pedologia), relevo (geomorfologia) e declividade, assim como das variáveis antrópicas, constituindo “uso, cobertura e ocupação da terra”, as quais são importantes para o estudo do ambiente diante da ocupação. As variáveis selecionadas foram analisadas de forma integrada, com o objetivo de criar um cenário para espacializar os diferentes níveis de vulnerabilidade, sendo esses alto, médio e baixo (Figura 2).

**Figura 2.** Espacialização dos níveis de vulnerabilidade ambiental do município de Ituiutaba (MG, Brasil).



Fonte: Pedro Miyazaki e Silva (2018); Martins e Costa (2014).

O primeiro nível se refere à **baixa vulnerabilidade ambiental** aos processos erosivos lineares, relacionado ao compartimento do relevo vinculado aos fundos de vale do rio Tijuco e às baixas vertentes do planalto das margens direita e esquerda do rio Tijuco, local em que predominam os basaltos da Formação Serra Geral do Grupo São Bento, cuja característica principal é sua resistência erosiva. Além disso, foi identificada uma área de baixa vulnerabilidade no domínio da Depressão Interplanáltica. Nessas áreas, o relevo é pouco declivoso, sendo considerado plano e as altitudes variam entre 400 e 450 metros.

Em relação aos solos dominantes, encontram-se os Cambissolos e os Latossolos Vermelhos. Sobre uso, ocupação e cobertura da terra, há classes de vegetação natural, pastagem e cultivo que provocaram alterações significativas na paisagem. A paisagem representa um ambiente com elevada estabilidade e baixa vulnerabilidade à erosão linear. Isso se deve às características que a compõem, o que favorece a infiltração de águas pluviais no solo, em razão da presença de vegetação e manejo mais adequado do solo, além de pouca declividade vinculada a um relevo plano. No entanto, foram constatados impactos ambientais como o desmatamento e a queimada induzida pelo ser humano, que têm acelerado a erosão natural. Assim, é possível identificar algumas erosões do tipo sulcos.

A morfogênese atua de forma menos intensa quando comparada aos outros níveis de vulnerabilidade, sendo possível observar que a pedogênese atua nesse local, principalmente nas áreas onde as rochas se encontram expostas ao processo de intemperismo. Há vegetação natural nas áreas de preservação permanente, reservas legais com rochas bastante resistentes e solos que variam de pouco profundos a rasos. Essas características ajudam na estabilidade dos processos erosivos lineares, pois existe uma cobertura vegetal protegendo os solos. Nessa classe de vulnerabilidade, deve-se conferir atenção e priorizar as ações que buscam a preservação da vegetação natural ainda restante, a mata ciliar, além de implementar atividades que busquem a conservação, tendo em vista serem ambientes que apresentam características importantíssimas para a qualidade ambiental do município.

O segundo nível se trata da **média vulnerabilidade**, que apresentou como rocha predominante arenitos da Formação Adamantina do Grupo Bauru, os quais são bastante friáveis. O embasamento está vinculado predominantemente a médias e altas vertentes do planalto das margens direita e esquerda do rio Tijuco e de parte da Chapada Embutida do Alto do Ribeirão São Lourenço, assim como alguns fundos de vale.

A pequena área da Chapada Embutida do Alto do Ribeirão São Lourenço apresenta média vulnerabilidade, possui como características as dimensões interfluviais com baixa declividade associada aos fundos de vale e baixa densidade hidrográfica. Outra forma de relevo encontrada é a superfície de cimeira do São Lourenço e o planalto da margem esquerda do rio Tijuco, cuja drenagem é moderadamente dissecada. As declividades variam de plano, suave ondulada até ondulada; as altitudes, por sua vez, variam entre 450 até 550 metros.

Os solos que predominam na área são os Latossolos Vermelhos, sendo bastante profundos e bem desenvolvidos, apresentando características favoráveis ao cultivo. O uso, a ocupação e a cobertura da terra correspondem predominantemente ao cultivo com algumas manchas de solos expostos/pousio para serem plantados futuramente e um manejo do solo baseado em algumas técnicas mecânicas de conservação, como os terraços construídos em curvas de nível para evitar a erosão linear e o plantio direto.

Essas práticas conservacionistas contribuem para média vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares, ajudando a manter certo equilíbrio entre a pedogênese e a morfogênese. No entanto, é possível perceber que ainda ocorrem problemas relacionados a erosão nesta classe, pois as chuvas constantes e intensas que atingem algumas áreas de solo exposto provocam perda de solo por meio do efeito *splash*, onde partículas do solo são desagregadas, transportadas e depositadas em locais mais baixos.

A **alta vulnerabilidade** está vinculada ao compartimento geomorfológico do planalto da margem direita do rio Tijuco e da superfície de cimeira do ribeirão São Lourenço (porção sudeste do município), caracterizados por possuírem uma superfície bastante dissecada envolvendo morfologias do relevo do tipo tabuliforme e colina convexizada, locais onde se encontram os divisores de água das bacias hidrográficas dos rios Tijuco e da Prata e seus respectivos afluentes. As rochas das Formações Marília e Adamantina do Grupo Bauru e as manchas de Latossolos Vermelhos e Argissolos Vermelho-Amarelo são encontradas nessas áreas.

A forma como ocorreu a ocupação do relevo também exerceu forte influência na classificação da alta vulnerabilidade aos erosivos lineares, principalmente quando analisada a carta de uso, ocupação e cobertura da terra, que demonstra o predomínio do cultivo e da pastagem com manejo inadequado. A declividade varia entre moderadamente ondulada a fortemente ondulada, com altitudes entre 550 e 650 metros. É possível identificar que a dissecação é uma característica do relevo local, o que o torna mais vulnerável à erosão linear, uma vez que favorece o escoamento superficial das águas pluviais e técnicas de conservação do solo não são utilizadas de forma eficaz.

O uso, a ocupação e a cobertura correspondem predominantemente a pastagem e áreas de cultivo com pequenas manchas de solo exposto/pousio que não utilizam técnicas de conservação, contribuindo para a perda de solo. Apesar de ser uma área repleta de pastagem, que de certa forma evita a desagregação do solo, o pisoteio do solo provocado pelo gado aliado à ausência de terraços e bacias de contenção e uma pastagem degradada contribuem para a perda de solo por erosão linear.

Nesta classe, a instabilidade dos processos naturais é bastante visível em razão da ação direta e indireta do ser humano. A morfogênese predomina em relação à pedogênese, principalmente nas áreas de vertentes íngremes e relevo dissecado, onde se encontram os solos arenosos que variam de profundos a rasos, algumas manchas não possuem cobertura vegetal e, em outras, a cobertura é incipiente, permitindo o desenvolvimento de erosão linear do tipo sulcos, ravinas e voçorocas. A área necessita de ações que busquem a recuperação e a conservação, tendo em vista as intervenções antrópicas encontradas nas colinas e nos relevos tabuliformes.

Contudo, considera-se que a carta de vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares e seus respectivos níveis (baixa, média e alta vulnerabilidade) possa contribuir para o planejamento urbano e ambiental, assim como para a expansão territorial urbana e o ordenamento territorial do município, apontando quais são as áreas mais vulneráveis à erosão linear e esclarecendo os principais motivos que as classificam como de alta, média ou baixa vulnerabilidade. O documento cartográfico e seu respectivo relatório técnico podem auxiliar o poder público na escolha de áreas mais adequadas para a implantação de novos loteamentos, além do manejo do solo adequado nas áreas rurais.

Destaca-se que o trabalho envolveu uma análise preliminar sobre o tema, carecendo de investigações científicas mais detalhadas das características físicas de determinada área de estudo, realizando, dessa forma, levantamentos sobre as características das rochas, dos solos, da vegetação, da hidrografia, do relevo e do uso, bem como sobre a ocupação e a cobertura da terra, associadas ao perfil socioeconômico e cultural dos grupos ocupantes.

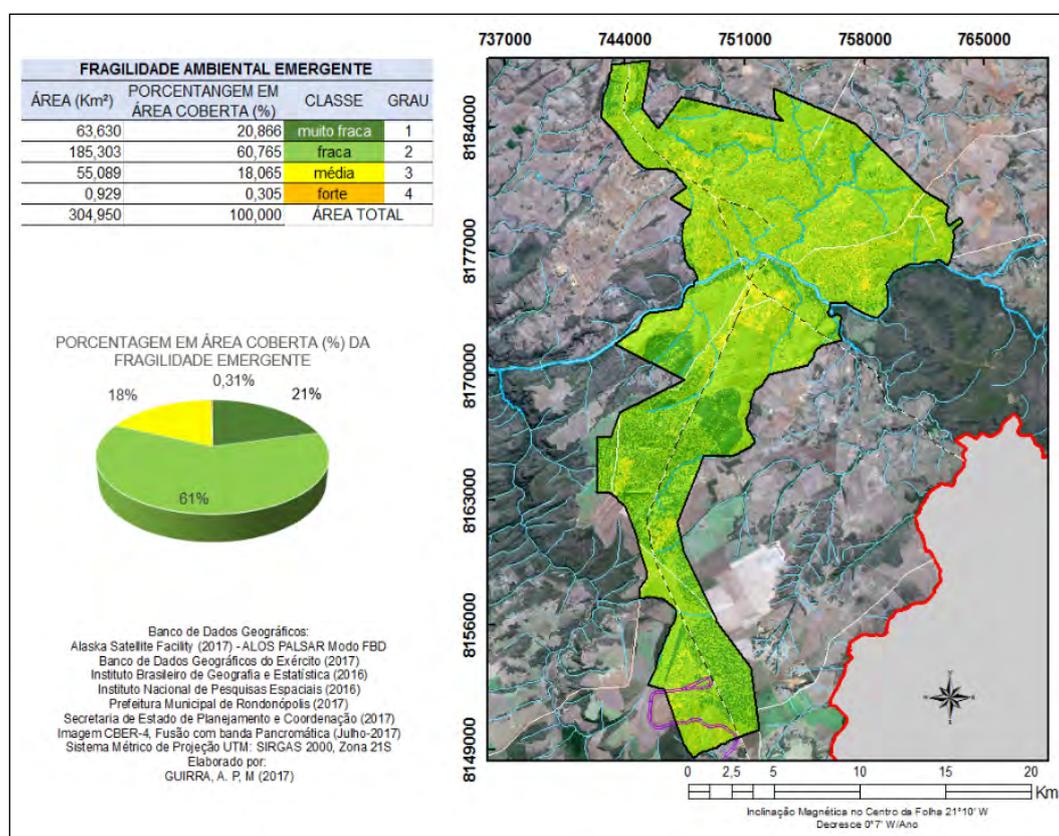
## 2. O caso do perímetro urbano de Rondonópolis (MT)

O estudo sobre a fragilidade ambiental a processos erosivos lineares no perímetro urbano de Rondonópolis (MT, Brasil) foi apresentado na dissertação de mestrado de Guirra (2017). A principal contribuição do trabalho se refere a novas adaptações e complementações das correntes metodológicas e dos modelos de fragilidade ambiental a processos erosivos, sobretudo aqueles realizados em áreas urbanizadas ou com tendências à urbanização.

Guirra (2017) avaliou classes e graus das fragilidades ambientais associados a cada tipo de variável geoambiental: a) relevo – declividade, de Santos e Ross (2012), e formas do terreno; b) erodibilidade das ordens de solo considerando os efeitos da urbanização, baseado em Santos e Ross (2012); c) elementos climáticos da chuva – intensidade pluviométrica, adaptado de Crepani et al. (2001), e erosividade, compilado de Ross (1994), de Crepani et al. (2001) e de Salton, Comunello e Fietz (2013); d) características geológico-estruturais dos grupos de rochas – resistência mecânica a erosão, de Crepani et al. (2001), densidade de descontinuidades geológico-estruturais e densidade destas interseções; e) nível de urbanização e grau de proteção e cobertura do solo, de Santos e Ross (2012) e Ross (1994).

A cada classe de variável foram atribuídos graus de fragilidade que variaram de 1 (fragilidade muito baixa) a 5 (fragilidade muito alta). O mapa elaborado a partir do estudo pode ser observado na Figura 3.

**Figura 3.** Mapa de fragilidade ambiental emergente a processos erosivos lineares do perímetro urbano de Rondonópolis (MT, Brasil).



Fonte: Guirra (2017).

No que se refere à fragilidade do relevo, que é a junção do fator declividade e curvaturas horizontais e verticais das vertentes (formas do terreno), observou-se a preponderância do grau de fragilidade média (36,9% de área recoberta), seguida de fragilidades fraca (36,3%) e forte (17,4%).

O segundo aspecto é a fragilidade ambiental associada aos solos e ao tipo de urbanização. Verificou-se que os Latossolos, com suas variações de características físicas e químicas, preponderaram com 69% combinados de área recoberta, variando de graus de fragilidade baixa e muito baixa.

Acerca dos graus de fragilidade ambiental associada à intensidade pluviométrica, o intervalo de intensidades de 1300 mm a 1193,74 mm que abrange a área de estudo está 100% enquadrada como de fragilidade média. No que se refere aos graus de fragilidade à erosividade das chuvas, os dados mostraram que 99,7% da área de estudo possui grau de fragilidade média (8946,94 a 7981,35 MJ mm ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>).

O quinto aspecto está relacionado aos graus de fragilidade quanto às unidades litoestratigráficas, em que se observou que a Formação Ponta Grossa apresenta expressão em área de 42% (126,858 km<sup>2</sup>) do perímetro urbano, com grau de fragilidade alta. Ela é seguida pela Formação Furnas, com 33% (102,382 km<sup>2</sup>) de área de fragilidade média.

O sexto e o sétimo aspectos dizem respeito aos graus de fragilidade associados à densidade de descontinuidade geológico-estruturais e à densidade de interseções geológico-estruturais. Verificou-se que o recobrimento do perímetro pela densidade de descontinuidades apresenta preponderância dos graus de fragilidade fraca (105,039 km<sup>2</sup>) e muito fraca (106,526 km<sup>2</sup>), com 35% e 34%, respectivamente. Quanto à densidade de interseções, elas abrangem, preponderantemente, o grau de fragilidade muito baixa (158 km<sup>2</sup>), com 52% de abrangência na área de estudo.

Os graus de fragilidade associados à urbanização e à proteção e cobertura do solo foram identificados em 63% (192,854 km<sup>2</sup>) da área de estudo, com fragilidade baixa em relação a esse fator.

Na Tabela 1, é apresentada a síntese com as maiores ocorrências.

**Tabela 1.** Síntese das maiores ocorrências para cada um dos fatores ambientais adotados e respectivos graus de fragilidade.

FATORES AMBIENTAIS	GRAUS DE FRAGILIDADE	OCORRÊNCIA (%)
Relevo	Média	36,9
Solos	Baixa	43
Intensidade pluviométrica	Média	100
Erosividade das chuvas	Média	99,7
Unidades litoestratigráficas	Alta	42
Densidade de descontinuidades geológico-estruturais	Baixa	35
Densidade de interseções geológico-estruturais	Muito baixa	52
Urbanização e grau de proteção e cobertura do solo	Baixa	63

Fonte: Guirra (2017).

Por fim, o mapa de fragilidade ambiental emergente a processos erosivos lineares apresentou grau de fragilidade fraca com maior preponderância (61%, 185,303 km<sup>2</sup>), seguido pelos graus de fragilidade muito fraca (21%, 63,630 km<sup>2</sup>), média (18%, 55,089 km<sup>2</sup>) e forte (0,31%, 0,929 km<sup>2</sup>).

### 3. O caso de parte dos municípios de Marabá Paulista e Presidente Epitácio (SP)

O estudo da vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares de parte dos municípios de Marabá Paulista e Presidente Epitácio (SP) foi apresentado na tese de doutorado de Fushimi (2016) e no trabalho realizado por Fushimi e Nunes (2018).

Para tal, foram analisados e inter-relacionados os aspectos de relevo, declividade, solo, cobertura vegetal, curvatura da superfície e uso da terra, além da espacialização em documentos cartográficos temáticos em ambientes de Sistema de Informação Geográfica, em especial, o mapa de vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares. Em virtude das possibilidades de integração dos dados e da atribuição de pesos, o referido mapa foi elaborado a partir da lógica fuzzy, especificamente da técnica do Processo Analítico Hierárquico (AHP), que proporcionou o mapeamento com classificação em baixa, média, alta e muito alta vulnerabilidade.

Dessa forma, foi utilizada a ferramenta de apoio à tomada de decisões em geoprocessamento “Suporte à Decisão AHP”, com a lógica da comparação pareada, isto é, os fatores relevo, declividade, solo, cobertura vegetal, curvatura da superfície e uso da terra, que contribuem para a vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares, foram comparados dois a dois. Além disso, um critério de importância relativa, preferência ou probabilidade foi atribuído ao relacionamento entre esses fatores, em conformidade com a escala proposta por Câmara et al. (2001), realizando-se adaptações de acordo com as características ambientais da área de estudo (Figura 4 A).

Em seguida, foram atribuídos valores entre 0,0 e 1,0 para as classes de cada fator, ao ser considerado o seguinte critério: quanto maior a vulnerabilidade ambiental à erosão linear mais próximo de 1.0 (Figura 4 B).

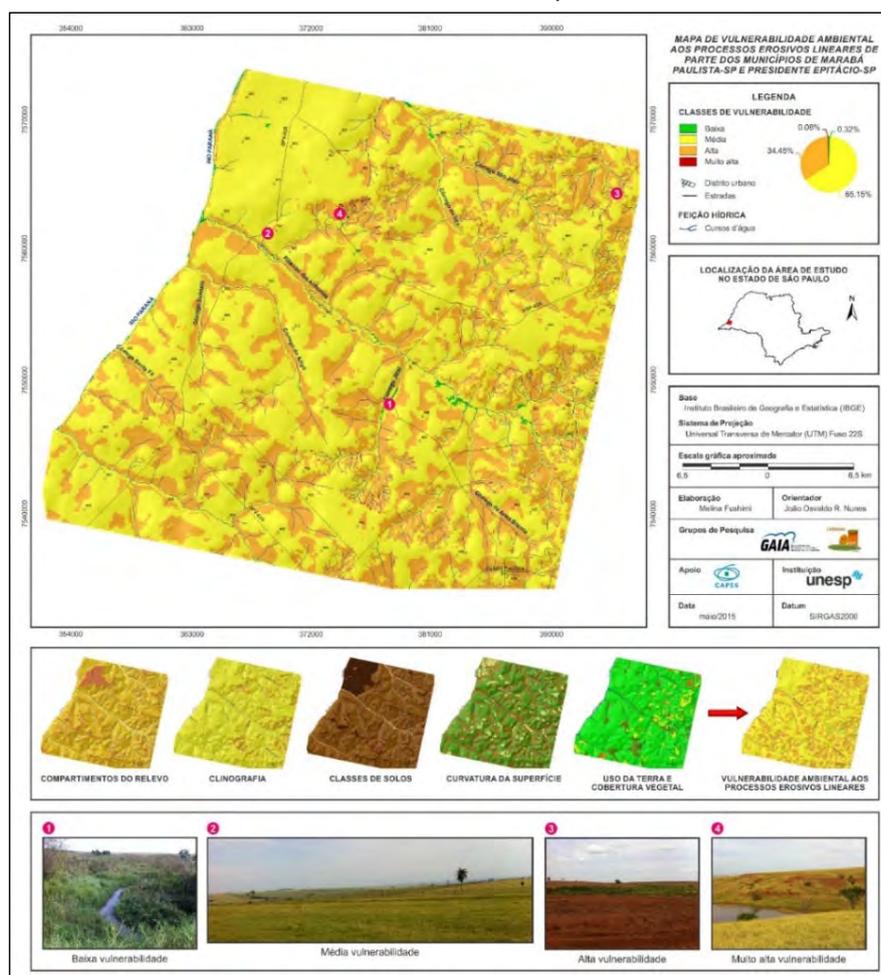
Figura 4. Comparação pareada (A) e valores atribuídos às classes dos fatores (B).



Fonte: Fushimi (2016).

Como resultado, espacializou-se o mapa, conforme apresentado na Figura 5. As classes de vulnerabilidade baixa, média, alta e muito alta foram atribuídas com base em Tricart (1977) e Ross (2006), com modificações segundo as dinâmicas ambientais dos municípios de Marabá Paulista e Presidente Epitácio (SP).

**Figura 5.** Mapa de vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares de parte dos municípios de Marabá Paulista e Presidente Epitácio (SP).



Fonte: Fushimi (2016).

Em geral, a **baixa vulnerabilidade** está elencada às matas ciliares remanescentes, consequentemente, apenas 0,32% do recorte de pesquisa. A cobertura vegetal, mesmo que secundária, intervém no sentido de promover a dispersão das águas pluviais e a proteção direta contra a ação do *splash*. Além disso, os meios morfodinâmicos são estáveis e neles encontram-se planícies aluviais e alvéolos em solos hidromórficos – associação Planossolos e Gleissolos –, com declividades suaves inferiores a 5%.

A **média vulnerabilidade** adquiriu maior representatividade, com 65,15% da área estudada, em terrenos com declives menores que 5% dos topos das colinas tabulares e aplainadas, das colinas amplas suavemente onduladas e das colinas onduladas. Os meios morfodinâmicos são integrados e o uso predominante da terra é a pastagem em solos desenvolvidos – associação Latossolos e Argissolos, os quais detêm aproximadamente 80% da fração areia.

A **alta vulnerabilidade** e o meio morfodinâmico intergrade está em 34,45% da área total, principalmente, nas vertentes convexas e retilíneas, em que as inclinações podem alcançar 15%. Os solos variam de rasos a desenvolvidos – associação Neossolos Litólicos e Argissolos vulneráveis ao fluxo subsuperficial pelo acúmulo da fração argila no horizonte B. Em vários setores, os solos desenvolvidos – associação a Latossolos – se estendem dos topos para o compartimento da vertente.

A pastagem prevalece, todavia, foi verificada a expansão do cultivo de cana de açúcar e do solo exposto para seu consecutivo plantio. Assim, ainda que a atividade canavieira não esteja diretamente relacionada ao surgimento de sulcos, ravinas e voçorocas, é relevante atentar-se quanto à erosão laminar, uma vez que não é perceptível a curto e médio prazo na paisagem. Sobre o solo exposto, mesmo descoberto temporariamente, está vulnerável à atuação do *splash*.

A classificação de **muito alta vulnerabilidade** se apresenta nas vertentes concavizadas, cuja curvatura favorece a convergência da água precipitada e, portanto, o fluxo linear. Tal evento se intensifica perante as declividades acentuadas – superiores a 20% para a região. Combinado a esses atributos, sobre solos rasos – associação Neossolos Litólicos, onde afloram os arenitos da Formação Caiuá ou Adamantina –, se tem vegetação de gramínea (braquiária) que se relaciona à pecuária extensiva, cujo pisoteio do gado bovino acelera a compactação dos horizontes superficiais do solo, com conseqüente redução da infiltração das águas pluviais. Nos caminhos que percorre para dessedentação, ocorre a remoção da cobertura vegetal e o incremento do escoamento superficial e do fluxo linear, sendo uma das formas de degradação mais recorrentes no Extremo Oeste Paulista.

Os meios morfodinâmicos são fortemente instáveis, constituídos por sulcos e ravinas e, embora totalizem somente 0,08%, requerem atenção quanto ao desenvolvimento de voçorocas, em conformidade com o quadro erosivo das áreas adjacentes.

#### **4. O caso da Área de Proteção Ambiental de Uso Sustentável no Timburi, no município de Presidente Prudente (SP)**

A Área de Proteção Ambiental de Uso Sustentável no Timburi é a primeira APA criada no município de Presidente Prudente (SP). Surgiu após um longo e conflituoso debate sobre a instalação de um projeto de aterro sanitário em uma área localizada próximo da comunidade de proprietários rurais do Timburi, denominada Fazenda Santa Apolônia.

Morfologicamente, na área de estudo, predominam as colinas de topos menores, com vertentes convexas, e várias cabeceiras de drenagem com amplos anfiteatros, onde ocorre o afloramento dos arenitos da Formação Adamantina (IPT, 1981) e, conseqüentemente, a surgência do aquífero freático suspenso. As vertentes estão muito degradadas por processos erosivos lineares e laminares, tendo os córregos Timburi e 1º de Maio como principais curso d'água, sendo este afluente do córrego da Onça.

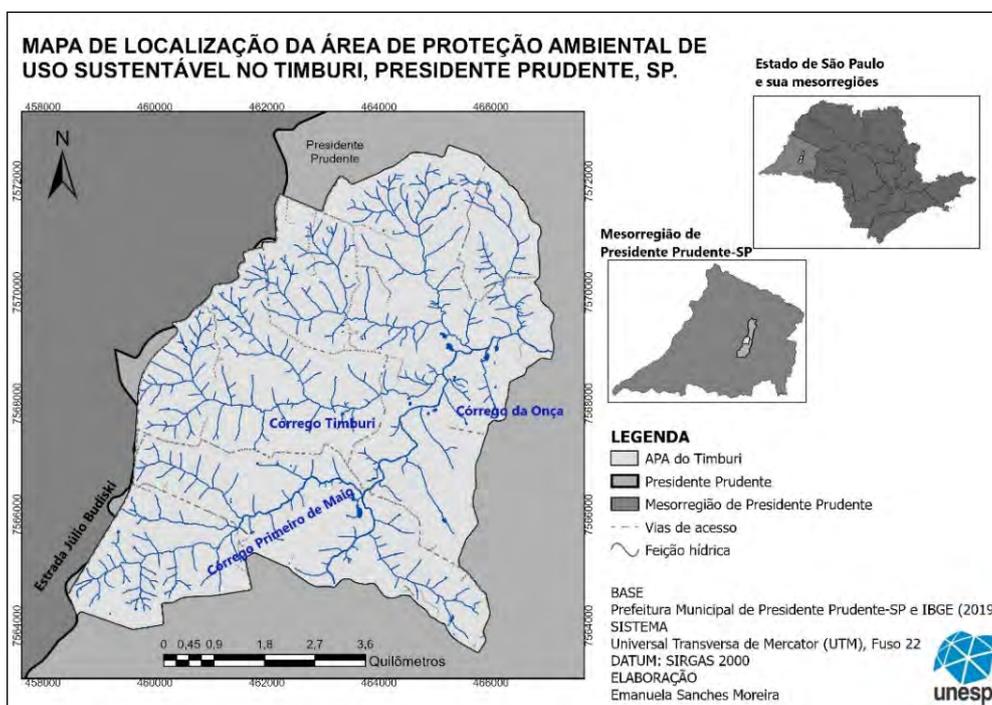
A expansão dos processos erosivos na área de estudo, em decorrência das formas inapropriadas de uso e ocupação das áreas das nascentes estudadas, tem gerado sérios problemas sociais e ambientais, pois muitos aspectos da sua qualidade são influenciados pelo uso que é feito do solo na área. Entre os problemas ambientais apresentados, pode ser destacado o intenso assoreamento dos cursos d'água.

De acordo com Zanzarini e Rosolen (2009), os estudos para recuperação de matas de encostas e ciliares em área com existência de nascentes vêm sendo elaborados de forma mais intensiva nas últimas décadas, em razão do conhecimento da importância dessa paisagem pela comunidade científica e pelo fato de que cada trabalho de recuperação ambiental é um relato ímpar, tendo em vista a complexidade dos ambientes tratados.

Atualmente, é implementado um projeto de recuperação de áreas degradadas com financiamento da Fapesp (Fundação de Apoio à Pesquisa do estado de São Paulo, Processo 2019/12164-4), que tem papel essencial na correção de processos erosivos relacionados às áreas de nascentes localizadas em cabeceiras de drenagem em forma de anfiteatro, com grande potencial hídrico e importante manancial de abastecimento público e agrícola.

A APA do Timburi possui as coordenadas geográficas aproximadas de 22°00'00"S e 51°22'00"O (Figura 6).

**Figura 6.** Localização da APA do Timburi no município de Presidente Prudente.



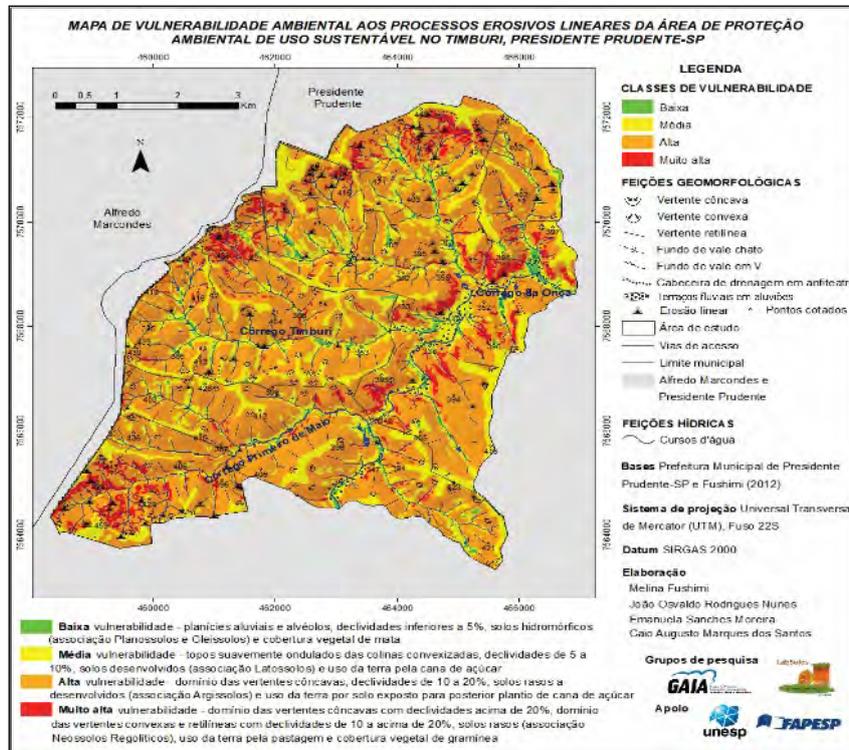
Fonte: Autores (2021).

Como afirmado anteriormente, a origem dos focos erosivos está relacionada à retirada da mata, deixando as vertentes sem proteção e, posteriormente, à ação das águas pluviais associada ao pisoteio do gado e aos cultivos agrícolas sem manejo e conservação dos solos de modo adequado.

As inúmeras alterações ambientais ocorridas na APA do Timburi são identificadas no Mapa de Vulnerabilidade Ambiental aos Processos Erosivos Lineares da Área de Proteção Ambiental de Uso Sustentável no Timburi, Presidente Prudente, SP (FUSHIMI, 2012), cujos níveis de vulnerabilidade predominantes são de **alta a muito alta** intensidade a processos erosivos (Figura 7). Nesse sentido, foram implantados em cinco propriedades rurais projetos de recuperação de áreas degradadas, utilizando-se técnicas de bioengenharia, em conjunto

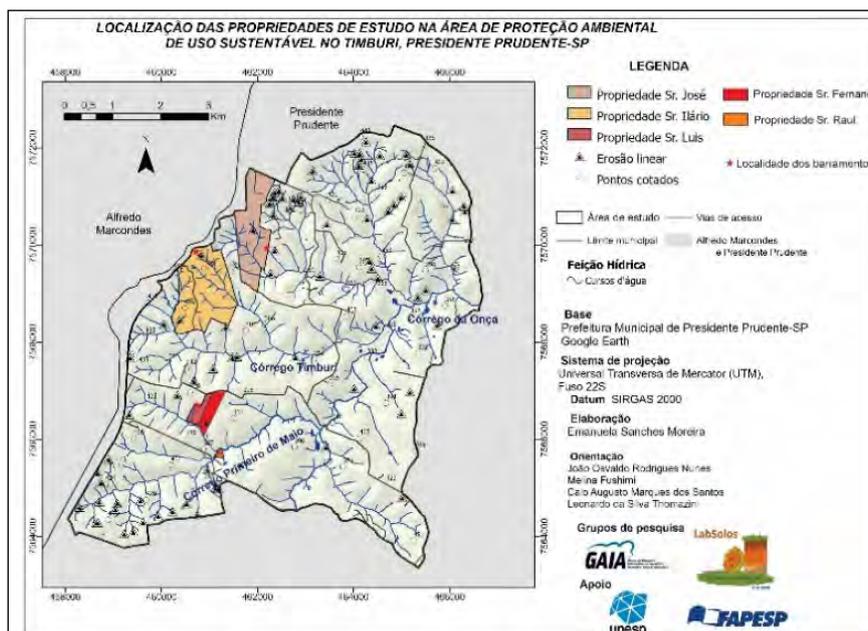
com a comunidade de proprietários rurais do Timburi, nos setores com níveis elevados de vulnerabilidade (Figura 8).

**Figura 7.** Mapa de Vulnerabilidade Ambiental aos Processos Erosivos Lineares da Área de Proteção Ambiental de Uso Sustentável no Timburi, Presidente Prudente (SP).



Fonte: Autores (2021).

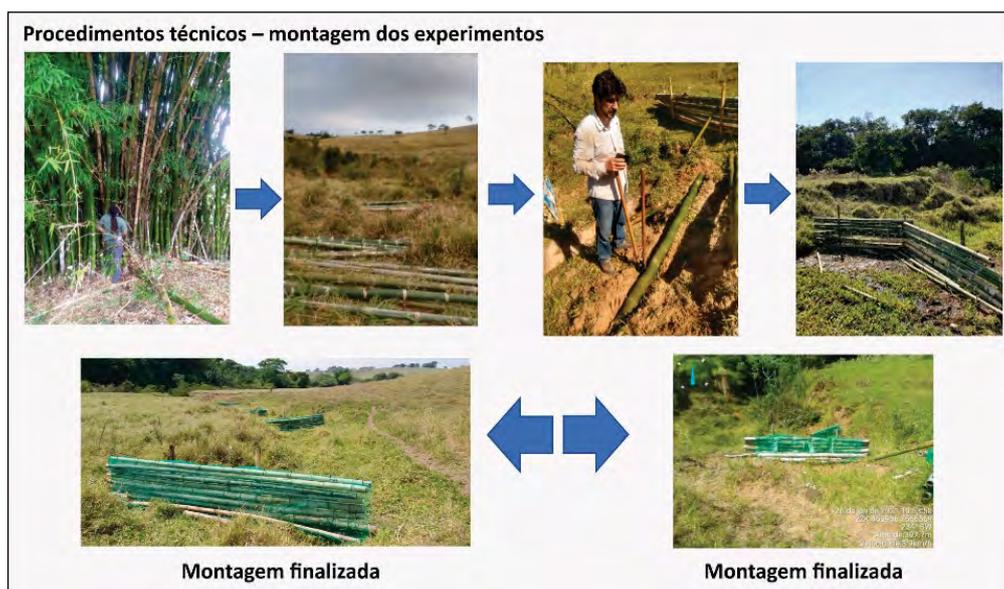
**Figura 8.** Mapa de Localização das Cinco Propriedades de Estudo na Área de Proteção Ambiental de Uso Sustentável no Timburi, Presidente Prudente (SP).



Fonte: Autores (2021).

Foram adotadas metodologias preconizadas pela EMBRAPA (2006), sendo montadas barreiras de paliçadas com bambus (*bambusa vulgaris*), envolvidos por manta de sombreamento de polietileno, nas partes externas e internas das erosões, considerando-se sua dimensão (profundidade e largura). O objetivo principal é diminuir a energia cinética do escoamento superficial, contendo os materiais transportados (sedimentos etc.), evitando a intensificação da formação das erosões lineares e possibilitando o aumento da infiltração de água (Figura 9).

**Figura 9.** Procedimentos técnicos de montagem das técnicas de paliçada de bambus e manta de sombreamento de polietileno nas áreas experimentais.



Fonte: Autores (2021).

## 5. O caso do município de São Pedro (SP)

No município de São Pedro (SP), são encontradas diversas formas erosivas lineares (ravinas e voçorocas), tanto em áreas rurais como na periferia do sítio urbano. Localizada na área central do estado de São Paulo, a região está inserida na Depressão Periférica Paulista, onde afloram litologias pertencentes à Bacia Sedimentar do Paraná. Destacam-se os arenitos da Formação Piramboia, datados do Mesozoico e as coberturas neogênicas da Formação Rio Claro, que ocorrem capeando as colinas na depressão, ambas as unidades caracterizadas por baixa coesão e, portanto, alta suscetibilidade à erosão (IPT, 1981).

Diversas pesquisas foram efetuadas na periferia urbana de São Pedro, muitas delas enfocando a bacia hidrográfica do córrego Tucum, posicionada no setor sudeste da área. Nas cabeceiras de drenagem dessa bacia hidrográfica, há voçorocas com dimensões expressivas e dinâmica acentuada, cujo desencadeamento possui vínculo com a crescente expansão urbana em terrenos de fragilidade (SANCHEZ, 1971; CARPI JUNIOR, 1996; MATHIAS, 2016).

A Figura 10 apresenta fotografias aéreas oblíquas de baixa altitude que mostram as fisionomias citadas em um afluente de primeira ordem da bacia, situado no contato com a área urbanizada.

**Figura 10.** Fotografias de voçoroca na periferia da área urbana de São Pedro (SP).



Fonte: Mathias e Nunes (2014).

Nas formas de relevo, se compõem colinas com topos tabuliformes e vertentes côncavo-retilíneas (CARPI JR., 1996). O comprimento das vertentes, associado a quebras de gradiente nos fundos de vale são potencializadores da energia do escoamento superficial que, ao atingir os leitos fluviais, tende a produzir incisões nos pontos da sua concentração.

Além das características geotécnicas que as litologias presentes na bacia hidrográfica do córrego Tucum apresentam, os solos predominantes na área (Argissolos e Neossolos Quartzarênicos) são suscetíveis aos processos de erosão. Tais solos guardam estreita relação com o material de origem, possuindo textura arenosa entre média e alta, baixa fertilidade e porosidade acentuada – condições essas que facilitam a lixiviação e que tornam difícil a fixação vegetal. Nesses termos, convém ressaltar que a vegetação original da região consistia em fitofisionomias transicionais, entre o Bioma Cerrado e a Mata Atlântica, as quais foram amplamente degradadas e substituídas por gramíneas para uso agropastoril.

Desde meados de 1990, a área vem sendo ocupada pela expansão urbana, avançando sobre terrenos de antigas pastagens degradadas, com várias manchas de solos expostos e proliferação de feições erosivas. Foram realizadas diversas intervenções por parte do setor municipal de obras de modo que a maior parte dos solos da área se constituem de materiais remobilizados, caracterizando verdadeiros terrenos tecnogênicos (PELOGGIA, 2019). Estruturas de microdrenagem urbana foram construídas às margens e no interior de algumas voçorocas e são sujeitas a colapsos durante os meses de maior precipitação, tornando necessárias intervenções constantes.

O conjunto de atributos físicos e antrópicos que caracteriza a bacia hidrográfica do córrego Tucum é determinante das condições para o avanço de formas erosivas. Nesse sentido, entre os anos de 2012 e 2015, foram realizadas pesquisas na área com o intuito de diagnosticar os processos e propor metodologias para o prognóstico do avanço da erosão, assim como para verificar a resposta processual a intervenções de baixo custo, visando o controle da erosão e a recuperação dos setores degradados (MATHIAS, 2016; MATHIAS, NUNES, 2014).

Como parte dos procedimentos efetuados no mencionado estudo, foi escolhida uma ravina não conectada à rede de drenagem, posicionada em vertente da bacia hidrográfica

do córrego Tucum para a realização de um experimento de controle de erosão. Foi utilizada a técnica dos barramentos, também denominados paliçadas de bambu, conforme preconizado pela EMBRAPA (2006), considerando-se ainda as orientações de Tavares et al. (2008). Os barramentos são instalados transversalmente no sulco erosivo e visam reter os sedimentos, reduzindo o efeito da erosão remontante.

Para o planejamento das intervenções, foi utilizado um Modelo Digital do Terreno (MDT), gerado a partir da mensuração topográfica da área com Estação Total. O mapeamento da forma erosiva permitiu o dimensionamento adequado dos barramentos, assim como a determinação do número de estruturas a serem instaladas ao longo do canal erosivo (cinco no total), em relação à declividade do leito e o comprimento da ravina.

Na perspectiva da engenharia natural ou bioengenharia de solos, a opção por materiais vegetativos apresenta diversas vantagens em relação às técnicas convencionais. Os custos são menores e esses materiais se integram à paisagem de forma menos “agressiva”, evitando a retomada da erosão pela resistência diferencial, que é comum no caso das estruturas inertes de alvenaria. Outro aspecto a ser levado em consideração é a possibilidade de brotamento que algumas espécies vegetais apresentam, o que garante duplo papel aos barramentos: retenção de sedimentos e revegetação da área.

A partir das premissas referidas, optou-se pela implantação de barramentos utilizando colmos da espécie *bambusa vulgaris*. Na concepção das estruturas, foram incorporados conceitos relativos a técnicas encontradas na literatura, tais como as paliçadas vivas (POLSTER, 2002) e as caniçadas vivas (ARAÚJO, ALMEIDA, GUERRA, 2008). Para estimular o brotamento, os segmentos entrenós dos colmos foram furados e foi introduzida água, fechando-se os furos em seguida com rolhas de cortiça, segundo orientações de Graça (1988). Convém salientar que somente o colmo inferior do barramento passou por esse processo, sendo introduzido em uma vala escavada no leito da ravina e, posteriormente, recoberto. Os demais colmos foram colocados acima deste como estruturas inertes, sem técnicas de brotamento (Figura 11).

Ao término da instalação dos barramentos, foi realizado o recobrimento da porção anterior destes com manta geossintética (ráfia) e o reforço com sacarias do mesmo material. A função da manta permeável é reter os sedimentos deixando que a água passe; entretanto, dada a granulometria reduzida da manta, sua concepção nesse experimento teve o caráter de avaliação. Além dos barramentos de bambu, foi construído um retentor composto de sacos de ráfia preenchidos com solo, cuja função foi reduzir a velocidade do fluxo do escoamento (Figura 11).

**Figura 11.** Aspectos da concepção e instalação dos barramentos de bambu em área experimental na bacia do córrego Tucum (São Pedro, SP).



Fonte: Mathias e Nunes (2014).

Transcorridos dois meses da realização das intervenções, eventos de precipitação sucedidos no período resultaram em efeitos que permitiram a avaliação do experimento, tanto do ponto de vista da dinâmica processual como dos materiais utilizados. Foi constatada a retenção de significativo volume de sedimentos, entretanto, houve alguns danos que podem ser atribuídos ao uso da malha de ráfia. Embora este material tenha propiciado a máxima retenção de sedimentos, sua permeabilidade baixa contribuiu para a ocorrência de solapamentos nas bordas dos barramentos. A Figura 12 apresenta fotos comparativas de dois momentos distintos, em novembro de 2013, quando se deu o término da instalação dos dispositivos, e em janeiro de 2014.

**Figura 12.** Fotos comparativas da área experimental ao término das intervenções e após dois meses



Fonte: Mathias e Nunes (2014).

A partir dos resultados obtidos experimentalmente, é possível afirmar que os barramentos com colmos de bambu se constituem em estruturas eficazes na retenção dos sedimentos em incisões erosivas. A técnica de enraizamento de colmos selecionados se mostrou vantajosa, na medida em que permitiu que tais estruturas não ficassem inteiramente inertes, ou seja, garantiu que se tornassem biologicamente ativas, o que se enquadra nas premissas da engenharia natural.

O experimento possibilitou igualmente a avaliação de outros elementos que participaram das mencionadas estruturas, como a manta de ráfia. A partir dos resultados obtidos, concluiu-se que esses materiais inertes apresentaram aspectos indesejados. Nesse sentido, caberia a escolha de material de maior permeabilidade, como as mantas de fibra de coco ou de juta, também mencionadas na bibliografia consultada neste trabalho.

Em relação aos aspectos processuais, foi identificado quanto a dinâmica erosiva se encontra atuante na área estudada. Tal dinâmica respondeu pelo acúmulo de grande quantidade de sedimentos, bem como por danos aos dispositivos instalados na ravina. Uma solução possível no que se refere aos danos seria a manutenção das estruturas, além da adoção de técnicas suplementares, ambas as ações consoantes com o que é amplamente aceito na literatura.

## Considerações finais

Com base nos cinco estudos de caso apresentados, foi possível identificar que todas as paisagens sofreram intensos processos históricos de alterações das suas dinâmicas naturais, podendo ser entendidas a partir das perspectivas dos conceitos de fragilidade ou de vulnerabilidade ambiental.

Nesse sentido, as transformações que a sociedade ocasiona, de forma desigual e combinada, no uso das terras das paisagens se manifesta de diferentes modos no ambiente, como pode ser observado no caso das erosões, especialmente em solos com fragilidades e vulnerabilidades naturais a processos degradacionais.

Os procedimentos metodológicos adotados nos cinco estudos de caso, envolvendo atividades de campo, com implementação de sistemas de bioengenharia e controle de erosão e uso de geotecnologias, que geraram diversos mapeamentos temáticos, mostram a importância da interligação das escalas do *in situ* (campo) com o *ex situ* (imagem).

Compreender as dinâmicas da natureza e da sociedade de forma integrada, conectando as diferentes escalas de análise e interpretação dos processos socioambientais, possibilita a conclusão de que as erosões e seus impactos devem ser estudados a partir de uma visão ampla, multidisciplinar e multiescalar, envolvendo a sociedade, a natureza e as questões culturais.

## Agradecimentos

Agradecemos à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp) pela aprovação do Projeto Regular Fapesp (Processo 2019/12164-4) e da bolsa de doutorado (Processo 2012/03745-4). Agradecemos também à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pela aprovação do Projeto CAPES/PRINT/UNESP e da bolsa de doutorado.

## Referências

- Araújo, G. H. S.; Almeida, J. R.; Guerra, A. J. T. **Gestão ambiental de áreas degradadas**. 3 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2008. 320 p.
- Bitar, O. Y.; Braga, T. O. O meio físico na recuperação de áreas degradadas. In: Bitar, O. Y. (org.). **Curso de geologia aplicada ao meio ambiente**. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, Divisão de Geologia, 1995. p. 165-79.
- BRASIL, República Federativa do. **Decreto Federal 97.632/89**, de 10 de abril de 1989. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/decreto/1980-1989/D97632.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto/1980-1989/D97632.htm)>. Acesso em: 10 jun. 2021.
- Bertrand, G. Paisagem e geografia física global. Esboço metodológico. Tradução de Olga Cruz. **Revista RA'EGA**, Curitiba, Editora da UFPR, n. 8, p. 141-152, 2004 (Trabalho publicado originalmente na "Revue Géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest", Toulouse, v. 39, n. 3, p. 249-272, 1968, sob o título Paysage et géographie physique globale. Esquisse méthodologique. No Brasil, também publicado no Caderno de Ciências da Terra, Instituto de Geografia da Universidade de São Paulo, n. 13, 1972).

- Câmara, G.; Davis, C.; Monteiro, A. M. V. **Introdução à ciência da geoinformação**. São José dos Campos: INPE, 2001.
- Carpi Junior, S. **Técnicas cartográficas aplicadas à dinâmica da bacia do Ribeirão Araquá – SP**. Rio Claro, 1996. 188 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista.
- Costa, T. C. C. et al. **Vulnerabilidade ambiental em subbacias hidrográficas do estado do Rio de Janeiro por meio de integração temática da perda do solo (USLE), variáveis morfométricas e o uso/cobertura da terra**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13, 2007, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: INPE/Selper Brasil, 2007. p. 24932500.
- Crepani, E. et al. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, SP, 103, p. 2001.
- DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA – DAEE. **Controle de erosão**: bases conceituais e técnicas; diretrizes para o planejamento urbano e regional; orientações para o controle de boçorocas urbanas. São Paulo, DAEE/IPT, 1989. 92 p.
- DICCIONARIO DE LA NATURZA: **Hombre, ecologia y paisaje**. Editora: Espassa-calpe. Madrid, 1987, 1016 p.
- EMBRAPA (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA). Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Brasília, DF: Embrapa, 2006.
- Fendrich, R. et al. **Drenagem e controle da erosão urbana**. 4 ed. Curitiba: Champagnat, 1997. 486 p.
- Florenzano, T. G. (org.). **Geomorfologia**: conceitos e tecnologias atuais. São Paulo: Oficina de textos, 2008.
- Fushimi, M. **Vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares nas áreas rurais do município de Presidente Prudente – SP**. Presidente Prudente, 2012. 141 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista.
- Fushimi, M. **Vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares de parte dos municípios de Marabá Paulista – SP e Presidente Epitácio – SP**. Presidente Prudente, 2016. 199 p. Tese (Doutorado em Geografia) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista.
- Fushimi, M.; Nunes, J. O. R. **Vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares das paisagens de parte dos municípios de Marabá Paulista (SP) e Presidente Epitácio (SP), Brasil**. Revista da ANPEGE, v. 14, n. 23, p. 5-27, 2018.
- Guerra, A. T.; Guerra, A. J. T. **Novo dicionário geológico-geomorfológico**. 7 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009. 652 p.
- Guerra, A. J. T.; Jorge, M. C. O. **Processos erosivos e recuperação de áreas degradadas**. São Paulo: Oficina de textos, 2017.
- Guirra, A. P. M. **Novas contribuições ao modelo de fragilidade ambiental a processos erosivos**: estudo de caso aplicado ao perímetro urbano de Rondonópolis, Mato Grosso. Rondonópolis, 2017. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade

- Federal de Mato Grosso, Campus Universitário de Rondonópolis.
- Graça, V. L. **Bambu**: técnicas para o cultivo e suas aplicações. 2 ed. São Paulo: Ícone, 1988. 124 p.
- Gray, D. H.; Sotir, R. B. **Biotechnical Soil Bioengineering Slope Stabilization**: A Practical Guide for Erosion Control. John Wiley & Sons, New York, NY, 1996. 400 p.
- IPT – INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. 1981. **Mapa geológico do estado de São Paulo**; escala 1:500.000. v. 1 (texto) e v. 2 (mapa). Governo do Estado de São Paulo. Secretaria da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia.
- Martins, F. P.; Costa, R. A. A. **Compartimentação do relevo como subsídio aos estudos ambientais no município de Ituiutaba – MG**. Revista Sociedade & Natureza, Uberlândia, n. 2, v. 26, p. 1-15, abr. 2014. Disponível em: <[http://www.seer.ufu.br/index.php/sociedadennatureza/article/view/21735/pdf\\_88](http://www.seer.ufu.br/index.php/sociedadennatureza/article/view/21735/pdf_88)> Acesso em: 2 nov. 2016.
- Mathias, D. T. **Contribuição metodológica para o diagnóstico da dinâmica erosiva linear e seu prognóstico evolutivo visando subsidiar projetos de recuperação**. Presidente Prudente, 2016. 178 p. Tese (Doutorado em Geografia) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista.
- Mathias, D. T.; Nunes, J. O. R. **Avaliação do uso de paliçadas vivas na contenção de processos erosivos lineares no município de São Pedro (SP)**. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE ENGENHARIA NATURAL, 1., 2014, Foz do Iguaçu (PR). **Anais...** Foz do Iguaçu: Sobrade, 2014, 1 CD-ROM.
- Maximiano, L. A. **Considerações sobre o conceito de paisagem**. Revista RA'EGA, Curitiba, Editora da UFPR, n. 8., p. 83-91, 2004.
- Morgan, R. P. C.; Rickson, R. J. (org.) **Slope stabilization and erosion control**: a bioengineering approach. Cranfield University, UK, 1995. 274 p.
- Nunes, J. O. R. N. **Uma contribuição metodológica ao estudo da dinâmica da paisagem aplicada à escolha de áreas para a construção de aterro sanitário em Presidente Prudente – SP**. Presidente Prudente, 2002. 230 p. Tese (Doutorado em Geografia) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho.
- Oliveira, M. A. T. Processos erosivos e preservação de áreas de risco de erosão por voçorocas. In: Guerra, A. J. T.; Silva, A. S.; Botelho, R. G. M. (org.). **Erosão e conservação dos solos**: conceitos, temas e aplicações. 9 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2014. p. 57-99.
- Pedro Miyazaki, L. C.; Silva, T. R. **A carta de vulnerabilidade ambiental aos processos erosivos lineares no município de Ituiutaba – MG como instrumento para o planejamento ambiental**. Brasil. In: XII Simpósio Nacional de Geomorfologia (SINAGEO), 2018, Crato, Ceará.
- Pedro Miyazaki, L. C.; Fushimi, M. Concepções do conceito de vulnerabilidade aplicado aos estudos socioambientais. In: Dias, M. B. G.; Nunes, J. O. R. (org.). **Trilhando pelos solos**: construções de um percurso. 1 ed. Porto Alegre: Compasso Lugar-Cultura, 2017. v. 1. p. 195-210.
- Pedro Miyazaki, L. C. **Apropriação e ocupação em diferentes formas de relevo**: análise dos impactos e da vulnerabilidade nas cidades de Presidente Prudente e Marília – SP. Presidente Prudente, 2014. Tese (Doutorado em Geografia), Universidade Estadual

- Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia.
- Pedro, L. C. P.; Nunes, J. O. R. **As ações antrópicas e as formações tecnogênicas: o caso do Jardim Humberto Salvador em Presidente Prudente – SP**. Revista Geografar, Curitiba, v. 4, n.2, p. 119-142, jul-dez. 2009.
- Peloggia, A. U. G. **Conceitos fundamentais da análise de terrenos antropogênicos: o estudo da agência geológico-geomorfológica humana e de seus registros**. Revista do Instituto Geológico, v. 40, n. 1, p. 1-17, 2019.
- Polster, D. F. **Soil Bio-engineering Techniques for Riparian Restoration**. In: 26th Annual British Columbia Mine Reclamation Symposium, Proceedings, Dawson Creek, BC, 2002. p. 230-239.
- Ross, J. L. S. **Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados**. Revista do Departamento de Geografia FFLCH – USP, São Paulo, n. 8, 1994.
- Ross, J. L. S. **Ecogeografia do Brasil**: subsídios para planejamento ambiental. São Paulo: Oficina de textos, 2006. 208 p.
- Salton, J. C.; Comunello, E.; Fietz, C. R. **Estimativa de índices de erosividade da chuva para o estado de Mato Grosso**. EMBRAPA Agropecuária Oeste. Dourados, MS, 1 ed. (versão eletrônica). 2013. p. 46.
- Sanchez, M. C. **Contribuição ao conhecimento das bases naturais dos municípios de São Pedro e Charqueada (SP)**. Notícia geomorfológica, Campinas, v. 11, n. 21, p. 47-60, 1971.
- Santos, M. **A natureza do espaço**: técnica e tempo, razão e emoção. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2006.
- Santos, J. O.; Ross, J. L. S. **Fragilidade ambiental urbana**. Revista da ANPEGE, v. 8, n. 10, p. 127-144, ago-dez. 2012.
- Suertegaray, D. M. A. **Geografia física e geomorfologia**: uma (re)leitura. Ijuí: Ed. Unijuí, 2002.
- Suertegaray, D. M. A. **Geografia física e geomorfologia**: uma releitura. 2 ed. Porto Alegre: ComPasso Lugar Cultura, 2018. v. 1. 126 p.
- Tagliani, C. R. A. **Técnica para avaliação da vulnerabilidade ambiental de ambientes costeiros utilizando um Sistema Geográfico de Informações**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 11, 2003, Belo Horizonte. Anais... Belo Horizonte: INPE/Selper Brasil, 2003. p. 165764.
- Tavares S. R. L. et al. **Curso de recuperação de áreas degradadas**: a visão da ciência do solo no contexto do diagnóstico, manejo, indicadores de monitoramento e estratégias de recuperação. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2008. 228 p.
- Tricart, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: IBGE, Diretoria Técnica, SUPREN, 1977. 91 p.
- Thorn, C. E.; Welford, M. R. **The equilibrium concept in geomorphology**. Annals of the Association of American Geographers. Association of American Geographers, v. 84, issue 4, p. 666-96, 1994.
- Zanzarini, R.m.; Rosolen, V. **Mata ciliar e nascente no Cerrado brasileiro**: análise e recuperação ambiental. In: ENCUENTRO DE GEÓGRAFOS DE AMÉRICA LATINA (EGAL). 12. 2009. Montevideú, Uruguai. Disponível em: <<http://observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal12/Procesosambientales/Impactoambiental/72.pdf>> Acesso em: 10 de abril de 2015.

# INTERPRETAÇÃO, MAPEAMENTO E GESTÃO TERRITORIAL DA PAISAGEM VEGETAL DO PARQUE NACIONAL SERRA DA CAPIVARA, PIAUÍ-BRASIL

Jorge Luis P. Oliveira-Costa<sup>1</sup>

**Resumo:** O presente trabalho tem como objetivo primordial analisar o contexto geocológico da área do Parque Nacional Serra da Capivara (PiauÍ-Brasil), sob uma perspectiva de síntese (unidades de paisagem), sustentada quantitativamente pela análise estatística dos dados obtidos. Para alcançar este objetivo, o trabalho foi dividido em duas partes principais: na primeira elaborou-se uma proposta para compartimentação da área em unidades ambientais, a partir da análise integrada das condicionantes físicas da paisagem (geomorfologia, geologia, solos, vegetação). Na segunda parte, como complemento à análise de síntese, as unidades de paisagem foram analisadas a partir de técnicas estatísticas. Como objetivo específico, este trabalho visa analisar o atual contexto fitoecológico da área estudada, considerando aspectos relativos à fisionomia, estrutura, composição e distribuição da vegetação, em doze (12) parcelas localizadas em condições geológico-geomorfológicas distintas na região de influência da Serra da Capivara. São apresentadas a média, o desvio padrão, os valores máximos e mínimos de sete atributos (Altura; Diâmetro; Fuste; Tronco; Folha; Copa e Sombra), apoiadas na análise estatística de fatores obtidos (FAC1), e aplicação da análise estatística de agrupamentos (clusters). Para definição das parcelas de análise e dos indicadores de base (atributos e variáveis) do presente trabalho, as opções sujeitaram-se primeiramente à informação disponível nos mapas, cartas e outros documentos da área de estudo. Posteriormente, a definição dos indicadores esteve sujeita ao levantamento florístico realizado em campo. Atendidas as limitações, procurou-se uma junção de componentes variadas, sem atribuir privilégio a nenhuma delas, procurando um modelo geoestatístico que pudesse refletir a dinâmica e a relação dos componentes vegetacionais com os outros elementos do meio físico da área de estudo (geologia, solos e geomorfologia). Desse modo, o modelo adotado para interpretação e mapeamento da paisagem vegetal está assentado em pressupostos teóricos, e condicionado pela informação disponível que precedeu a análise estatística dos resultados obtidos em campo (através do levantamento florístico

---

<sup>1</sup>Visiting Fellow. Trinity College Dublin, University of Dublin, Irlanda (Trinity Center for Environmental Humanities, TCEH). Doutorando em Geografia Física. Universidade de Coimbra, Portugal (Faculdade de Letras, FLUC). Investigador do CEGOT (Centro de Estudos de Geografia e Ordenamento do Território). Membro Grupo RISCOS - Riscos, Prevenção e Segurança (Portugal), IBS (International Biogeography Society) e IUFRO (International Union of Forest Research Organizations). E-mail: oliveiracostajorge@gmail.com. Tel: (+351) 91 2722104.

realizado). A seleção dos indicadores usados foi auxiliada pela geoestatística, buscando uma adequação ao modelo teórico e a metodologia utilizada. Na fase inicial do trabalho projetou-se uma base com inúmeros indicadores, fixando-se posteriormente a análise num conjunto de 12 parcelas, 7 atributos e 23 variáveis. Através de levantamentos geo-ecológicos é possível planejar e concretizar políticas mais adequadas de gestão às diferentes realidades econômicas e sociais. A gestão territorial das paisagens vegetais é um contributo inestimável para a conservação da natureza.

**Palavras-chave:** Conservação da biodiversidade; Biogeografia; Geotecnologias para a gestão da paisagem; Geoestatística; Bioma Caatinga; Brasil.

**Abstract:** The objective of the present work is to analyze the geocological context of the Serra da Capivara National Park (Piauí-Brazil), under a synthesis perspective (environmental units), quantifiably supported by the statistical analysis provided through data obtained. To achieve its objectives, this work was divided into two (2) parts: in the first part, was elaborated a proposal for area compartmentalization into environmental units, based on the integrated analysis of the environment conditions (geomorphology, geology, soils, and vegetation). In the second part, as a complement to the previous analysis, the environmental units was investigated using statistical techniques. The second target of this work is about the current phytoecological context of the study area, considering aspects related to the physiognomy, structure, composition and vegetation distribution, according 12 plots located in different geological-geomorphological conditions around the region of influence of the Serra da Capivara National Park, Piauí-Brazil. The statistical features as 'mean', 'standard deviation', 'maximum values' and 'minimum values', about seven plant attributes (Height, Diameter, Shaft, Trunk, Leaf, Cup and Shade), will be presented through this work, supported by the statistical analysis of 'factors obtained' (FAC1), and application of 'cluster statistical analyses. In order to define the parcels of analysis and the basics indicators (attributes and variables), the options were firstly based in the information available (maps, charts, and other documents about the study area). Subsequently, the definition of indicators was based in a floristic survey, entire developed in the field. Once the limitations were identified, a combination of several components was sought, without attributing privileges to any attribute, looking for a model that could reflect the dynamics and relations of the floristic components with the other elements of the physical environment of the study area (geology, soils and geomorphology). Thus, the adopted model here is based on theoretical assumptions, being conditioned by the available informations, geostatistical analysis, and field works. At the initial phase, was designed numerous indicators, fixing the design analysis in a set of 12 parcels, 7 attributes and 23 variables. Through geocological investigations it is possible to plan and implement policies that are appropriated to different economic and social conditions.

**Keywords:** Nature conservation; Biogeography; Geo-technologies; Geo-estatistics; Plant landscape management; Caatinga Biome; Brazil.

## **1 Introdução**

A Fitogeografia ou Geobotânica é o ramo da Biogeografia que objetiva o estudo dos agrupamentos vegetais e, conseqüentemente, da complexidade biológica gerada a partir das relações dos elementos florísticos com o meio ambiente (Costa et. al., 2012). Através de estudos fitogeográficos é possível compreender a relação das condicionantes do meio físico (geologia, geomorfologia, solos, clima) na organização, distribuição e dinâmica das plantas, fazendo entender porque diferentes áreas apresentam fisionomias e composições florísticas variadas (Oliveira-Costa, 2018). Consta na literatura que os primeiros estudos fitogeográficos surgiram no início do século XIX, com a publicação da obra *'Essai sur la Géographie des plantes'* de 1805 (Ensaio sobre a Geografia das Plantas), de autoria dos alemães Alexander Von Humboldt e Aimé Bonpland.

Em linhas gerais, o estudo da vegetação compreende três aspectos principais: fisionomia, estrutura e composição (Rizzini, 1979). Entende-se por 'fisionomia' a aparência que a vegetação exibe resultado das formas de vida dominantes. A 'estrutura' se trata da estratificação a partir da ordenação das formas de vida existentes, característica típica das formações florestais onde prevalece a vida aérea (numa investigação sobre a estrutura e a fisionomia, fazem-se necessárias observações sobre a densidade, a caducifoliedade foliar, a presença de formas vegetais típicas e a estratificação). Quanto à composição, esta apresenta os gêneros e as espécies vegetais dominantes, indicando a florística envolvida numa vegetação.

A partir da investigação no âmbito da fisionomia, estrutura e composição florística de um compartimento vegetacional torna-se possível a elaboração de um sistema de classificação, com o objetivo de tornar as variadas paisagens vegetais encontradas passíveis de reconhecimento e organização (Oliveira-Costa, 2018). Os Sistemas de Classificação Biogeográfica (SCB) baseiam-se na fisionomia, na florística e nas informações sobre o local de ocorrência das plantas, e são importantes dada a dificuldade em delimitar tipos vegetacionais em conjunto (vegetação de transição). Há várias normas de orientação para elaboração de SCB (Oliveira-Costa, 2018).

No âmbito das aplicações da geoestatística em estudos da vegetação, o trabalho estatístico é fundamentalmente comparativo. Com a análise dos dados de inventários vegetais é possível definir padrões de variação temporal e espacial da vegetação, e de suas relações, podendo ser determinados, por exemplo: (1) tipos de comunidades na paisagem, o que envolve classificação e mapeamento da vegetação; (2) padrões de distribuição e associação em espaço abstrato, cujas dimensões são definidas pelas variáveis que descrevem a vegetação, através de técnicas de ordenação e classificação; e (3) relações espaço-temporais entre vegetação e ambiente, entre vegetação e tempo (sucessão), e entre vegetação e fenômenos histórico-geográficos em grande escala.

O presente trabalho tem como objetivo analisar o contexto geoecológico da área do Parque Nacional Serra da Capivara (Piauí-Brasil), sob uma perspectiva de síntese (unidades de paisagem), sustentada quantitativamente pela análise estatística dos dados. Para alcançar seus objetivos, o trabalho foi dividido em duas partes principais: na primeira parte elaborou-se uma proposta de compartimentação da área em unidades ambientais, a partir da análise integrada das condicionantes físicas da paisagem (geomorfologia, geologia, vegetação). Na segunda parte, como complemento à análise de síntese, as unidades ambientais foram analisadas a partir de técnicas estatísticas.

Entende-se por 'unidade ambiental' ou 'unidade de paisagem' um espaço que se caracteriza pela homogeneidade dos seus componentes, suas estruturas, fluxos e relações, e que, integrados, formam o sistema do ambiente físico e onde há exploração biológica (Troppmair, 2006). Nesta sequência, a análise integrada das paisagens visa o estudo integrado dos componentes bióticos e abióticos do ambiente, para a obtenção de dados que permitam o entendimento da complexidade holística gerada no meio (Troppmair, 2006). Através desta análise, é possível compreender a relação dos elementos físicos (substrato geológico, geomorfologia, solos, dinâmica climática e vegetação), na organização, nos processos e nas interações do homem no espaço geográfico. Estudos desta natureza se processam desde a antiguidade, sendo que a partir do século XIX, dado o aumento na preocupação com a devastação desenfreada da natureza, a análise integrada tornou-se um campo de interesse pelos investigadores, principalmente geógrafos e outros profissionais ligados ao planejamento ambiental. O entendimento das condições ambientais a partir da análise integrada das paisagens permite a elaboração de propostas de gestão para o ordenamento do território.

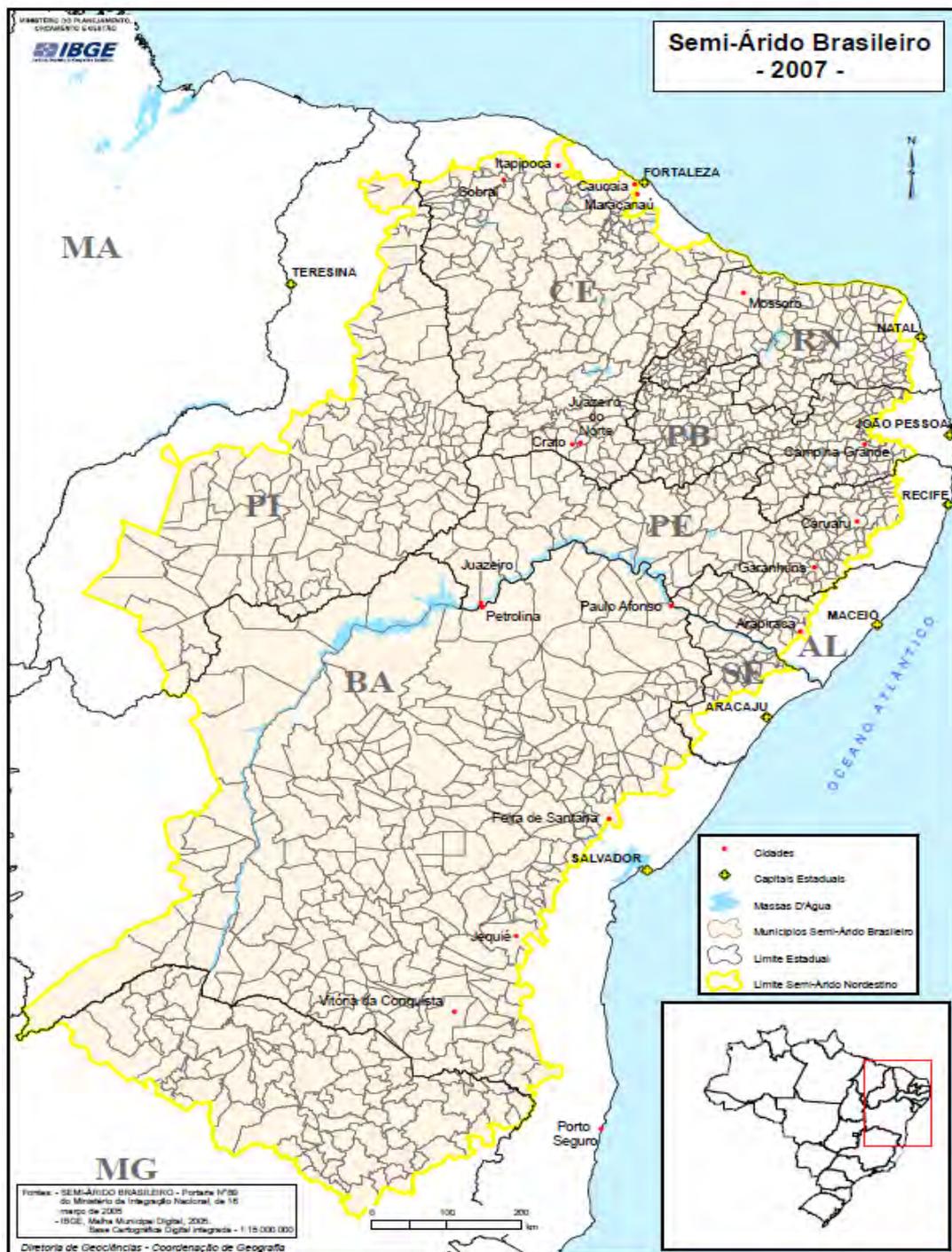
O Parque Nacional Serra da Capivara está situado no sudeste do Estado do Piauí compreendendo uma área de 129.140 ha. É internacionalmente conhecido por conter a maior concentração de pinturas e sítios arqueológicos do continente americano. O presente trabalho tem como objetivo analisar a dinâmica e distribuição geográfica dos componentes vegetacionais do Parque Nacional Serra da Capivara, condicionada pelas suas relações com os elementos físico-naturais da área (geologia e geomorfologia). Tem como objetivos específicos: i) delimitar, identificar e mapear unidades fitoecológicas para a área pesquisada; ii) em cada unidade, descrever as relações dos agrupamentos vegetais com os elementos do meio físico. A intenção do presente trabalho é oferecer uma contribuição para a compreensão das condições ambientais da área de influência da Serra da Capivara. Espera-se contribuir com informações que permitam chegar a uma análise objetiva e coerente dessa unidade de conservação, que constitui num abrigo de flora específica. O trabalho está dividido em quatro partes. Na primeira, fez-se uma discussão sobre a vegetação Caatinga no Nordeste Brasileiro, destacando os principais trabalhos que tratam desse tema. Na segunda parte, fez-se uma caracterização da área de estudo analisando os condicionantes naturais e as formas de uso e ocupação da terra. Na terceira parte, é apresentada base cartográfica, e os esboços geológico/geomorfológico e da vegetação. Na quarta parte, define-se e caracteriza-se as unidades fitoecológicas apresentadas na escala de 1: 100.000, com análise estatística.

## **2 Quadro teórico e metodológico**

### **2.1 Pressupostos teóricos sobre a caatinga brasileira**

A Caatinga do nordeste do Brasil abrange uma área de 750.000 Km<sup>2</sup>, correspondendo a 54% da região e 11% do país, constituindo o 'Polígono das Secas'. Trata-se de um mosaico de arbustos espinhosos e sazonalmente secos que cobrem a maior parte dos estados do Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia e parte nordeste de Minas Gerais (IBGE, 2010) (Figura 1).

Figura 1. Área de distribuição da Caatinga no Brasil.



Fonte: IBGE (2007).

Os aspectos geológicos e geomorfológicos, conforme Ab'Saber (1977), estão referidos as depressões interplanálticas entre as altitudes de 300 e 500 metros, expostas a partir de sedimentos do Cretáceo ou do Terciário que cobriam o escudo brasileiro basal Pré-Cambriano (Figura 2). Com precipitações irregulares de ano para ano, resultando em secas periódicas, a média anual de temperatura varia em torno de 26°C, diminuindo nas altitudes acima dos 500 metros das serras e chapadas.

**Figura 2.** Aspecto da depressão periférica da planície pré-cambriana do Rio São Francisco, setor Faixa Riacho do Pontal, que se estende desde os contrafortes da Cuesta formada no limite sudeste da Bacia Sedimentar do Rio Parnaíba, estendendo-se até a calha central do Rio Piauí.



Fonte: Autor.

De acordo com Ab'Saber (1970), a Caatinga está inserida no domínio morfoclimático das depressões interplanálticas e intermontanas do semiárido brasileiro (Figura 3), local de elaboração de extensos pedimentos com ocorrência de inselbergs dotados de drenagem intermitente, com caatinga extensiva em solos rasos e vegetação aberta favorecendo a ação da lavagem superficial pelo escoamento em lençol.

Segundo estimativa do IBGE (1993), aproximadamente 27,5% da vegetação está transformada em pastagem, terras agricultáveis e outros tipos de uso do solo, sendo o terceiro ecossistema mais degradado do Brasil, atrás da Mata Atlântica e do Cerrado.

**Figura 3.** Mapa dos Domínios Morfoclimáticos de Ab' Sáber – 1970: Amazônico (verde escuro); Cerrado (laranja); Mares de Morros (amarelo claro); Caatinga (vermelho); Araucárias (verde claro); Pradarias (amarelo escuro); Faixas de Transição (branco).



Fonte: <http://geografiacefet01.blogspot.com.br/>

O naturalista alemão Karl Phillip von Martius foi o autor da primeira definição científica da vegetação Caatinga em 1840, destacando seus principais traços como uma vegetação arborescente e lenhosa (*sylva*), com perda total de folhas (*aphylla*) durante a estação seca (*aestu*): "*Sylva aestu aphylla*" (FERNANDES, 1997).

Para Aubréville (1961), caatinga é um termo fitogeográfico genérico que designa o conjunto de todos os tipos de vegetação que recobrem a região semiárida do nordeste brasileiro, caracterizado pela caducidade das folhas durante a estação seca e presença frequente ou abundante de arbustos espinhentos e de cactáceas.

Para Schnell (1961), trata-se de uma vegetação com espinhos e sem folhas na estação da seca, com presença de plantas suculentas (cactáceas) e de bromeliáceas coriáceas e espinhentas, com tapete herbáceo anual e ausência de epífitas.

Romariz (1964), procurando estabelecer uma correlação entre clima e vegetação, devido à distribuição irregular de chuvas, caracteriza a caatinga como uma vegetação complexa, heterogênea, não só quanto à fisionomia, mas quanto à composição.

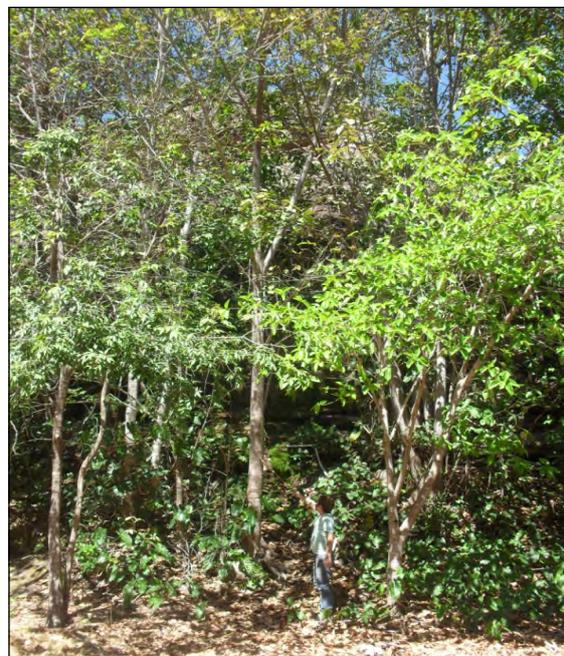
Vasconcelos Sobrinho (1971) salienta que a caatinga foi desgastada tanto natural como artificialmente resultando na desertificação de significativas áreas desta porção do território brasileiro, proporcionando mudanças climáticas acentuadas.

Rizzini (1979) acrescenta que devido a sua capacidade de adaptação, no período de chuva a caatinga consegue apresentar uma paisagem enfolhada e florida, que, de acordo com Koechlin e Melo (1980), é resultado de uma floresta seca, com diferentes formas, primitiva, que por degradação originou o xerofilismo.

Andrade Lima (1981) caracteriza a caatinga como uma vegetação arbórea e arbustiva com predominância da caducidade das folhas sobre as outras formas de resistência às deficiências hídricas; significativamente rica em cactáceas e bromeliáceas, com um razoável número de espécies espinhentas e vários endemismos. Este autor define a caatinga como o conjunto de formações xerófilas, decíduas e espinhosas apresentando formações estépicas, tendo como característica principal a caducifolia.

Alcoforado Filho (1993) caracteriza a Caatinga pela diversidade de formas dominadas por diferentes fisionomias, representadas pelos chapadões onde ocorre a variedade arbórea, e pelas áreas mais baixas e bordas do planalto onde predomina a variedade arbustiva, constatando-se intercalações entre estratos arbóreos e arbustivos, gramíneas e xerófitas relacionadas com as diferentes formas, caracterizando enclaves e identidade ecológica. Ferri (1974) conclui afirmando que essas características estão relacionadas às condições climáticas e aos aspectos do relevo (Figuras 4 e 5).

**Figuras 4 e 5.** Duas fisionomias distintas características do ambiente de Caatinga – a primeira é típica das cotas altimétricas mais elevadas, geralmente nas bordas dos planaltos, com predomínio de vegetação herbácea com cactáceas formando um ambiente conhecido como Parque (Parkland). Na segunda, sobre as cotas mais baixas, uma formação arbórea nos vales.



Fonte: Autor.

Conforme a projeção vertical de suas espécies, a Caatinga é dividida em: **caatinga arbórea** (com árvores esparsas ou copas adensadas); e **caatinga arbustiva** (presença de espécies espinhosas de forma densa ou esparsas). A Caatinga pode receber várias classificações com denominações locais, sendo que as principais são baseadas na fisionomia que é determinada pela estratificação vegetal, assim constituída: **(i) estrato arbóreo: acima de 3m; (ii) estrato arbóreo–arbustivo: até 3m; (iii) estrato arbustivo: até 1m e (iv) estrato herbáceo: até 30cm.**

## **2.2 Pressupostos teóricos sobre a caatinga piauiense**

A caatinga piauiense se estende na porção sudeste do estado caracterizada por áreas de baixas precipitações e formações vegetais distintas quando ao porte. Possui um recobrimento vegetal heterogêneo e uma significativa variedade de espécies biológicas. Devido às condições naturais e os processos de uso e ocupação destas áreas, merecem atenção quanto a sua proteção.

Na identificação da caatinga piauiense, Alcoforado Filho (1993) reportou-se à biodiversidade de formas dominadas por fisionomias diferenciadas, representadas pelos chapadões onde ocorre o porte arbóreo, e ainda nos setores mais rebaixados e no bordameento do planalto com predominância do porte arbustivo, podendo-se constatar intervalos entre esses estratos de gramíneas e xerófitas relacionadas a morfologias diferenciadas, caracterizando enclaves e identidade ecológica peculiar.

Na ausência de uma classificação única para a caatinga piauiense, seria necessário considerar a proposta de Laure Emperaire (1980), que classificou a caatinga da região de São Raimundo Nonato e do Parque Nacional da Serra da Capivara/PI, sob um sistema baseado no recobrimento dos estratos ou estratificação vegetal, utilizando os termos: caatinga arbórea, caatinga arbustivo-arbórea e caatinga arbustiva. Desse modo, Emperaire identificou quatorze tipos da vegetação caatinga, utilizando para a análise da vegetação a definição de sete estratos, conforme altura e flora.

Segundo Kuhlmann (1977) a caatinga constitui numa importante paisagem por apresentar elementos de transição ou enclaves e organizada pelas condições hídricas.

Para classificar a caatinga do Piauí, Alcoforado Filho (1993) considera as diferentes sistematizações existentes, que apresentam variações relativas à fisionomia florística e aspectos ecológicos. O autor enfatiza que na ausência de uma classificação única seria necessário considerar um sistema embasado no recobrimento dos estratos, utilizando as terminologias caatinga arbórea, arbustivo-arbórea e arbustiva.

Ao referirem-se ao domínio da caatinga piauiense, Fernandes e Bezerra (1990) denominaram-na de Carrasco, como uma formação distinta devido à interpenetração de espécies típicas do Cerrado. Os autores salientam que as características locais estão associadas às condições morfoclimáticas, sempre em terrenos sedimentares, chapadas, serras e superfícies aplainadas. Desse modo, caracterizaram-na a partir das depressões aplainadas da Bacia do Parnaíba; das elevações periféricas presentes a Leste e Sul do estado; das elevações interioranas e na região Centro-sul do território piauiense.

Sobre a caatinga piauiense, Duque (1980) parte do pressuposto da extensão territorial que esta vegetação ocupa no estado, analisando a densidade demográfica e as atividades produtivas, considerando que esta vegetação representa um percentual significativo deste território, em áreas cultivadas com algodão e pecuária bovina.

Ab' Saber (1970) tratando do domínio morfoclimático da caatinga afirma ser a maior expressão dos dados climáticos, de acordo com combinações de fatores geomorfológicos e pedológicos, permitindo a definição de áreas homogêneas do ponto de vista das formas do relevo e dos processos que operam na superfície, não seguindo uma disposição em latitude e com contorno irregular, pela complexidade dos fenômenos naturais e antrópicos associados, não dependendo apenas de processos presentes, mas do resultado de atuação de sistemas diferentes, relativos às flutuações no Quaternário.

Ao tratar da caatinga piauiense, Rizzini (1979) correlaciona ao tipo vegetacional denominado Carrasco, com características de arbustos e densidade elevada, rígida e dificuldade de penetração, com ocorrência na divisa entre os estados do Piauí e Ceará, especialmente na Chapada da Ibiapaba.

As variações fisionômicas apresentadas pela caatinga são bastante acentuadas, não somente de um lugar para outro como também num mesmo local, segundo as condições climáticas, oferecendo a vegetação profundos contrastes entre as épocas secas e as chuvosas (ROMARIZ, 1996).

A caatinga está incluída nas formações vegetais caducifólias da região semiárida, ocupando toda parte leste e sudeste do território piauiense. Sua fisionomia varia da caatinga arbustiva à caatinga arbórea, e sua distribuição ocorre desde a confluência dos rios Canindé e Piauí, cobrindo o conjunto das chapadas do sudeste e seus contrafortes, formando um mosaico de fisionomias variadas (EMPERAIRE, 1980).

A caatinga arbustiva predomina nas áreas mais elevadas, sendo de porte baixo, com representantes das famílias cactáceas e bromeliáceas. Nas áreas mais baixas ocorre a caatinga arbórea, de porte elevado, presente predominantemente nos vales fluviais.

Devem-se considerar ainda as diferentes classificações existentes que variam conforme os aspectos considerados, desde a fisionomia florística até os aspectos ecológicos, ou aquelas baseadas no recobrimento dos estratos arbóreo, arbóreo-arbustivo e arbustivo. Essas classificações são de fundamental importância para o entendimento da organização espacial da vegetação, possibilitando o relacionamento dos indicadores naturais que predominam na sua caracterização.

### **2.3 Aspectos metodológicos da pesquisa**

Apesquisa realizada na área do Parque Nacional Serra da Capivara foi desenvolvida com base nos encaminhamentos fundamentais das pesquisas científicas "in loco", onde foram abordados procedimentos metodológicos como a observação, inspeção de campo, acompanhamento de pessoas com conhecimento da área e complementação de dados através de consultas a bibliografia referente ao tema e a área estudada. Na elaboração do trabalho ficaram previstas as seguintes etapas: *i*) coleta de dados com revisão bibliográfica e documental, *ii*) interpretação de dados bibliográficos, documentais e cartográficos e *iii*) trabalhos de campo.

Nas duas etapas iniciais, foram catalogados os mapas, cartas e toda a bibliografia referente à área de estudo. Com base nas Folhas Sistemáticas Plani-altimétrica da DSG/SUDENE na escala de 1:100.000 (folha Serra do Congo/SC-23-X-B-II, folha Barragem/SC-23-X-VI, folha Canto do Buriti/SC-23-X-B, folha São João do Piauí/SC-23-X-B-II), foi confeccionada uma base cartográfica para a área de estudo, na escala de 1:100.000, com o objetivo de subsidiar o trabalho de campo e a identificação dos componentes geoecológicos.

O trabalho de campo foi realizado com visita a área, onde foi feito o reconhecimento geral da mesma e o levantamento de campo (Figuras 6, 7 e 8). Através da execução das técnicas de campo foi possível elaborar um levantamento preliminar da florística e fitogeografia, com posterior compartimentação da área de estudo em unidades geossistêmicas.

Como suporte à identificação e análise dos componentes geocológicos foram utilizados mapas e técnicas de sensoriamento remoto. Os mapas correspondem ao mapa geológico em escala de 1:250.000 da CPRM (2006) e ao mapa geomorfológico em escala de 1:500.000 de autoria de Pellerin (1984). Foram utilizadas técnicas de sensoriamento remoto na interpretação visual da imagem de satélite LANDSAT 5 – TM composição colorida, datada do ano de 2007, na escala de 1:100.000.

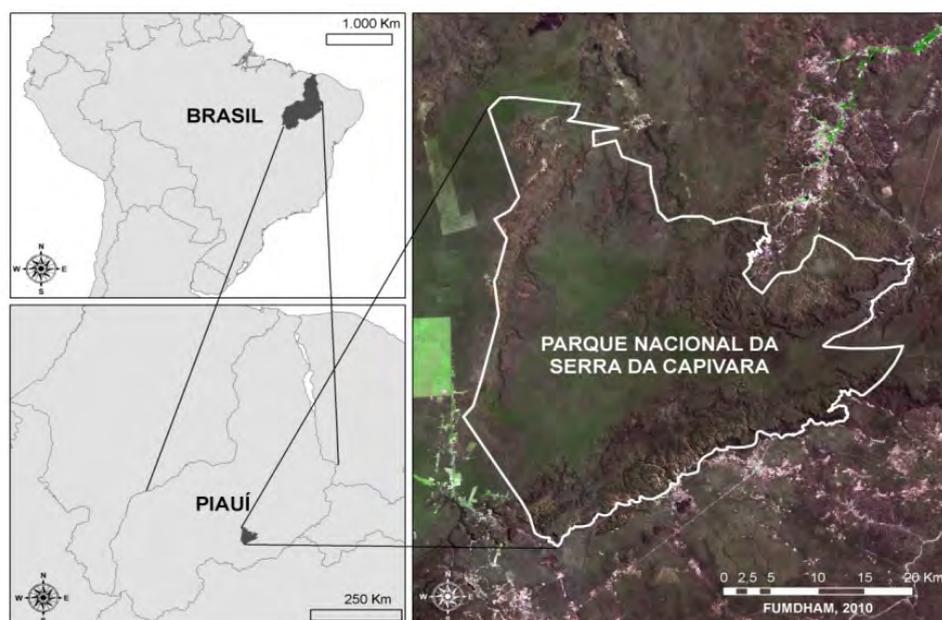
Como última etapa, foram realizadas entrevistas com moradores locais, escolhendo principalmente pessoas com conhecimentos da área, onde se procurou acompanhá-los em suas andanças pelas matas, a fim de levantar informações sobre as espécies vegetais mais freqüentes encontradas, bem como sua denominação popular e as características dessas espécies bastante conhecidas pelo morador local.

### **3 Caracterização geral da área de estudo**

#### **3.1 Localização geográfica e condições ambientais**

Situado em uma região de clima semi-árido, na fronteira entre a Bacia Sedimentar Piauí-Maranhão e a Depressão Periférica do Rio São Francisco, o Parque Nacional Serra da Capivara é formado por unidades de paisagem que se caracterizam pela diversificação de biótipos com particularidades naturais e culturais. Está localizado na macrorregião do sudeste piauiense, microrregião do município de São Raimundo Nonato, aproximadamente entre as coordenadas 08° 26' 50" e 08° 54' 23" de latitude S e 42° 19' 47" e 42° 45' 51" de longitude W (Figura 6).

**Figura 6.** Localização do Parque Nacional Serra da Capivara (Brasil – Piauí).



Fonte: Organizada pelo autor.

O parque abrange áreas dos municípios piauienses de São Raimundo Nonato, Coronel José Dias, João Costa e Brejo do Piauí, onde ocorrem porções topograficamente mais elevadas que recebem os nomes locais de Serra Talhada, Serra Branca, Serra do Congo, Serra Nova, Serra Vermelha que fazem parte de um complexo que leva o nome de Serra do Bom Jesus do Gurguéia (IBAMA, 1991). O PARNA foi criado em 1979 a pedido de uma equipe de cooperação científica que realizava trabalhos arqueológicos na área. Sua criação está ligada à preservação de um ecossistema específico e de um dos mais importantes patrimônios culturais pré-históricos do mundo, sendo reconhecido pela UNESCO como patrimônio cultural da humanidade.

De acordo com dados do IBAMA (1991), o Parque Nacional Serra da Capivara possui superfície de 605.000 ha, área de 129.140 ha, perímetro de 214 km, altitudes de 320 a 600 m, apresenta clima semi-árido, correspondente ao tipo Bshw com seca invernal de Köppen, e temperatura média anual de 28°C, com regime de chuvas entre 250 e 500 mm/ano apresentando irregularidade interanual.

A Macrorregião do Sudeste Piauiense enquadra-se dentro de um clima quente tropical com estação seca pronunciada de 05 a 07 meses. A estação chuvosa, significativamente curta, caracteriza-se pela sua irregularidade. A pluviometria média total é da ordem de 600 mm, com a mínima em torno de 300 mm e a máxima de 1000 mm anuais. A temperatura média fica em torno dos 27°C, com mínimas de 18°C e máximas de 35°C (INMET, 2008).

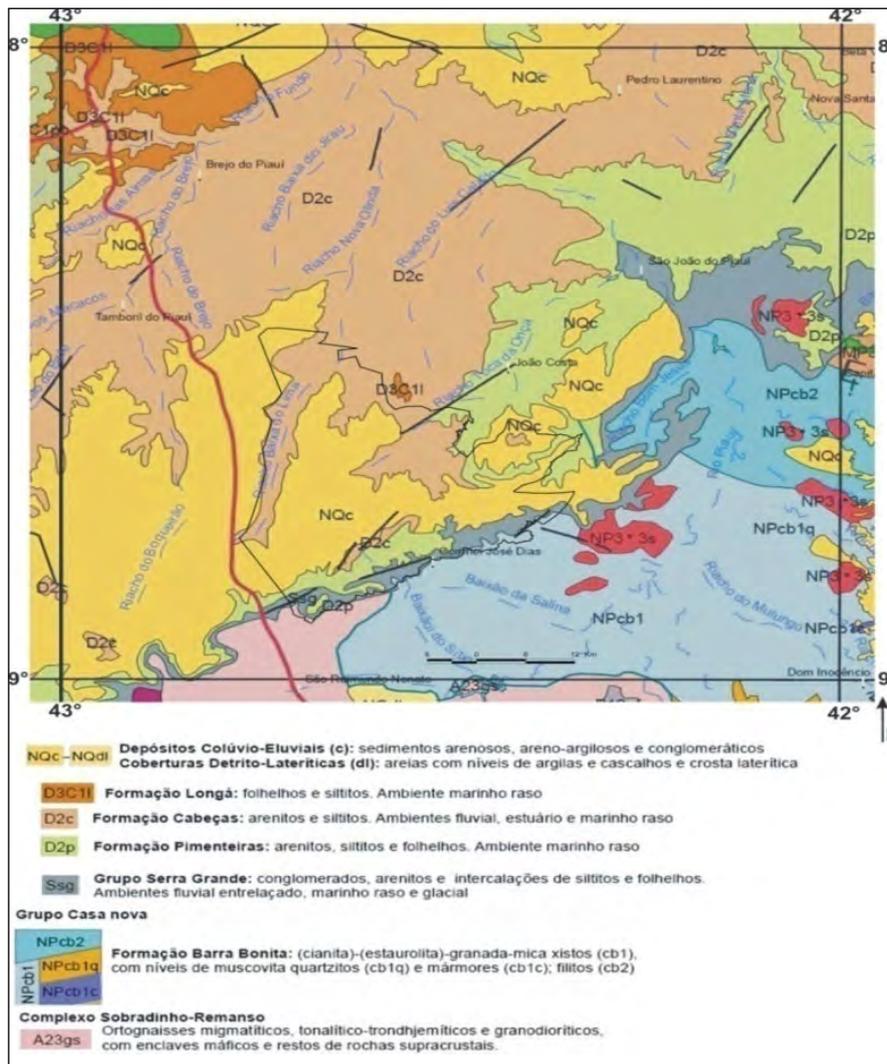
O Parque é drenado pela **Bacia Hidrográfica do Rio Parnaíba**, sub-bacia dos rios Piauí e Canindé, que abrange os estados do Maranhão, Piauí e Ceará. O funcionamento da rede de drenagem do Parque está condicionado a litologia da área e ao clima semi-árido, apresentando cursos de água caracterizados por regime irregular intermitente. Na área de estudo nenhum rio importante é permanente. Existem olhos d'água de regime perene, caldeirões, lagoas temporárias e algumas cavernas que conservam água nas galerias interiores (FUMDHAM, 1998).

Geologicamente a área é ponto de encontro entre dois domínios brasileiros: a **Bacia Sedimentar Paleozóica do Piauí-Maranhão**, ou do Rio Parnaíba, e a **Depressão Periférica Cristalina da Planície Pré-Cambriana do Rio São Francisco**. Estes domínios geológicos sustentam dois domínios geomorfológicos distintos: os Planaltos e Chapadas da Bacia do Parnaíba e a Depressão Periférica Sertaneja e do São Francisco.

Os aspectos do quadro natural da área (geológicos, geomorfológicos e pedológicos) são descritos a partir de dados extraídos do Projeto RADAM (1972), CPRM (2006) e do trabalho de PELLERIN (1984). Segundo essas referências, a área em epígrafe tem representação de rochas da Formação Serra Grande, constituídas de arenitos brancos grosseiros conglomerados (Figura 7).

Geomorfológicamente a área é caracterizada pela presença de feições que consistem em uma superfície de aplainamento modelada durante o Terciário ou Pleistoceno, sob clima árido. As formas estruturais consistem em superfícies tabulares submetidos a processos de sedimentação. As chapadas são geralmente areníticas, cuestiformes ou não, limitadas por rebordos festonados, localmente dissimulados por sedimentos, apresentando front de cuesta nas escarpas a sudoeste da Serra da Capivara.

Figura 7. Mapa geológico da área do Parque Nacional Serra da Capivara e adjacências



Fonte: CPRM (2006).

Pedologicamente a área é caracterizada pela presença de **latossolos vermelho-amarelo** oriundos de coberturas areno-argilosas, não hidromórficos, de perfil profundo, bem desenvolvido, com elevado grau de intemperização, além da presença de litólicos que compreendem solos rasos, pouco desenvolvidos, apresentando horizonte A ausente sobre rocha, de caráter distrófico, pedregosos e com declives fortes, susceptíveis à erosão e areias quartzosas que são solos profundos e excessivamente drenados com níveis de fertilidade muito baixos, sendo predominantemente distróficos desprovidos de minerais facilmente decomponíveis.

A área de estudo está situada no contato de duas grandes unidades morfo-estruturais: o **escudo metamórfico sedimentar pré-cambriano** e o **planalto sedimentar paleozóico do Piauí-Maranhão**. Localizado ao sul da área de estudo, o escudo está modelado em terrenos cristalinos, possui características semi-áridas, altitude média de 400/300m e superfície de pedimento regular com fraca declividade (PELLERIN, 1984). Localizado ao norte da área de estudo, o Planalto da Bacia Sedimentar Piauí-Maranhão se constitui numa superfície monótona, com estrutura predominantemente arenítica e altitude média de 500/600m. Suas bordas formam escarpas cuestiformes que representam o relevo mais importante da

região. Forma cuestras e morros testemunhos na área dissecada e possui formações que vão desde o silúrio-devoniano (Paleozóico) até o triássico (Mesozóico) (PELLERIN, 1984).

São reconhecidas três unidades geomorfológicas na área do Parque Nacional Serra da Capivara: **planaltos areníticos, cuestras e pedimento**. Os planaltos areníticos situam-se a oeste do parque e constituem chapadas do reverso da cuesta, de relevo regular e monótono cuja altitude chega a 630m. As cuestras foram modeladas em rochas predominantemente areníticas e conglomeráticas do Grupo Serra Grande. A cuesta pode ser dupla com tabuleiro intermediário, seu desnível entre o pedimento oscila entre 200 a 250m. O pedimento é uma vasta área de erosão, situada no sopé da cuesta, que se inclina suavemente a partir dos bordos da cuesta rumo à calha central do rio Piauí.

Os aspectos bióticos (fauna e flora) são descritos a partir de dados extraídos do IBAMA (1991), FUMDHAM (1998) e dos trabalhos de EMPERAIRE (1980, 1984), ARRUDA (1993) e LEMOS (1999). Segundo essas referências, a fauna do Parque Nacional Serra da Capivara abriga populações da maioria dos endemismos da caatinga. Os refúgios são representados pelos enclaves de mata semi-decídua dos boqueirões, que assumem importância para a fauna durante a estação seca. Além dos endemismos, existem no parque diversas espécies da fauna ameaçadas de extinção. São registradas 33 espécies de mamíferos não voadores, 24 espécies de morcegos, 208 espécies de aves, 19 espécies de lagartos, 17 espécies de serpentes e 17 espécies de répteis e sapos. A área está inserida no domínio das caatingas com uma formação constituída das principais características desse tipo de vegetação: apresenta um tapete herbáceo anual, condicionado pelos elementos do meio físico (geologia, geomorfologia, pedologia), estratificação arbórea, arbustiva e herbácea, apresentando espécies caducifólias e subcaducifólias, com presença de indivíduos de caráter suculento e xerófilo.

O domínio da caatinga piauiense como formação vegetal, de acordo com Fernandes e Bezerra (1990), estende-se a partir da Bacia do Rio Parnaíba, ao longo das elevações periféricas (leste e sul do estado), das elevações interioranas (centro-sul) e nas depressões aplainadas da referida bacia. Devido à presença de espécies típicas do cerrado, salientam que estão associadas às condições morfoclimáticas em terrenos sedimentares, chapadas, serras e superfícies aplainadas. De acordo com a classificação fitogeográfica do Brasil proposta pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE-1991), ocorre no estado do Piauí seis tipos de vegetação: Savana-estépica (Caatinga), Savana (Cerrado), Floresta Estacional Decidual (Floresta Tropical Caducifólia), Floresta Ombrófila Aberta (Faciações da Floresta Ombrófila Densa), Formações Pioneiras (Restingas, Manguezais e Alagados) e Áreas de Tensão Ecológica (Vegetação de Transição).

Com relação à dinâmica desses tipos de vegetação no Piauí, na porção leste do estado, se distribui a Savana-estépica (Caatinga) na fronteira com os estados do Ceará, Bahia e Pernambuco. Na porção oeste do estado, se distribui a Savana (Cerrado) na fronteira com os estados do Maranhão e Tocantins. Na porção sul do estado, se distribui a Floresta Estacional Decidual na fronteira com o estado da Bahia. Por toda a extensão oeste do estado, se distribuem disjunções da formação Floresta Ombrófila Aberta, caracterizando a região 'Meio Norte do Brasil'. Na porção norte do estado, se distribui as formações pioneiras e entre todos esses tipos de vegetação ocorrem áreas de tensão ecológica, que caracterizam as transições entre as formações vegetais.

Na Macrorregião do Sudeste Piauiense predominam as formações vegetais de caatinga de porte arbóreo e arbustivo, além de campos de cerrados. As chapadas dessa região são revestidas de caatinga, predominando o porte arbustivo com folhas pequenas que caem durante a estiagem. Nos baixões (áreas próximas aos rios) predominam o porte arbóreo com aproveitamento na agricultura.

Na área do parque, a Formação Caatinga se distribui conforme as características geológicas, geomorfológicas e edáficas apresentando estratificações diferenciadas. A justaposição entre dois domínios geológicos faz com que a área em questão seja dividida em dois conjuntos fitogeográficos: a formação caducifolia espinhosa da bacia sedimentar e dos terrenos pré-cambrianos.

### **3.2 Uso e ocupação do solo**

Segundo registros históricos, os primeiros habitantes da área do Parque Nacional Serra da Capivara foram os índios da tribo Tapuias, que se distribuíram pelo vale do rio Piauí. No final do século XVII chegaram os jesuítas e os primeiros colonizadores que praticavam atividade econômica baseada na cultura da maniçoba, povoando a área com a criação de fazendas e sítios. Com a crise da lavoura da maniçoba houve o êxodo rural, sendo que, atualmente, existem poucos moradores nas áreas anteriormente ocupadas pelos primeiros núcleos de povoamento da região. Mas esse tipo de ocupação causou grande interferência no meio ambiente, pois a cultura da maniçoba sempre ia exigindo novas terras, e matas foram sendo derrubadas.

A flora foi parcialmente degradada, em função da retirada da cobertura vegetal arbórea. Atualmente, a área do parque encontra-se preservada, mas há o predomínio das pastagens e das culturas anuais nas áreas adjacentes ao parque.

De modo resumido, podemos dizer que as atividades antrópicas mais prejudiciais para a flora local são: *i)* A derrubada constante das matas ainda existentes e que vão diminuindo cada vez mais o espaço para sobrevivência e a procriação dos animais que ainda vivem nessa área. *ii)* As queimadas que são praticadas todos os anos na época da seca, para a limpeza do terreno e renovação das pastagens. Todos os anos essas queimadas acabam entrando nas áreas de mata preservada, provocando incêndios, causando a destruição desses ambientes e matando animais e aves que não conseguem fugir a tempo. *iii)* Atualmente, as monoculturas de cajueiro vêm penetrando pelo sul da área e transformando as paisagens, as capoeiras e os pequenos capões de matas em grandes lavouras de caju. A consequência dessa prática é que a poluição, através de defensivos agrícolas, causa a morte de animais das áreas adjacentes, que atravessam o parque. Por outro lado, essas monoculturas são também queimadas na época das secas, o que provoca a degradação do meio ambiente e a morte de pequenos animais, répteis e aves, acelerando o desequilíbrio dessas populações algumas em via de extinção.

A parceria FUMDHAM, Fundação Museu do Homem Americano, e ICMBio, Instituto Chico Mendes de Proteção à Biodiversidade, ajuda na preservação e conservação da fauna e flora do interior do parque, contra a ação exploratória do homem. As comunidades que habitam o entorno do parque, são compostas de pessoas com poucas condições financeiras e dotadas de pouco conhecimento. Esses indivíduos por não entenderem a importância de preservar os recursos do parque nacional, possuem pouca preocupação em realizar

atividades ilegais na área. A pecuária, a agricultura de subsistência e intensiva e a exploração de madeira são as principais responsáveis pelos antropismos na região (ARRUDA, 1993).

Trabalhos científicos realizados na área do parque contemplando sua situação em meados da década de 90 e na virada do século, como a pesquisa de Arruda (1993), destacavam o significativo reflorestamento ocorrido em virtude do desmatamento de extensas áreas de matas nativas nos municípios vizinhos ao parque. Salientava Arruda (1993) que a extração de madeira para o consumo da lenha em olarias, caieiras, casas de farinha, e padarias nos municípios entorno do parque, é prática comum e livre de qualquer controle ou fiscalização. Segundo o autor, para diminuir os danos, foram implantados diversos projetos de reflorestamento com caju nas áreas devastadas pela extração de madeira. As plantações de caju, além de servirem como reflorestamento de uma área desmatada, é o modo de sobrevivência de comunidades do parque, que vivem em função da venda do caju e de outros frutos que são plantados na propriedade.

A extração de madeira e a agricultura de subsistência e intensiva são dois antropismos comuns na área do parque, que devastam a mata nativa e ameaçam a sobrevivência da fauna local. A caça ilegal é outra atividade freqüente na área do Parque Nacional Serra da Capivara. Mesmo com a fiscalização de órgãos como o IBAMA e FUMDHAM, alguns indivíduos insistem na prática da caça ilegal, aprisionando espécies endêmicas e ameaçadas de extinção da fauna local. O Tatu-verdadeiro (*Dasyus novemcinctus*), o Tatu-peba (*Eupharactus sexcinctus*) e o Mixila (*Tamandua tetradactyla*), são algumas das espécies da fauna local que mais sofrem com a ação dos caçadores na região. A caça ilegal provoca alteração no meio ambiente em decorrência da ação do homem, com isso, é outro antropismo que acontece no Parque Nacional Serra da Capivara.

### **3.3 Delimitação da área para estudo de detalhe**

O Parque Nacional Serra da Capivara está localizado no sudeste do estado do Piauí, ocupando áreas dos municípios de São Raimundo Nonato, João Costa, Coronel José Dias e Brejo do Piauí, entre as coordenadas 08°26'50" e 08°54'23" de latitude sul e 42°19'47" e 42°45'51" de longitude oeste. A área em estudo possui uma superfície de 605.000ha, numa área de 129.140ha pertencente à Mesorregião do Sudeste Piauiense e a Microrregião de São Raimundo Nonato (FUMDHAM, 1998). A partir das Folhas Sistemáticas Plani-altimétrica da DSG/SUDENE na escala de 1:100.000 (folha Serra do Congo/SC-23-X-B-II, folha Barragem/SC-23-X-VI, folha Canto do Buriti/SC-23-X-B, folha São João do Piauí/SC-23-X-B-II), foi confeccionada uma base cartográfica com o objetivo de se fazer uma melhor caracterização da mesma. A pesquisa realizada seguiu os encaminhamentos fundamentais dos trabalhos de caráter geoecológico, com base na premissa de que os elementos constituintes do meio natural (geológicos, geomorfológicos, pedológicos, hidrológicos e biológicos) encontram-se intimamente interligados no ambiente. Partindo desse pressuposto, identificaram-se unidades naturais da paisagem (unidades geossistêmica) passíveis de reconhecimento pelas características geoecológicas observadas no padrão fisionômico, organizacional e funcional de cada um dos elementos. Na delimitação das unidades utilizou-se como elemento padrão a compartimentação geológico-geomorfológica e a estrutura dos agrupamentos vegetais, pois o aspecto geológico-geomorfológico constitui fator condicionante na distribuição da vegetação e, conseqüentemente, na caracterização das unidades fitoecológicas.

A compartimentação da área em unidades geossistêmicas é de fundamental importância para o entendimento do funcionamento das mesmas, de modo a oferecer subsídio para uma intervenção adequada e, conseqüentemente, garantir a preservação das mesmas. Para se chegar aos resultados desejados, com o intuito de se ter uma idéia mais precisa da estrutura vegetacional da área mapeada e, conseqüentemente, uma melhor delimitação das unidades geossistêmicas, adotou-se o método de levantamento por meio da transecção linear, que consiste em estender uma trena sobre o solo, criando um alinhamento, no caso de 25 metros, ao longo do qual se anotam todas as plantas que cruzam a linha da trena, desde arbustos até árvores de grande porte. Devido o caráter fortemente emaranhado da vegetação, optou-se por um alinhamento curto de 25 metros. Para uma melhor definição e caracterização das unidades buscaram-se algumas informações referente ao quadro geocológico da região. A partir dessas informações foi esquematizado um esboço geológico/geomorfológico e um esboço da vegetação.

### **3.3.1 Esboço geológico e geomorfológico**

Com base no mapeamento apresentado pelo Projeto RADAMBRASIL, constatou-se que a área do Parque Nacional Serra da Capivara está localizada no ponto de encontro entre dois importantes domínios geológicos brasileiros: a **Bacia Sedimentar Paleozóica do Rio Parnaíba** e a **Depressão Periférica Cristalina da Planície Pré-Cambriana do Rio São Francisco** (Figura 8). Estes domínios geológicos sustentam dois domínios geomorfológicos distintos: os Planaltos e Chapadas da Bacia do Parnaíba e a Depressão Periférica Sertaneja e do São Francisco.

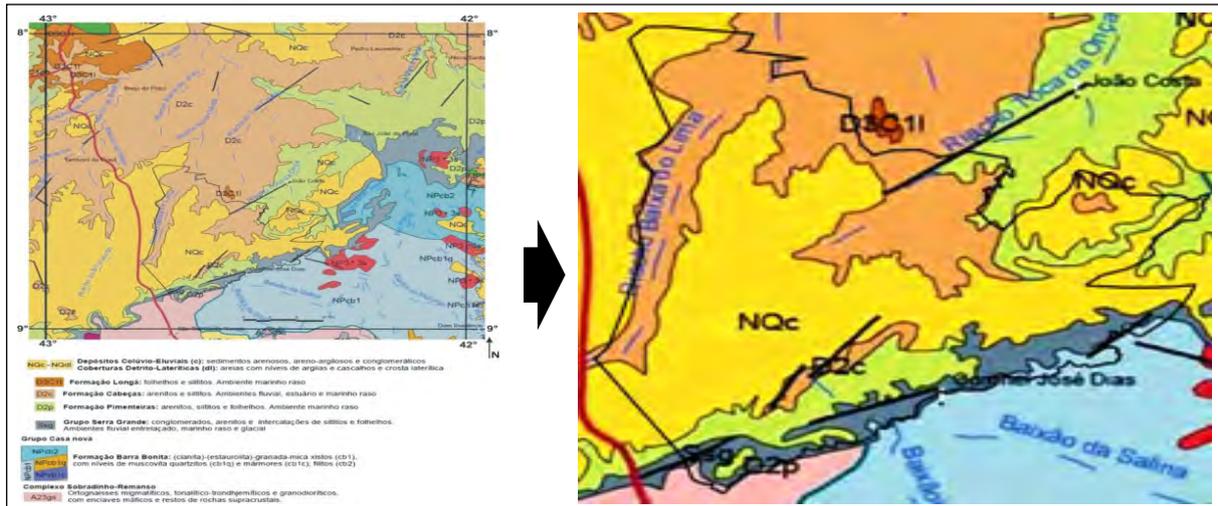
**Figura 8.** A paisagem da Serra da Capivara.



Fonte: Autor.

Com base no mapeamento elaborado pela CPRM (2006), verificou-se que na área há ocorrência das seguintes formações geológicas: Serra Grande, Pimenteiras e Cabeças, todas pertencentes à coluna estratigráfica da Bacia Sedimentar do Parnaíba, com presença também de depósitos colúvio-eluviais (cor amarela), arenosos, detritico-lateritos, Formação Barra Bonita (Grupo Casa Nova) e ainda uma pequena mancha do Complexo Sobradinho-Remanso nas adjacências da porção sul do parque (Figura 9).

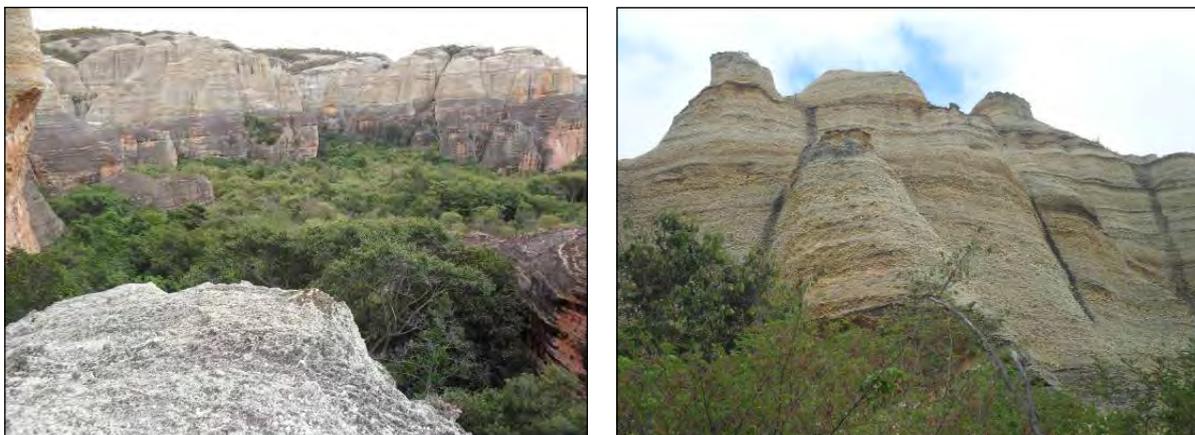
**Figura 9.** Mapa geológico da área do Parque Nacional Serra da Capivara.



Fonte: Modificado de CPRM (2006).

Na cor azul marinho no mapa geológico, a **Formação Serra Grande (SDsg)**, originada no silurodevoniano, é constituída de arenitos brancos, grosseiros, conglomeráticos, contém leitos de até 20m de conglomerado oligomítico grosseiro, com seixos de até 20m de diâmetro de quartzo, cuja o tamanho diminui da base para o topo, seguindo-se arenitos grosseiros com estratificação entrecruzada diagonal. Bordeja a parte sul-sudeste da área de estudo, sobre forma de escarpas de cuevas, assentando em discordância angular sobre o embasamento cristalino (Figuras 10 e 11).

**Figuras 10 e 11.** Cuesta modelada em arenitos conglomeráticos grosseiros pertencentes à Formação Serra Grande.



Fonte: Autor.

Na cor verde no mapa geológico, a **Formação Pimenteiras** (Dp), datada do devoniano inferior, caracteriza-se por apresentar intercalações de arenitos e siltitos, variando de branco a cinza claro, encontrados principalmente no topo da formação e, folhelhos vermelho e cinza-escuro, micáceos, contendo nódulos e leitos de oólitos piritosos. Constituída por bancos alternativamente de arenitos e de siltitos cuja fraca resistência à erosão permitiu a abertura de vales internos na chapada como a de Boa Esperança, Nova Olinda (Figura 12) e São João do Piauí.

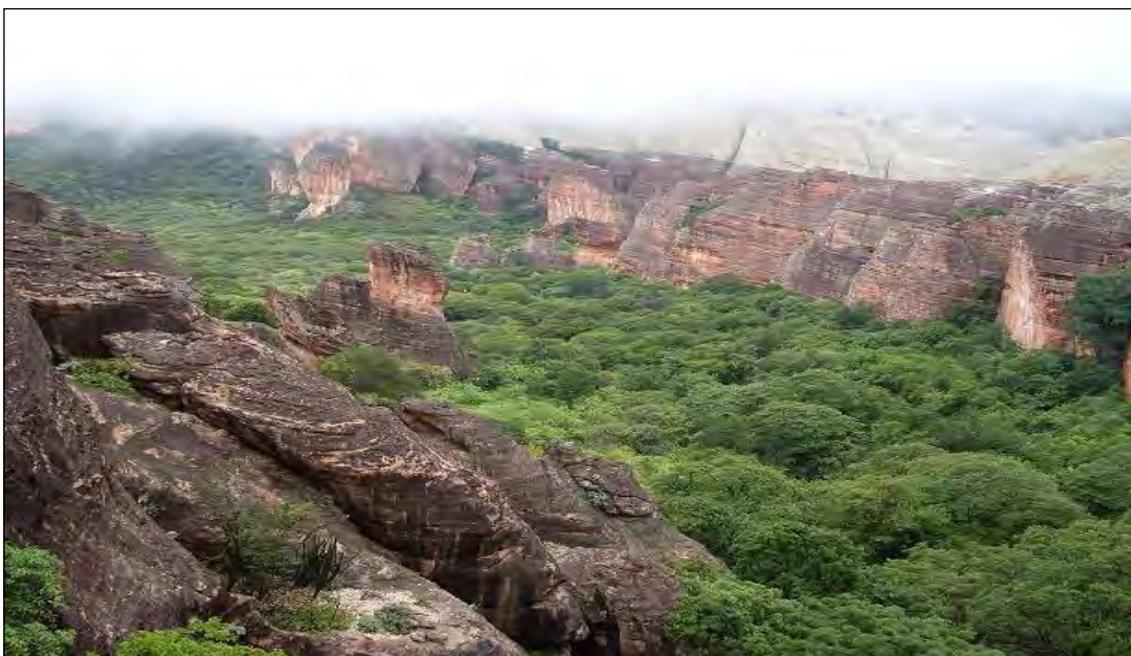
**Figura 12.** Riacho Nova Olinda.



Fonte: Autor.

Na cor laranja, a **Formação Cabeças** (Dc), com origem no devoniano, é constituída de arenitos de cores claras, branco e cinza-amarelo, às vezes chegando a vermelho, médios a grosseiros, freqüentemente conglomerático e pouco argiloso. Aparecem ainda em certos locais, intercalações de siltitos e arenitos finos, laminados, de cores claras. Geralmente essa formação é constituída de um arenito duro, homogêneo e bem consolidada, com estratificação entrecruzada que constitui as vertentes em cornija dos vales das chapadas (Riacho do Boqueirão e da Serra Branca). (Figura 13).

**Figura 13.** Boqueirão Pedra Furada.

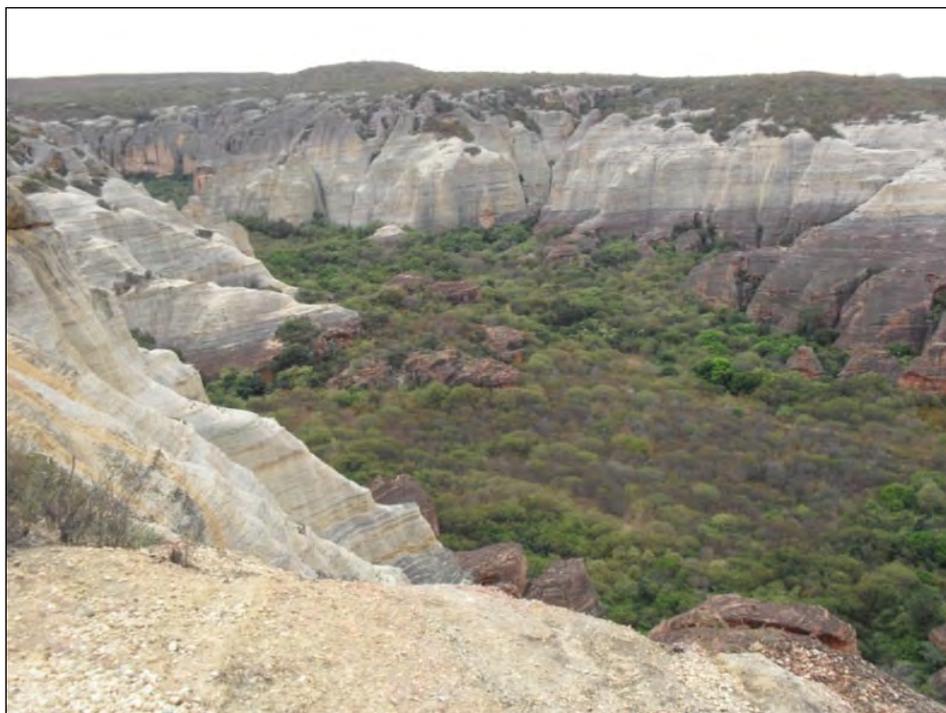


Fonte: Autor.

Com base no mapeamento apresentado por PELLERIN (1984), o relevo da área de estudo encontra-se compartimentado em três unidades: a **zona de cuesta**, os **planaltos areníticos** do reverso da cuesta e o **pedimento**.

A **zona de cuesta** (Figura 14) constitui numa área de estruturas concordantes homoclinais soerguidas, pertencentes à Bacia do Maranhão-Piauí, que foram modeladas em rochas predominantemente areníticas e conglomeráticas do Grupo Serra Grande. O desnível entre a cuesta e o pedimento oscila entre 200 e 250m. Nessa área, a erosão gerou vales muito profundos e dentriticos. A cuesta pode ser dupla com tabuleiro intermediário, um exemplo está na área de cuesta na comunidade Zabelê. São áreas de importante relevância arqueológica, pois abrigam uma significativa concentração de abrigos com pinturas rupestres. Além disso, esta unidade apresenta um aprofundamento em cânions com paredes ruineformes verticais e com vasta largura formando corredores que terminam em boqueirões.

**Figura 14.** Zona de Cuesta - relevo típico de borda de Bacia, no caso a Bacia do Parnaíba. Encontra-se modelada em arenitos formando cânions, vales e boqueirões.

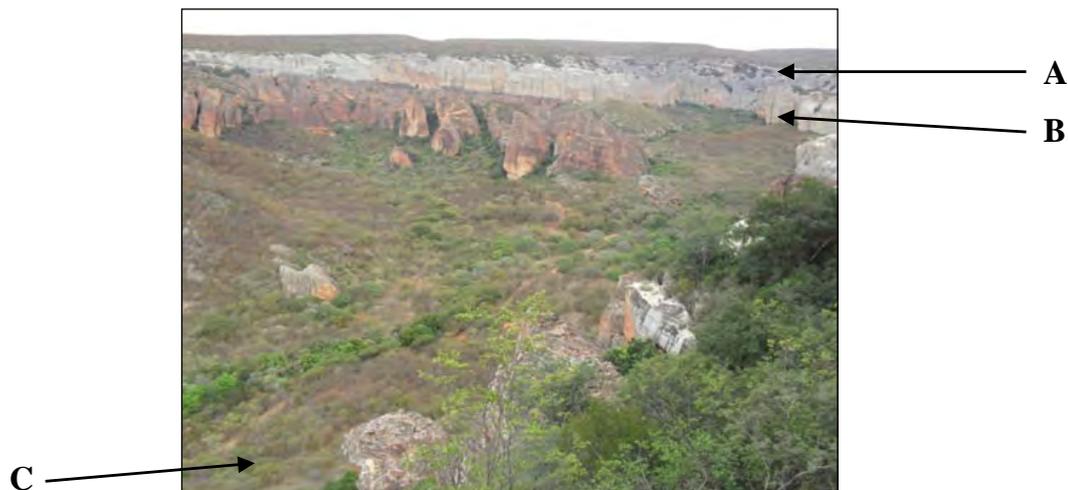


Fonte: Autor.

Os **planaltos areníticos** (Figura 15) constituem chapadas do reverso da cuesta, estão localizados a oeste, são caracterizados por apresentar relevo regular e monótono, cuja altitude chega a 630m, sendo cortados por vales com direção norte/sul, vales de fundo plano dominados por cornijas de arenitos subverticais esculpido em relevos ruineformes e arredondados. Rumo ao norte, as chapadas passam a formas mais tabulares, seguidas por morros residuais isolados nas vertentes em degraus.

A área do **pedimento** (Figura 15) é dominada por numerosos inselbergs e corresponde a uma vasta área de erosão situada no sopé da cuesta inclinada suavemente a partir dos bordos da cuesta rumo à calha central do rio Piauí. Nessa área afloram rochas cristalinas do Pré-Cambriano derivadas da faixa de dobramento Riacho do Pontal. É caracterizada pela presença de inselbergs de granito e gnaiss, relevos planos de micaxistos e serrotes calcários.

**Figura 15.** Aspectos das três grandes unidades geomorfológicas que compreendem o Parque Nacional Serra da Capivara: A – planaltos areníticos, B – cuesta, C – pedimento.



Fonte: Autor.

Com base no mapeamento apresentado pelo Projeto RADAMBRASIL, constatou-se que a área de estudo se encontra localizada na justaposição de dois domínios geológicos brasileiros (Figura 16).

**Figura 16.** Área fronteira entre duas unidades geológicas: 1 – embasamento cristalino (Depressão do São Francisco), 2 – domínio sedimentar (Bacia do Parnaíba).



Fonte: Autor.

O **embasamento cristalino** é representado pela **Depressão Periférica da Planície Pré-Cambriana do São Francisco**. É Pré-Cambriano, exibe um sistema de dobramentos dentro da província Borborema, tendo sido estruturado durante o ciclo brasileiro. Possui formato irregular ao longo da área que representa 28.000km. Está localizado na divisa dos estados do Piauí, Pernambuco e Bahia, ocupando área delimitada por três fronteiras geotectônicas: i) Província Borborema (sudeste), ii) Craton São Francisco (norte) e iii) Bacia do Parnaíba (sudeste). A área de embasamento cristalino é subdividida em cinco subzonas de cisalhamento, sendo a área de estudo compreendida pela subzona de cisalhamento Barra do Bonito. Essa área é composta por muscovita-quartzitos, quartzitos feldspáticos, micaxistos e quartzoxistos.

O **domínio sedimentar** é representado pela **Bacia do Rio Parnaíba**, ou Bacia do Maranhão-Piauí. Essa bacia representa o paleozóico da área, possui grande dimensão, com área de aproximadamente 600.000km<sup>2</sup> agregando porções dos estados do Pará, Tocantins, Maranhão, Piauí e Bahia. Abriga um pacote de mais de 3.000m de espessura máxima de sedimentos. É paleozóica, embora depósitos mesozóicos ocupem grandes áreas. Possui forma elipsoidal, com diâmetro maior longitudinal de 1.000m e diâmetro menor, ortogonal ao maior, de 800m. É estruturalmente assimétrica, está disposta segundo um eixo NE/SW passando pela capital Teresina. O mergulho de suas camadas na borda sul/sudeste é mais acentuado que o da borda nordeste.

### **3.3.2 Esboço da vegetação**

A partir das referências bibliográficas e cartográficas e, principalmente, das observações feitas em campo constatou-se que, de um modo geral a vegetação da área encontra-se significativamente preservada. A ocorrência da vegetação está intimamente ligada às características geológico-geomorfológicas e aos diferentes estágios de conservação dos solos.

Após a caracterização da área de estudo e através da metodologia empregada, foi possível identificar as principais espécies vegetais que são encontradas na área do Parque Nacional Serra da Capivara. Ressalta-se que o critério adotado para a presente relação se prende somente a dados confirmados, pois não é interesse fazer menção as espécies que não tenham sido levantadas. Cada espécie foi analisada separadamente e passamos agora a dar as principais características das mesmas:

**Angico** (*Piptadenia macrocarpa*) – árvore de caule tortuoso e mediano, de casca grossa, rugosa, fendida e avermelhada. Pertencente a família das Leguminosas mimosóideas. Possui folhas bipinadas, flores alvas com capítulos globosos e vagem achatada, grande, até 32 cm de comprimento. É usada como madeira de lei para trabalhos de marcenaria, como na confecção de móveis finos. Presente em todo o nordeste brasileiro, estendendo-se até os estados centrais.

**Aroeira** (*Astronium urundeuva*) – árvore de tronco alto, linheiro, com mais de 1 m. de diâmetro, possui larga copa, formada por ramos flácidos. É pertencente à família das Anacardiáceas. Possui folhas alternas e flores em panículas purpúreas com pêlos brancos. Frutos drupáceos, pequenos e apiculados. É madeira de cerne roxo-escuro, dura, difícil de ser lavada, utilizada na construção civil. A resina amarelo-clara, proveniente de lesões na

casca da árvore, é medicamento de aplicação como tônico. Cresce nos sopés e quebradas das serras litorâneas e tabuleiros praieiros.

**Cajueiro** (*Anacardium occidentale*) – árvore que pode atingir até 10 m. de altura, pertencente à família das Anacardiáceas. Possui tronco tortuoso, esgalhado a partir da base, de ramos longos, sinuosos, formando fronde ampla e irregular. Suas folhas são alternas, simples, ovadas, onduladas, coriáceas, verde-amareladas. As flores são pequenas, avermelhadas, polígamas, multifloras, pulverulentas. O caju varia no tamanho, na forma, na cor e no sabor. A castanha, fruto do cajueiro, é lisa coriácea, cinzenta, com mesocarpo espesso, alveolado, vermelho, acre, caustico e inflamável. Distribui-se pela faixa litorânea da zona tropical e subtropical do Brasil.

**Canafístula** (*Cassia excelsa*) – árvore grande pertencente à família das Leguminosas cesalpinoídeas. Possui folhas pinadas e pequenas. Flores amarelas, grandes, em panículas terminais. A vagem é comprida. Planta usada na arborização. Possui ramos forraginosos. Distribui-se do Ceará ao Mato Grosso.

**Catingueira** (*Caesalpinia pyramidalis*) – arvoreta de até 4 m. de altura pertencente à família das Leguminosas cesalpinoídeas. Possui folhas bipinadas e flores amarelas dispostas em racemos pouco maiores ou tão longos quanto às folhas. A Vagem é achatada e de cor escura. É madeira para lenha, carvão e estacas. É uma das plantas sertanejas cujos gomos brotam nas primeiras umidades de chuvas. São árvores de boa forragem. As folhas, flores e cascas são usadas no tratamento de infecções catarrais e diarreias. Planta característica das caatingas, desde o Piauí até a Bahia, inclusive Mato Grosso. É também conhecida popularmente como Pau de rato.

**Coroa de frade** (*Melocactus bahienses*) – são cactáceas pertencentes ao gênero melocactus. Distinguem-se pelo caule pequeno, globoso, angulado, coroadado de pelos hispídeos e semi-aculeados a lembrar uma cabeça tonsurada. Presente no sertão nordestino, em especial nos sertões secos de Pernambuco, Sergipe, Alagoas e Bahia.

**Facheiro** (*Cereus squamosus*) – são cactáceas de formato robusto, pouco ramificado, verde-escuro, armado de espinhos agudos, de flores grandes, isoladas e alvas, atingindo até 10 m. de altura. Cresce por toda a zona nordestina, característico nos trechos mais secos e agrestes. Por lembrar o aspecto de um grande facho cravado ao chão, o sertanejo deu-lhe o nome de facheiro. Suas bagas são comestíveis e quando novo, ainda sem espinhos, é forraginoso.

**Favela** (*Cnidoscolus phyllacanthus*) – árvore de 3 a 5 metros de altura pertencente à família das Euforbiáceas. Irregularmente esgalhada e profusamente armada de espinhos cáusticos. Possui folhas longas, grossas, profundamente recortadas por espinhos, e flores alvas, hermafroditas, de 4 mm de diâmetro. As picadas dos espinhos das favelas provocam inflamações dolorosas e demoradas. Árvore xerófila habita os tabuleiros rasos e pedregosos dos sertões mais secos do Nordeste, do Piauí até a Bahia.

**Gameleira** (*Ficus doliaria*) – árvore de caule ereto da família das Moráceas. Possui porte vultoso, até 20 m. de altura por 2 m. de grossura, provida de casca espessa e dura. Possui folhas alternas, coriáceas, obtusas, ovais e verde-escuras. É madeira utilizada para forro, pasta para papel e confecção de gamelas, origem do nome gameleira. Distribui-se do Amazonas até o Paraná, passando pelos estados centrais.

**Imbu** (*Spondias tuberosa*) – árvore baixa, esparramada, que faz parte da família das Anacardiáceas. Possui tronco atrofiado, retorcido, cheio de brotos, raramente alcança 3 m. de altura, chegando a copa medir 10 m. de diâmetro. Suas raízes são longas, espalhadas, superficiais, com tecidos cheios de água. As folhas são pinadas e glabras quando adultas. As flores são alvas e cheirosas. A frutificação, que começa no início das chuvas, é muito abundante. Do fruto faz-se geléia e de sua polpa um suco muito comum no sertão nordestino: a umbuzada. Imbu, Umbu, Imbuzeiro, Umbuzeiro, são variantes ortográficas dessa planta.

**Juazeiro** (*Zizyphus joazeiro*) – árvore de porte mediano da família das Ranáceas. É alta, possui tronco reto e tortuoso, armado de fortes espinhos, com ramos flexuosos. Possui folhas alternas, pecioladas, elípticas, coriáceas e verde-luzentes. Suas flores são pequenas e amarelo-esverdeadas. É uma das plantas arbóreas típicas do sertão nordestino. Prefere solos aluviais argilosos, mas cresce inclusive em tabuleiros áridos e pedregosos. Conserva-se sempre verde, nunca se despe de toda folhagem, oferecendo agradável sombra. Conspícua do Piauí até Minas Gerais.

**Jurema** (*Mimosa verrucosa*) – árvore pequena pertencente à família das Leguminosas Mimosóideas. Possui caule de casca escura armado de espinhos rígidos. Suas folhas são bipinadas. As flores são róseas, miúdas, dispostas em espigas. A vagem é pequena, articulada e espiralada. É madeira para estacas, lenha e carvão. Suas folhas são forrageiras. Árvore característica das caatingas. Distribui-se do Ceará a Bahia.

**Jurubeba** (*Solanum paniculatum*) - arbusto de até 3 m. de altura, de caule armado de acúleos curvados e branco tomentosos, pertencente à família das Solanáceas. Possui folhas ovadas, oblongas e acuminadas. Suas flores são lílazes, dispostas em circo paniculiforme ramoso. A baga é globosa, achatada e amarela. Suas raízes, folhas e frutos constituem o mais poderoso desobstruente do fígado e do baço usado pela medicina caseira cearense.

**Macambira** (*Bromelia laciniosa*) – planta herbácea, acaule, vivaz, pertencente à família das Bromeliáceas. Possui folhas sésseis, resistentes e estriadas. As flores são arroxeadas, paniculadas, erguidas no centro das folhas, densas e cotonosas. O fruto, baga angulosa, possui 6 cm de comprimento. A macambira é típica das caatingas mais secas, onde se apresenta em densas aglomerações de espinhos.

**Pau d’arco roxo** (*Tabebuia avellanedae*) – árvore com aspecto de precedentes, com flores arroxeadas, pertencente à família das Bignoniáceas. Possui madeira elástica. É bastante distribuída pela América tropical. Suas folhas parecem roxas quando vistas de longe. Distribui-se da Amazônia até o sul do Brasil.

**Rabo de raposa** (*Cereus bahiensis*) – planta típica das caatingas do Ceará, Bahia, Alagoas, Sergipe e Piauí. É também conhecida pelo nome flor de baile e sabugo em Minas Gerais. Pertencente a família das cactáceas. Possui espinhos.

**Xique – Xique** (*Cereus gounellei*) – cactácea caracterizada pelo seu tronco ereto de 3 m. de altura com galhos laterais afastados descrevendo uma curva em direção ao solo. Possui flores tubulosas, grandes, medindo perto de 8 cm. de comprimento, brancas, abrindo-se a noite. A baga é arredondada, achatada em ambos os pólos, avermelhada, coroada com restos dessecados e pretos da flor. Os caules e galhos do Xique – Xique constituem preciosa alimentação para o gado na época de seca. É uma das plantas características dos sertões mais secos do Nordeste.

## **4 Definição e caracterização das unidades fitoecológicas do Parque Nacional Serra da Capivara**

### **4.1 O método aplicado: estudos iniciais e a pesquisa de campo**

A área de estudo (Figura 17) foi dividida em **12 unidades fitoecológicas**. Com base nas informações colhidas a partir dos levantamentos cartográficos e bibliográficos e nas observações em campo foi elaborado o Mapa de Pontos das Unidades Fitogeográficas do Parque Nacional Serra da Capivara (Figura 18). Para elaboração do mapa, utilizaram-se os elementos cartográficos abaixo relacionados:

- 1) Base cartográfica da área na escala de 1:100.000, confeccionada a partir das folhas sistemáticas plani-altimétricas da DSG/SUDENE, na escala de 1:100.000 (folha Serra do Congo/SC-23-X-B-II, folha Barragem/SC-23-X-VI, folha Canto do Buriti/SC-23-X-B, folha São João do Piauí/SC-23-X-B-II); (Figura 19).
- 2) Mapa geológico em escala de 1:250.000 da CPRM (2006) e mapa geomorfológico em escala de 1:500.000 de autoria de Pellerin (1984) (Figuras 20 e 21).

Para se chegar aos resultados desejados, com o intuito de se ter uma idéia mais precisa da estrutura vegetal da área mapeada, adotou-se o método de levantamento por meio da transecção linear, que consiste em estender uma trena sobre o solo, criando um alinhamento ao longo do qual se anotam todas as plantas que cruzam a linha da trena, desde arbustos até árvores de grande porte. Devido o caráter fortemente emaranhado da vegetação, optou-se por um alinhamento de 100 metros (Figuras 22 e 23).

Como resultado foram definidas doze unidades representativas das diferentes composições ambientais da área de influência do Parque Nacional Serra da Capivara. De forma geral, observa-se que as variações topográficas, pedológicas e litológicas são responsáveis pelas diferentes fisionomias da vegetação, na medida em que definem os padrões de drenagem e todos os mecanismos ligados aos processos morfogenéticos.

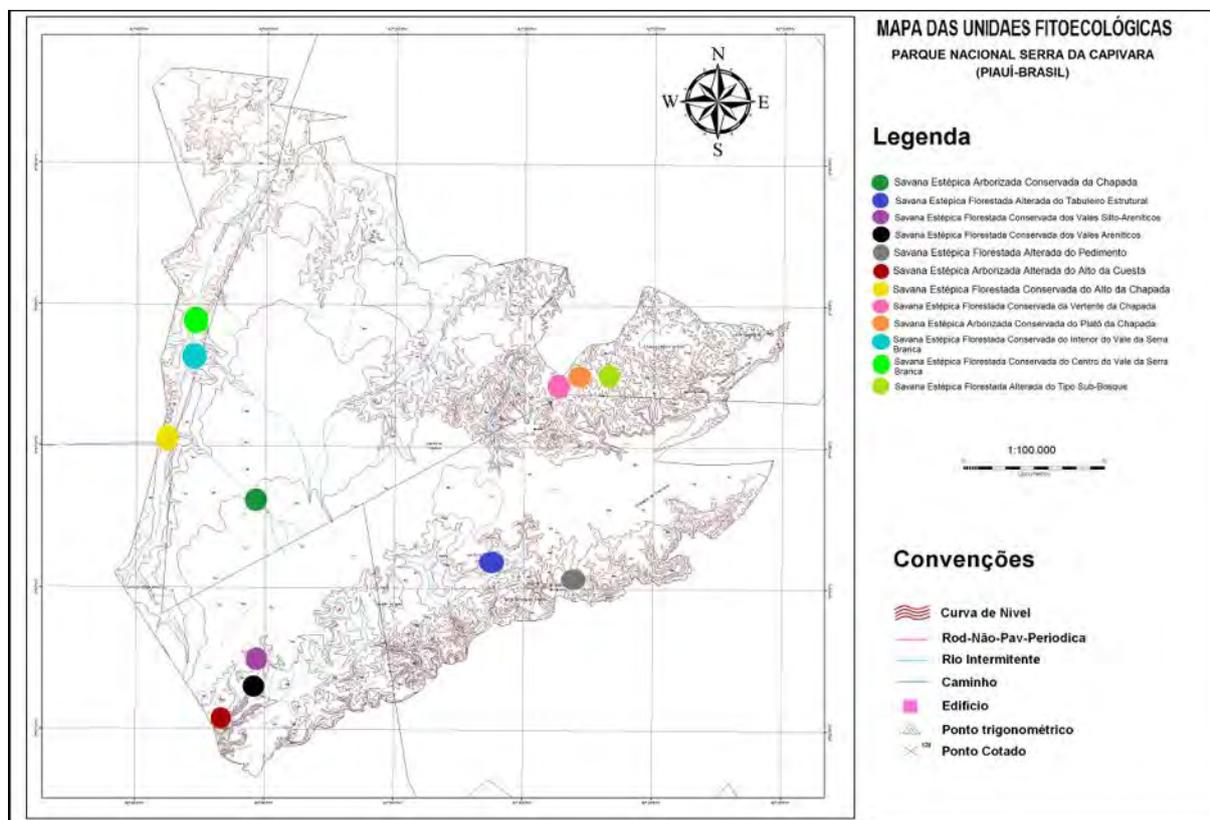
Foram adotados critérios fisionômico-ecológicos para análise, identificação e classificação da formação vegetal da área do Parque Nacional Serra da Capivara. A vegetação foi classificada conforme a proposta de classificação fitogeográfica do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE/1992): Savana Estépica Florestada, Savana Estépica Arborizada, Savana Estépica Parque, Savana Estépica Gramíneo-lenhosa. Além disso, foram considerados aspectos relativos ao nível de proteção ambiental da área: Preservada, Conservada, Alterada e Degradada.

Figura 17. Localização do Parque Nacional Serra da Capivara (Brasil – Piauí).



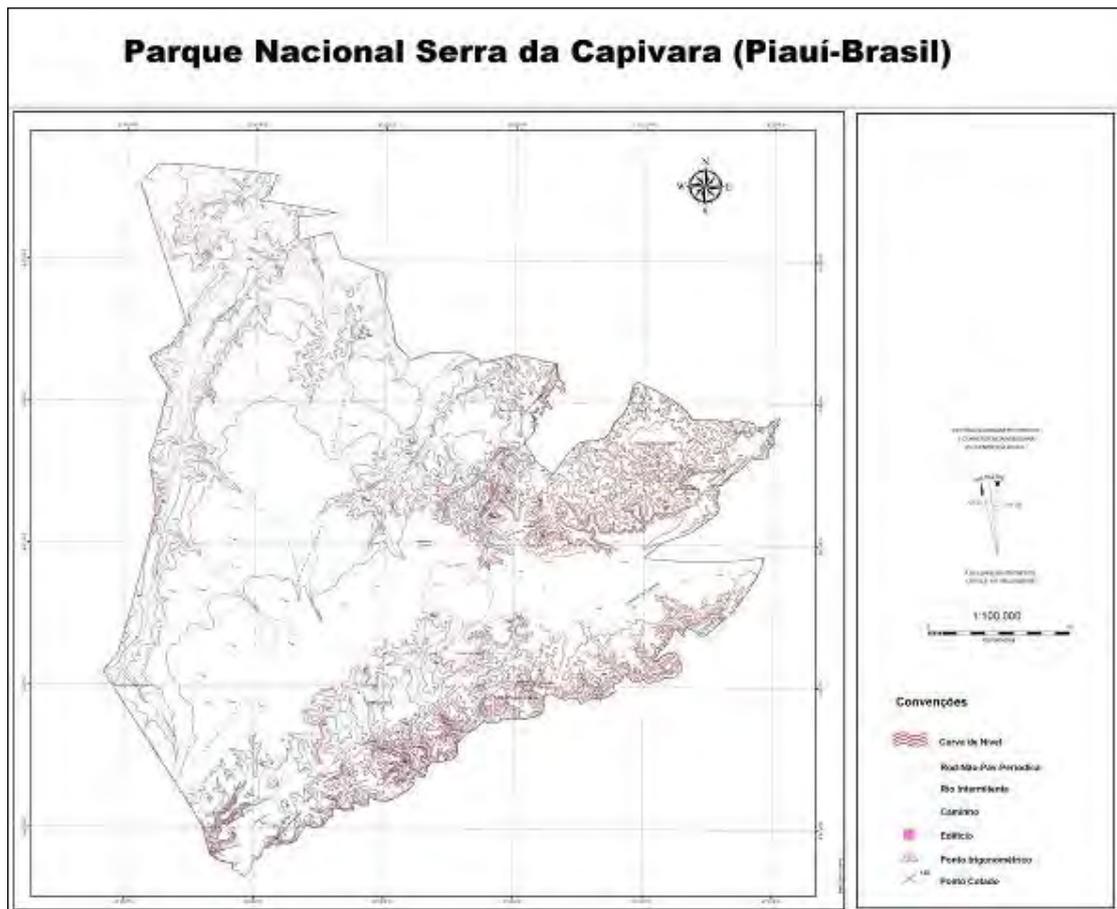
Fonte: Organizado pelo autor.

Figura 18. Mapa das 12 parcelas analisadas no Parque Nacional Serra da Capivara.



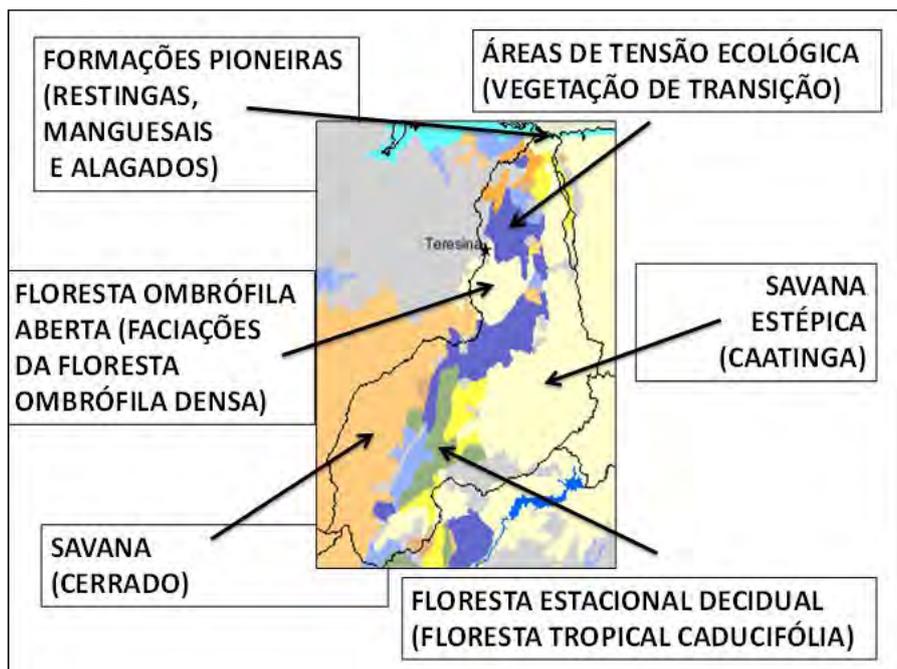
Fonte: Organizado pelo autor.

Figura 19. Base cartográfica da área do Parque Nacional Serra da Capivara.



Fonte: Diretoria do Serviço Geográfico do Exército, organizado pelo autor.

Figura 20. Dinâmica do componente vegetal do Estado do Piauí.



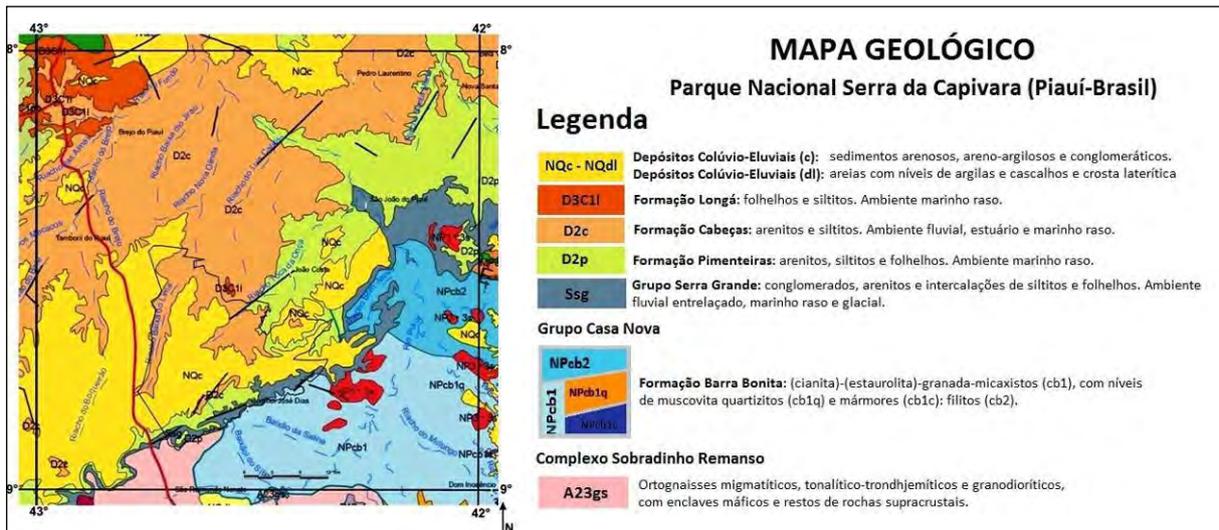
Fonte: Organizado pelo autor a partir do SIG Mapas Interativos – IBGE, 2005.

Figura 21. Levantamento de campo através da técnica de transecção linear.



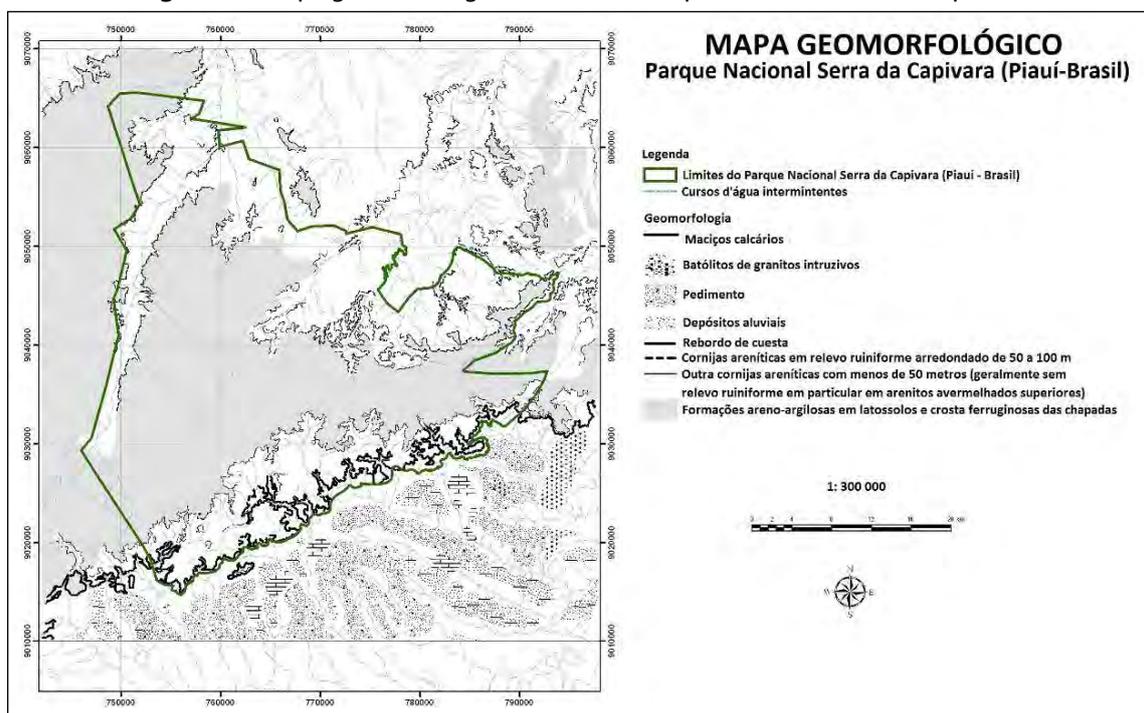
Fonte: Autor.

Figura 22. Mapa geológico da área do Parque Nacional Serra da Capivara.



Fonte: CPRM (2004), adaptado pelo autor.

**Figura 23.** Mapa geomorfológico da área do Parque Nacional Serra da Capivara.



Fonte: PELLERIN (1984), adaptado pelo autor.

#### 4.1.2 Classificação adotada

De acordo com dados extraídos do Sistema de Henrique Veloso (1992), responsável pela proposta de classificação da vegetação brasileira do IBGE, o termo Savana-Estépica foi criado pelo pesquisador Trochain para designar uma vegetação tropical com características estépicas próximas a Zona Holártica Africana.

O termo é empregado para a área do sertão árido nordestino com dupla estacionalidade, uma área disjunta no norte do estado de Roraima e duas áreas disjuntas chaquenhas, uma no sul do estado do Mato Grosso do Sul e outra na barra do rio Quarí quando desemboca no rio Uruguai no estado do Rio Grande do Sul. Essas duas disjunções ecológicas da 'savana úmida chaquenha' do Brasil, possuem características típicas da dupla estacionalidade, apresentando três meses frios com chuvas fracas que provocam seca fisiológica, seguido de período chuvoso, com um mês de déficit hídrico, dando ao clima regional a característica de dupla estacionalidade. Essa formação florestal subdivide-se em quatro subgrupos de formações situados em áreas geomorfológicamente distintas (Figuras 24 e 25):

1º subdivisão – Savana Estépica Florestada: formação caracterizada pela presença de micro e nanofanerófitos, com média de 5 m, alcançando até 7 m alguns indivíduos, mais ou menos densos, com troncos grossos e galhos ramificados providos de espinhos, com total decidualidade na época desfavorável. Corresponde à formação florestal do sertão nordestino (caatinga) situada na grande depressão interplanáltica significativamente arrasada.

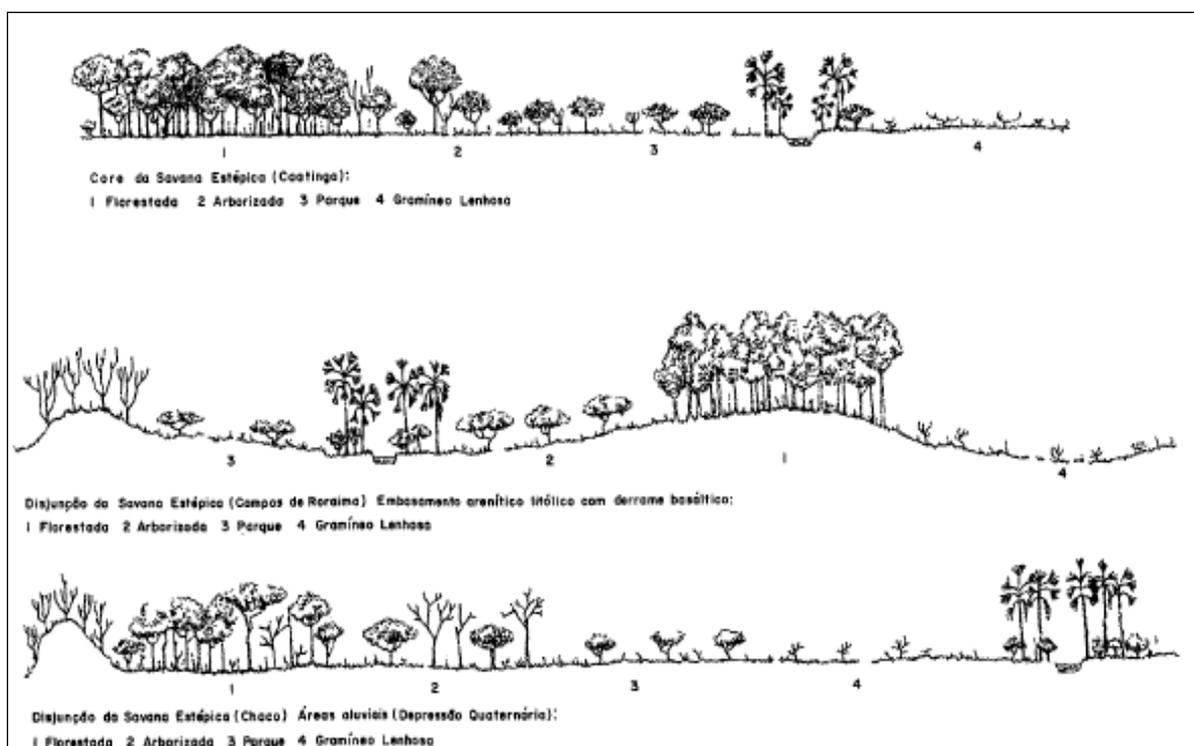
2º subdivisão – Savana Estépica Arborizada: essa formação florestal apresenta as mesmas características fisionômicas do tipo de vegetação anterior, mas os indivíduos que compõem essa formação são mais baixos, com espaços vazios entre eles.

3º subdivisão – Savana Estépica Parque: termo introduzido na fitogeografia pelos pesquisadores Tansley & Chipp para designar uma fisionomia do chaco argentino (Parkland). Essa formação apresenta características fisionômicas típicas, com nanofanerófitos de um mesmo ecótipo espaçados, como se fossem plantados, em razão de apresentarem uma pseudo ordenação de plantas lenhosas raquílicas sobre denso tapete gramíneo-lenhoso de hemicriptófitos e caméfitos. Esse subgrupo de formação recobre pequenas depressões que na época da chuva são alagadas, isso ocorre devido a má drenagem dos solos dominantes, Vertissolos.

4º subdivisão – Savana Estépica Gramíneo-Lenhosa: formação florestal conhecida como campo espinhoso, com características florísticas e fisionômicas típicas, como por exemplo, um extenso tapete graminoso coberto por plantas lenhosas anãs espinhosas. Para o presente relatório, foram utilizadas as terminologias e conceituações do Sistema de Henrique Veloso (1992). Foram identificadas na área de estudo duas subdivisões: Savana Estépica Florestada e Savana Estépica Arborizada.

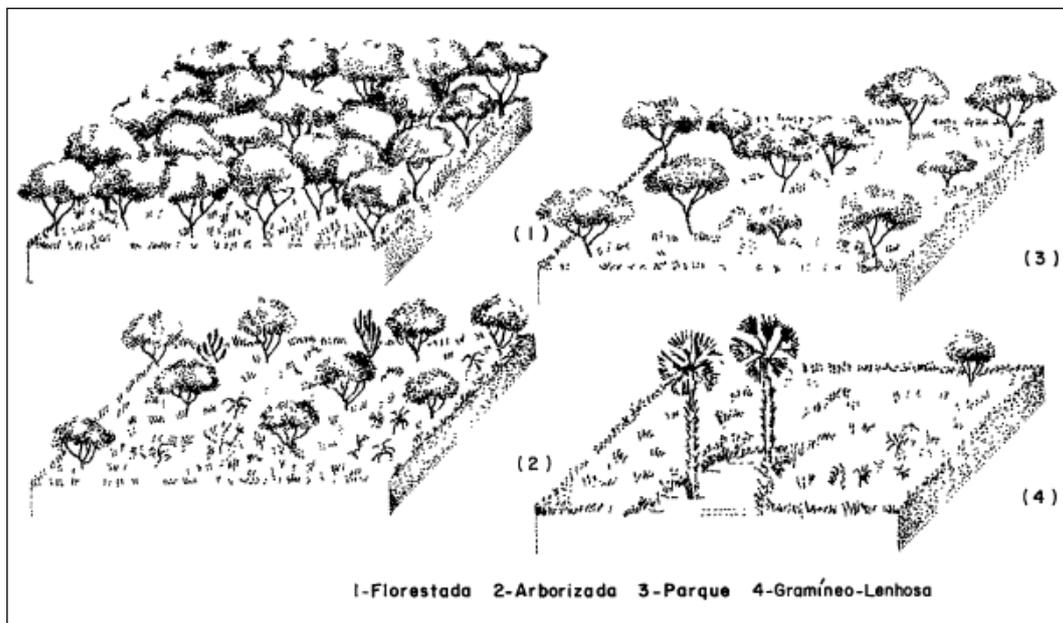
Para uma melhor compreensão das unidades será apresentado um quadro síntese dos elementos do meio físico (geologia, geomorfologia e pedologia) e da vegetação e, posteriormente se fará uma descrição detalhada nas porções Norte e Sul.

**Figura 24.** Perfis esquemáticos da Savana Estépica: Core da Savana Estépica/Caatinga; Disjunção da Savana Estépica/Campos de Roraima/Embasamento arenítico litólico com derrame basáltico; Disjunção da Savana Estépica/Chaco/Áreas aluviais/Depressão quaternária (1-Florestada; 2-Arborizada; 3-Parque; 4-Gramíneo-Lenhosa).



Fonte: Veloso e Goes-Filho (1991).

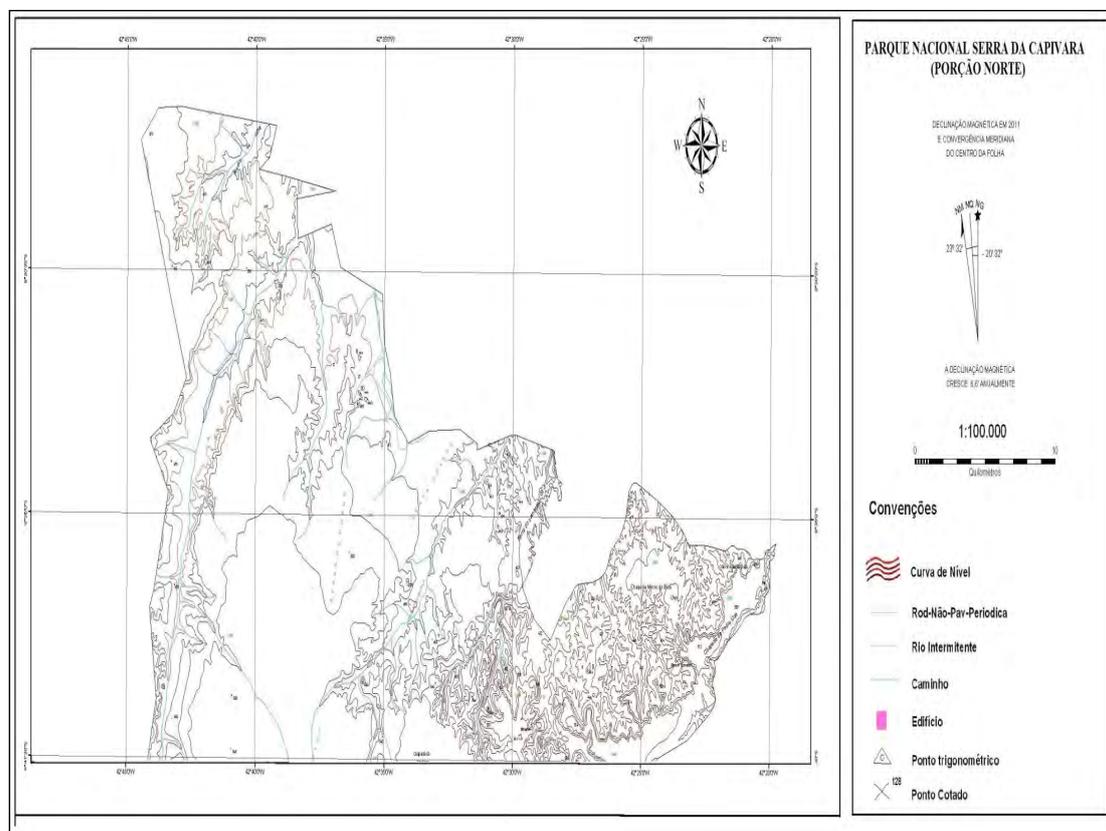
**Figura 25.** Blocos diagramas das fisionomias ecológicas da Savana Estéptica: 1-Florestada; 2-Arborizada; 3-Parque; 4-Gramíneo-Lenhosa.



Fonte: Veloso e Goes-Filho (1991).

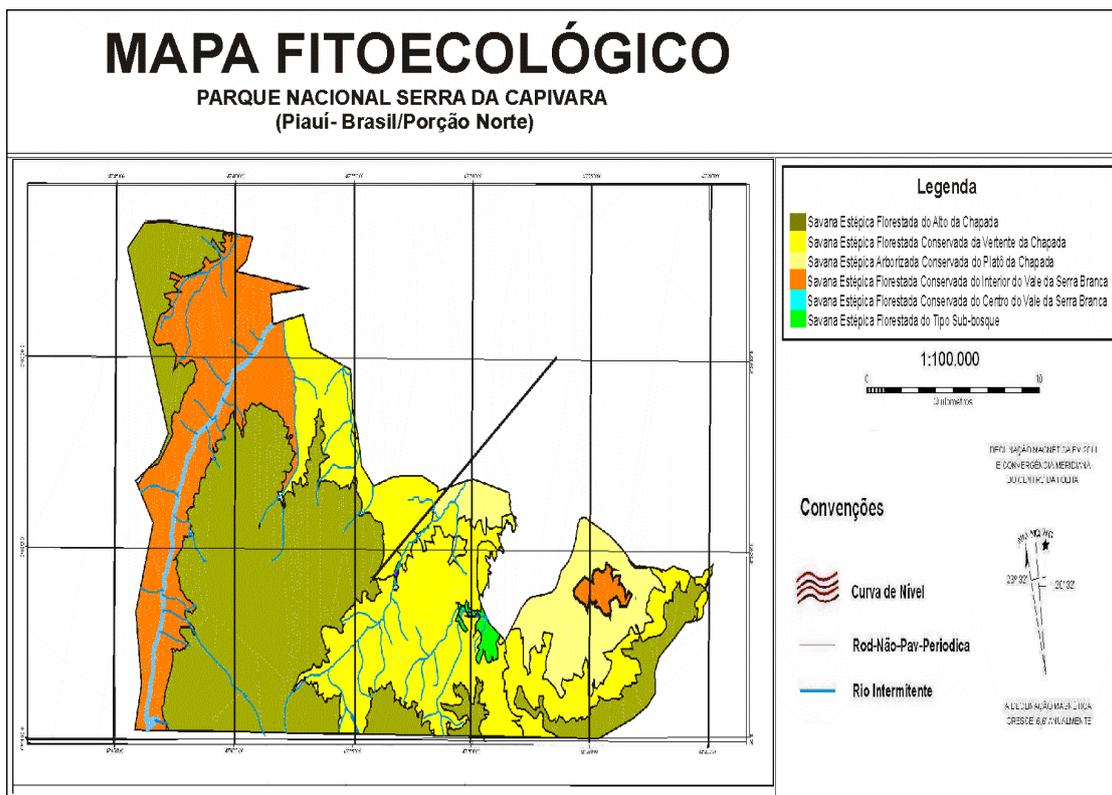
#### 4.2 Unidades fitoecológicas da porção norte da área

**Figura 26.** Mapa base da porção norte.



Fonte: Organizado pelo autor.

Figura 27. Mapa das Unidades Fitoecológicas.



Fonte: Organizado pelo autor.

Quadro 1. Quadro síntese das unidades fitoecológicas da porção norte da área.

QUADRO SÍNTESE DAS UNIDADES GEOSISTÊMICAS (PORÇÃO NORTE)						
UNIDADE	GEOLOGIA	LITOLOGIA	GEOMORFOLOGIA	MORFOGÊNESE	ASSOCIAÇÕES DE SOLOS	AGRUPAMENTOS VEGETAIS
Savana Estépica Florestada Conservada do Alto da Chapada	Depósitos Colúvio-Eluviais	Sedimentos arenosos, areno-argilosos e conglomeráticos	Chapada (Alto)	Superfície plana elaborada por processos de erosão fluvial regressiva, cortada por vales orientados no sentido norte-sul. Distribui-se sobre cotas altimétricas entre 400 e 500 metros constituindo chapadas do reverso da cuesta.	Latossolos amarelo avermelhados, oriundos de coberturas areno-argilosas, não hidromórficos, de perfil profundo, bem desenvolvido, com elevado grau de intemperização.	Savana Estépica Florestada Conservada do Alto da Chapada
Savana Estépica Florestada Conservada da Vertente da Chapada	Depósitos Colúvio-Eluviais	Sedimentos arenosos, areno-argilosos e conglomeráticos	Chapada (Vertente)	Área correspondente a vertente dos planaltos areníticos (chapadas) do reverso da cuesta. O mergulho das camadas da chapada é fraco de modo que suas vertentes possuem leve inclinação. O desnível entre o alto e o platô desses planaltos areníticos está em torno dos 500 metros na porção norte, com inclinação modesta.	Presença de litólicos que compreendem solos rasos, pouco desenvolvidos, apresentando horizonte A ausente sobre rocha, de caráter distrófico, pedregosos e com declives fortes, susceptíveis à erosão.	Savana Estépica Florestada Conservada da Vertente da Chapada
Savana Estépica Arborizada Conservada do Platô da Chapada	Formação Cabeças	Arenitos e siltitos. Ambiente fluvial, estuário, marinho raso	Chapada (Platô)	Área correspondente ao platô dos planaltos areníticos (chapadas) do reverso da cuesta. Constitui numa superfície plana elaborada por processos de acumulação, resultado dos derrames areníticos oriundos da chapada. Os platôs são as áreas de concentração dos abrigos rochosos habitados pelo homem pré-histórico. Registros da presença humana estão presentes por todo o platô.	Solos latossolos derivados de areias quartzosas. São solos profundos e excessivamente drenados com níveis de fertilidade muito baixos, sendo predominantemente distróficos desprovidos de minerais facilmente decomponíveis.	Savana Estépica Arborizada Conservada do Platô da Chapada

continua

continuação

QUADRO SÍNTESE DAS UNIDADES GEOSISTÊMICAS (PORÇÃO NORTE)						
UNIDADE	GEOLOGIA	LITOLOGIA	GEOMORFOLOGIA	MORFOGÊNESE	ASSOCIAÇÕES DE SOLOS	AGRUPAMENTOS VEGETAIS
Savana Estépica Florestada Conservada do Interior do Vale da Serra Branca	Formação Cabeças	Arenitos e siltitos. Ambiente fluvial, estuário, marinho raso	Vale da chapada (Interior)	Área correspondente ao olho d'água do Vale da Serra Branca, situado no interior do vale onde brota água o ano inteiro num encrave rochoso. Constitui, em maior escala, num vale de fundo chato, dominado por cornijas de arenitos subverticais, em relevo ruineforme. Esses vales estão localizados nos platôs dos planaltos areníticos cortando-os na direção norte-sul.	Associações de podzólicos, litólicos e latossolos vermelho-amarelo.	Savana Estépica Florestada Conservada do Interior do Vale da Serra Branca
Savana Estépica Florestada Conservada do Centro do Vale da Serra Branca	Formação Cabeças	Arenitos e siltitos. Ambiente fluvial, estuário, marinho raso	Vale da chapada (Centro)	Área correspondente ao Leito do Riacho Baixa do Lima, com localização no centro do Vale da Serra Branca. Constitui numa área de vale com orientação norte-sul, profundamente encaixado no interior da chapada, apresentando fundo chato. O platô desse vale apresenta concentração de abrigos com pinturas rupestres sobre rocha.	Associações de podzólicos litólicos e latossolos vermelho amarelo eutrófico e areias quartzosas álicas	Savana Estépica Florestada Conservada do Centro do Vale da Serra Branca
Savana Estépica Florestada Alterada do Tipo Sub-Bosque	Formação Pimenteiras	Arenitos, siltitos e folhelhos. Ambiente marinho raso.	Colinas da Bacia Sedimentar	Relevo inclinado, típico de área de declive, derivado de processos de acumulação resultantes dos sedimentos oriundos da chapada. Geomorfológicamente corresponde a uma área com características particulares que a distinguem das demais unidades. Possui localização específica no limite norte (variante norte) do parque.	Associações com predomínio de solos litólicos distróficos	Savana Estépica Florestada Alterada do Tipo Sub-Bosque

Fonte: Elaborado pelo autor.

#### 4.2.1 Savana estépica florestada conservada do alto da chapada

As chapadas (planaltos areníticos) localizam-se na região noroeste do Parque Nacional Serra da Capivara constituindo relevos tabulares do reverso da cuesta. Apresentam-se ligeiramente inclinadas de norte para oeste, com altitude variando entre 500 e 600 m. As chapadas são cortadas por vales encaixados com orientação norte-sul, bordejados por relevo ruineforme. Na região em questão (região norte), o relevo evolui de chapadas para faixas tabulares, em seguida a morros residuais isolados. Aparecem principalmente sobre os Depósitos Colúvio-Eluviais representados pela Serra Talhada, Serra Branca, Serra do Congo, Serra Nova, Serra Vermelha e Serra Grande que fazem parte de um complexo que leva o nome de Serra do Bom Jesus do Gurguéia.

A litologia é representada basicamente por sedimentos arenosos, areno-argilosos e conglomeráticos. No alto da chapada, os solos são latossolos vermelho-amarelos com dominância de areia, significativamente secos e móveis na superfície. Segundo estudos realizados na área, observa-se que os solos do planalto sedimentar são ácidos (mais ácidos que os solos do pedimento), com baixa capacidade de retenção e impróprios para agricultura tradicional. Os latossolos são dominantes (aproximadamente 50% da superfície da área) e são predominantemente amarelo e vermelho-amarelo. Os latossolos amarelos têm horizonte B latossólico, de coloração amarelada, são profundos, drenados e predominantemente álicos e ácidos. São solos inaptos para o uso agrícola devido a baixa fertilidade e deficiência hídrica, mas são apropriados para a pastagem, entretanto a área encontra-se desabitada.

Quanto à vegetação, na chapada predomina a caatinga, classificada como Savana Estépica Florestada Conservada, destacando-se espécies como a Ata brava (*Rolliniopsis*

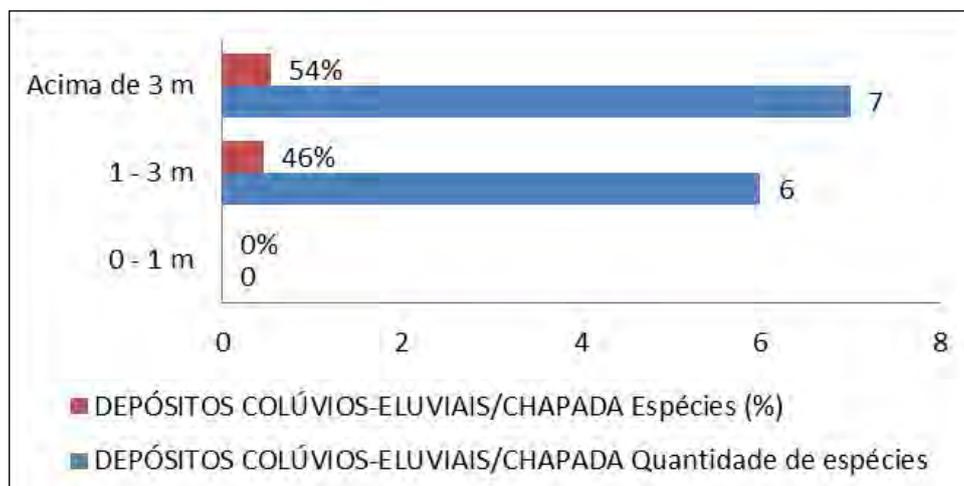
*leptopetala*), a Farinha seca (*Thiloa glaucocarpa*) e a Guabiroba (*Camponesia sp.*). Essa unidade caracteriza-se por apresentar uma homogeneidade fisionômica, com uma formação vegetal significativamente densa, de difícil penetração, com numerosos arbustos de pequeno porte distribuindo-se entre os indivíduos maiores. Dentre as características marcantes da vegetação caatinga, verificou-se nessa unidade que parte das espécies são decíduas, com intensa caducifólia das folhas, e, quanto a presença de indivíduos espinhosos, constataram-se a insignificante ocorrência de espécies suculentas, como as cactáceas.

**Figura 28.** Fisionomia da Savana Estépica Florestada Conservada do Alto da Chapada.



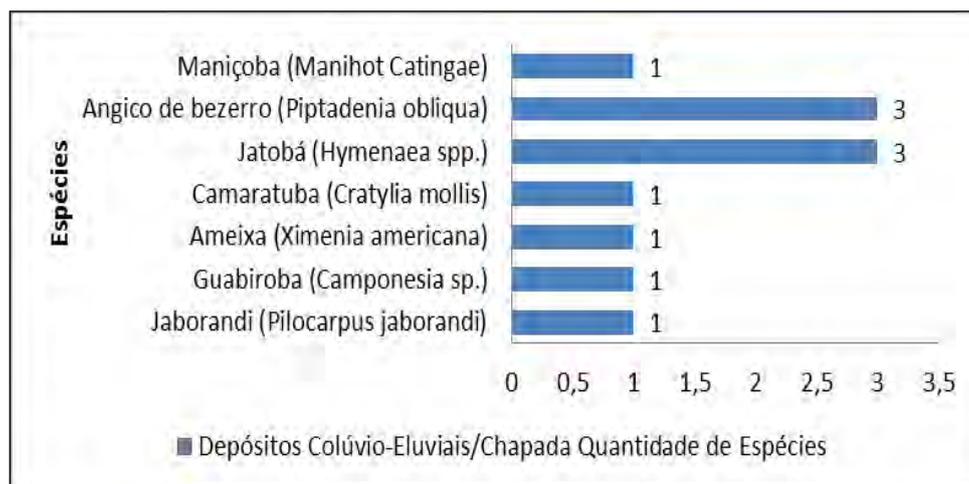
Fonte: Autor (2012).

**Gráfico 1.** Estimativa da altura das espécies da Savana Estépica Florestada Conservada do Alto da Chapada.



Fonte: Elaborado pelo autor (2012).

**Gráfico 2.** Composição florística da Savana Estépica Florestada Conservada do Alto da Chapada.



Fonte: Elaborado pelo autor (2012).

#### 4.2.2 Savana estépica florestada conservada da vertente da chapada

A Savana Estépica Florestada Conservada da Vertente da Chapada refere-se às vertentes da chapada, aparecendo geologicamente sobre os Depósitos Colúvio-Eluviais. Com inclinação voltada para o leito fluvial. A vegetação apresenta caráter arbóreo com espécies acima de 3 m de altura, galhos tortuosos e troncos grossos com diâmetro acima de 20 cm. Parte das espécies são, também, semidecíduas e subcaducifólias por apresentarem, apesar de uma copa rarefeita, presença de folhas que variam de pequenas à grande e ainda presença de sombra de até 10 m de largura.

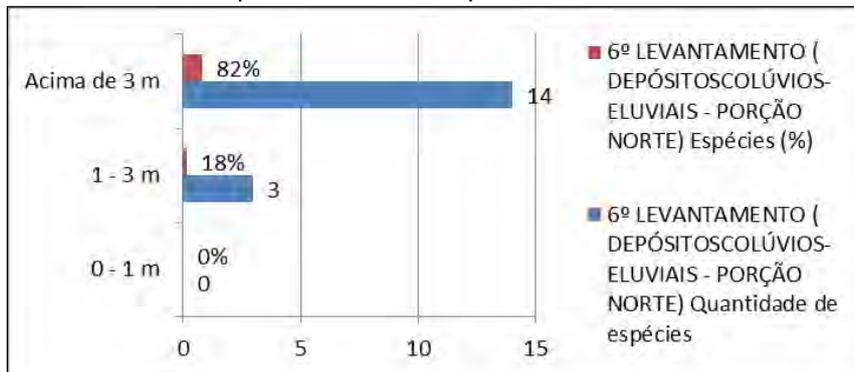
Localização: 8° 38' 36,32" S e 42° 29' 03,10" W. Altitude: 435 m. Geologia: Depósitos Colúvio-Eluviais. Litologia: sedimentos arenosos, areno-argilosos e conglomeráticos. Geomorfologia: Chapada (Vertente). Morfogênese: área correspondente a vertente dos planaltos areníticos (chapadas) do reverso da cuesta. O mergulho das camadas da chapada é fraco de modo que suas vertentes possuem leve inclinação. O desnível entre o alto e o sopé desses planaltos está em torno dos 500 metros. Solos: litólicos que compreendem solos rasos, pouco desenvolvidos, de caráter distrófico e pedregoso. Vegetação: apresenta caráter arbóreo com espécies acima de 3 m de altura e galhos tortuosos (Figura 29; Gráficos 3 e 4).

**Figura 29.** Fisionomia da Savana Estépica Florestada Conservada da Vertente da Chapada



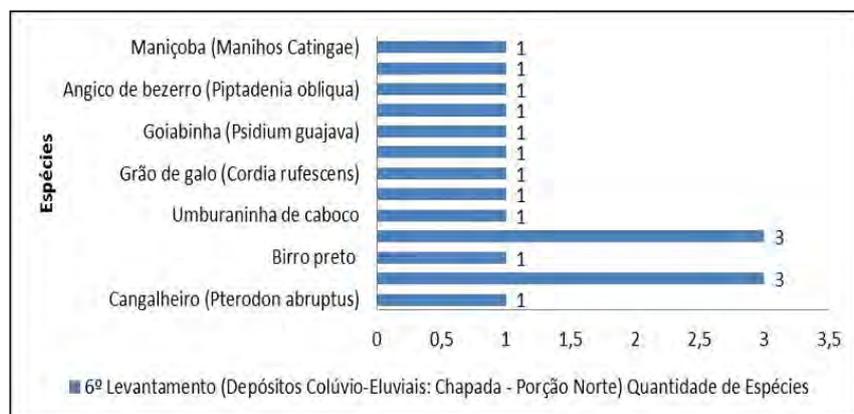
Fonte: Autor.

**Gráfico 3.** Estimativa da altura das espécies da Savana Estépica Florestada Conservada da Vertente da Chapada.



Fonte: Elaborado pelo autor.

**Gráfico 4.** Composição florística da Savana Estépica Florestada Conservada da Vertente da Chapada.



Fonte: Elaborado pelo autor.

#### 4.2.3 Savana estépica arborizada conservada do platô da chapada

A Savana Estépica Arborizada Conservada do Platô da Chapada possui características que se assemelham à área do alto e da vertente da chapada, mas há diferenças. O relevo correspondente à área do platô constitui-se numa superfície plana no contato entre a chapada e o leito fluvial assentados sobre a formação cabeças. É uma área de leve inclinação receptora de sedimentos do alto da chapada com presença de uma fina camada de areia fina. A vegetação apresenta porte de altura entre 1 e 3 m e acima de 3 m, com frequência maior das espécies da Camaratuba (*Cratylia mollis*) e Angico de bezerro (*Piptadenia obliqua*). Dentre as características marcantes da vegetação dessa unidade, verificou-se que parte delas são semidecíduas, subcaducifólias, com copa predominantemente rarefeita, por apresentarem folhas na maior parte muito pequenas, o que não condiciona em parte a formação de sombra.

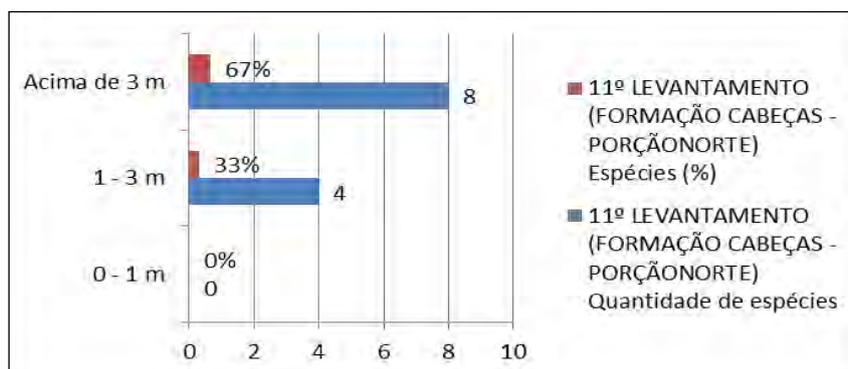
Localização: 8° 38' 39,09" S e 42° 28' 41,93" W. Altitude: 422 m. Geologia: Formação Cabeças. Litologia: arenitos e siltitos. Geomorfologia: Chapada (Platô). Morfogênese: área correspondente ao platô dos planaltos areníticos (chapadas) do reverso da cuesta. Constitui numa superfície plana elaborada por processos de acumulação. Solos: latossolos derivados de areias quartzosas. Vegetação: apresenta altura entre 3 m, com frequência maior das espécies da Camaratuba (*Cratylia mollis*) e Angico de bezerro (*Piptadenia obliqua*) (Gráficos 5 e 6). Dentre as características marcantes da vegetação dessa unidade, verificou-se que parte delas são semidecíduas, subcaducifólias, com copa predominantemente rarefeita por apresentarem folhas muito pequenas, o que não condiciona a formação de sombra (Figura 30).

**Figura 30.** Fisionomia da Savana Estépica Arborizada Conservada do Platô da Chapada.



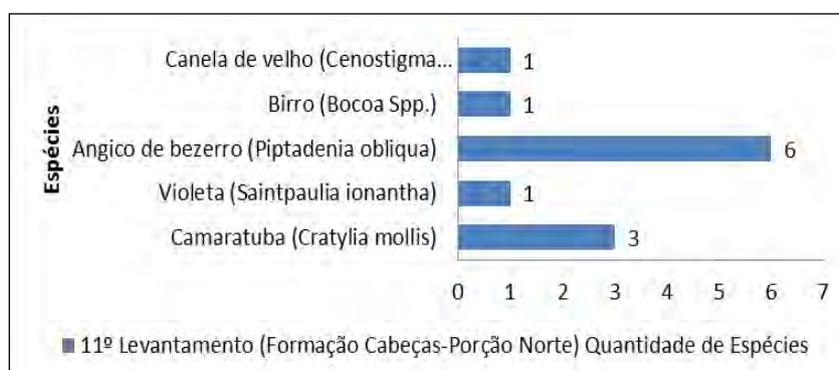
Fonte: Autor.

**Gráfico 5.** Estimativa da altura das espécies da Savana Estépica Arborizada Conservada do Platô da Chapada.



Fonte: Elaborado pelo autor.

**Gráfico 6.** Composição florística da Savana Estépica Arborizada Conservada do Platô da Chapada.



Fonte: Elaborado pelo autor.

#### 4.2.4 Savana estépica florestada conservada do interior do vale da serra branca

Formação florestal presente em alguns vales da porção norte da área estudada, para efeito do estudo em epígrafe foi escolhido o Vale da Serra Branca. O vale do Riacho Baixa do Lima ou Serra Branca constitui-se num vale em manjedoura, característico de estrutura concordante horizontal, e corta a chapada na direção n/s formando *canyon* com feições ruineiformes esculpidas em morros testemunhos mantidos pelo grau de resistência das rochas dentro do vale e nas cornijas da chapada. Esse vale encontra-se assentado sobre a Formação Cabeças do eopaleozóico, entalhado e escavado pelo riacho e apresenta vertentes abruptas e fundo pouco alargado devido, entre outros motivos, ao grau de resistência das rochas.

A litologia da área é representada pela presença de arenitos finos e silticos intercalados aos arenitos grosseiros e folhelhos da Formação Pimenteiras. Os solos são constituídos por associações de podzólicos, litólicos e latossolos vermelho-amarelo, além de solos distróficos típicos, de textura média, típico de vegetação do tipo subcaducifólia e de relevo suave a ondulado possuindo elevado potencial agrícola.

A vegetação é arbórea com porte acima de 3m e chegando até 15m, com dominância de espécies como a Pitombeira (*Talisia esculenta*), o Jatobá verdadeiro (*Hymenae eriogyne*), a Gameleira (*Ficus Sp.*), a Umbaúba (*Celropia cf. pelata*) e o Louro (*Ocotea bracteosa*). Foram encontradas na área espécies de Mucunã utilizadas em caso de sobrevivência por falta de água, devido conter grande

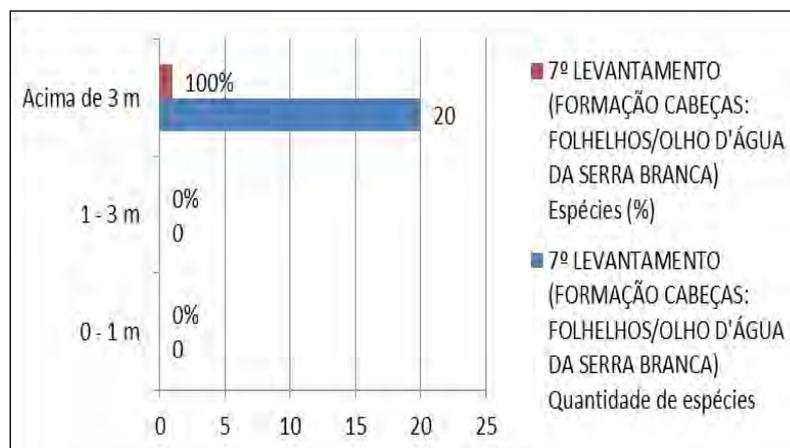
armazenamento de água em seus troncos. Algumas espécies foram introduzidas, como o cajueiro (*Anacardium occidentale*), por se tratar de uma área que já foi antropizada e hoje se encontra recuperada. A formação vegetal desta unidade apresenta características diferentes da vegetação pertencente à mesma formação geológica, em razão do substrato geológico e do relevo diferenciado. Sendo assim, a vegetação apresenta um porte mais elevado, pouca densidade, copa predominantemente densa, típica de formações florestais, troncos relativamente grossos chegando a 50m de diâmetro e em alguns casos apresentam raízes expostas por se desenvolverem em solos rasos com rocha matriz exposta no entorno de olho d'água. Corresponde à área do olho d'água do Vale da Serra Branca, situado no interior do vale onde brota água o ano inteiro num enclave rochoso.

**Figura 31.** Fisionomia da Savana Estépica Florestada Conservada do Interior do Vale da Serra Branca.



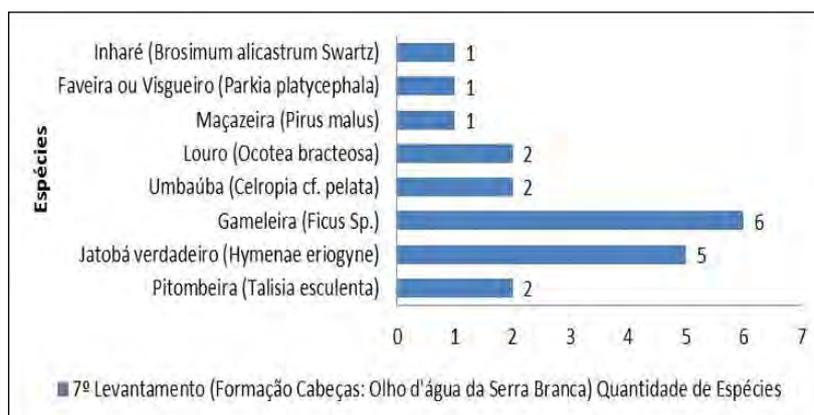
Fonte: Autor.

**Gráfico 7.** Estimativa da altura das espécies da Savana Estépica Florestada Conservada do Interior do Vale da Serra Branca.



Fonte: Elaborado pelo autor.

**Gráfico 8.** Composição florística da Savana Estépica Florestada Conservada do Interior do Vale da Serra Branca.



Fonte: Elaborado pelo autor.

#### 4.2.5 Savana estépica florestada conservada do centro do vale da serra branca

Constitui na maior unidade da porção norte do parque. Corresponde a uma extensa área de relevos de fundo chato e plano que cortam a chapada nas direções N/S. Atualmente não apresentam leito fluvial perene, entretanto, eram intermitentes anteriormente à década de 1970, mas hoje se encontram totalmente secos com vegetação desenvolvida sobre o leito fluvial.

Nessa unidade, diferentemente da outra, apesar de ainda estar no vale do Riacho Baixa do Lima ou Serra Branca, apresenta um conjunto de características diferenciadas que são determinantes. O leito do vale equivale à área do curso principal do riacho, na parte central, correspondente ao talvegue com orientação norte/sul.

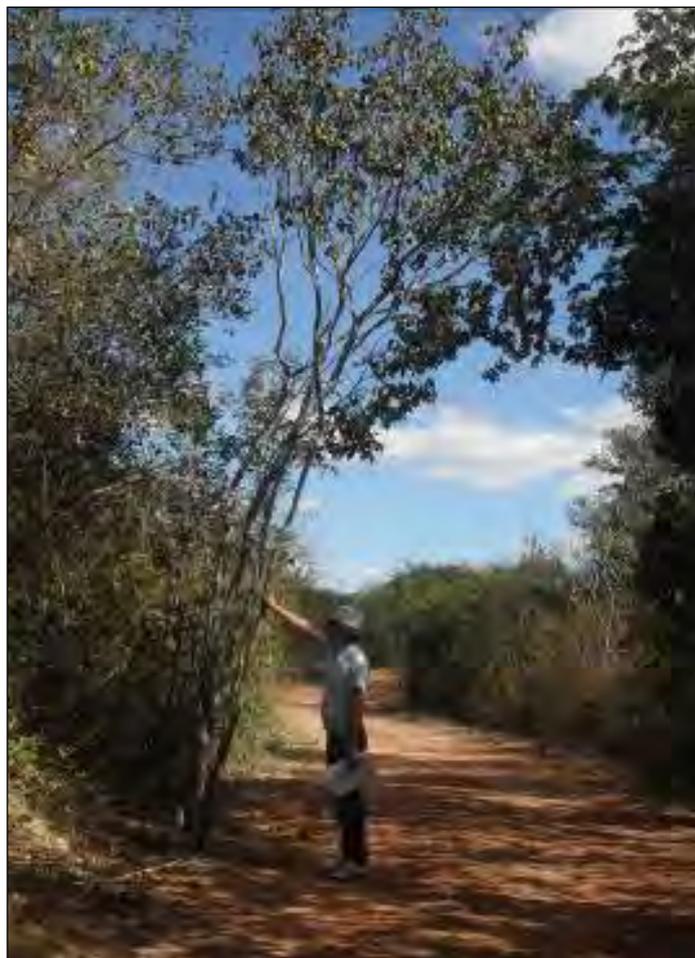
É uma área de fundo chato e plano diferentemente dos outros vales, pois o que seria um leito fluvial intermitente, anteriormente à década de 1970, hoje se encontra totalmente seco com vegetação desenvolvida, constituindo-se numa área peculiar, de vegetação característica diferenciada em relação a outras porções do vale, assentado geologicamente sobre a Formação Cabeças do eopaleozóico.

A litologia da área é representada pela presença de arenitos finos e sílticos intercalados aos arenitos grosseiros e folhelhos da Formação Pimenteiras. Os solos são constituídos por associações de podzólicos, litólicos e latossolos vermelho-amarelo, além de solos distróficos típicos, de textura média, típico de vegetação do tipo subcaducifólia e de relevo suave a ondulado possuindo elevado potencial agrícola.

A vegetação possui predominância de porte acima de 3m, chegando até 7 m, com espécies que variam de 1 a 3m. Encontra-se maior freqüência de espécies como o Pau pereira (*Platygyamus regnellii*), o Marmeleiro (*Croton soderianus*) e a Maniçoba (*Manihos Catingae*). Na área há espécies como o Cipó de Tatu (*Fridericia speciosa*) e a Camaratuba (*Cratylia mollis*) que constituem herbáceas distribuídas entre as espécies de grande porte formando um emaranhado e um adensamento que dificulta a penetração. Quanto a fisionomia, as espécies apresentam tronco que varia de fino a grosso chegando até 20 cm, copa predominantemente rarefeita ou por não terem folhas em sua maioria ou por apresentarem folhas de média a muito pequena. Com isso a área possui pouca sombra ou quase nenhuma. Outras características marcantes são a tortuosidade dos troncos, a raiz em

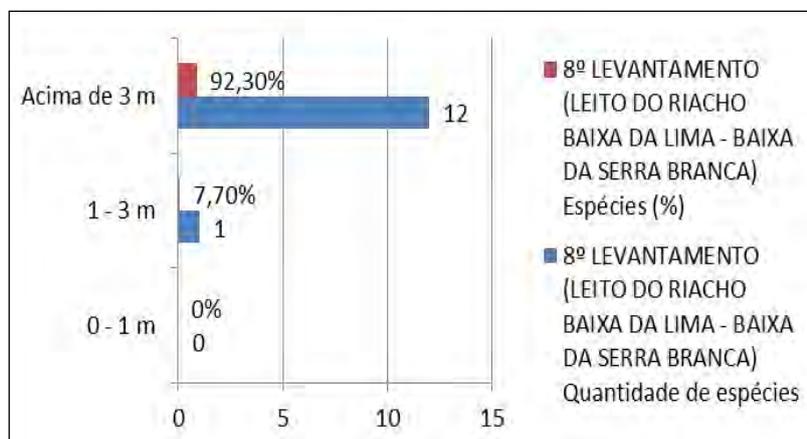
condições normais e a presença de espécies com cicatrizes realizadas pelo homem para a abertura de estradas dentro do Parque Nacional Serra da Capivara.

**Figura 32.** Fisionomia da Savana Estépica Florestada Conservada do Centro do Vale da Serra Branca.



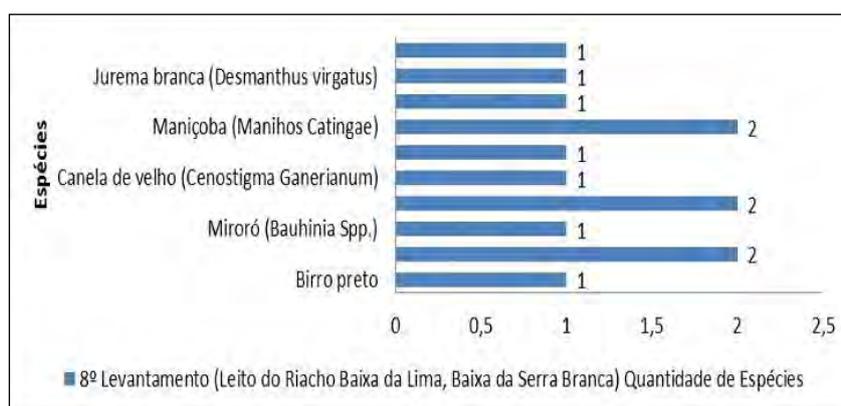
Fonte: Autor.

**Gráfico 9.** Estimativa da altura das espécies da Savana Estépica Florestada Conservada do Centro do Vale da Serra Branca.



Fonte: Elaborado pelo autor.

**Gráfico 10.** Composição florística da Savana Estépica Florestada Conservada do Centro do Vale da Serra Branca.



Fonte: Elaborado pelo autor.

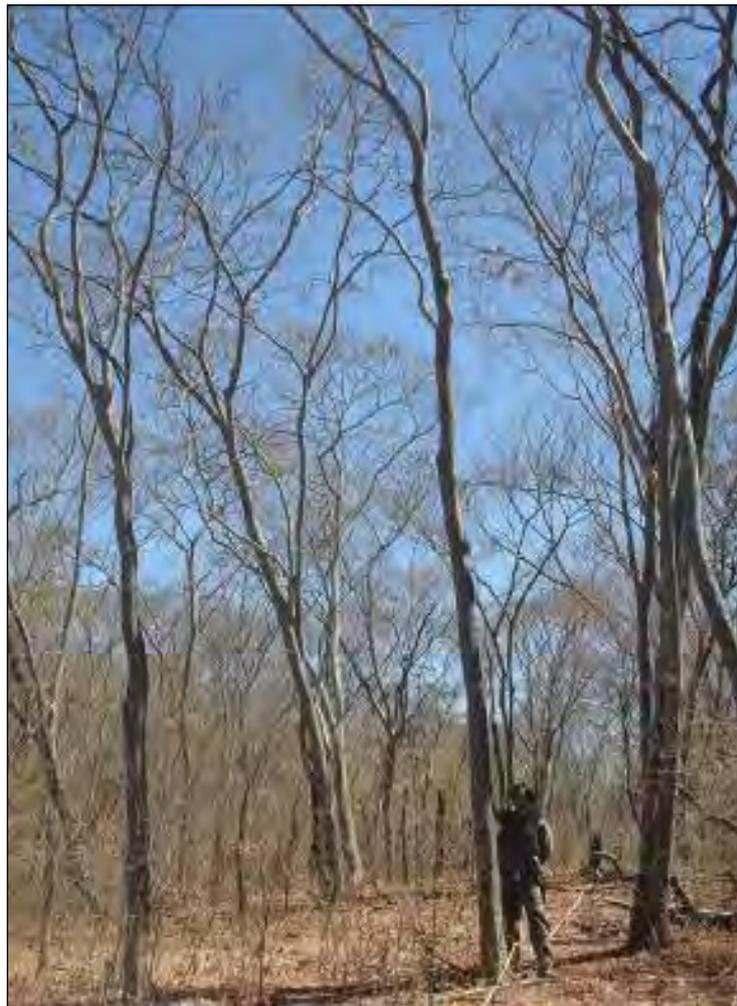
#### 4.2.6 Savana estépica florestada alterada do tipo sub-bosque

A área da unidade em questão constitui-se morfologicamente em colinas da Bacia Sedimentar. As colinas correspondem a baixas elevações do terreno, com topos arredondados e planos com amplitudes e declividades baixas. É derivado de processos de acumulação resultantes dos sedimentos oriundos da chapada. Possuem vertentes com inclinação pouco acentuada e com localização específica no limite norte do parque. Além disso, encontra-se assentada sobre a Formação Pimenteiras do eopaleozóico.

A litologia é composta por arenitos interdigitados com folhelhos, arenitos quartzosos e subgrauvacas quartzosas. Os solos da área constituem-se em associações com predomínio de solos litólicos distróficos decorrentes de relevo ondulado e forte ondulado.

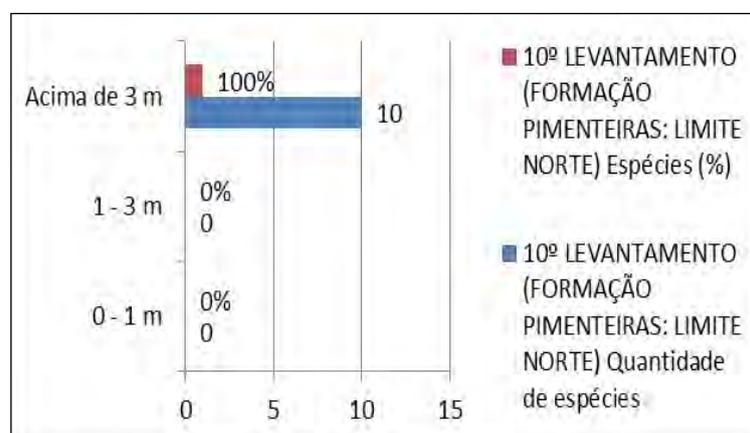
A formação vegetal em questão apresenta como espécies dominantes o Angico Vermelho (*Parapiptadenia rigida*) e o Miroró (*Bauhinia Spp.*). A vegetação é do tipo arbórea com porte acima de 3m. A área encontra-se alterada pelo desmatamento com pastagem de caprinos. Uma característica das espécies vegetais da presente área é a existência de espaços entre os indivíduos o que concede semelhança de bosques. Outra característica é a presença de sapopembas (raízes tabulares que auxiliam na sustentação da espécie). Além disso, encontram-se caules suberosos e diâmetros acima de 20 cm. Apesar do porte elevado dos indivíduos, estes apresentam copa rarefeita o que condiciona a ausência de sombras.

**Figura 33.** Fisionomia da Savana Estépica Florestada Alterada do Tipo Sub-Bosque.



Fonte: Autor.

**Gráfico 11.** Estimativa da altura das espécies da Savana Estépica Florestada Alterada do Tipo Sub-Bosque.



Fonte: Elaborado pelo autor.

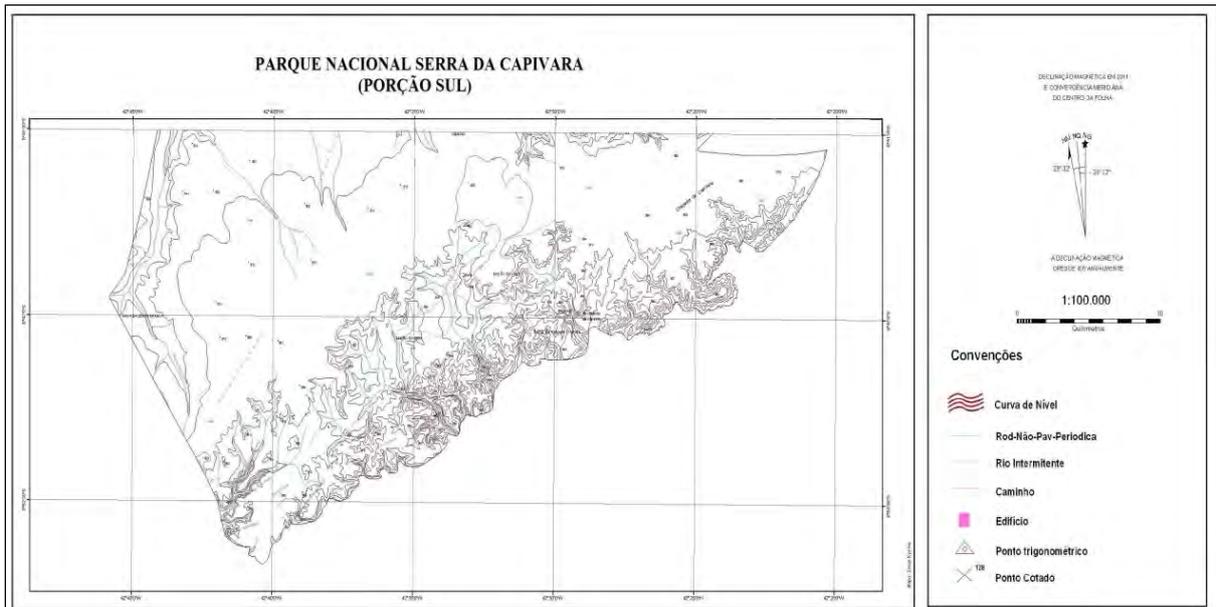
**Gráfico 12.** Composição florística da Savana Estépica Florestada Alterada do Tipo Sub-Bosque.



Fonte: Elaborado pelo autor.

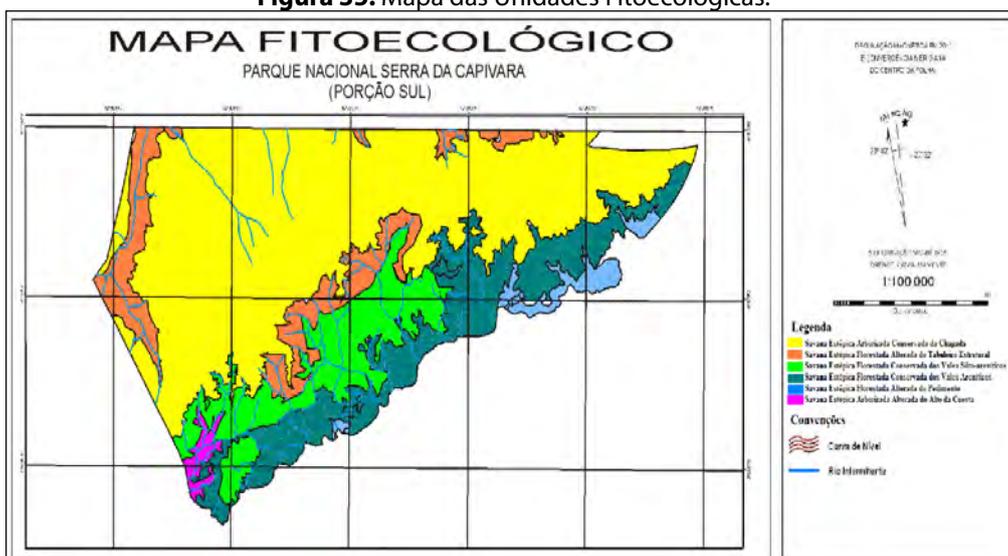
### 4.3 Unidades fitoecológicas da porção sul da área

**Figura 34.** Mapa base da porção sul.



Fonte: Organizado pelo autor.

Figura 35. Mapa das Unidades Fitoecológicas.



Fonte: Organizado pelo autor.

Quadro 2. Quadro síntese das unidades fitoecológicas da porção sul da área de estudo.

QUADRO SÍNTESE DAS UNIDADES FITOECOLÓGICAS (PORÇÃO SUL)						
UNIDADE	GEOLÓGIA	LITOLOGIA	GEOMORFOLOGIA	MORFOGÊNESE	ASSOCIAÇÕES DE SOLOS	AGRUPAMENTOS VEGETAIS
Savana Estépica Arborizada Conservada da Chapada	Depósitos Colúvio-Eluviais	Sedimentos arenosos, areno-argilosos e conglomeráticos	Planaltos Areníticos (Chapadas)	Relevo plano elaborado por processos de sedimentação em cotas altimétricas em torno de 500 metros. Formam chapadas regulares do reverso da cuesta. São cortadas por vales com orientação N/S dominados por cornijas de arenito em relevo ruíneforme.	Presença de latossolos vermelho-amarelo oriundos de coberturas areno-argilosas, não hidromórficos, de perfil profundo, bem desenvolvido, com elevado grau de intemperização.	SAVANNA ESTÉPICA ARBORIZADA CONSERVADA
Savana Estépica Florestada Alterada do Tabuleiro Estrutural	Formação Cabeças	Arenitos e siltitos. Ambiente fluvial, estuário, marinho raso	Tabuleiro Estrutural	Superfície plana resultante de processos de acumulação. Surgiu a partir da erosão diferencial entre os arenitos vermelhos da chapada e os arenitos brancos da Formação Cabeças. Os arenitos brancos mais resistentes demm origem a faixa do Tabuleiro de aproximadamente 30 km. Ao redor do Tabuleiro, presença de cornijas areníticas com menos de 50 m (geralmente sem relevo ruíneforme, em particular em arenitos avermelhados e superiores).	Solos latossolos derivados de areias quartzosas. São solos profundos e excessivamente drenados com níveis de fertilidade muito baixos, sendo predominantemente distróficos desprovidos de minerais facilmente decomponíveis.	SAVANNA ESTÉPICA FLORESTADA ALTERADA
Savana Estépica Florestada Conservada dos Vales Silto-areníticos	Formação Pimenteiras	Arenitos, siltitos e folhelhos. Ambiente marinho raso.	Vales internos da chapada	Vales com orientação na direção norte-sul, profundamente encaixados, apresentam fundo chato e são dominados diretamente por cornijas de arenito sub-verticais em relevo ruíneforme arredondado. Nos planôs esses vales constituem a zona de concentração dos abrigos com pinturas. São vales internos da chapada. Recebem o nome local de Baixão. Ao redor do vale, presença de cornijas areníticas em relevo ruíneforme arredondado de 50 a 100 m.	Areias quartzosas que são solos profundos e excessivamente drenados com níveis de fertilidade muito baixos, sendo predominantemente distróficos desprovidos de minerais facilmente decomponíveis.	SAVANNA ESTÉPICA FLORESTADA CONSERVADA
Savana Estépica Florestada Conservada dos Vales Areníticos	Grupo Serra Grande	Conglomerados, arenitos e intercalações de siltitos e folhelhos. Ambientes fluvial entrelaçado, marinho raso e glacial.	Vales internos da chapada	Relevo de estrutura concordante homoclinal, dissecado por canais fluviais, formando vales interiores com orientação N/S comumente chamados de baixão. Presença de cornijas areníticas em relevo ruíneforme arredondado de 50 a 100 m.	Presença de litólicos que compreendem solos rasos, pouco desenvolvidos, apresentando horizonte A ausente sobre rocha, de caráter distrófico, pedregosos e com declives fortes, susceptíveis à erosão.	SAVANNA ESTÉPICA FLORESTADA CONSERVADA
Savana Estépica Florestada Alterada do Pedimento	Formação Barra Bonita	Cianita, estaurolita, granada e micaxistos.	Pedimento	Relevo plano elaborado por processos de erosão, com maciços calcários, botólitos de granitos intrusivos, inselbergs e depósitos aluviais.	Associações de podzólicos, litólicos e latossolos vermelho-amarelo. Área de retirada de madeira e lenha, agricultura de subsistência, pecuária extensiva com solos expostos.	SAVANNA ESTÉPICA FLORESTADA ALTERADA
Savana Estépica Arborizada Alterada do Alto da Cuesta	Complexo Sobradinho Remanso	Órtognaisses migmatíticos, tonalítico-trondijemíticos e granodioríticos, com enclaves máficos e restos de rochas supracrustais.	Cuesta	Área de rebordo de Cuesta e cornijas de arenito em relevo ruíneforme de mais de 100m.	Presença de litólicos que compreendem solos rasos, pouco desenvolvidos, apresentando horizonte A ausente sobre rocha, de caráter distrófico, pedregosos e com declives fortes, susceptíveis à erosão.	SAVANNA ESTÉPICA ARBORIZADA ALTERADA

Fonte: Elaborado pelo autor.

#### **4.3.1 Savana estépica arborizada conservada da chapada**

Topograficamente essa unidade corresponde às áreas mais elevadas da região mapeada, com relevo plano elaborado por processo de sedimentação, derivado de erosão fluvial regressiva, em cotas altimétricas em torno de 500 metros aparecendo principalmente sobre os Depósitos Colúvio-Eluviais representados pela Serra Talhada, Serra Branca, Serra do Congo, Serra Nova, Serra Vermelha e Serra Grande que fazem parte de um complexo que leva o nome de Serra do Bom Jesus do Gurguéia. A litologia é representada basicamente por sedimentos arenosos, areno-argilosos e conglomeráticos.

Conforme estudos realizados na área, verifica-se que os solos da chapada são latossolos vermelho-amarelos com dominância de areia, significativamente secos e móveis na superfície. O recobrimento do solo pela vegetação é fraco, de modo que se encontram expostos. Esses latossolos são dos mais ácidos da região, possuem horizonte húmico quase inexistente onde a matéria orgânica em decomposição se encontra entre 0 e 3 centímetros de profundidade. No geral são solos que apresentam uma alta permeabilidade, além de uma baixa fertilidade natural, gerando um espaço impróprio para a agricultura tradicional (EMPERAIRE, 1980). A área é utilizada para caça e coleta e vem sendo desmatada para implantação de monoculturas.

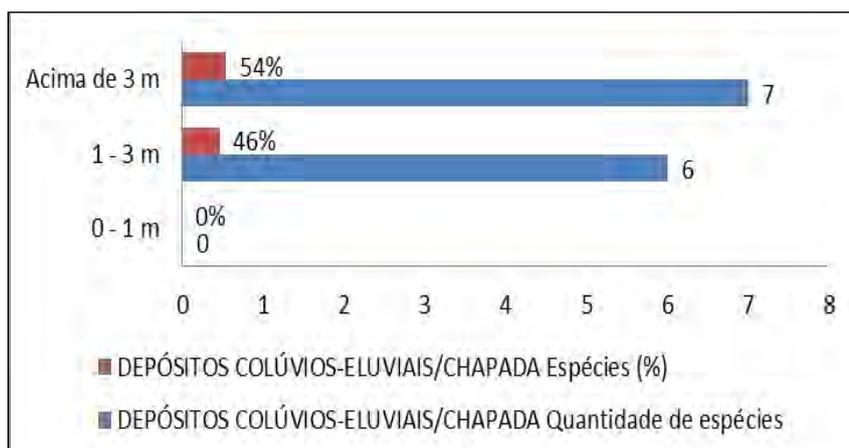
Quanto à vegetação, predomina nessa unidade a Savana Estépica Arborizada Conservada destacando-se espécies como o Angico de Bezerro (*Piptadenia obliqua*), a Maniçoba (*Manihot catingae*), o Jatobá (*Hymenaea spp.*) e a Guabiroba (*Camponesia sp.*). Essa unidade caracteriza-se por apresentar uma homogeneidade fisionômica, com uma formação vegetal significativamente densa, de difícil penetração, com numerosos arbustos de pequeno porte distribuindo-se entre os indivíduos maiores. Espécies como a Toca da Onça, conspícua na área, se ramificam desde sua base, com porte significativamente esparramado, formando tufo de cerca de 10 caules. Dentre as características marcantes da vegetação caatinga, verificou-se nessa unidade que parte das espécies são decíduas, com intensa caducifólia das folhas, e, quanto a presença de indivíduos espinhosos, constataram-se a insignificante ocorrência de espécies suculentas, como as cactáceas. Essa unidade está localizada à 08° 43' 42,63" S e 42° 33' 14,27" W, numa altitude de 600 metros.

**Figura 36.** Fisionomia da Savana Estépica Arborizada Conservada da Chapada.



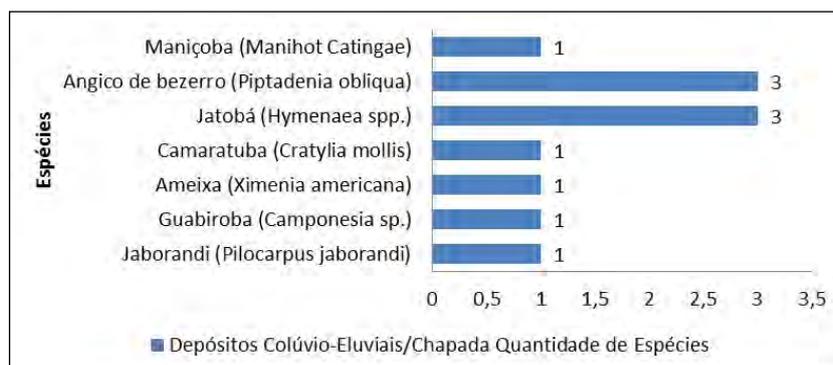
Fonte: Autor.

**Gráfico 13.** Estimativa da altura das espécies da Savana Estépica Arborizada Conservada da Chapada.



Fonte: Elaborado pelo autor.

**Gráfico 14.** Composição florística da Savana Estépica Arborizada Conservada da Chapada.



Fonte: Elaborado pelo autor.

#### **4.3.2 Savana estépica florestada alterada do tabuleiro estrutural**

Corresponde a uma faixa de aproximadamente 30 km, anteriormente ocupada pelo povoado Zabelê, situada em áreas com cotas altimétricas que variam de 450 a 300 metros. Constitui-se num relevo tabular de topo plano dissecado em estreitos interflúvios e drenagem com vales bem encaixados. A geomorfologia é resultante de erosão diferencial gerada a partir dos arenitos vermelhos da chapada e dos arenitos brancos, mais resistentes, da Formação Cabeças (PELLERIN, 1984).

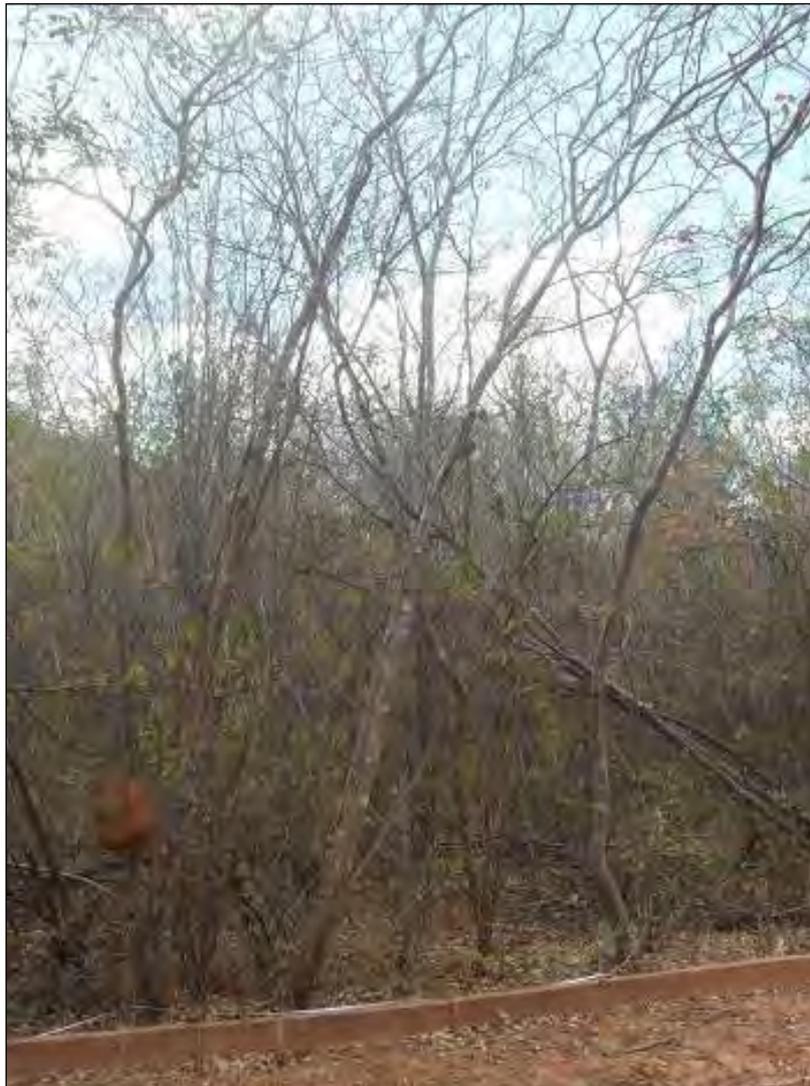
A litologia é representada por arenitos e siltitos de ambiente fluvial, estuário e marinho raso. Quanto aos solos, segundo estudos realizados na área, predominam associações de latossolos distróficos que vão de areno-limosos a areno-argilosos vermelho amarronzado, com alto teor de acidez.

A vegetação é classificada como Savana Estépica Florestada Alterada. Foi significativamente alterada em períodos anteriores (aproximadamente 30 anos atrás), quando a área foi povoada pela comunidade Zabelê. Quanto ao porte, espécies arbóreas são conspícuas na área, mas há também presença de indivíduos médios. O Pau de Rato (*Caesalpinia bracteosa*), o Marmeleiro (*Croton soderianus*), o Angico (*Piptadenia spp.*) e a Unha de Gato (*Acacia langdorsffi*) são as espécies dominantes.

Características típicas da formação Caatinga estão presentes nessa unidade: significativa caducifólia dos componentes vegetais, presença de espécies espinhosas e suculentas, maioria dos indivíduos vegetais com diâmetro abaixo ou em torno de 10 cm e presença de espécies xerófilas. Quanto à densidade, verificou-se que grande parte da área é povoada por uma caatinga mais densa, enquanto que em porções esporádicas a fisionomia assemelha-se a um sub-bosque.

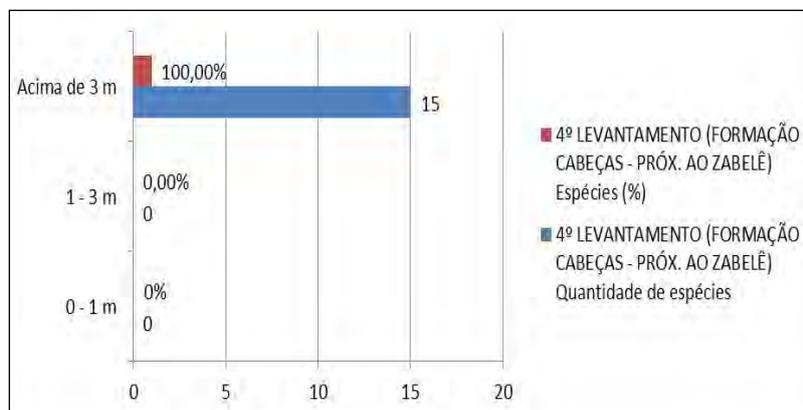
Em resumo, essa unidade possui as seguintes características: Localização: 8° 46' 15,32" S e 42° 33' 51,26" W. Altitude: 509 m. Geologia: Formação Cabeças. Litologia: arenitos e siltitos. Geomorfologia: tabuleiro estrutural. Morfogênese: superfície plana resultante de processos de acumulação. Surgiu a partir da erosão diferencial entre os arenitos vermelhos da chapada e os arenitos brancos da Formação Cabeças. Os arenitos brancos mais resistentes deram origem à faixa do tabuleiro de aproximadamente 30 km. Solos: latossolos de areias quartzosas. Vegetação: encontra-se recuperada (Figura 37), espécies arbóreas são conspícuas (Gráfico 15). Pau de Rato (*Caesalpinia bracteosa*), Marmeleiro (*Croton soderianus*), Angico (*Piptadenia spp.*) são dominantes (Gráfico 16).

**Figura 37.** Fisionomia da Savana Estépica Florestada Alterada do Tabuleiro Estrutural.



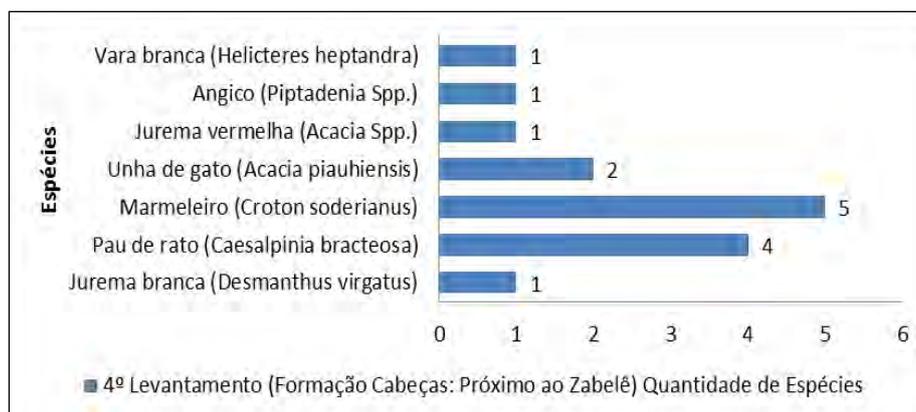
Fonte: Autor.

**Gráfico 15.** Estimativa da altura das espécies da Savana Estépica Florestada Alterada do Tabuleiro Estrutural.



Fonte: Elaborado pelo autor.

**Gráfico 16.** Composição florística da Savana Estépica Florestada Alterada do Tabuleiro Estrutural.



Fonte: Elaborado pelo autor.

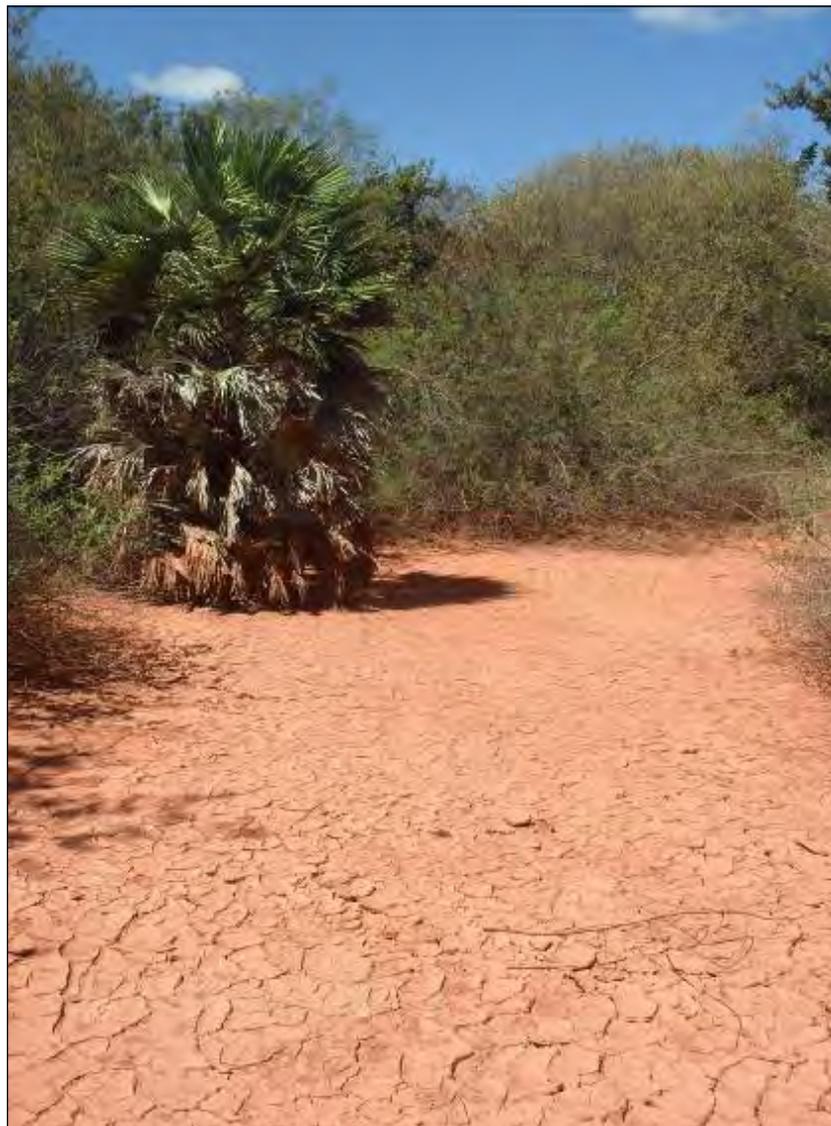
### 4.3.3 Savana estépica florestada conservada dos vales silto-areníticos

Geomorfologicamente corresponde a uma área de vale. Estes cortam os planaltos areníticos (chapadas) do reverso da cuesta. Constituem superfícies de fundo chato, que cortam a chapada na direção norte-sul, dominados por cornijas de arenitos sub-verticais, em relevo ruiforme arredondado (PELLERIN, 1984). Local onde são encontrados a maioria dos registros da presença humana pré-histórica, constituindo a melhor zona de concentração de abrigos com pinturas rupestres dos platôs da chapada.

As características do meio físico variam segundo o substrato geológico. No caso dos vales silto-areníticos, estes são representados pela Formação Pimenteiras. A litologia é composta por arenitos, siltitos e folhelhos oriundos de ambiente marinho raso. A Formação Pimenteiras está situada a nordeste da área do Parque Nacional Serra da Capivara, possui espessura de aproximadamente 70 metros e é composta de bancos alternados de arenitos e siltitos (ARRUDA, 1993). O silte foi responsável pela formação de vales de grandes dimensões na área, como o Vale da Boa Esperança. Com relação aos solos, de acordo com estudos realizados na área, suas características são semelhantes aos solos da chapada, são predominantemente areno-argilosos, com pH ácido (pouco ácidos com relação aos solos da chapada), pobres em matéria orgânica e de baixa fertilidade para o desenvolvimento da agricultura.

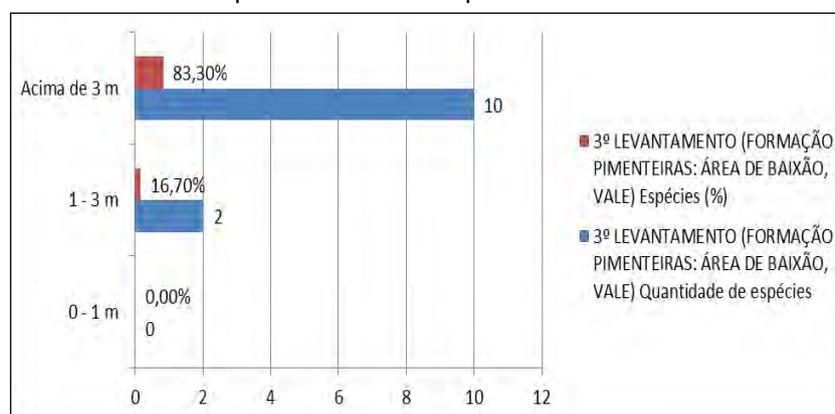
A vegetação é classificada como Savana Estépica Florestada Conservada. Dominam espécies como a Jurema Vermelha (*Acacia spp.*), Jurema Branca (*Desmanthus virgatus*), Farinha Seca (*Thiloa glaucocarpa*) e o Feijão de Boi (*Capparis flexuosa*). Constitui numa formação vegetal de caatinga típica de ambiente úmido devido às circunstâncias do relevo (área de vale). Em razão dessa característica, verificou-se além da fisionomia arbórea da vegetação, uma fraca deciduidade das folhas, sendo do tipo subcaducifólia, e a presença de indivíduos de Carnaúba (*Copernicia cerifera*), o que prova a significativa umidade da área. Com relação a densidade, constitui-se numa formação vegetal pouco densa, com indivíduos espaçados e presença de herbáceas entre estes. No que tange à proteção ambiental, corresponde a uma área onde as espécies vegetais presentes estão visivelmente conservadas. Unidade localizada à 8° 50' 47,57" S e 42° 40' 22,23" W, com altitude de 495 m.

**Figura 38.** Fisionomia da Savana Estépica Florestada Conservada dos Vales Silto-Areníticos.



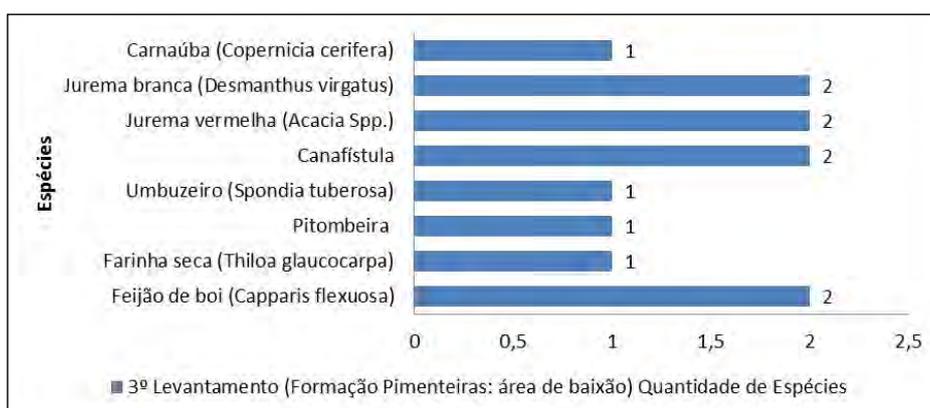
Fonte: Autor (2012).

**Gráfico 17.** Estimativa da altura das espécies da Savana Estépica Florestada Conservada dos Vales Silto-Areníticos.



Fonte: Elaborado pelo autor (2012).

**Gráfico 18.** Composição florística da Savana Estépica Florestada Conservada dos Vales Silto-Areníticos.



Fonte: Elaborado pelo autor (2012).

#### 4.3.4 Savana estépica florestada conservada dos vales areníticos

A presente categoria possui características que se assemelham à área dos Vales Silto-Areníticos, as diferenças existentes são em razão do substrato geológico. No caso dos Vales Areníticos, estes são representados pela Formação Serra Grande.

Corresponde a uma área de vale que corta os planaltos areníticos do reverso da cuesta na direção norte-sul, constituindo superfícies de fundo chato, dominados por cornijas de arenitos sub-verticais (entre 50 e 100 metros), em relevo ruiforme arredondado. Os vales internos da chapada constituem no local onde são encontrados a maioria dos registros da presença humana pré-histórica, sendo a melhor zona de concentração de abrigos com pinturas rupestres sobre rocha.

Os Vales Areníticos são representados pela Formação Serra Grande. A litologia é composta por conglomerados, arenitos e intercalações de siltitos e folhelhos oriundos de ambiente fluvial entrelaçado, marinho raso e glacial. Com relação aos solos, são predominantemente areno-argilosos, com pH ácido, pobres em matéria orgânica e de baixa fertilidade para o desenvolvimento da agricultura.

A vegetação é classificada como Savana Estépica Florestada Conservada. Dominam espécies como a Unha de Gato (*Acacia piauhienses*), Farinha Seca (*Thiloa glaucocarpa*), Cangalheiro (*Pterodon abruptus*) e o Angico de Bezerra (*Piptadenia obliqua*). Constitui numa formação vegetal de caatinga típica de ambiente úmido devido às circunstâncias do relevo (área de vale).

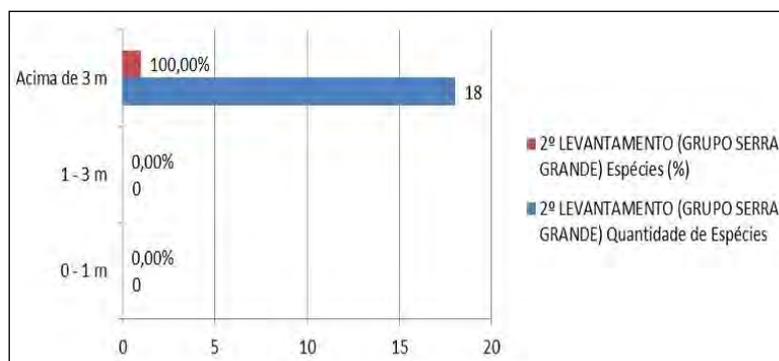
Em resumo, essa unidade possui as seguintes características: Localização: 8° 51' 10,02" S e 42° 40' 40,49" W. Altitude: 483 m. Geologia: Grupo Serra Grande. Litologia: conglomerados, arenitos e intercalações de siltitos e folhelhos. Geomorfologia: vales internos da chapada. Morfogênese: relevo de estrutura concordante homoclinal, dissecado por canais fluviais, formando vales interiores com orientação N/S. Solos: presença de litólicos que compreendem solos rasos, pouco desenvolvidos, apresentando horizonte A ausente sobre rocha, de caráter distrófico, pedregosos e com declives fortes, susceptíveis à erosão. Vegetação: possui características que se assemelham à área dos Vales Silto-Areníticos (Gráfico 19). Dominam espécies como a Unha de Gato (*Acacia piauhienses*), Farinha Seca (*Thiloa glaucocarpa*), Cangalheiro (*Pterodon abruptus*) e o Angico de Bezerra (*Piptadenia obliqua*) (Gráfico 20). Caatinga típica de ambiente úmido (área de vale) (Figura 39).

**Figura 39.** Fisionomia da Savana Estépica Florestada Conservada dos Vales Areníticos.



Fonte: Autor.

**Gráfico 19.** Estimativa da altura das espécies da Savana Estépica Florestada Conservada dos Vales Areníticos.



Fonte: Elaborado pelo autor.

**Gráfico 20.** Composição florística da Savana Estépica Florestada Conservada dos Vales Areníticos.



Fonte: Elaborado pelo autor.

#### **4.3.5 Savana estépica florestada alterada do pedimento**

Unidade localizada no Pedimento, um dos três compartimentos geomorfológicos na divisão do Parque Nacional Serra da Capivara de PELLERIN (1984). Localizado a sul da área de estudo, sobre o escudo cristalino pré-cambriano da depressão periférica do Rio São Francisco, o pedimento corresponde a um relevo de planície de erosão, escavado nas rochas metamórficas entre a cuesta de arenito siluro-devoniana e os afloramentos de quartzito pré-cambriano da Serra dos Dois Irmãos, com largura de aproximadamente 80 km e altitudes que variam entre 300 e 400 metros, inclinando-se suavemente a partir de suas bordas em direção a calha central do Rio Piauí.

Os relevos que constituem o pedimento podem ser entendidos, de acordo com as referências estudadas, como uma superfície mais aplainada a norte, onde dominam a série de micaxistos com ocorrência de alguns inselbergs de granito e maciços calcários, e uma superfície movimentada a sul, onde domina a série gnáissica, com relevo significativo apresentando numerosos inselbergs. O pedimento constitui na melhor zona da área estudada de concentração de água, com presença de lagos e lagoas, sendo significativamente habitada e cultivada.

A depressão periférica da planície pré-cambriana do Rio São Francisco contém rochas dos Grupos Caraíba e Salgueiro. No caso da presente unidade, o pedimento é representado pela Formação Barra Bonita. A litologia é composta de cianita, estauroilita, granada e micaxistos. Quanto aos solos, estes são predominantemente areno-argilosos, ácidos, pobres em matéria orgânica e de baixa fertilidade para a agricultura. Numa comparação dos solos do planalto sedimentar com o pedimento, observa-se que os solos do pedimento são mais argilosos, menos ácidos, possuem capacidade de retenção de água maior sendo mais ocupados com a agricultura. Os latossolos são dominantes (aproximadamente 50% da área), do tipo amarelo e vermelho-amarelo.

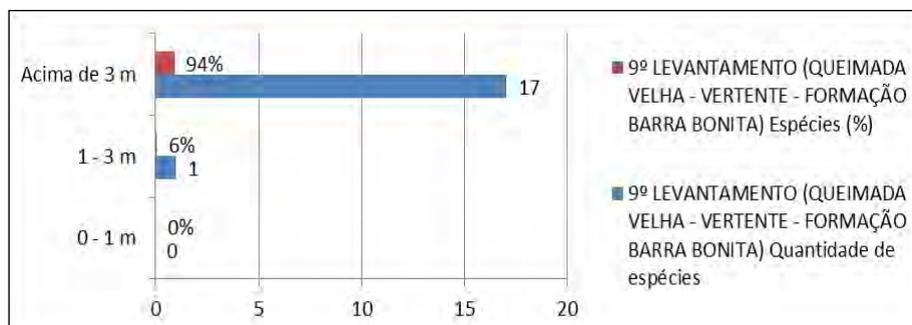
A vegetação é classificada como Savana Estépica Florestada Alterada. A porção de amostra escolhida está localizada à  $8^{\circ}47'28,51''\text{S}$  e  $42^{\circ}28'00,08''\text{W}$ , numa altitude de 457 metros. A área do pedimento correspondente a presente classificação é conhecida popularmente como 'Queimada Velha'. Constitui numa superfície de vertente, significativamente inclinada, que se encontra bastante arrasada devido o uso e manejo do solo. A alta caducifolidade das folhas é característica marcante das espécies observadas. Dominam o Angico (*Piptadenia* spp.), o Pau de Rato (*Caesalpinia bracteosa*), o Marmeleiro (*Croton soderianus*).

**Figura 40.** Fisionomia da Savana Estéptica Florestada Alterada do Pedimento.



Fonte: Autor.

**Gráfico 21.** Estimativa da altura das espécies da Savana Estéptica Florestada Alterada do Pedimento.



Fonte: Elaborado pelo autor.

**Gráfico 22.** Composição florística da Savana Estéptica Florestada Alterada do Pedimento.



Fonte: Elaborado pelo autor.

#### **4.3.6 Savana estépica florestada alterada do alto da cuesta**

Ponto localizado à 8° 52' 21,02" S e 42° 42' 06,53" W em altitude de 471 metros. No mapa geomorfológico de Pellerin (1984), o ponto está situado na zona de cuesta, centro da área de estudo, entre os planaltos areníticos e o pedimento. A cuesta possui orientação sudoeste-nordeste, largura de aproximadamente 7 km e amplitude entre o planalto e o pedimento de 250 metros (ARRUDA, 1993). É dupla com tabuleiro intermediário e possui entalhe em cânions dendriformes de paredes ruiformes.

Nesse ponto a cuesta é representada geologicamente pela Formação Complexo Sobradinho-Remanso, que litologicamente é composta de ortognaisses migmatíticos, tonalítico-trondhjemíticos e granodioríticos com enclaves máficos e restos de rochas supracrustais. Os solos são predominantemente rasos, pobres em matéria orgânica, inviáveis para prática da agricultura.

A vegetação nesse ponto encontra-se significativamente alterada pelas pastagens e culturas que existiam no passado. Fisionomicamente verificou-se uma formação arbustiva aberta dominante, com solo pedregoso e descoberto pela vegetação, além de alta caducifolia dos indivíduos perdendo todas as folhas na época da seca.

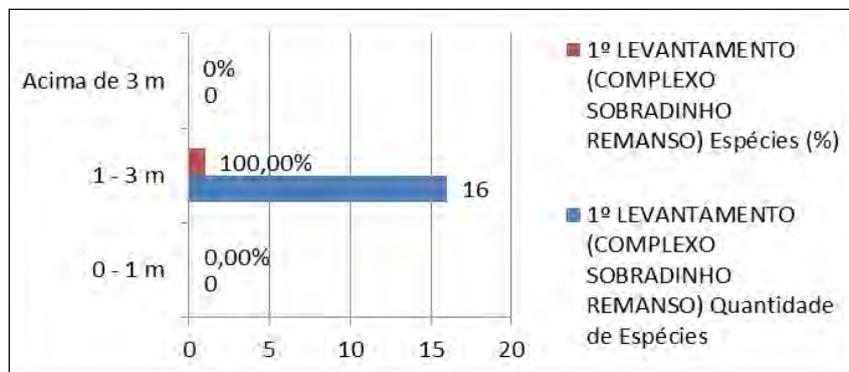
Em resumo, essa unidade geossistêmica possui as seguintes características: Localização: 8° 52' 21,02" S e 42° 42' 06,53" W. Altitude: 471 m. Geologia: Complexo Sobradinho Remanso. Litologia: ortognaisses migmatíticos, tonalítico-trondhjemíticos e granodioríticos, com enclaves máficos e restos de rochas supracrustais. Geomorfologia: Cuesta. Morfogênese: área de rebordo de Cuesta e cornijas de arenito em relevo ruiforme de mais de 100m. Solos: presença de litólicos que compreendem solos rasos, pouco desenvolvidos, apresentando horizonte A ausente sobre rocha, de caráter distrófico, pedregosos e com declives fortes, susceptíveis à erosão. Vegetação: encontra recuperada pelas pastagens e culturas existentes no passado. Fisionomicamente verificou-se uma formação arbustiva aberta, alta caducifolia dos indivíduos, perdendo todas as folhas na época desfavorável.

**Figura 41.** Fisionomia da Savana Estépica Arborizada Alterada do Alto da Cuesta.



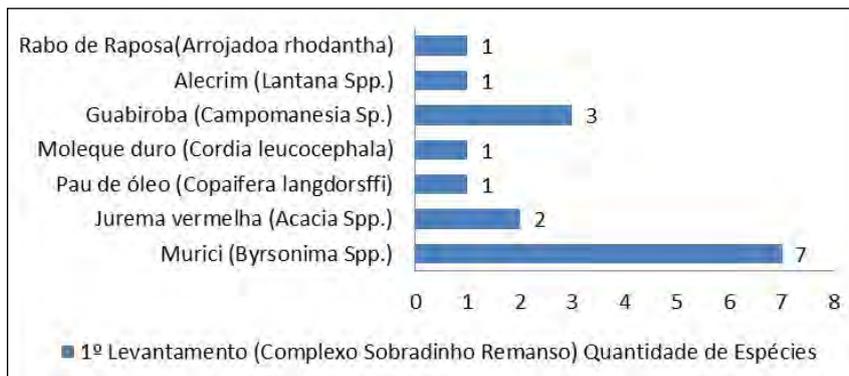
Fonte: Autor.

**Gráfico 23.** Estimativa da altura das espécies da Savana Estépica Arborizada Alterada do Alto da Cuesta.



Fonte: Elaborado pelo autor.

**Gráfico 24.** Composição florística da Savana Estépica Arborizada Alterada do Alto da Cuesta.



Fonte: Elaborado pelo autor.

## 5. Análise estatística

Numa análise estatística descritiva várias técnicas podem ser aplicadas, com o objetivo comum de organizar, resumir e descrever um conjunto de dados. Para alcançar os objetivos do presente trabalho, foram utilizadas as seguintes técnicas: GRÁFICOS DESCRITIVOS, DESCRIÇÃO TABULAR e DESCRIÇÃO PARAMÉTRICA.

Para resumir os dados através de gráficos foram utilizados Gráficos Descritivos. Para resumir os dados através de tabelas foi utilizada a técnica de Descrição Tabular, e para estimar os valores dos parâmetros estabelecidos, completando a descrição do conjunto de dados, foi utilizada a técnica de Descrição Paramétrica.

Os parâmetros atribuídos mostraram as semelhanças e as diferenças entre as observações realizadas. Entre as Medidas de Tendência Central, indicadoras da localização dos dados, foi utilizada a média. A Medida de Dispersão utilizada foi o desvio padrão, para cálculo da variabilidade dos dados quantitativos. A Tabela 1 apresenta a descrição estatística dos valores máximos e mínimos, da média e do desvio padrão dos atributos (7) e de suas variáveis (23), segundo as parcelas observadas (12).

**Tabela 1.** Quadro geral dos atributos determinantes para a presente análise estatística.

DESCRIPTIVE STATISTICS					
	N	Minimum	Maximum	Mean	Std. Deviation
Altura 0-1m	12	,00	,00	,0000	,00000
Altura 1-3m	12	,00	100,00	18,3667	28,09103
Altura +3m	12	,00	100,00	81,6333	28,09103
Diâmetro 0-10m	12	,0	75,0	22,217	21,1441
Diâmetro 10-20m	12	5,0	57,0	35,792	16,1682
Diâmetro +20m	12	6,0	95,0	41,992	26,5509
Fuste (sem)	12	10	56	26,83	16,759
Fuste 0-1m	12	5	50	25,08	11,587
Fuste +1m	12	6	80	50,17	21,696
Tronco (sem)	12	0	56	21,00	17,863
Tronco (reto)	12	19	70	48,58	15,940
Tronco (inclinado)	12	14	70	30,58	16,550
Folha (sem)	12	0	70	20,83	22,699
Folha (pequena)	12	30	94	59,25	21,355
Folha (média)	12	0	40	11,58	13,146
Folha (grande)	12	0	60	8,33	17,531
Copa (sem)	12	0	70	18,25	21,847
Copa (rarefeita)	12	20	100	67,75	28,936
Copa (densa)	12	0	80	9,83	22,587
Sombra (sem)	12	10	100	80,50	29,262
Sombra 0-5m	12	0	47	13,00	17,576
Sombra 5-10m	12	0	35	4,58	10,361
Sombra +10m	12	0	15	1,92	4,719

Entende-se por Média (M) o valor significativo de uma lista de valores, apontando para onde se concentram os dados de uma distribuição. É calculada através da combinação de valores de um conjunto, gerando um valor correspondente à média do conjunto. O Desvio padrão (S) representa o quanto de variação existe em relação à média, onde um baixo desvio indica que os dados tendem a estar próximos da média, e um desvio alto indica que os dados estão espalhados pelos diversos valores. O desvio padrão dividido pela média é igual ao Coeficiente de Variação (CV). Este é uma medida de dispersão empregada para comparar distribuições diferentes. O CV ganha importância pelo fato de o desvio padrão ser relativo à média, onde em duas distribuições com médias diferentes o desvio não é comparável. Os valores da média e do desvio padrão apresentam uma relação diretamente proporcional, onde quanto maior a média maior o desvio padrão, o que não significa aumento da disparidade. Já quanto aos valores do coeficiente de variação, observa-se que quanto maior for o valor, maior a heterogeneidade e disparidade, e quanto menor o valor, maior a homogeneidade e menor a disparidade. Determinar o CV é estimar de que forma o desvio padrão está para o média, por isso é aplicado para avaliar resultados que envolvem a mesma variável resposta, permitindo quantificar a precisão das pesquisas. Abaixo seguem sete tabelas relativas aos atributos considerados (7), com os dados sobre as parcelas observadas (12), as variáveis investigadas (23), e seus respectivos cálculos da M; S e CV.

**Tabela 2.** Quadro da análise desenvolvida no âmbito do atributo ALTURA.

<b>Vegetação: aspectos analisados</b>	<b>Altura 0-1m</b>	<b>Altura 1-3m</b>	<b>Altura +3m</b>
<b>Chapada (ALTO) %</b>	0	18	82
<b>Chapada (VERTENTE) %</b>	0	33	67
<b>Chapada (SOPÉ) %</b>	0	10	90
<b>Serra Branca (INTERIOR) %</b>	0	0	100
<b>Serra Branca (CENTRO) %</b>	0	7,7	92,3
<b>Sub-Bosque %</b>	0	0	100
<b>Alto da Cuesta %</b>	0	100	0
<b>Chapada %</b>	0	29	71
<b>Tabuleiro Estrutural %</b>	0	0	100
<b>Vales Silto-Areníticos %</b>	0	16,7	83,3
<b>Vales Areníticos %</b>	0	0	100
<b>Pedimento %</b>	0	6	94
<b>m</b>	0	18,37	81,63
<b>s</b>	0	28,09	28,09
<b>cv</b>	0	152,95	34,41

**Tabela 3.** Quadro da análise desenvolvida no âmbito do atributo DIÂMETRO.

Vegetação: aspectos analisados	Diâmetro 0-10m	Diâmetro 10-20m	Diâmetro +20m
Chapada (ALTO) %	18	29	53
Chapada (VERTENTE) %	33	17	50
Chapada (SOPÉ) %	20	50	30
Serra Branca (INTERIOR) %	0	5	95
Serra Branca (CENTRO) %	23	38,5	38,5
Sub-Bosque %	0	30	70
Alto da Cuesta %	75	19	6
Chapada %	36	57	7
Tabuleiro Estrutural %	20	53,3	26,7
Vales Silto-Areníticos %	8,3	41,7	50
Vales Areníticos %	33,3	50	16,7
Pedimento %	0	39	61
<b>m</b>	22,22	35,79	41,99
<b>s</b>	21,14	16,17	26,55
<b>cv</b>	95,17	45,17	63,23

**Tabela 4.** Quadro da análise desenvolvida no âmbito do atributo FUSTE.

Vegetação: aspectos analisados	Fuste (sem)	Fuste 0-1m	Fuste +1m
Chapada (ALTO) %	12	23	65
Chapada (VERTENTE) %	25	50	25
Chapada (SOPÉ) %	10	20	70
Serra Branca (INTERIOR) %	15	5	80
Serra Branca (CENTRO) %	46	23	31
Sub-Bosque %	10	30	60
Alto da Cuesta %	56	38	6
Chapada %	43	21	36
Tabuleiro Estrutural %	33	27	65
Vales Silto-Areníticos %	17	25	58
Vales Areníticos %	44	11	45
Pedimento %	11	28	61
<b>m</b>	26,83	25,08	50,17
<b>s</b>	16,76	11,59	21,70
<b>cv</b>	62,46	46,20	43,25

**Tabela 5.** Quadro da análise desenvolvida no âmbito do atributo TRONCO.

<b>Vegetação: aspectos analisados</b>	<b>Tronco (sem)</b>	<b>Tronco (reto)</b>	<b>Tronco (inclinado)</b>
<b>Chapada (ALTO) %</b>	6	47	47
<b>Chapada (VERTENTE) %</b>	25	34	43
<b>Chapada (SOPÉ) %</b>	0	30	70
<b>Serra Branca (INTERIOR) %</b>	10	70	20
<b>Serra Branca (CENTRO) %</b>	15	62	23
<b>Sub-Bosque %</b>	10	60	30
<b>Alto da Cuesta %</b>	56	19	25
<b>Chapada %</b>	43	43	14
<b>Tabuleiro Estrutural %</b>	7	53	40
<b>Vales Silto-Areníticos %</b>	25	59	16
<b>Vales Areníticos %</b>	44	39	17
<b>Pedimento %</b>	11	67	22
<b>m</b>	21,00	48,58	30,58
<b>s</b>	17,86	15,94	16,55
<b>cv</b>	85,06	32,81	54,11

**Tabela 6.** Quadro da análise desenvolvida no âmbito do atributo FOLHA.

<b>Vegetação: aspectos analisados</b>	<b>Folha (sem)</b>	<b>Folha (pequena)</b>	<b>Folha (média)</b>	<b>Folha (grande)</b>
<b>Chapada (ALTO) %</b>	18	53	23	6
<b>Chapada (VERTENTE) %</b>	0	75	8	17
<b>Chapada (SOPÉ) %</b>	30	30	40	0
<b>Serra Branca (INTERIOR) %</b>	0	40	0	60
<b>Serra Branca (CENTRO) %</b>	23	54	23	0
<b>Sub-Bosque %</b>	70	30	0	0
<b>Alto da Cuesta %</b>	6	94	0	0
<b>Chapada %</b>	0	93	7	0
<b>Tabuleiro Estrutural %</b>	53	47	0	0
<b>Vales Silto-Areníticos %</b>	0	67	16	17
<b>Vales Areníticos %</b>	17	61	22	0
<b>Pedimento %</b>	33	67	0	0
<b>m</b>	20,83	59,25	11,58	8,33
<b>s</b>	22,70	21,35	13,15	17,53
<b>cv</b>	108,95	36,04	113,49	210,37

**Tabela 7.** Quadro da análise desenvolvida no âmbito do atributo COPA.

Vegetação: aspectos analisados	Copa (sem)	Copa (rarefeita)	Copa (densa)
Chapada (ALTO) %	12	76	12
Chapada (VERTENTE) %	0	100	0
Chapada (SOPÉ) %	40	50	10
Serra Branca (INTERIOR) %	0	20	80
Serra Branca (CENTRO) %	15	77	8
Sub-Bosque %	70	30	0
Alto da Cuesta %	6	94	0
Chapada %	0	100	0
Tabuleiro Estrutural %	17	33	0
Vales Silto-Areníticos %	9	83	8
Vales Areníticos %	6	94	0
Pedimento %	44	56	0
<b>m</b>	18,25	67,75	9,83
<b>s</b>	21,85	28,94	22,59
<b>cv</b>	119,71	42,71	229,69

**Tabela 8.** Quadro da análise desenvolvida no âmbito do atributo SOMBRA.

Vegetação: aspectos analisados	Sombra (sem)	Sombra 0-5m	Sombra 5-10m	Sombra +10m
Chapada (ALTO) %	41	47	12	0
Chapada (VERTENTE) %	92	8	0	0
Chapada (SOPÉ) %	80	20	0	0
Serra Branca (INTERIOR) %	10	40	35	15
Serra Branca (CENTRO) %	84	8	8	0
Sub-Bosque %	100	0	0	0
Alto da Cuesta %	100	0	0	0
Chapada %	100	0	0	0
Tabuleiro Estrutural %	100	0	0	0
Vales Silto-Areníticos %	59	33	0	8
Vales Areníticos %	100	0	0	0
Pedimento %	100	0	0	0
<b>m</b>	80,50	13,00	4,58	1,92
<b>s</b>	29,26	17,58	10,36	4,72
<b>cv</b>	36,35	135,20	226,06	246,19

De posse dos valores da média, do desvio padrão e do coeficiente de variação de cada uma das variáveis estabelecidas, chegou-se aos valores FAC1\_1; FAC1\_2, FAC1\_3; FAC1\_4; FAC1\_5; FAC1\_6 e FAC1\_7, que constam na Tabela 9 e estão relacionados às parcelas (12), aos atributos (7), e as variáveis investigadas (23). A partir desses valores é que se deu ênfase ao trabalho de análise estatística.

Na sequência, após a fase descritiva, procedeu-se com a elaboração do cluster, seguido das tabelas com as frequências, e por último a correlação. Em busca do modelo que melhor representasse a dinâmica dos componentes vegetacionais da área de estudo, foram realizados dois testes distintos. Na fase inicial do trabalho foi realizado o primeiro teste, onde as variáveis (23) dos atributos estabelecidos (7) foram analisadas separadamente. Como resultado foram geradas tabelas e gráficos complexos, significativamente distantes do que se pretendia alcançar.

Esse fato ficou evidente a partir do segundo e definitivo teste, onde as variáveis (23) dos atributos estabelecidos (7) foram analisadas conjuntamente, resultando nos valores que constam na Tabela 9.

Foram obtidos tabelas e gráficos conspicuamente mais próximos da realidade do campo, e com isso mais próximos do que se pretende alcançar com esse trabalho. Desse modo, a análise estatística aplicada ao conjunto total das parcelas (12) e variáveis (23) buscou caracterizar os atributos vegetais (altura, diâmetro, fuste, tronco, folha, copa, sombra) que descrevem a dinâmica dos componentes vegetacionais.

Nessa análise, os sete fatores explicam 100%, sendo que: o Fator 1 (FAC1\_1) explica a variância do atributo ALTURA; o Fator 2 (FAC1\_2) explica a variância do atributo DIÂMETRO; o Fator 3 (FAC1\_3) explica a variância do atributo FUSTE; o Fator 4 (FAC1\_4) explica a variância do atributo TRONCO; o Fator 5 (FAC1\_5) explica a variância do atributo FOLHA; o Fator 6 (FAC1\_6) explica a variância do atributo COPA; e o Fator 7 (FAC1\_7) explica a variância do atributo SOMBRA.

Desse modo, cada fator representa aproximadamente 15% do valor total da variância. A Tabela 9 apresenta as variáveis dos sete atributos conforme as parcelas (12).

O atributo altura, representado no primeiro fator (FAC1\_1), foi um problema desde as fases iniciais do trabalho. Como pode ser observado nas tabelas anteriores, a 1ª variável desse atributo, correspondente ao estrato herbáceo formado por indivíduos com altura entre 0-1m, possui valor nulo em todas as parcelas levantadas (12). Ou seja, a vegetação da área de estudo não possui todos os estratos considerados num trabalho de natureza fitogeográfico (herbáceo/0-1m, arbustivo/1-3m e arbóreo/+3m). Esse foi outro motivo que levou a elaboração de vários modelos, até chegar ao definitivo que apresentasse semelhança mais próxima da realidade e dos objetivos que se desejava alcançar. Com isso essa variável não foi considerada quando do cálculo do FAC1\_1, esse é resultado das outras duas variáveis, já que a primeira apresenta valor nulo para todas as parcelas (12). Desse modo as variáveis que mais contribuíram para a formação do primeiro fator foram: Altura 1-3m; Altura +3m.

**Tabela 9.** Quadro da análise desenvolvida no âmbito das UNIDADES AMBIENTAIS.

Parcelas (12)	FAC1_1	FAC1_2	FAC1_3	FAC1_4	FAC1_5	FAC1_6	FAC1_7
<b>Chapada (ALTO) %</b>	-0,41432	-0,73791	0,87775	-0,26569	-0,24709	0,99613	0,01305
<b>Chapada (VERTENTE) %</b>	-0,29993	1,1953	-0,11758	0,99188	-1,12945	-0,4176	-0,52093
<b>Chapada (SOPE) %</b>	0,4506	-0,97822	1,31177	-1,3597	0,74673	-0,11661	0,29784
<b>Serra Branca (INTERIOR) %</b>	-1,99528	-1,49102	0,53041	1,021	1,71063	2,64014	0,65383
<b>Serra Branca (CENTRO) %</b>	0,13136	0,82327	0,27892	-0,45014	-0,27501	-0,12725	0,37972
<b>Sub-Bosque %</b>	-1,05538	-0,4833	0,58012	-1,70313	1,53259	-0,61825	0,65383
<b>Alto da Cuesta %</b>	1,35878	2,02483	-1,89567	1,11158	-0,90128	-0,61825	-2,90603
<b>Chapada %</b>	1,31702	0,58654	-1,2577	1,1277	-1,12945	-0,61825	-0,37853
<b>Tabuleiro Estrutural %</b>	0,57467	-0,13132	0,78967	-0,95547	0,55295	-0,61825	0,65383
<b>Vales Silto-Areníticos %</b>	-0,30257	-0,40934	-0,28869	0,70872	-0,50318	0,73472	0,05933
<b>Vales Areníticos %</b>	0,95205	0,13753	-1,29607	-0,15087	-0,90128	-0,61825	0,65383
<b>Pedimento %</b>	-0,71701	-0,53636	0,48707	-0,07588	0,54383	-0,61825	0,44024

As duas variáveis apresentaram desvio padrão baixo (28,09), o que significa que seus valores se aproximam da média obtida: 18,37 para 1º variável (Altura 1-3m) e 81,63 para a 2º variável (Altura +3m). Ou seja, aproximadamente 18% dos indivíduos das 12 parcelas levantadas apresentam altura entre 1-3 metros, enquanto que o restante dos indivíduos (82%) apresenta altura acima 3 metros. Quanto ao coeficiente de variação, obteve-se um alto valor para a 1º variável (152,95) e um baixo valor para a 2º variável (34,41), o que significa que a primeira apresenta um conjunto de valores mais heterogêneos e dispersos que a segunda, ou que a segunda apresenta uma maior homogeneidade e menor disparidade que a primeira. Esses valores são determinantes para análise do índice FAC1\_1, onde se observa que com sinal negativo ficaram aglutinadas as parcelas que apresentaram um valor significativamente alto na 2º variável (Altura +3m) e bastante baixo (apresentando valores nulos) na 1º variável (Altura 1-3m), havendo uma grande amplitude. Já com sinal positivo ficaram aglutinadas as parcelas que apresentaram a maior quantidade de índices positivos na 1º variável, alguns até maiores que o valor obtido pela mesma parcela na 2º variável, com amplitude de valores entre as duas variáveis menor que os índices negativos.

O atributo diâmetro, representado no segundo fator (FAC1\_2), apresentou para as suas três variáveis (0-10m/10-20m/+20m) um desvio padrão baixo (21,14/16,17/26,55), o que significa que seus valores se aproximam da média obtida: 22,22 para 1º variável, 35,79 para a 2º variável, e 41,99 para a 3º variável. Assim, pode-se afirmar que a maioria dos indivíduos (aproximadamente 42%) apresentam diâmetro acima de 20m, 36% apresentam diâmetro entre 10-20m, e o restante (22% aproximadamente) apresentam diâmetro entre 0-10m, o que resulta numa configuração para as 12 parcelas levantadas de baixa diferença e significativa homogeneidade entre os diâmetros dos indivíduos observados. Quanto ao coeficiente de variação, obteve-se um alto valor para a 1º variável (95,17) e um baixo valor para a 2º e 3º variáveis (45,17/63,23), o que significa que a primeira apresenta um conjunto

de valores mais heterogêneo que as outras. Na análise do índice FAC1\_2 se observa que com sinal negativo ficaram aglutinadas as parcelas que apresentaram alto valor na 3º variável (Diâmetro +20m), médio valor na 2º variável (Diâmetro 10-20m) e baixo valor na 1º variável (Diâmetro 0-10m), sendo essa sequência dominante, mesmo com a 2º variável apresentando valores maiores que a 3º em determinadas parcelas, e a 1º variável sempre com o valor mais baixo, alcançando o índice nulo. Já quanto aos valores positivos do FAC1\_2, em nenhuma das parcelas foi registrado valor nulo. A sequência de alto, médio e baixo valores que caracteriza as parcelas nos índices negativos do FAC1\_2, não é seguida nos índices positivos. Algumas parcelas mostram os valores mais altos na 1º variável (Diâmetro 0-10m), como a parcela Alto da Cuesta que em razão das condições físicas do ambiente, onde os indivíduos se distribuem sobre o alto de um paredão rochoso de aproximadamente 600m de altura, a vegetação é rarefeita, com porte baixo, pouca diversidade de espécies, 1 estrato dominante (herbáceo), apresentando diâmetro reduzido, caracterizando um ambiente vegetal conhecido cientificamente como PARQUE (PARKLAND).

O atributo fuste, representado no terceiro fator (FAC1\_3), apresentou para as suas três variáveis (0/0-1m/+1m) um desvio padrão baixo (16,76/11,59/21,70), o que significa que seus valores se aproximam da média obtida: 26,83 para 1º variável, 25,08 para a 2º variável, e 50,17 para a 3º variável. A maioria dos indivíduos (aproximadamente 50%) apresentam fuste acima de 1m, 27% não apresentam fuste, e o restante (25% aproximadamente) apresentam fuste entre 0-1m. Observa-se uma grande percentagem de indivíduos sem fuste, o motivo está relacionado a um dos inúmeros artificios usados por esse tipo de vegetação como adaptação aos rigorosos períodos de estiagem a que estão sujeitos. Diversas espécies da Caatinga desenvolvem vários fustes, ou caules, a partir do solo, cada um com diâmetro reduzido como modo de reter água, gastar pouca energia, e assim sobreviver até 10 meses sem chuva. Quanto ao coeficiente de variação, obteve-se um alto valor para a 1º variável (64,46) e valores menores semelhantes para a 2º e 3º variáveis (46,20/43,25), o que significa que a primeira apresenta um conjunto de valores mais heterogêneo que as outras. O valor do coeficiente de variação da 1º variável (64,46) é o maior valor desse atributo, mas é significativamente um valor baixo. Os três coeficientes obtidos são relativamente baixos, o que significa que há certa homogeneidade entre os valores e, conseqüentemente, uma menor disparidade, que fica evidente na análise do índice FAC1\_3, onde se observa que as parcelas com sinal negativo e positivo apresentaram valores altos e baixos pelas três variáveis, sem haver dominância.

O atributo tronco, representado no quarto fator (FAC1\_4), apresentou para as suas três variáveis (sem/reto/inclinado) um desvio padrão baixo (17,86/15,94/16,55), o que significa que seus valores se aproximam da média obtida: 21,00 para 1º variável, 48,58 para a 2º variável, e 30,58 para a 3º variável. Verifica-se que a maioria dos indivíduos (48%) apresentam tronco reto, 30% tronco inclinado, e 21% sem tronco. Observa-se um significativo equilíbrio nas percentagens apresentadas, podendo salientar que não há uma variável dominante, já que os valores se encontram bem distribuídos. A escolha dessas três variáveis está relacionada à fisionomia e estrutura dos indivíduos. Espécies com trocos inclinados e sem troncos são conspicuamente visíveis num ambiente de caatinga, estando essas características relacionadas à adaptação das plantas ao clima seco. Quanto ao coeficiente de variação, obteve-se um alto valor para a 1º variável (85,6) e valores menores para a 2º e 3º

variáveis (32,81/54,11), o que significa que a primeira apresenta um conjunto de valores mais heterogêneo que as outras. Todas as parcelas apresentaram valores altos e baixos pelas três variáveis, em razão de fatores específicos, sem haver dominância, influenciando nos índices positivos e negativos registrados no FAC1\_4. No caso, por exemplo, da parcela Serra Branca (INTERIOR), que é um vale de grandes dimensões que corta o interior do planalto arenítico na direção N-S, essa parcela apresenta índice positivo no FAC1\_4, onde o maior valor levantado está na 2º variável (70%-tronco reto), com um baixíssimo índice na 1º variável (10%-sem tronco). A explicação dessa dinâmica é específica do lugar, que constitui num ambiente físico de vale encaixado, onde a água da chuva é retida nas cavernas e grutas do seu interior, onde há sombra durante todo o dia, permitindo uma configuração diferente para as espécies encontradas, se comparadas a indivíduos dos seus arredores.

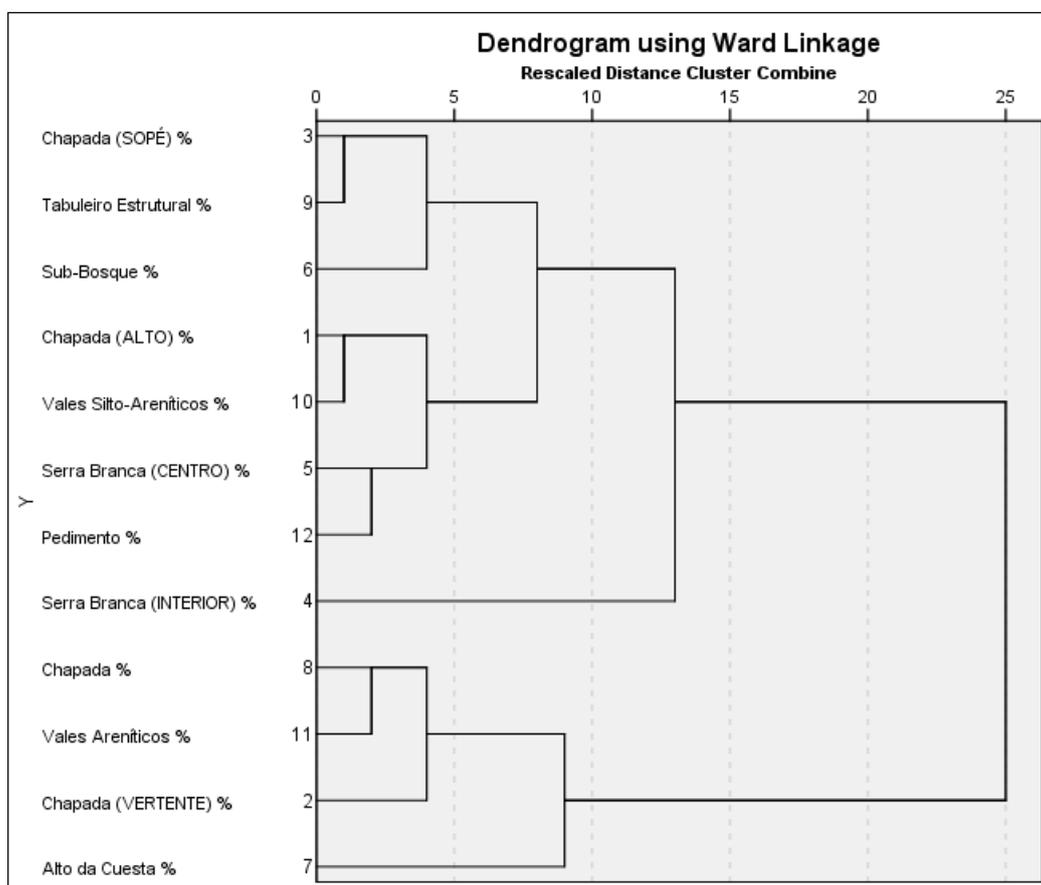
O atributo folha, representado no quinto fator (FAC1\_5), apresentou para as suas variáveis (sem/pequena/média/grande) um desvio padrão baixo (22,70/21,35/13,15/17,53) o que significa que seus valores se aproximam da média obtida: 20,83 para 1º variável, 59,25 para a 2º variável, 11,58 para a 3º variável, e 8,33 para a 4º variável. Verifica-se que a maioria dos indivíduos (59%) apresentam folha pequena, 21% sem folha, 11% folha média, e 8% folha grande. Fica mais uma vez evidente a adaptação dos indivíduos desse tipo de vegetação às condições climáticas da área de estudo. 80% das espécies observadas ou estão sem folha, ou apresentam folha pequena. Quanto menos folhas tiverem ou de menor tamanho forem, menor será sua superfície de evapotranspiração, menos energia perdem com a fotossíntese, e assim terão condições de sobreviver à estiagem. Quanto ao coeficiente de variação, obteve-se um alto valor para a 4º variável (210,37), para a 3º variável (113,49) e para a 1º variável (108,95), com menor valor para a 2º variável (36,04), o que significa que a maioria das variáveis apresentam um conjunto de valores bastante heterogêneos, com alta disparidade. Verifica-se que o maior valor de CV é da 4º variável (folha grande) que apresenta a menor média entre as variáveis (8,33), já o menor valor de CV é da 2º variável (folha pequena) que apresenta a maior média entre as variáveis (59,25). Esses dados foram determinantes na configuração dos índices positivos e negativos registrados no FAC1\_5, onde o maior valor positivo, por exemplo, pertence à parcela Serra Branca (INTERIOR), em que pelas condições do ambiente físico, significativamente diferente dos arredores, foi a única parcela que registrou o maior índice na 4º variável (folha grande) e índice nulo na 1º variável (sem folha).

Os atributos copa e sombra, que aqui serão analisados juntos dada as semelhanças, representando o sexto e o sétimo fatores (FAC1\_6/FAC1\_7), apresentaram para as suas variáveis (sem/rarefeita/densa) e (sem/0-5m/5-10m/+10m), um desvio padrão baixo (21,85/28,94/22,59) e (29,26/17,58/10,36/4,72), o que significa que seus valores se aproximam da média obtida: COPA - 18,25 para 1º variável, 67,75 para a 2º variável, e 9,83 para a 3º variável. SOMBRA - 80,50 para 1º variável, 13,00 para 2º variável, 4,58 para 3º variável, e 1,92 para a 4º variável. No caso da copa, verifica-se que a maioria dos indivíduos (68%) apresentam copa rarefeita, 18% sem copa, e 10% copa densa. Quanto aos índices de sombra, verifica-se que a maioria dos indivíduos (80%) se apresentam sem sombra, 13% com sombra de 0-5m, 4% com sombra de 5-10m, e 2% com sombra acima de 10 metros. Como se trata de um ambiente semiárido, onde se distribui uma vegetação de savana-estépica caducifolia xerófila, os índices comprovam a adaptação dos indivíduos vegetais ao ambiente

em que estão inseridos, visto os outros atributos analisados anteriormente, especialmente a dinâmica das folhas, entende-se a baixa frequência de sombras produzidas pelas espécies vegetais da área de estudo, que apresentam em sua maioria uma copa rarefeita pelas poucas folhas que restam. Quanto ao coeficiente de variação do atributo copa, obteve-se um alto valor para a 3º variável (229,69) e para a 1º variável (119,71), com menor valor para a 2º variável (42,71), o que significa que a maioria das variáveis apresentam um conjunto de valores bastante heterogêneos, com alta disparidade. Verifica-se que o maior valor de CV é da 3º variável (copa densa) que apresenta a menor média entre as variáveis (9,83), já o menor valor de CV é da 2º variável (copa rarefeita) que apresenta a maior média entre as variáveis (67,75). Esses dados foram determinantes na configuração dos índices positivos e negativos registrados no FAC1\_6, onde o maior valor positivo, por exemplo, pertence à parcela Serra Branca (INTERIOR), em que pelas condições do ambiente físico, significativamente diferente dos arredores, foi a única parcela que registrou o maior índice na 3º variável (copa densa) e índice nulo na 1º variável (sem copa). Quanto ao coeficiente de variação do atributo sombra, obteve-se um alto valor para a 4º variável (246,19), para a 3º variável (226,06), e para a 2º variável (135,20), com menor valor para a 1º variável (36,35), o que significa que a maioria das variáveis apresentam um conjunto de valores bastante heterogêneos, com alta disparidade. Verifica-se que o maior valor de CV é da 4º variável (sombra +10m) que apresenta a menor média entre as variáveis (1,92), já o menor valor de CV é da 1º variável (sem sombra) que apresenta a maior média entre as variáveis (80,50). Esses dados foram determinantes na configuração dos índices positivos e negativos registrados no FAC1\_7, onde o maior valor positivo, por exemplo, pertence à parcela Serra Branca (INTERIOR), em que pelas condições do ambiente físico, significativamente diferente dos arredores, foi a única parcela que registrou o maior índice na 4º variável (sombra +10m).

A partir dos resultados obtidos nessa primeira análise (média, desvio padrão, coeficiente de variação e fatores FAC1) foi realizado um segundo processamento dos dados considerando as 12 parcelas levantadas. Esse segundo diagnóstico foi realizado com base na *Análise de Agrupamentos (cluster analysis)*, também denominada de classificação não supervisionada, caracterizada pela classificação de objetos em diferentes grupos, cada um dos quais deve conter objetos semelhantes segundo alguma função de distância estatística. A partir da análise do dendrograma, observam-se 3 grupos menores bem definidos agrupando 9 parcelas, e 3 grupos maiores resultado da relação entre os grupos já estabelecidos e as 3 parcelas restantes, totalizando 12 parcelas (Figura 42). A partir dessa análise foi possível observar a formação de novos grupos contendo parcelas semelhantes. Esses grupos apresentam-se distribuídos dentro de um arranjo espacial na área de estudo.

**Figura 42.** Dendrograma no âmbito da análise das UNIDADES AMBIENTAIS.



■ O GRUPO 1 possui três parcelas (CHAPADA SOPÉ; TABULEIRO ESTRUTURAL E SUB-BOSQUE). Estão localizadas em baixas porções dos planaltos areníticos, em superfície plana elaborada por processos de acumulação. Os solos típicos dessas áreas são latossolos derivados de areias quartzosas. Estas parcelas são caracterizadas por uma Savana Estépica do tipo florestada conservada, com homogeneidade fisionômica e difícil penetração devido à densidade, onde a maior parte dos indivíduos registraram alturas acima dos 3 metros, com numerosos arbustos de pequeno porte distribuindo-se entre os indivíduos maiores. Quanto ao seu nível de proteção ambiental, encontram-se conservadas. Estão localizadas numa altitude de aproximadamente 500 metros, sobre Depósitos Colúvio-Eluviais, apresentando litologia de sedimentos arenosos, areno-argilosos e conglomeráticos.

■ O GRUPO 2 possui três parcelas (CHAPADA ALTO, VALES SILTO-ARENÍTICOS, SERRA BRANCA CENTRO). Assim como o Grupo 1, é caracterizado por uma Savana Estépica do tipo florestada conservada, mas há diferença na altura dos indivíduos, onde a maior parte das parcelas observadas do presente grupo apresentam altura bastante acima dos 3 metros, correspondendo ao grupo com as parcelas que possuem os indivíduos mais arbóreos. Quanto ao seu nível de proteção ambiental, encontram-se conservadas. Estão localizadas numa altitude de aproximadamente 300 metros, sobre a Formação Cabeças, que constitui numa formação geológica cuja litologia apresenta arenitos e siltitos de ambiente fluvial, estuário e marinho raso. Geomorfológicamente, estão assentadas sobre vales internos dos planaltos areníticos, um relevo de estrutura concordante homoclinal dissecado por canais fluviais, resultante de processos de acumulação. Quanto aos

solos, presença de solos rasos, pouco desenvolvidos, apresentando horizonte A ausente sobre rocha, de caráter distrófico, pedregosos e com declives fortes, susceptíveis à erosão.

■ O GRUPO 3 possui três parcelas (CHAPADA, VALES ARENÍTICOS, CHAPADA VERTENTE). Estas parcelas são caracterizadas por uma Savana Estépica do tipo arborizada conservada, onde não se observa uma dominância no porte dos indivíduos, mesmo as espécies acima de 3 metros, bastante numerosas nessas parcelas, não alcançam elevadas alturas. Estão localizadas numa altitude de aproximadamente 400 metros, sobre a Formação Pimenteiras, que constitui numa formação geológica cuja litologia apresenta arenitos, siltitos e folhelhos de ambiente marinho raso. Geomorfologicamente, a área é correspondente a vertente dos planaltos areníticos do reverso da cuesta. O mergulho das camadas da chapada, que formam essas áreas, é fraco, de modo que suas vertentes possuem leve inclinação. O desnível entre o alto e o sopé dos planaltos está em torno dos 500 metros.

■ A parcela PEDIMENTO está fora dos grupos menores por apresentar características específicas que a diferenciam dos grupos produzidos. Ao se relacionar com o Grupo 1, contribui para a formação de um grupo maior. Essa parcela apresenta as seguintes características: vegetação Savana Estépica do tipo florestada alterada. Altitude: 457 m. Geologia: Formação Barra Bonita. Litologia: cianita, estaurolita, granada e micaxistos. Geomorfologia: Pedimento. Morfogênese: relevo plano elaborado por processos de erosão, com maciços calcários, batólitos de granitos intrusivos, inselbergs e depósitos aluviais. Solos: associações de podzólicos, litólicos e latossolos vermelho-amarelo. É área de retirada de madeira e lenha, agricultura de subsistência, pecuária extensiva com solos expostos.

■ A parcela ALTO DA CUESTA também está fora dos grupos menores por apresentar características específicas que a diferenciam dos grupos produzidos. Ao se relacionar com o Grupo 3, contribui para a formação de um grupo maior. Essa parcela apresenta as seguintes características: vegetação Savana Estépica do tipo arborizada alterada. Altitude: 471 m. Geologia: Complexo Sobradinho Remanso. Litologia: ortognaisses migmatíticos, tonalítico-trondhjemiticos e granodioríticos, com enclaves máficos e restos de rochas supracrustais. Geomorfologia: Cuesta. Morfogênese: área de rebordo de Cuesta e cornijas de arenito em relevo ruineforme de mais de 100m. Solos: presença de litólicos que compreendem solos rasos, pouco desenvolvidos, apresentando horizonte A ausente sobre rocha, de caráter distrófico, pedregosos e com declives fortes, susceptíveis à erosão. A vegetação se encontra recuperada pelas pastagens e culturas existentes no passado. Fisionomicamente verificou-se uma formação arbustiva aberta, alta caducifolia dos indivíduos, perdendo todas as folhas na época desfavorável.

■ A parcela SERRA BRANCA (INTERIOR) também está fora dos grupos menores por apresentar características específicas que a diferenciam dos grupos produzidos. Ao se relacionar com os Grupos 1 e 2, contribui para a formação de um grupo maior. Essa parcela apresenta as seguintes características: vegetação Savana Estépica do tipo florestada conservada. Altitude: 442 m. Geologia: Formação Cabeças. Litologia: arenitos e siltitos, ambiente fluvial, estuário, marinho raso. Geomorfologia: Vale da chapada (Interior). Morfogênese: área correspondente ao olho d'água do Vale da Serra Branca situado no interior do vale onde brota água o ano inteiro num enclave rochoso. Constitui, em maior escala, num vale de fundo chato, dominado por cornijas de arenitos subverticais. Solos: podzólicos, litólicos e latossolos vermelho-amarelo. A vegetação encontrada é do tipo arbórea com porte acima de 3 metros chegando até 15m.

## **Conclusões**

As áreas de planaltos e chapadas da bacia sedimentar do Piauí-Maranhão e a área da depressão periférica formada pela planície pré-cambriana do Rio São Francisco, são recobertas por uma vegetação de caatinga exuberante, bastante heterogênea, em particular rica em espécies, estratificada em andares distintos.

O que se percebe é que a vegetação do Parque Nacional Serra da Capivara apresenta-se bastante diferenciada apesar de em alguns casos estarem assentadas sobre a mesma formação geológica. O que condiciona essa diferenciação são as características do relevo e da litologia que determinam características fisionômicas particulares.

Foi com base nas informações obtidas em gabinete, aferidas em campo e correlatadas com os levantamentos cartográficos e bibliográficos que se chegou à definição das unidades FITOGEOGRÁFICAS, que foram assim distinguidas, conforme a classificação proposta pelo Manual de Vegetação do IBGE (1992) em: Savana Estépica Florestada Conservada do Alto da Chapada; Savana Estépica Florestada Conservada da Vertente da Chapada; Savana Estépica Arborizada Conservada do Platô da Chapada; Savana Estépica Florestada Conservada do Interior do Vale da Serra Branca; Savana Estépica Florestada Conservada do Centro do Vale da Serra Branca; Savana Estépica Florestada Alterada do Tipo Sub-Bosque; Savana Estépica Arborizada Conservada da Chapada; Savana Estépica Florestada Alterada do Tabuleiro Estrutural; Savana Estépica Florestada Conservada dos Vales Silto-Areníticos; Savana Estépica Florestada Conservada dos Vales Areníticos; Savana Estépica Florestada Alterada do Pedimento; Savana Estépica Florestada Alterada do Alto da Cuesta.

Vale destacar, que a flora foi parcialmente degradada, em função da retirada da cobertura vegetal arbórea. Áreas da porção norte e sul do Parque Nacional Serra da Capivara foram desmatadas em épocas anteriores quando existiam moradores de localidades dentro da área, mas que abandonaram com a criação desta Unidade de Conservação e com isso houve uma sucessão vegetal posterior que se encontra preservada, mas há o predomínio das pastagens e das culturas anuais nas áreas adjacentes ao parque. Entre as atividades antrópicas mais prejudiciais à flora local da região do Parque Nacional Serra da Capivara, estão as seguintes:

- a) A derrubada constante das matas ainda existentes e que vão diminuindo cada vez mais o espaço para sobrevivência e a procriação dos animais que ainda vivem nessa área.
- b) As queimadas que são praticadas todos os anos na época da seca, para a limpeza do terreno e renovação das pastagens. Acontece que todos os anos essas queimadas acabam entrando nas áreas de mata preservada, provocando incêndios, causando a destruição desses ambientes e matando animais que não conseguem fugir a tempo.
- c) Atualmente, as monoculturas de cajueiro vêm penetrando pelo norte da área e transformando as paisagens, as capoeiras e os pequenos capões de matas em grandes lavouras de caju. A consequência dessa prática é a poluição, através de defensivos agrícolas, causando a morte de animais das áreas adjacentes, que atravessam o parque. Por outro lado, essas monoculturas são também queimadas na época das secas, o que provoca a degradação ambiental e a extinção de pequenos animais, acelerando o desequilíbrio dessas populações.

No contexto dos resultados atingidos, o relatório produzido constitui instrumento de valor para pesquisadores e estudantes envolvidos com a questão ambiental, em especial nas atividades exigidas no planejamento da unidade de conservação estudada.

Sugere-se que sejam incentivadas pesquisas para que se possa compreender o ambiente do Parque Nacional Serra da Capivara, permitindo o desenvolvimento da área, em benefício das gerações futuras, melhorando a qualidade de vida.

Finalizando podemos afirmar, com base nessa pesquisa, que o Parque Nacional Serra da Capivara, com suas áreas de relevo tabuliforme com chapadas dissecadas pelos vales encaixados no seu interior na direção norte/sul com presença de morros testemunhos em ruínas, com rochas resistentes aos processos exógenos locais, e de sítios arqueológicos no interior constituindo-se numa área de grande importância ecológica e arqueológica o que justifica a importância de sua preservação.

## Referências

- Ab'Sáber, A. N. **Os domínios de natureza do Brasil: potencialidades paisagísticas**. 3º ed. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.
- Alcoforado-Filho, F. G. 1993. **Composição florística e fitossociologia de uma área de caatinga arbórea no município de Caruaru-PE**. Dissertação de mestrado, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.
- Almeida, J. R. et al. **Planejamento Ambiental**. Rio de Janeiro: Thex Editora, 1999.
- Andrade-Lima, Dárdano de. 1966. **Vegetação**. In IBGE, Atlas Nacional do Brasil, Conselho Nacional de Geografia, Rio de Janeiro.
- Andrade-Lima, Dárdano de. 1981. The caatingas dominium. **Revista Brasil. Bot.** 4:149-153.
- Arruda, M. B. **Ecologia e antropismo na área do município de São Raimundo Nonato e Parque Nacional Serra da Capivara (PI)**. Tese de Mestrado. Brasília: Instituto de Ciências Biológicas – Departamento de Ecologia – UNB – Brasília (DF), 1993.
- Braga, Renato. **Plantas do nordeste, especialmente do Ceará**. 4º ed. Natal: Editora universitária da UFRN, 1976.
- Brasil. **Projeto RADAM**. Brasília: Ministério das Minas e Energia, 1973.
- Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. **Carta do Brasil ao Milionésimo**. Brasília, 2004. Folha SC 23 Rio São Francisco. Programa Geologia do Brasil. Escala 1: 1.000.000.
- Emperaire, L. **La caatinga du sud-est du Piauí (Brésil): étude ethnobotanique**. Paris, 1980. Tese (Doutorado em Ciências) – Université Pierre et Marie Curie-Paris VI, 1980.
- Emperaire, L. **A Região da Serra da Capivara (Sudeste do Piauí) e sua Vegetação**. Brasil Florestal v.60, p. 5-21, 1984.
- Fernandes, A. G.; Bezerra, P. **Estudo Fitogeográfico do Brasil: aspectos fitosociológicos e florísticos**. São Paulo: Hucitec / EDUSP, 1990.
- Fernandes, A. G. **Fitogeografia Brasileira**. 3º ed. Fortaleza: Edições UFC, 2007.
- Fernandes, A. G. 1982. **Vegetação do Piauí**. In Anais do XXXII Congresso nacional de botânica, Teresina, p.313-318.
- Fernandes, A. 1990. **Temas fitogeográficos**. Stylos Comunicações, Fortaleza.
- Fernandes, A. & Bezerra, P. 1990. **Estudo fitogeográfico do Brasil**. Stylos Comunicações, Fortaleza.
- Ferri, M. G. **Vegetação Brasileira**. Belo Horizonte: Editora Itatiaia; São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1980.

- FUMDHAM. **Parque Nacional Serra da Capivara – Piauí – Brasil**. São Raimundo Nonato: Fundação Museu do Homem Americano, 1998.
- Guerra, A. J. T. & Cunha, S. B. **Geomorfologia e Meio Ambiente**. 2° ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998.
- Henry, W. **Dicionário de Ecologia e Ciências Ambientais**. 2° ed. São Paulo: Ed. UNESP, 2001.
- IBAMA. **Plano de Manejo do Parque Nacional Serra da Capivara**. Brasília: 1991.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Geografia do Brasil - Região Nordeste**. Rio de Janeiro, v. 2, 1977.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. Rio de Janeiro, 1992.
- Lemos, J. R. **Fitossociologia do componente lenhoso de um trecho de vegetação arbustiva caducifólia espinhosa no Parque Nacional Serra da Capivara, Piauí, Brasil**. Dissertação de Mestrado. Recife: Pós-Graduação em Biologia Vegetal – Universidade Federal do Pernambuco – Recife (PE), 1999.
- Luetzelburg, P. v. 1922/1923. **Estudo botânico do Nordeste**. Rio de Janeiro, Inspetoria Federal de Obras Contra as Secas. v. 3 (Publicação 57, Série 1, A).
- Martins, Celso. **Biogeografia e Ecologia**. 5° ed. São Paulo: Nobel, 1985.
- Ministério do Meio Ambiente. 2004. **Biodiversidade da caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação**. Brasília, Ministério do Meio Ambiente.
- Mueller-Dombois, D. & Ellenberg, H. **Aims and methods of vegetation ecology**. New York: John Wiley & Sons, 1974.
- Pellerin, J. **Les bases physiques**. In: Láire archéologique du sud-est du Piauí. In: Guidon, N. (org.) Ed. Recherche sur lês Civilisations, Paris, v. 1, 1984 p. 11-22.
- Rizzini, C. T. 1979. **Tratado de fitogeografia do Brasil: aspectos sociológicos e florísticos**. Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Rodal, M. J. N. 1992. **Fitossociologia da vegetação arbustivo-arbórea em quatro áreas de caatinga em Pernambuco**. Tese de doutorado, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- Rodal, M. J. N., Sampaio, E. V. S. & Figueiredo, M. A. 1992. **Manual sobre métodos de estudo florístico e fitossociológico - ecossistema Caatinga**. Sociedade Botânica do Brasil, Brasília.
- Romariz, Dora A. **Aspectos da vegetação do Brasil**. 2° ed. São Paulo: Editora Lemos, 1996.
- Souza, Célia Regina de Gouveia et al. **Quaternário do Brasil**. Ribeirão Preto: Holos Ed., 2005
- Tricart, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: IBGE/SUPREN, 1977.
- Troppmair, H. **Biogeografia e Meio Ambiente**. Rio Claro, 1989.
- Veloso, H. P., Rangel Filho, A. L. R. & Lima, J. C. A. 1991. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. IBGE, Rio de Janeiro.

# AS INVASÕES BIOLÓGICAS BENEFICIAM-SE DA PAISAGEM? O ESTADO AMBIENTAL DAS PAISAGENS IMPULSIONA AS TENDÊNCIAS REGIONAIS DE DISTRIBUIÇÃO E ABUNDÂNCIA DE ESPÉCIES INVASORAS EM PORTUGAL CONTINENTAL

Jorge Luis P. Oliveira-Costa<sup>1</sup>

**RESUMO:** Vários fatores são determinantes na condução dos processos de invasão biológica, sendo reportado frequentemente que a perturbação dos habitats naturais contribui de forma decisiva para a instalação dos organismos invasores, normalmente como consequência de atividades humanas. Este trabalho procura avaliar se as mudanças no uso do solo são promotoras do processo de invasão biológica em Portugal Continental, estruturando os padrões de expansão e distribuição das espécies exóticas invasoras. Com base neste objetivo, foi realizada uma avaliação espaço-temporal das mudanças no uso e ocupação do solo ao longo de 50 anos (1960-2011), num estudo de caso na área de influência da Bacia do Rio Arouce. Em relação às espécies invasoras, foram selecionadas duas espécies de *Acacia* (*Acacia dealbata* e *Acacia melanoxylon*), que na região de estudo apresentam já uma importante área ocupada. Para as duas espécies foi realizada a recolha de informação relativa à sua distribuição no passado (década de 1960), e a sua distribuição atual (de 2011 ao presente). A análise levada a cabo pretende avaliar quais as mudanças registradas e quais os usos do solo que mais se associam à expansão da área ocupada por estas duas árvores exóticas com comportamento invasor. Além desta análise, baseada em parâmetros estatísticos, foi ainda avaliado o papel de fatores em rede no processo de expansão, tendo por referência a distribuição/cobertura das duas espécies e a rede de corredores antrópicos (vias de comunicação, linhas de alta tensão) ou naturais (linhas de água). A superfície atual ocupada por acácias australianas na Bacia do Rio Arouce é de 936 ha, e encontra-se principalmente em áreas de declive acentuado, e áreas de solos delgados, o que corresponde principalmente às áreas de introdução. No entanto, ainda que com menor importância, pequenas manchas e um número significativo de indivíduos isolados estão dispersos pela paisagem em condições muito diferentes, como em fundos de vale, principalmente

---

<sup>1</sup> Visiting Fellow. Trinity College Dublin, University of Dublin, Irlanda (Trinity Center for Environmental Humanities, TCEH). Doutorando em Geografia Física. Universidade de Coimbra, Portugal (Faculdade de Letras, FLUC). Investigador do CEGOT (Centro de Estudos de Geografia e Ordenamento do Território). Membro Grupo RISCOS - Riscos, Prevenção e Segurança (Portugal), IBS (International Biogeography Society) e IUFRO (International Union of Forest Research Organizations). E-mail: oliveiracostajorge@gmail.com. Tel: (+351) 91 2722104.

em ambientes ripários e áreas agrícolas abandonadas. Esta situação corresponde a um avanço mais recente, e se desenvolve a partir da fonte de propágulos associada à área de introdução. As unidades de uso do solo mais afetadas pela expansão das espécies invasoras foram áreas com Florestas de Resinosas, zonas com Culturas Arvenses de Sequeiro e Olivais/Pomares, e Incultos. Como bem descrito na literatura, a definição das áreas adequadas para ocorrência das invasões biológicas constitui instrumento útil na gestão de áreas invadidas, e a sua definição rigorosa passa pela compreensão do padrão de invasão, nomeadamente pela avaliação do papel dos fatores intervenientes.

**Palavras-chave:** Conservação da biodiversidade; Estrutura da paisagem; Geoestatística; Gestão da paisagem; Invasão biológica; *Acacia*; Portugal.

**ABSTRACT:** Different drivers can contribute to determine the patterns and impacts associated to spatial and temporal spread and invasions by non-native species. Endemic to Australia, *Acacia* species has invaded many temperate locations, causing impacts already reported around the world (biodiversity loss, disrupted forest successional trajectories and flows). This study is approached by assessing the present and past of the landscape invaded by *Acacia* species in the Arouce River Basin area (Lousã/Portugal), through informations about: (i) species distribution patterns, (ii) habitat suitability, (iii) land-use history, (iv) geoecological impacts. We aim to discuss how far landscape structure has supported invasions by *Acacia* species in the study area. The applied methods include spatial-temporal analysis of orbital images and land use maps. A GIS program ArcGIS 10.1 for Windows was used to generate spatial information. The timespan covers 50 years, along 1960-2010. The study area is situated in the 'Serra da Lousã', a mountainous system at the Central Portugal. A field analysis was developed for species, using a grid with 200x200 meters, through which was collected data on the species presence/abundance about its occupation (<5%; 5-25%; 25-50%; 50-75%; >75%) and sociability degrees (isolated species, small and large paths). Besides the statistical analysis produced between land changes and species distribution data (Moran's Index, Spearman's Correlation, Path Analysis), a detailed analysis was completed assessing the contribution of network driving factors (natural and human corridors), through buffers overlaid to maps of species densities and covers in the GIS. The results showed trends: (i) to changes in the land use, with decrease of the agriculture and native forests (-15% original area), in opposite the increase of the social zones and non-native forests (+10% original area); (ii) species distribution patterns, with improve the *Acacia* range in the last 50 years, from 55 to 936 hectares, what seems the invasion increase under clustered patterns (0,28 Moran's); (iii) habitat suitability and favorable conditions, where analysis have suggested that the colonization of the study area by *Acacia* occur in a possible way: coming from the central area (+75% invaded) and disseminating to lower stream of the Arouce River (+25% invaded). The identification of the role of different triggering factors is crucial in order to identify areas susceptible to invasion.

**Keywords:** Conservation; Landscape structure; Geoestatística; Landscape management; Biological invasion; *Acacia*; Portugal.

## 1 Introdução

As Espécies Exóticas Invasoras (EEI) são uma grande ameaça ao meio natural, em virtude da potencial transformação dos habitats, o que coloca em risco os ecossistemas, podendo desencadear no desaparecimento de espécies nativas (Cronk & Fuller, 1995), constituindo um problema de grande relevância para a conservação da biodiversidade à escala global (Williamson, 1996; Shigesada & Kawasaki, 1997; Vitousek et al., 1997; Lockwood et al., 2007; Simberloff & Rejmànek, 2011). Apesar disso, o estudo das relações de invasão e seus efeitos sobre os ecossistemas ainda é um campo do conhecimento científico relativamente novo e pouco aprofundado (Cadotte et al., 2006; Gallien et al., 2010; Vilà et al., 2013).

O género *Acacia* (Tourn.) Mill. está entre os três géneros de árvores do mundo com as maiores taxas de plantação para fora da sua distribuição original, além de se destacar na representação em listas globais de espécies invasoras, assim como nos investimentos na investigação dos seus impactos (Richardson et al., 2011). Durante séculos as Acácias têm sido plantadas fora da sua região natural, tendo as diversas espécies do género assumido performances diferentes, mesmo em condições similares. Hoje, diversas paisagens em diferentes regiões geográficas do Mundo estão dominadas por plantações de Acácia, o que pode implicar na criação de um modelo experimental global (Richardson et al., 2011), considerando a amplitude das condições ecológicas as quais as espécies estão adaptadas.

O género Acácia apresenta ampla distribuição nativa, desde a Austrália, com 1012 espécies, ao continente Americano, com 185 espécies, África com 144 espécies, e na Ásia, com 89 espécies. Como o mais característico atributo, destaque para a folhada com presença de filódios sempreverdes (esclerómórficos com variados mecanismos xeromórficos), de diferentes tamanhos e nervuras.

Outra característica, e que contribui para a alteração das condições ecológicas dos locais onde se instalam as espécies deste género, é a associação simbiótica com rhizobia, que permite fixar nitrogénio. Outro aspeto interessante está relacionado com a síndrome de polinização com alocação de pouca energia para o nectar floral, mas com alta produção de pólenes, maximizando a produção de sementes, desenvolvendo um reforço sistemático do banco de sementes, contribuindo para tornar as acácias invasoras eficientes (Richardson et al., 2011). Outras adaptações estão ligadas ao facto de serem beneficiadas pelo fogo, e o uso de animais na dispersão (Richardson et al., 2011).

No caso de Portugal, os números do último século apontam para um aumento significativo na introdução de exóticas, alcançando a marca de 550 espécies (8% são espécies invasoras) (Marchante et al., 2008).

Reconhecendo o problema, em conformidade com as diretivas europeias sobre gestão e controle das invasões biológicas, a legislação portuguesa de 1999 (Decreto-Lei nº 565/99) regulamentou a introdução de espécies com a criação de uma lista das espécies exóticas introduzidas com comportamento invasor, além da proibição de novas introduções e o cultivo/comercialização.

Desse modo, o país insere-se no contexto das regiões invadidas e afetadas por Acácias Australianas, sendo consideradas como as mais representativas *A. melanoxylon*, *A. dealbata* e *A. longifolia* (Marchante et al., 2008).

Duas espécies de acácia que ocorrem na Bacia Hidrográfica do Rio Arouce foram selecionadas para o presente estudo, mais precisamente a mimosa (*A. Dealbata* Link.) e a austrália (*A. Melanoxylon* R. Br.).

*A. dealbata* é uma árvore de até 15m, com folhas perenes verde-acinzentadas e recompostas, com 10-26 pares de pínulas e 20-50 pares de folíolos, e flores amarelo-vivo reunidas em capítulos de 5-6mm de diâmetro, de floração de janeiro a abril, e vagens castanho-amareladas comprimidas e pruinosas (Marchante et al., 2008; Marchante et al., 2014).

*A. Melanoxylon* é também uma árvore, que pode chegar aos 30 metros, com ritidoma castanho-escuro e folhas jovens (recompostas e reduzidas a filódios) e adultas (reduzidas a filódios laminares), além de flores amarelo-pálidas reunidas em capítulos de 10-12mm de diâmetro, com vagens castanho-avermelhadas comprimidas e contorcidas, e sementes rodeadas por funículo alaranjado, de floração de fevereiro a junho (Marchante et al., 2008; Marchante et al., 2014).

Algumas espécies foram introduzidas no país há quase 200 anos para controlo da erosão (Fernandes, 2012), entretanto, após poucas décadas no novo ambiente, se dispersaram extensivamente, particularmente por estímulos (ex. fogo). A larga produção de sementes com alta viabilidade/longevidade e a adaptação ao fogo são os principais fatores atribuídos ao sucesso da invasão destas espécies em áreas não nativas (Marchante et al., 2008). Entre os ambientes preferenciais para invasão, destaque para margens de vias de comunicação e linhas de água, orlas de espaços florestais semiabertos, preferindo terrenos graníticos, além de tolerar a seca, ventos marítimos, locais poluídos e temperaturas altas (Marchante et al., 2008).

O objetivo geral deste trabalho é desenvolver uma análise ecológico-geográfica contemplando a estrutura da paisagem, os padrões de distribuição das espécies *Acacia dealbata* e *Acacia melanoxylon*, e os contextos da invasão na Bacia Hidrográfica do Rio Arouce, traçando suas prováveis implicações nos estudos de invasão das espécies. Considerando para isso, a temporalidade da reconstrução da distribuição das Acácias e dos ambientes de ocupação, e sua correlação com os contextos de invasão nas áreas em que as espécies estão hoje estabelecidas. Neste sentido é importante a determinação dos caracteres da dinâmica e interação das espécies com o ambiente, facilitadas ou não face a estrutura da paisagem, e como estas podem ser reconstruídas mediante o estudo dos componentes estruturadores da paisagem, desde caracteres do uso e ocupação do solo, até dados biogeográficos que possam auxiliar na análise ecológico-geográfica.

Desse modo, o presente trabalho procura responder às seguintes questões:

- Como está atualmente e esteve caracterizado o ambiente e a invasão por Acácias durante os últimos 50 anos na área da Bacia Hidrográfica do Rio Arouce?
- Quais os fatores determinantes para a compreensão dos padrões de distribuição atual das espécies *Acacia dealbata* e *Acacia melanoxylon* e dos contextos da invasão na Bacia Hidrográfica do Rio Arouce?
- Como a estrutura da paisagem da Bacia Hidrográfica do Rio Arouce tem influenciado o processo de invasão local?

Para nortear esta pesquisa foram formuladas as seguintes hipóteses:

- Os padrões de invasão estão estruturalmente determinados às mudanças ou opções de uso e ocupação do solo;
- Os corredores naturais (linhas de água) e antrópicos (vias de comunicação) desempenham um papel importante na condução do processo de invasão;
- As ocorrências entre a presença das espécies *A. dealbata* e *A. melanoxylon* estão positivamente relacionadas.

## 2 Quadro teórico e metodológico

### 2.1 Pressupostos teóricos sobre a ecologia da invasão

A abordagem do presente tópico baseia-se no trabalho de Davis (2006), que produz um recorte temporal de quatro momentos importantes na formação/evolução do campo da ecologia das invasões: 1960 – 1970 – 1980 – 1990/2005.

Um dos primeiros relatos de investigações surgiu em 1882, numa publicação sobre a invasão na Jamaica por *Mangifera indica* (Espínola *et. al.*, 2007). Em 1958 os estudos adquirem projeção com Charles Elton, responsável pela promoção da ecologia da invasão como disciplina. Na obra *The Ecology of Invasions by Animals and Plants*, Elton relaciona o intercâmbio climático ocorrido no Pleistoceno com a invasão, lançando duas correntes no âmbito do conceito, uma relacionada às características das invasoras e outra ao habitat. De Elton aos dias atuais, tem-se observado significativo avanço na ciência da invasão, amparado, sobretudo, pela evolução tecnológica corrente.

Na década de 1960 ocorreu a primeira grande discussão sobre o tema, num evento realizado na Califórnia pela International Union of Biological Sciences (1964). O simpósio reuniu vários especialistas, incluindo pioneiros nos estudos de controle de pestes, que se juntaram para debater sobre as mudanças evolucionárias quando da introdução de organismos em novos territórios.

Os resultados do simpósio foram publicados na obra clássica *The Genetics of Colonizing Species*, de Baker & Stebbins de 1965, com autores renomados de vários países (Mayr, Stebbins, Dobzhansky, Wilson, Carson, Lewontin, Waddington). Discutindo temas ligados a colonização de áreas por espécies introduzidas (dispersão, assistência humana, tipos de colonização, processos ecológicos), e questões da genética envolvendo desde as plantas aos mamíferos, os especialistas adotaram linguagem que em nada se assemelha a usada na atualidade (Davis, 2006).

Termos como ‘colonizers’, ‘founding populations’, ‘introduced’, ‘non-native’, ‘new arrivals’, ‘migration’, ‘spread’, ‘geographically widespread’, eram preferíveis aos atuais ‘alien’, ‘exotic’, ‘invader’, ‘invasion’, em oposição ao estilo efusivo adotado por Charles Elton em 1958, caracterizado pelo uso de metáforas e analogias, além de explícitas referências militares.

Além de se oporem ao estilo conceptual, os participantes do simpósio de 1964 contrastaram também com a linha de investigação adotada por Elton, na medida em que não consideravam as implicações da conservação sob qualquer natureza dos estudos de invasão. Suas perspectivas eram evolucionárias e ecológicas, dentro do tema da colonização por espécies exóticas. Assim, dos 27 capítulos e 562 páginas do livro publicado no simpósio,

a obra de Elton é citada três vezes, por Birch, Mayr e Wilson, tamanha a oposição dos envolvidos com a perspectiva de Elton (Davis, 2006).

Até a data das publicações do simpósio e da obra de Elton, a invasão não atraía a atenção dos pesquisadores. A publicação de *MacArthur & Wilson* em 1963 sobre a *Biogeografia de Ilhas* foi um importante incentivador, na medida em que alertou para a chegada de espécies em comunidades residentes. Mesmo assim, até 1960 o tema das invasões ainda era de pouco interesse, especialmente na América do Norte. Austrália, África do Sul, Nova Zelândia e Europa destacavam-se.

A década de 1970 é marcada pelo forte investimento americano no campo da ecologia da invasão, onde, entre outras ações, foi criado o *SCOPE (Scientific Committee on Problems of the Environment)* comitê estabelecido pela International Council of Scientific Unions.

Também nessa década a *conservação biológica* emergiu como disciplina científica, onde ecologistas de todo o mundo aderiram aos estudos de espécies introduzidas numa perspectiva conservacionista. É também em 1970 que o importante jornal *Biological Conservation* publica seus primeiros artigos, alertando para a preocupação com espécies introduzidas.

Contudo, publicações em invasão biológica só são facilmente encontradas a partir de 1970, até esse período ainda são muito raras, com início de uma maior frequência da aparição de Elton na literatura especializada. Embora na década de 1970 tenha havido ênfase nos estudos e publicações, o período agravou aspectos como a coordenação e comunicação entre investigadores e a infraestrutura do suporte teórico do campo da *Ecologia das Invasões*, tendo em 1970 ainda não emergido como área própria de pesquisa especializada (Davis, 2006).

Na década de 1980 esta dinâmica muda, com o número de publicações em ecologia da invasão aumentando consideravelmente. O foco também muda, e na Europa, por exemplo, os estudos inclinam-se para ecologia da flora urbana.

Os nomes *Richard Mack, Daniel Simberloff, Brown & Marshall, Moulton & Pimm* aparecem com recorrência em 1980, mostrando a imponente americana sobre o tema, ainda influenciados pelas contribuições do simpósio de 1960.

A conexão com o tema da conservação continua a crescer em 1980. Entre as mais importantes publicações dessa década, destaque para o trabalho de *William Jordan III* (University of Wisconsin), denominado *Restoration and Management Notes* (publicado atualmente como *Ecological Restoration*), marcando o começo das preocupações com a restauração dos habitats na América do Norte (Davis, 2006).

Até a metade de 1980, mais ecologistas da invasão aderem a perspectiva de um campo de estudos. Entretanto, esse campo ainda se encontrava inconsolidado. A realização em 1980 da *Third International Conference on Mediterranean Ecosystems*, em Stellenbosh (África do Sul) foi fundamental para a consolidação. Nessa reunião foi enviada proposta ao SCOPE (Ottawa 1982), para criação de comitê de divisão científica com foco nos impactos de invasões biológicas, seguindo a escola de Elton (conservação), e com apoio de especialistas de todo o mundo.

Desse modo, nas décadas seguintes 1990 e 2000, a ecologia das invasões torna-se uma popular área de pesquisa, com destaque para a dominância da Europa, com países como a República Tcheca, de longa tradição nos estudos de invasão. Entre alguns especialistas do continente, destaque para *Petr Pysek e Karel Prach* (República Tcheca), *Ingo Kowarik*,

Uwe Starfinger e Hanno Seebens (Alemanha), Mark Williamson, Max Wade e Lois Child (Reino Unido), Giuseppe Brundu (Itália) e John Brock e Marcel Rejmànek (Estados Unidos).

Surgem incontáveis publicações no período, entre livros e artigos, alguns importantes fundamentando o campo de estudo da ecologia da invasão, com teoria e metodologia. Entre eles destaque para o livro de Williamson (*Biological Invasions* de 1996), com uma síntese do campo da ecologia da invasão e da teoria envolvida, além da obra dos ecologistas japoneses Shigesada e Kawasaki (*Biological Invasions: Theory and Practice* de 1997), contemplando modelos matemáticos de dispersão das espécies.

Com a evolução dos estudos na década de 1990 muitos pesquisadores passaram a defender a hipótese da pequena diferença existente entre os traços de invasoras e os traços de espécies não nativas, creditadas a sua dependência aos fatores que contribuem para a susceptibilidade do ambiente à invasão.

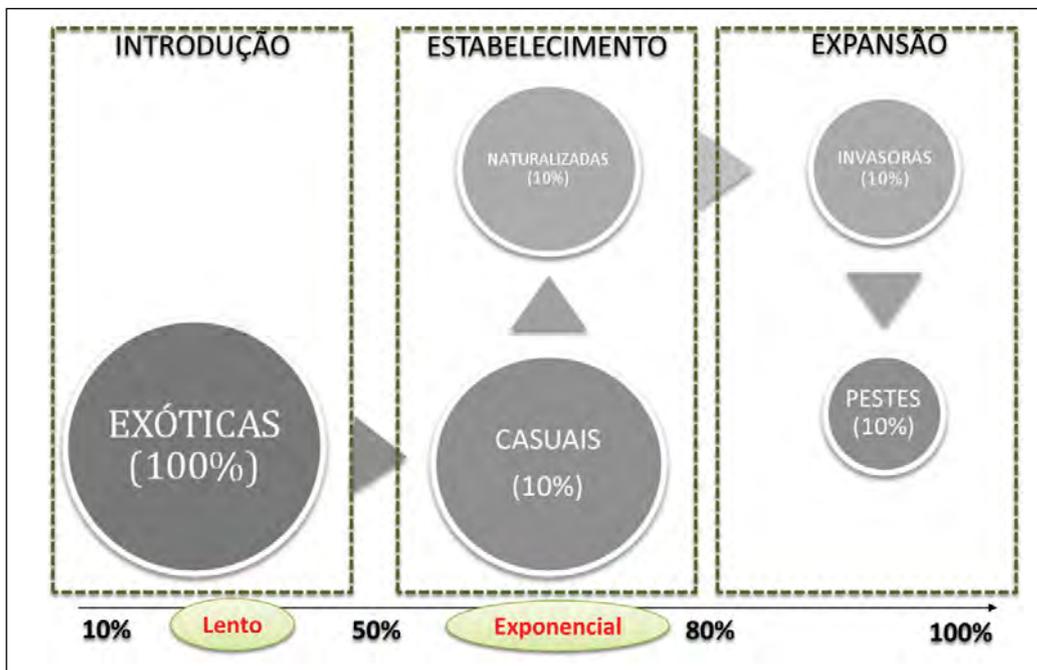
Na década de 1990 são organizados jornais de pesquisa, como o *Diversity and Distributions* de 1998, que teve com editor-chefe o especialista em ecologia de invasões David Richardson. Destaque também para o *Biological Invasions*, fundado em 1999 por James T. Carlton, e que teve como editor-chefe James A. Drake.

No final de 1990, há a institucionalização da área, com estabelecimento de iniciativas internacionais, como a criação do *Global Invasive Species Programme (GISP)*, e da publicação do *Guidelines for the Preventions of Biodiversity Loss Caused By Alien Invasive Species* pela IUCN (The World Conservation Union).

As primeiras preocupações num estudo de espécies invasoras são, antes de tudo, com os conceitos utilizados (Rejmànek, 1999, *apud* Espínola *et al.*, 2007). Isso porque o campo de estudos da ecologia da invasão está marcado por uma '*confusão semântica generalizada*' (Vilà *et al.*, 2008), a exemplo dos termos para distribuição original das espécies (=nativa; =autóctone; =indígena) e para a distribuição fora da área natural (=introduzida; =exótica; =alóctone; =não nativa; =importada).

Há, pelo menos, quatro formas de introdução, onde as espécies exóticas podem causar benefícios/malefícios, em oposição à ideia de que todas são maléficas. A primeira forma está associada a introdução de plantas ornamentais. Neste caso, ao se estabelecerem e reproduzir-se sem intervenção humana, produzem populações cuja persistência depende de zonas antropizadas (=adventícias; =subespontâneas; =casuais). A segunda forma ocorre quando, ao contrário das adventícias, as espécies exóticas são capazes de formar populações autônomas no local da introdução (=naturalizadas; =estabelecidas). A terceira forma refere-se as espécies naturalizadas que rapidamente se expandem para longe do foco da introdução com populações estáveis e numerosos indivíduos (=invasoras). A quarta forma ocorre quando os taxa naturalizados são capazes de alterar os ecossistemas, com danos em infraestruturas, no desaparecimento de novas espécies, na troca do ciclo de nutrientes e na transmissão de doenças (=pestes; =transformadoras; =pragas) (Richardson e Pyšek *et al.*, 2011).

Figura 1. O Modelo Teórico das Invasões Biológicas.



Estas quatro formas estão inseridas numa sequência de três etapas: 1º **introdução** (movimentação de espécies potencialmente invasoras pelo homem para outro ecossistema onde não são encontradas); 2º **estabelecimento** (processo em que uma espécie exótica se estabelece num habitat produzindo com êxito indivíduos viáveis conforme a probabilidade de sobrevivência); 3º **expansão** (disseminação e alcance por parte das espécies exóticas nos novos espaços receptores). Quando o estabelecimento de espécies exóticas passa a provocar mudanças no funcionamento do ecossistema das quais este não consegue se recuperar naturalmente, tem início o processo de *contaminação biológica*. No âmbito das variáveis que potencializam o sucesso do estabelecimento e expansão de uma espécie exótica, tem-se o conceito de *capacidade invasora*. No âmbito dos aspectos que caracterizam a fragilidade do ambiente a receptividade de espécies exóticas, em dependência de seus caracteres físicos, está o conceito de *suscetibilidade à invasão* (Richardson e Pyšek *et al.*, 2011).

A transferência de seres vivos entre territórios mais ou menos distantes, associada as atividades humanas, existe desde a Antiguidade, no fluxo entre o oriente (Babilônia e Egito) e o ocidente. Teve início em associação à expansão da agricultura, tendo-se intensificado com a colonização dos continentes, americano e da Oceania, e ainda devido à abertura das rotas comerciais marítimas (García-Berthou *et al.*, 2008). O fluxo entre o Novo e o Velho Mundo proporcionou uma conexão intercontinental, com criação de Jardins de Aclimação na Europa e na América para viabilidade do cultivo. Na Europa classificam-se as introduções exóticas em antes e depois de 1500 (Arqueófitos/Neófitos) (Vilà *et al.*, 2008).

O aumento da mobilidade de pessoas à escala mundial, a intensificação do comércio, a alteração dos ecossistemas, o controle biológico e a exploração agrícola têm contribuído decisivamente para acelerar a chegada/introdução de organismos exóticos (Vilà *et al.*, 2008). Henderson *et al.* (2006) salientam que a recente redistribuição da biota é resultado de uma maior globalização da população.

A chegada de exóticas a um novo ambiente pode acontecer pela ação humana deliberada (através da agricultura e horticultura, por exemplo) ou acidentalmente (materiais de embalagem, vestuário, incluídas em sementes agrícolas). Por isso, numa investigação sobre introdução são consideradas: as causas do transporte e de introdução, que podem ser acidentais (aquém da vontade humana, mas com sua participação, caso do fluxo de turistas), e intencionadas (feita de modo legal para fim determinado), de onde procedem (rotas de introdução), por onde se introduzem, e quais os meios de transporte (vetores a meios físicos) (García-Berthou *et al.*, 2008).

Plantas deliberadamente transportadas são frequentemente selecionadas pela sustentabilidade ao clima e as condições do solo da área de destino, e quando introduzidas são considerados os efeitos que a fazem sobreviver e reproduzir-se. A falta de informação sobre o número de introduções fracassadas em detrimento de informações detalhadas relativas as introduções que levaram ao sucesso da invasão, impedem o entendimento dos fatores que controlam o processo. Entretanto, no caso em que os detalhes da introdução são conhecidos, duas certezas têm emergido. Primeiramente, o sucesso do estabelecimento está de perto correlacionado com a pressão do propágulo, numa combinação do número de vezes e locais em que a espécie é introduzida, e o número de indivíduos em cada introdução. Segundo, somente cerca de 10% das espécies importadas se naturalizam, e destas espécies somente cerca de 10% penetram no habitat tornando-se invasoras (*The Tens Rule*).

Uma vez estabelecidas, espécies não nativas podem tornar-se relativamente benignas. Espécies com maior plasticidade genética e fenotípica podem ser mais favoráveis à propagação, devido o aumento das possibilidades de eventual superação do déficit de aptidão. Invasões bem-sucedidas têm habilidade de relocar recursos da biomassa, acumulação que pode contribuir para reforçar as suas habilidades competitivas em relação às espécies nativas (Henderson *et al.*, 2006). Associações interespecíficas também podem facilitar a propagação da invasão. Embora a correlação entre espécies nativas e exóticas possuidoras de *vesicular arbuscular mycorrhizae* (VAM) possa explicar fatores promovedores do potencial invasor, esta não se verifica sempre. Embora a dispersão possa desempenhar um papel central na taxa de propagação, as condições do território de chegada são fundamentais para o sucesso da invasão. Enquanto que em ambientes áridos desarborizados a dispersão pelo vento é importante, a dispersão por pássaros é frequentemente mais importante em ambientes florestais, assim como a dispersão por vertebrados (Henderson *et al.*, 2006).

Fatores que represem ou limitem a propagação incluem a evolução de espécies nativas em competidoras, pestes ou predadoras de espécies não nativas. Como alternativa, uma peste eficaz ou competidor pode eventualmente ser introduzida. A transição de uma adição benigna para invasor dominante é por vezes caracterizada por uma aparente *timelag*. São identificadas duas categorias de fatores associados com o lançamento de um invasor potencial: *i*) intrínseco a espécie, como a taxa de aumento da população; *ii*) extrínseco à espécie, relativo as condições do ambiente receptor.

Há, pelo menos, três destaques importantes sobre uma *timelag* aparente: 1) populações de crescimento lento não são notadas nos primeiros estádios do crescimento exponencial, 2) ocorrência eventual de adaptação genotípica; 3) distúrbios cíclicos ou combinações das condições ambientais lançam as espécies introduzidas da *obscuridade relativa* (Henderson *et al.*, 2006).

Embora os mecanismos estejam obscuros, defasagens podem ser menores, em média, nos trópicos mais que nas altas latitudes. Há quatro princípios gerais disso: 1) a precisa determinação da duração da *timelag* é complicada pelas dificuldades no conhecimento de quando uma espécie foi originalmente introduzida, 2) dados do comportamento de uma espécie em um dado local são um pobre preditor do seu potencial invasor, 3) ambos os fatores ecológicos e genéticos podem produzir repentina explosão da população, 4) as maiores populações iniciais estão correlacionadas com uma maior probabilidade do atraso da *timelag* (Henderson *et al.*, 2006).

## **2.2 Aspectos metodológicos da pesquisa**

A distribuição atual das espécies focais foi realizada mediante utilização de GPS, procedendo-se a recolha de informação de caráter pontual em campo, distinguindo manchas (pequenas, grandes) de diferente dimensão de indivíduos isolados. Além desta informação, foi ainda feita uma avaliação da cobertura de cada uma das espécies em toda a bacia, tendo-se utilizado para tal uma grelha com resolução de 200x200m. A cada célula da grelha foi atribuído um valor de cobertura, entre 0 (ausência) e 5 (cobertura superior a 75%), tendo esta informação resultado da combinação de trabalho de campo com fotointerpretação baseada em imagens orbitais de alta resolução disponíveis no software ArcGIS 10.1 (Basemap World Imagery).

Para determinar se as mudanças de uso do solo favoreceram a expansão das acácias foi desenvolvida uma avaliação espácio-temporal de 50 anos (1960-2010): no sentido de se criarem os fundamentos para a definição de um modelo teórico de invasão biológica na área em estudo (Williamson, 1996). A situação de partida, em termos de uso do solo, baseou-se na reclassificação da Carta Agrícola e Florestal para a área em estudo, criando-se uma classificação que foi também aplicada na avaliação do uso do solo na situação atual (2010), tendo-se baseado a avaliação da situação presente em fotointerpretação a partir de imagens orbitais alta resolução (ArcGIS 10.1 –Basemap World Imagery).

Os critérios escolhidos constituem base para uma avaliação das áreas adequadas para invasões biológicas, podendo ser quantificados e qualificados, categorizando-se em: (i) fatores da invasão, e (ii) fatores limitantes do sucesso do processo. Os critérios relacionados a ‘fatores da invasão’ são quantitativos, podendo aumentar ou diminuir a amplitude do que poderá ser uma alternativa ou agravamento do problema. Os ‘fatores limitantes do sucesso do processo’ são qualitativos, e corroboram (ou não) a existência de fatores determinantes, e quais são eles.

No estudo de caso em epígrafe, as mudanças nos usos do solo e a proximidade a corredores naturais ou antrópicos são interpretados como fatores da invasão, enquanto o grau de ocupação das espécies invasoras e seus padrões de distribuição são entendidos como indicadores do sucesso do processo de invasão. Para determinar se os fatores da invasão selecionados influenciam realmente na distribuição das espécies invasoras, foram identificados os usos do solo do passado (1960) que passaram a estar ocupados por manchas de acácia, no sentido de avaliar a sua suscetibilidade à invasão, ainda que dinâmicas não contempladas nesta avaliação, por terem ocorrido neste período de tempo e não estarem a ser avaliadas, possam ter desempenhado um papel importante. Foi ainda avaliada, através da correlação estatística, se existem relações significativas entre os usos do solo e a abundância de cada uma das acácias, através do Coeficiente de Correlação de Spearman e aplicação de patch analysis.

De forma a avaliar a importância de corredores, naturais ou antrópicos, para a invasão biológica, foi feita uma avaliação comparativa da densidade de pontos e da cobertura das espécies em áreas de contacto e áreas afastadas. Para tal foi delimitada uma área de contacto (buffer) com estes corredores com 25 metros para cada lado. A análise foi feita separadamente para cada tipo de corredor antrópico, e para as linhas de água (corredores naturais) foi feita a separação entre linhas de água principais e secundárias. A avaliação baseou-se no cálculo simples da proporção de pontos dentro e fora da área de contacto (buffer), no caso do índice de densidade; enquanto que para o índice de cobertura teve por referência a cobertura total dos pontos (abundância) dentro e fora da área de contacto.

**Tabela 1.** Parâmetros para estudo da distribuição de Acácias na Bacia do Rio Arouce.

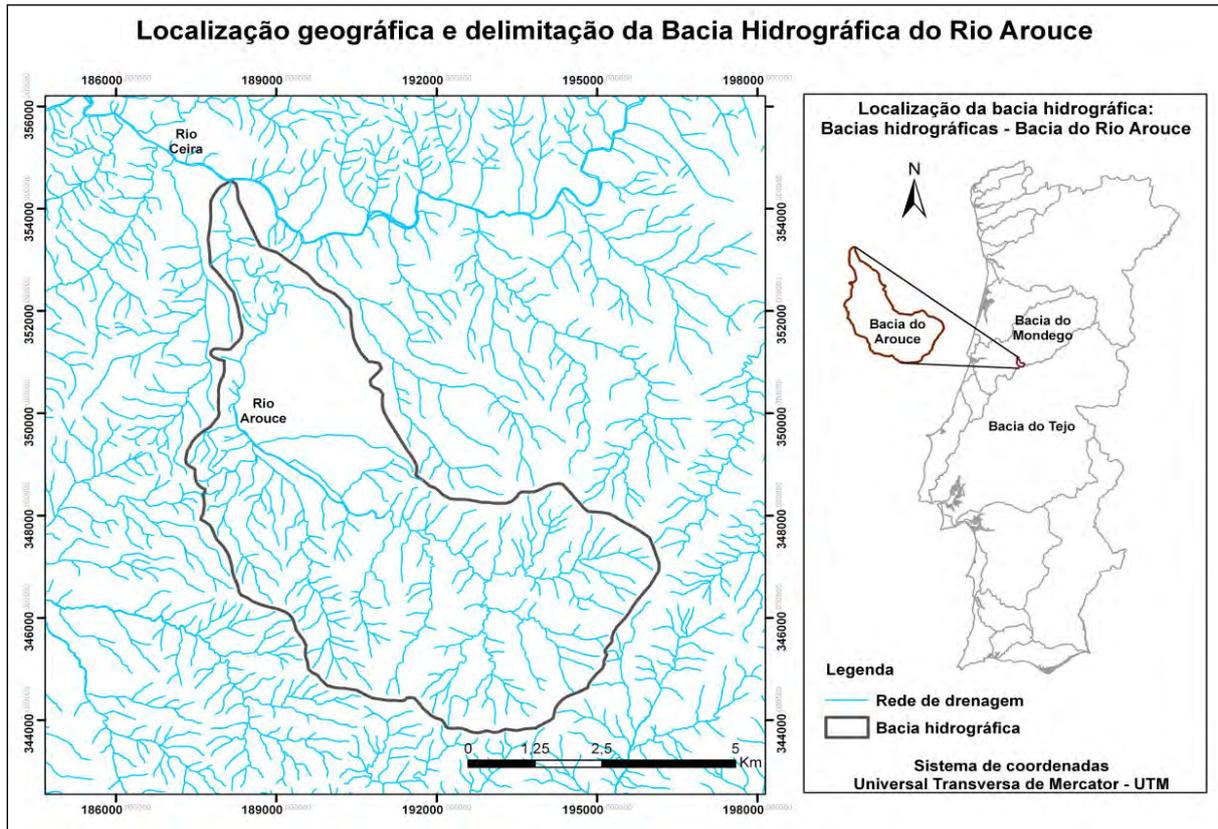
Categorias dos usos do solo							
Área social	Cultura arvense	Cultura de regadio	Olival/Pomar	Floresta de resinosas	Folhosas	Incultos	Acacial
Ocorrência das espécies							
Escala ordinal para correlação	Grau de cobertura das espécies – grelha			Distribuição das espécies – informação pontual			
1	<5%	Indivíduos isolados e pequenas manchas		1	Indivíduos isolados		
2	5-25%	Pequenas manchas		2	Pequenas manchas		
3	25-50%	Grandes manchas					
4	50-75%						
5	>75%						
<b>Fatores em rede: antrópicos (rede viária, caminhos de ferro, linhas de alta tensão), naturais (linhas de água)</b>							
Índice de densidade (Id)	Nº de pontos (ocorrências) dentro/fora da área de contacto ÷ área dentro/fora da área de contacto						
Índice de cobertura (Ic)	Total da cobertura dos pontos dentro/fora da área de contacto ÷ área dentro/fora da área de contacto						

### 3 Caracterização geral da área de estudo

#### 3.1 Localização geográfica e condições ambientais

Esta bacia possui uma extensão de 7.300 hectares, e está localizada na justaposição entre as bacias dos rios Mondego e Tejo (Figura 2). Em termos topográficos, há uma assinalável variação altimétrica (200-1000m), o que favorece declives significativos, principalmente nos setores intermédio e cabeceiras, enquanto que o sector terminal da bacia, próximo da confluência com o rio Ceira, apresenta superfícies de menor declive, correspondentes ao fundo da bacia sedimentar da Lousã.

**Figura 2.** A Bacia Hidrográfica do Rio Arouce.



O uso do solo na bacia do Rio Arouce sofreu alterações significativas no passado recente. Tem-se observado uma diminuição da área agrícola (culturas arvenses) e zonas mistas (interfaces entre áreas florestais e agrícolas com culturas anuais e agroflorestais), criando espaços abertos disponíveis para a colonização, o que os torna permeáveis à invasão, sobretudo, nos setores intermédio e terminal da bacia. Em oposição à diminuição das culturas agrícolas, tem-se observado o aumento das áreas sociais e florestais, sobretudo com expansão dos acaciais. Este quadro paisagístico encontra-se nos setores a montante, na área de cabeceiras, onde sempre dominaram ambientes florestais (pinhais, carvalhais, florestas de castanheiros). O tecido urbano domina sob caráter contínuo aproximadamente no centro da bacia, na área da Lousã. Nos setores adjacentes e marginais, distantes da Lousã, o tecido urbano caracteriza-se como descontínuo ou pouco contínuo.

A vegetação atual da área em estudo manifesta, ao nível da composição florística, fisionomia e estrutura das comunidades dominantes, uma forte perturbação, resultante dos reflexos das atividades antrópicas ou da influência de perturbações de caráter periódico, como os incêndios florestais ou o corte de mato.

Uma parte significativa da bacia apresenta utilização agrícola ou foi afetada por processos de abandono no passado recente. As áreas que apresentam estas condições encontram-se principalmente no setor final, nas áreas de fraco declive. No setor intermédio dominam formações arbóreas de caráter monoespecífico, nomeadamente eucaliptais e acaciais, manifestando um evidente empobrecimento florístico se comparadas com as comunidades arbóreas potenciais.

As áreas de uso agrícola extensivo estão associadas à presença de soutos. As áreas de cabeceiras, apesar da evidente perturbação da vegetação, são as que apresentam áreas mais extensas ocupadas por vegetação nativa. Dominam formações arbustivas subseriais, nomeadamente formações arbustivas baixas da *Calluno ullicetea*, representando um dos avanços mais meridionais desta classe de vegetação no âmbito da Região Mediterrânea.

As condições da vegetação potencial são difíceis de definir nesta área, não só pela ausência de formações arbóreas, partindo do pressuposto que as condições abióticas são adequadas à definição de formações arbóreas na(s) cabeça(s) de série (comunidades clímax), mas também pela elevada complexidade do ponto de vista abiótico, ao que se associa a concorrência de outros fatores de natureza biogeográfica, uma complexidade já identificada por Costa *et al.* (1998) para todo o setor Divisório Português. Assumindo que os bosques nativos seriam dominados por quercíneas, é difícil identificar um tipo de bosque específico, nomeadamente se tivermos por referência os bosques descritos para o território continental português.

Na área em estudo estão identificados quatro dos carvalhos que dominam as comunidades clímax de diferentes series de vegetação associadas a diferentes condições ecológicas do território continental.

A presença de *Quercus robur* confirma a forte influência oceânica que esta área ainda recebe, a qual está patente na extensão do período com défice de precipitação mais pronunciado. Esta influência está patente na presença de amplitudes térmicas fracas, um aspeto que explica a presença de *Laurus nobilis* nos vales termófilos. Estes atributos, associados à frequência de *Quercus robur* parecem ser argumentos importantes para definir as condições dos bosques nativos.

Ainda que a presença de *Quercus faginea* subsp. *broteroi* possa direcionar a interpretação dos bosques potenciais no sentido dos bosques do *Arisaro-Quercetum broteroi*, a presença de formações arbustivas baixas associadas à *Calluno ullicetea* suporta melhor a ideia de que estes bosques podem estar mais próximos do conceito associado aos carvalhais meso e termotemperados de forte influência atlântica dominados por *Quercus robur*, na sua versão enriquecida por *Quercus suber*, o que os permitiria integrar no conceito associado ao *Rusco aculeati - Quercetum roboris quercetosum suberis*. Além da presença de *Quercus suber*, que manifesta a existência de um padrão climático mediterrâneo desvirtuado pela forte influência atlântica, também a presença de comunidades arbustivas baixas na série destes carvalhais, como o urzal-tojal *Ulici minoris-Ericetum umbellatae* (Costa *et al.*), pode apontar neste sentido. Nas condições higrófilas, dada a elevada perturbação das galerias ripícolas, é expectável a presença de salgueirais dominados por *Salix atrocinerea* nas cabeceiras, e amiais nas áreas de rede hidrográfica melhor definida. São conspícuos: Azereiro (*Prunus lusitanica*); Azevinho (*Ilex aquifolium*); Feto-real (*Osmunda regalis*); Folhado (*Viburnum tinus*); Loendro (*Rhododendron ponticum*); Loureiro (*Laurus nobilis*); Medronheiro (*Arbutus unedo*).

### 3.2 A paisagem física

Como apresentado na Tabela 2, as porções mais elevadas topograficamente da área de estudo (entre 693-1205m) estão constituídas por rochas de xisto, grauvaques e granitos do complexo xisto-grauváquico, com idades do câmbrio-précâmbrio, onde

dominam cambissolos. Nesta área há um domínio de exposição a Sul e Oeste, com declives relativamente pronunciados (8-48°). Nas altitudes intermédias (entre 437-693m), verificam-se xistos e formações que também integram o setor terminal da bacia (areias e cascalhos), com domínio de cambissolos, vertentes voltadas a Sul, e declives acentuados. As áreas de menor altitude (cotas entre 54-437m) são caracterizadas pelos fracos declives (território das aluviões do vale do Rio Arouce), com fluvisolos.

As bacias hidrográficas dos rios Ceira e Mondego, que contemplam a Bacia do Rio Arouce, estão localizadas na justaposição entre o domínio de formações geológicas da Zona Central Ibérica e da Orla Meso-Cenozoica Ocidental. Nestes domínios afloram unidades cujas idades vão do cenozoico/mesozoico, ao paleozoico/précâmbrico (complexo xisto-grauváquico).

**Tabela 2.** Quadro síntese das condições da paisagem física da área de estudo.

Setor da bacia	Altitude (m)	Declive (°)	Exposição	Solos	Geologia
Setor terminal	54-437m	0-24°	Oeste e Norte	Fluvisolos	Areias, argilas, arenitos, cascalhos
Setor intermédio	437-693m	24-48°	Sul e Este	Cambissolos e Fluvisolos	Xistos, granitos, cascalhos, areias
Setor cabeceiras	693-1205m	8-48°	Sul e Oeste	Cambissolos	Domínio de xistos e granitos

Na área de influência da Bacia do Rio Arouce são identificadas três unidades de afloramentos geológicos principais, datadas dos períodos paleogênico-miocênico (PgM), ordovícico (O), e câmbrico (Cb). Verifica-se dominância de rochas do câmbrico, período marcado por uma série vulcano-sedimentar, com microquartzitos, calcários e dolimitos, arcoses, e conglomerados de base. Esta série representa mais de 50% da cobertura geológica da área, com mistura a série de afloramentos rochosos do précâmbrico, período de formação do complexo xisto-grauváquico, agregando xistos, grauvaques, gnaisses, e rochas da série espilitica do Alentejo.

As outras duas séries identificadas partilham os restantes 50% da área, com destaque para a influência de afloramentos datados do paleogênico-miocénico (PgM), representando os afloramentos da Orla Meso-Cenozóica Ocidental, com areias, argilas, arenitos, calcários, argilitos, conglomerados. Há ainda representação do ordovícico (O), período marcado por afloramentos de xistos argilosos, sedimentos ferríferos, quartzitos, grauvaques, e rochas básicas.

A constituição litológica da área (Tabela 2), em conviência com os dados geológicos, confirma a dominância de afloramentos rochosos do período câmbrico/précâmbrico, representados pela unidade litológica das formações sedimentares e metamórficas, composta principalmente de xistos e grauvaques do complexo xisto-grauváquico.

A justaposição entre os outros dois componentes geológicos, pertencentes ao complexo litológico das formações sedimentares, representa o limite dentro da área de influência da Bacia Hidrográfica do Rio Arouce entre a dominância de aluviões, areias e cascalhos do período holocénico (fortemente influenciados pela flutuação dos rios Ceira e Arouce), com os arenitos, calcários, argilas e cascalheiras do paleogénico-miocénico (Orla Meso-Cenozóica Ocidental).

Quanto a pedologia, são identificados três tipos de solos na área de influência do Rio Arouce de duas unidades pedológicas principais: domínio dos fluvisolos e dos cambissolos. Verifica-se dominância de cambissolos húmicos na porção norte (jusante) e centro da bacia hidrográfica, inseridos no espaço de influência dos afloramentos rochosos da formação sedimentar-metamórfica do câmbrio-précâmbrio, com xistos e grauvaques. Na área de influência dos afloramentos rochosos do paleogênico-miocênico, de formação sedimentar, onde distribuem-se areias, cascalhos e arenitos, verificam-se fluvisolos eutríficos, de localização específica sobre os terrenos aluvionares da Bacia Hidrográfica do Rio Arouce. Há ainda uma pequena representação de cambissolos distróficos à oeste, correspondentes a solos de formações sedimentares resultantes dos desprendimentos dos planaltos adjacentes.

Quanto aos aspectos do relevo, observa-se que a área da Bacia do Rio Arouce apresenta características que mostram susceptibilidade a episódios de erosão, já que do ponto de vista topográfico e geomorfológico, a bacia contempla ambientes dominados por superfícies declivosas pouco conservadas, cotas altimétricas dominantes entre 437-693m, além de vertentes expressivas com graus de declive entre 24-48°.

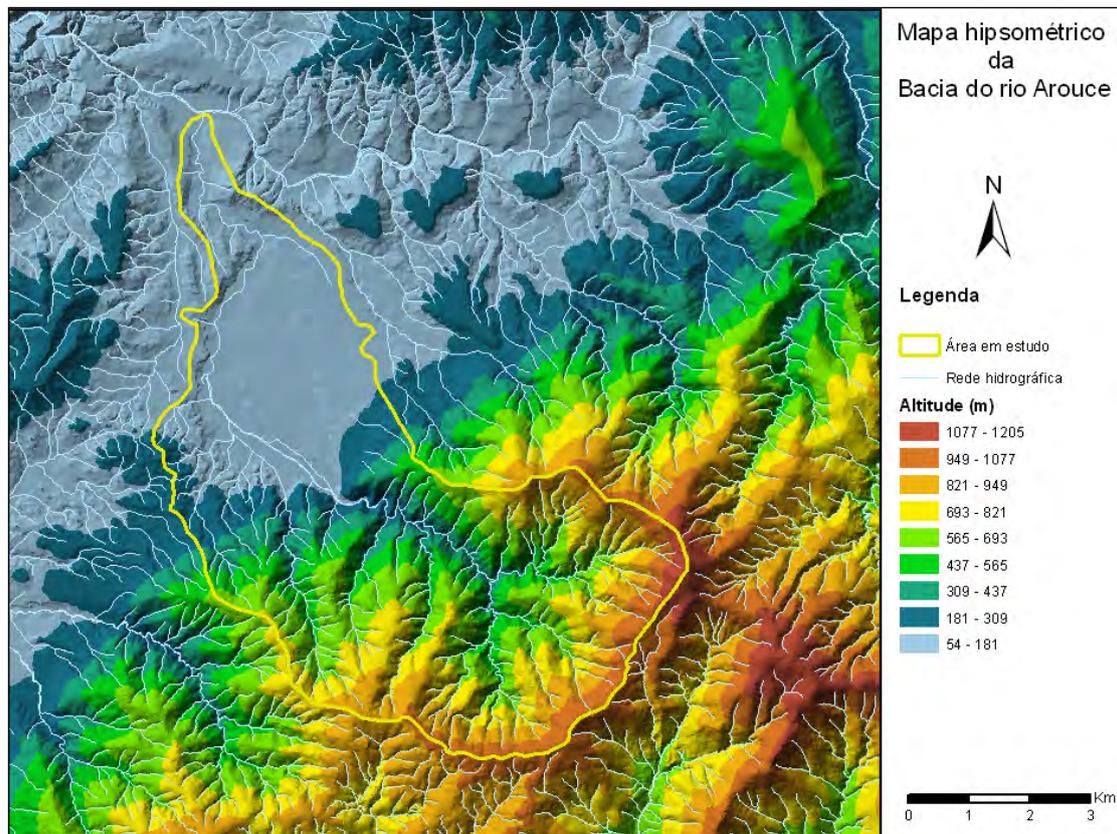
Nos setores intermédio e cabeceiras da bacia, nos topos das vertentes, observam-se superfícies com acentuados graus de declividade, pouco conservadas por apresentarem significativa atividade humana. Entretanto, no setor terminal da bacia, onde o grau de perturbação antrópica é mais intenso que nos setores intermédio e cabeceiras, encontram-se superfícies aplainadas em erosão em razão da intensidade da atividade erosiva, quer natural quer humana, especialmente no limite da Ribeira do Arouce com a Ribeira do Rio Ceira.

Pelas características apresentadas no mapa da hipsometria (Figura 3), onde as classes estabelecidas vão de 0 a 1205m (são nove classes com intervalos de aproximadamente 130m) propostas conforme a topografia da área, o relevo é declivoso apresentando cotas elevadas, o que resultou num mapa cuja cota máxima é de 1205m, sendo esta a classe menos representada (nota-se que assim como a área da bacia, todo seu entorno também não apresenta manchas desta classe). As cotas dominantes estão entre 400m e 700m, à montante da bacia, nos setores terminal e intermédio.

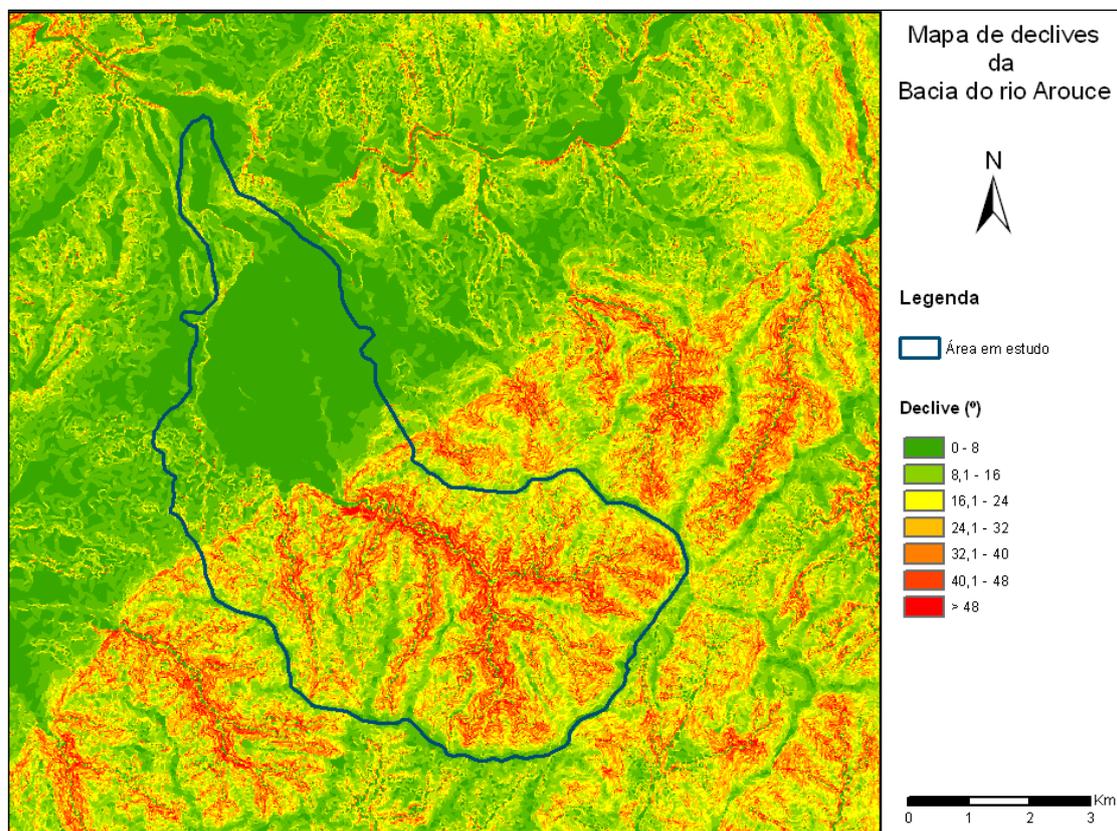
O mapeamento da declividade (Figura 4), conivente com os resultados dos demais aspectos da geomorfologia, sublinha a susceptibilidade dos ambientes da Ribeira do Arouce à eventos de erosão. Verifica-se dominância de áreas declivosas, com classes de declives dominantes para o setor cabeceiras entre 8-48° e para o setor terminal entre 0-24°. As cotas máximas de declive, entre 24-48°, possuem expressiva representação no setor intermédio, com ocorrência específica neste setor, onde os vales são alargados. A forma dos vales é conspícua em U nos setores de alargamento da porção intermédia da bacia, e em V nos setores mais próximos às nascentes. Alguns terraços fluviais são identificados, especialmente na confluência entre a foz do Rio Arouce e o Rio Ceira.

Quanto à exposição das vertentes, o mapa apresenta dominância de vertentes voltadas a oeste e norte no setor terminal da bacia, enquanto nos setores intermédio e cabeceiras há dominância de vertentes voltadas a norte, sul e oeste, com alguns territórios com orientação à este. Esta dinâmica traduz importante fato, além dos territórios preferenciais para atividades humanas, mostra os espaços preferenciais para ocupação das Acácias invasoras, já que, como se sabe, as vertentes com orientação voltadas a norte são preferenciais devido a questões como a luminosidade solar, sendo as áreas mais densamente antropizadas na Ribeira do Arouce, e invadidas por Acácias.

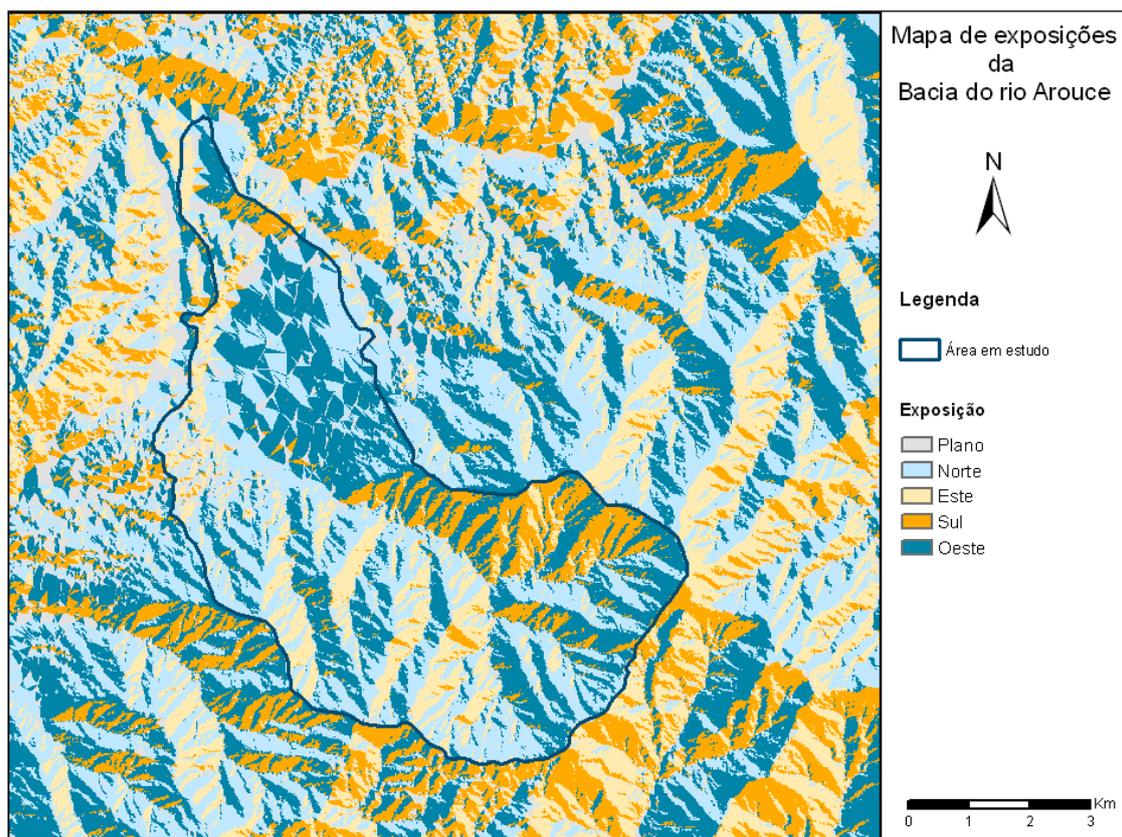
**Figura 3.** Mapa hipsométrico da área de estudo.



**Figura 4.** Mapa de declives da área de estudo.



**Figura 5.** Mapa da exposição das vertentes da área de estudo.



### 3.3 Dinâmica climática e balanço hídrico

Para a caracterização climática da área da Bacia Hidrográfica do Rio Arouce foram avaliados dados de precipitação e temperatura das séries mensais para a estação da Lousã, disponibilizados pelo Instituto Português do Mar e da Atmosfera. Os dados da precipitação avaliados estão de acordo com o recorte temporal 1951-1980.

No sentido de obter uma caracterização mais adequada da diversidade das condições climáticas da área de estudo, procedeu-se ao diagnóstico hídrico-climatológico tendo por referência dois valores de reserva máxima distintos, procurando representar a dinâmica da disponibilidade de recursos hídricos na reserva útil do solo, para as áreas com condições climatófilas (100mm), nomeadamente setor intermédio e setor cabeceiras da Bacia do Rio Arouce, e para as áreas com condições higrófilas e mesohigrófilas (200mm), nomeadamente os vales fluviais e o setor terminal da bacia, áreas associadas a presença de fluvissois. O contexto hídrico foi avaliado segundo Thornthwaite & Mather (1955, 1948). Os valores para a precipitação e temperatura segundo as séries mensais na estação da Lousã, podem ser visualizados na Tabela 3.

**Tabela 3.** Dados coletados na estação udométrica da Lousã para análise do contexto hídrico-climatológico da área da Bacia Hidrográfica do Rio Arouce.

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
<b>T°C</b>	7,9	8,5	9,7	11,4	13,8	17	19,8	20	18,6	15,2	10,5	7,8	
<b>i</b>	2,00	2,23	2,73	3,48	4,65	6,38	8,03	8,16	7,31	5,38	3,07	1,96	55,39
<b>etp</b>	25,93	28,65	34,28	42,70	55,37	73,53	90,47	91,72	83,10	63,15	38,18	25,49	
<b>N</b>	9,80	10,70	12,00	13,30	14,40	15,00	14,70	13,70	12,50	11,00	10,00	9,40	
<b>d</b>	31,00	28,00	31,00	30,00	31,00	30,00	31,00	31,00	30,00	31,00	30,00	31,00	
<b>K</b>	0,84	0,83	1,03	1,11	1,24	1,25	1,27	1,18	1,04	0,95	0,83	0,81	

No que se refere a classificação climática da área, considerando os dados da tabela 3, pode-se salientar que, verificada a média de precipitações para o período de 1951 a 1980 na estação da Lousã, toda a área de influência da Bacia Hidrográfica do Rio Arouce enquadra-se na tipologia climática semiúmida (20-30 lam) conforme classificação climática de Martone (ver Tabela 4). O balanço hídrico sequencial na série histórica considerada indica significativa variação interanual da precipitação, embora haja predomínio do clima semiúmido na área de estudo.

No âmbito dos valores de precipitação e temperatura, verifica-se que há uma significativa variação nos volumes pluviométricos e das condições de temperatura para a área da estação da Lousã e entorno, o que tem reflexo na variação apresentada pelos demais termos analisados na caracterização climática da área de influência da Bacia do Rio Arouce. Nesse sentido, é evidente uma significativa variação, embora esta variação aponte para condições climáticas típicas de ambientes húmidos e semiúmidos, cuja a característica principal é a regularidade interanual nas precipitações e temperatura, com regime pluviométrico elevado, temperatura média em torno dos 15°, e situação de superavit hídrico mantida para a maior parte dos meses do ano.

**Tabela 4.** Classificação dos tipos climáticos segundo Martonne (lam).

<b>Índice de Aridez de Martonne (lam)</b>	
lam = P / (T + 10)	
P = Precipitação média anual	T = Temperatura média anual
Tipos de Clima	lam
<b>Desértico</b>	5
<b>Árido</b>	5-10
<b>Semi-árido</b>	10-20
<b>Semi-húmido</b>	20-30
<b>Húmido</b>	30-40
<b>Hiper-húmido</b>	40

Outros dois termos da presente caracterização importantes para compreensão da dinâmica hidrológica da área de estudo são os valores de ETP e ETR. A Evapotranspiração potencial (ETP) corresponde a quantidade de água necessária para manter a vegetação em função de uma dada temperatura. A Evapotranspiração Real (ETR), ao contrário da ETP, corresponde a uma situação de disponibilidade potencial de água, representando a quantidade de água que sai do sistema através da evapotranspiração e que é usada na produção pelas plantas.

Nos cálculos do balanço hídrico, a ETP representa o consumo de água, enquanto que a pluviosidade representa o abastecimento, e a ETR é aquela que ocorre nas condições reais às quais o vegetal está submetido onde não existe disponibilidade hídrica satisfatória e vegetação uniforme sobre a superfície. Desse modo, há uma relação direta entre a precipitação e a ETR, estando os menores valores de ETR relacionados aos baixos valores de precipitação e os maiores valores de ETR relacionados a uma precipitação mais elevada. Os valores de ETP, ETR, e os demais termos considerados para caracterização climática das áreas com condições higrófilas e mesohigrófilas (200mm) na Bacia do Rio Arouce (valores de precipitação e temperatura principalmente), estão discriminados na Tabela 5. Referem-se as áreas dos vales fluviais e do setor terminal da bacia (áreas associadas a presença de fluvisolos).

**Tabela 5.** Termos da caracterização climática para as áreas com condições higrófilas e mesohigrófilas (200mm) na Bacia do Rio Arouce.

<b>ETP</b>	21,88	23,84	35,42	47,33	68,66	91,91	114,52	108,20	86,56	59,82	31,82	20,63	
<b>P(mm)</b>	171	181	115	100	116	58	22	21	58	115	128	137	1221,20
<b>P-ETP</b>	149,42	157,46	79,08	53,07	46,84	-34,31	-92,82	-87,00	-28,66	55,18	96,38	115,97	
<b>£da</b>						-34,31*	-127,13*	-214,14*	-242,80*				
<b>RU</b>	200,00	200,00	200,00	200,00	200,00	168,47	105,92	68,56	59,40	114,59	200,00	200,00	
<b>VRU</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	31,53	62,56	37,36	9,15	-55,18	-85,41	0,00	
<b>ETR</b>	21,88	23,84	35,42	47,33	68,66	89,13	84,26	58,56	67,05	59,82	31,82	20,63	608,40
<b>DEFICE</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,78*	30,27*	49,64*	19,51*	0,00	0,00	0,00	102,20
<b>SUPERAVIT</b>	149,42*	157,46*	79,08*	53,07*	46,84*	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	10,97*	115,97*	612,80

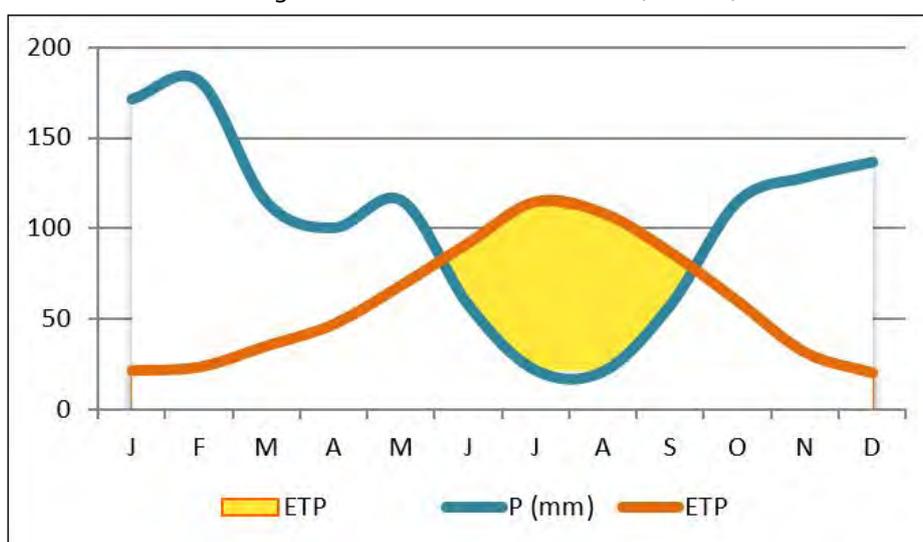
\*Reserva útil de 200mm, áreas da bacia hidrográfica cujas condições ecológicas estão determinadas por condições edáficas particulares, nomeadamente os fundos de vale, com solos mais espessos, e maior capacidade para reter água.

Os valores espaciais de ETP e ETR, além da precipitação e da temperatura, para os setores cujas condições do contexto hídrico estão discriminadas na tabela 5, corrobora o contexto zonal destas áreas, caracterizadas sobretudo por índices de pluviosidade elevados e temperaturas regulares, que pode ser confirmado nos valores de ETP e ETR obtidos, evidenciando os setores da bacia cujas condições de superavit hídrico são significativas. O contexto apresentado acima, para o setor terminal e vales do Rio Arouce, está ilustrado no Gráfico 1, mostrando a importância destes espaços na categorização climática da área de estudo em clima do tipo semiúmido.

Com base nos resultados obtidos para as áreas da bacia com condições climatófilas (100mm) (ver Tabela 6), nomeadamente setor intermédio e setor cabeceiras do Rio Arouce,

comparativamente ao que se observou para as áreas com condições higrófilas e mesohigrófilas (200mm), verifica-se que não há uma diferença significativa em termos de extensão temporal do período com défice hídrico, ou seja, o período em que se regista défice de recursos hídricos, considerando 100mm ou 200mm em termos de reserva máxima. Em ambas as situações, o período com défice hídrico está definido entre junho e setembro, o período seco, ainda que os valores de défice sejam mais elevados no caso das áreas com condições climatófilas. Esta situação está muito determinada pelo facto de a área da Bacia apresentar valores de precipitação elevados, onde apenas 2 meses do ano (julho e agosto) o valor da precipitação é inferior a 30mm.

**Gráfico 1.** Influência dos valores de precipitação, temperatura, da ETP e da ETR para a caracterização climática das regiões higrófilas e mesohigrófilas (200mm) da bacia.



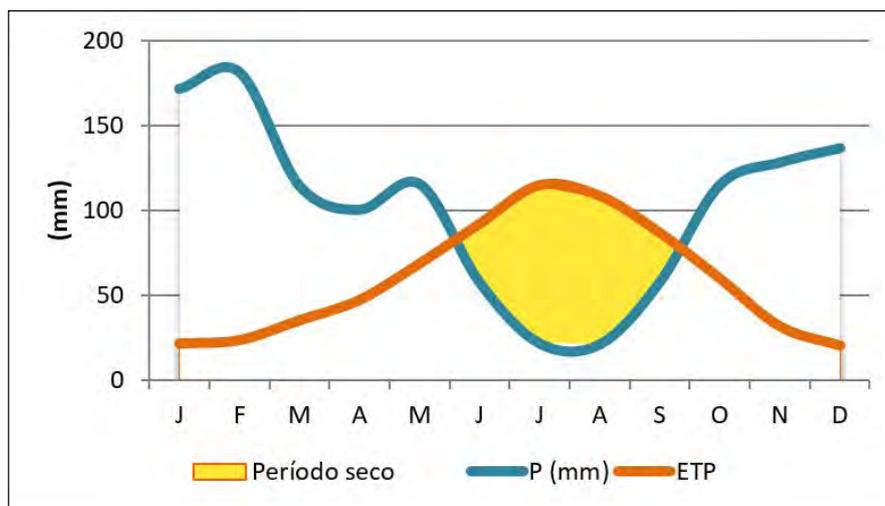
**Tabela 6.** Termos da caracterização climática para as áreas com condições climatófilas (100mm) na Bacia Hidrográfica do Rio Arouce.

<b>ETP</b>	21,88	23,84	35,42	47,33	68,66	91,91	114,52	108,20	86,56	59,82	31,82	20,63		
<b>P(mm)</b>	171	181	115	100	116	58	22	21	58	115	128	137	1221,20	
<b>P-ETP</b>	149,42	157,46	79,08	53,07	46,84	-34,31*	-92,82*	-87,00*	-28,66*	55,18	96,38	115,97		
<b>Éda</b>						-34,31*	-127,13*	-214,14*	-242,80*					DC*
<b>RU</b>	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	70,96	28,05	11,75	8,82	64,01	100,00	100,00		
<b>VRU</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	29,04	42,91	16,30	2,93	-55,18	-35,99	0,00		
<b>ETR</b>	21,88	23,84	35,42	47,33	68,66	86,64	64,61	37,50	60,83	59,82	31,82	20,63		
<b>DEF.</b>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,27*	49,91*	70,71*	25,73*	0,00	0,00	0,00		DH*
<b>SUP.</b>	149,42*	157,46*	79,08*	53,07*	46,84*	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	60,39*	115,97*		

\* Déficit climático (DC) e Déficit hídrico (DH)

\* Reserva útil de 100mm, áreas da bacia cujas condições ecológicas estão determinadas pelo padrão climático, nomeadamente pelas áreas de vertentes.

**Gráfico 2.** Influência dos valores de precipitação, temperatura, da ETP e da ETR para a caracterização climática das regiões climatófilas (100mm) da área de estudo.



### 3.4 Unidades ambientais

Caracterizados os aspectos físicos da área de influência da Bacia do Rio Arouce, verifica-se que a maior parte da área se encontra dominada por solos do tipo cambissolos, solos adequados para o componente florestal. Tanto florestas de espécies não invasoras (pinheiros, castanheiros, carvalhos) quanto floresta de exóticas (acácias, eucaliptos), são conspícuas em todo o domínio dos cambissolos. Já no sentido centro-sul da bacia, onde dominam fluvissois, verifica-se sua capacidade para uso agrícola, onde são conspícuas culturas agrícolas nas adjacências dos vales das ribeiras.

O contexto geológico-pedológico-geomorfológico, a caracterização climática, e as condições de uso do solo e vegetação permitem compartimentar a área de influência da bacia em três unidades ambientais principais (Figura 6), segundo a escala aqui utilizada em nível local.

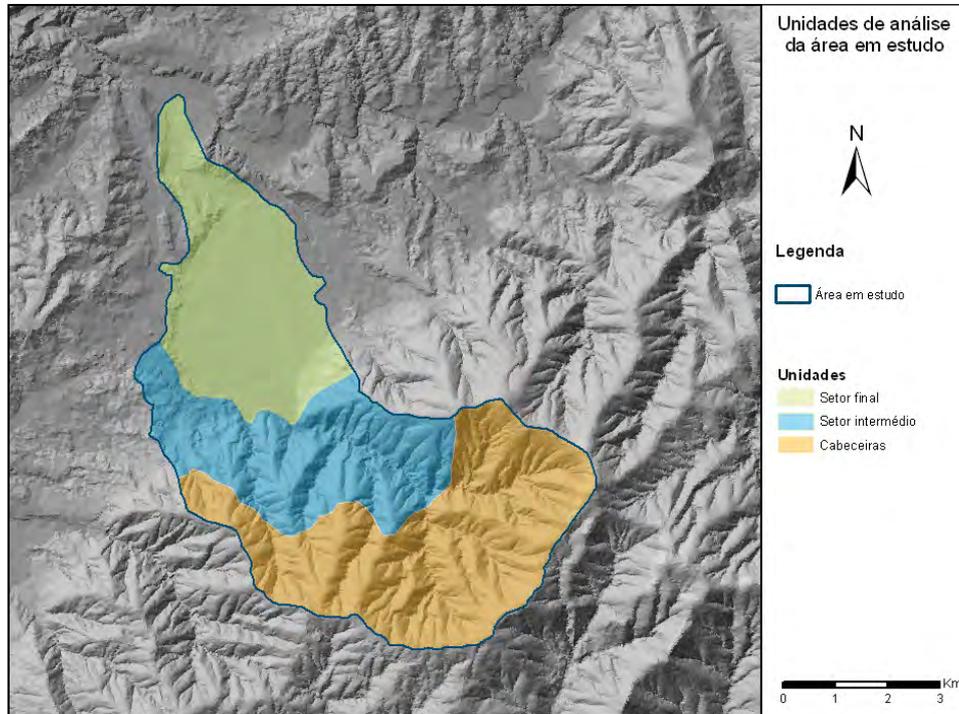
A *unidade cabeceiras*, correspondente a região de montanhas de granito-xisto (florestal), é a mais elevada topograficamente (cotas entre 700-1000m), caracterizada pela dominância de rochas de xisto, grauvaques, conglomerados e granitos, com idades do câmbrio-précâmbrio, inserida no complexo xisto-grauváquico, de formação sedimentar-metamórfica, revestida sobretudo por cambissolos, com dominância de florestas, em condições climatófilas (100mm).

A *unidade intermédia*, região de montanhas de granito-xisto (florestal e pastoril), é a unidade seguinte em termos topográficos (400-700m), caracterizada pela presença de areias, conglomerados, xistos argilosos (fundos de vale) e xistos e grauvaques (topos e vertentes). Esta unidade estende-se do limite da influência das formações geológicas do câmbrio-précâmbrio, às formações sedimentares do ordoviciano e paleogênico-miocênico, sendo revestida por fluvissois e cambissolos, com capacidade de uso agrícola, florestal e mista (agrícola condicionada), sob condições climatófilas (100mm) nos topos dos vales, e higrófilas e mesohigrófilas nos fundos dos vales (200mm).

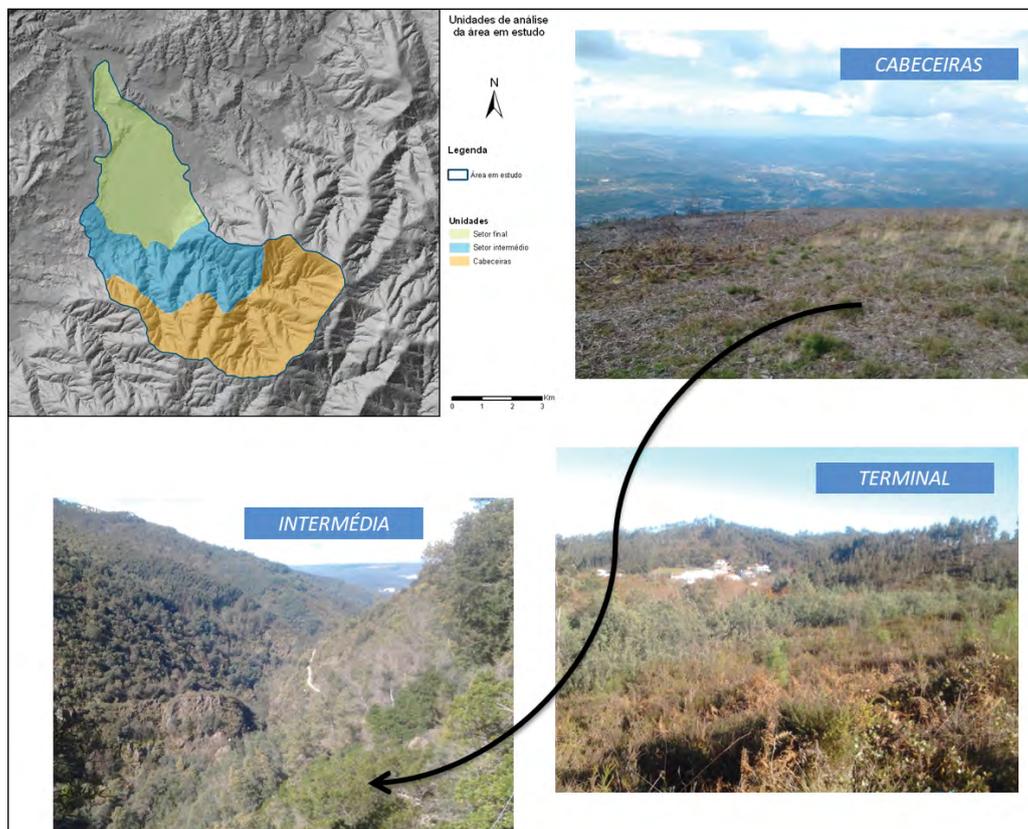
A *unidade terminal*, categorizada como ribeira subatlântica com regadio dominante, está localizada a sul da bacia sendo a menos elevada a níveis topográficos (400m/ variante zona litoral), caracterizada pela dominância de areias, argilas, arenitos, calcários e conglomerados, sob influência das formações da Orla Mesocenozoica Ocidental, de

idade do paleogênico-miocênico, com formação sedimentar, revestida principalmente por fluvisolos, de alta capacidade para uso agrícola.

**Figura 6.** Unidades ambientais da área de estudo.



**Figura 7.** Unidades ambientais da bacia (1. Terminal; 2. Intermédia; 3. Cabeceiras).



## 4 Apresentação e discussão dos resultados

### 4.1 Análise ao nível generalista

A recolha de informação da distribuição atual permitiu clarificar o padrão espacial e importância que as duas espécies invasoras assumem atualmente na bacia do Rio Arouce. A distribuição das espécies assume um padrão claro, o qual está polarizado pela existência de uma área central da bacia onde as duas espécies têm maior presença e cobertura, facto que está confirmado pelo resultado do Índice de Moran (0,28), apontando para a existência de uma organização espacial agrupada (clustered). Esta área, no sector intermédio da bacia, corresponde ao local de introdução, e concentra atualmente as manchas de maior dimensão, principalmente de *A. dealbata*, a espécie que ocupa a área mais extensa e que apresenta maior cobertura na bacia.

Considerando os agrupamentos em manchas, a superfície atual ocupada por acácias invasoras, estimada em quadrículas de 200x200m, é de 936,2ha, enquanto que a superfície ocupada em 1960 se referia a apenas 55,2ha. O aumento da área ocupada traduziu-se pela expansão para áreas que antes pertenciam a *Floresta de Resinosas* (537,413ha), a *Incultos* (149,137ha), normalmente ocupados por comunidades arbustivas baixas, a *Olivais/Pomares* (128,373ha), a *Culturas de Regadio* (50,904ha), a *Culturas Arvenses de Sequeiro* (22,784ha), a *Floresta de Folhosas* (17,568ha), a *Floresta de Eucaliptos* (15,886ha), e mesmo Áreas Sociais (1,320ha), com a manutenção das áreas com Acaciais numa pequena fração (12,896ha).

As Florestas de Resinosas (537,413ha) e os Incultos (149,137ha) são os usos que mais cedem área ao avanço das manchas de acácia, sobretudo pela localização geográfica próxima às áreas de introdução. Em termos de dinâmica da área ocupada por acacial em 1960, ou que apresentava uma presença significativa de acácia, sem que esteja discriminada qual a espécie, verifica-se que uma percentagem significativa passou a estar associada a outros usos, sendo que apenas 24% da área se mantém como acacial. Uma pequena percentagem foi urbanizada (3%), ocupada por pinhal (7%) ou eucaliptal (5%). Na verdade, estes resultados podem estar determinados por diferenças ao nível do detalhe utilizado ao nível cartográfico entre os dois momentos. Mas a perda mais significativa está associada à mudança para floresta de folhosas (58%), um valor que não pode ser explicado apenas por diferenças de resolução cartográfica. No entanto, é possível verificar que uma parte importante desta área corresponde atualmente a eucaliptal, e ambas as acácias, apesar de não darem a estrutura a estas comunidades, têm uma presença significativa nestas florestas, principalmente como pequenas manchas.

No que diz respeito à correlação entre os usos do solo e a presença das espécies invasoras, os resultados não apontam para a existência de uma associação clara, o que pode indicar que os usos do solo não são preponderantes na definição do padrão de invasão à escala da bacia.

Esta ausência de fortes correlações pode remeter para a grande amplitude ecológica das duas espécies, e a sua apetência para ocuparem uma grande diversidade de condições ecológicas e de intensidade de uso. No entanto, não é de excluir a possibilidade de estes resultados estarem enviesados pelo tipo de classificação em uso, pois a mesma está muito estruturada na proposta da Carta Agrícola e Florestal, e a resolução espacial e desagregação categórica podem não ser muito favoráveis a este tipo de análise. No entanto, os resultados

permitem confirmar estatisticamente o que se observava em campo, e que diz respeito à significativa co-ocorrência das duas espécies, mesmo em diferentes usos do solo.

Este padrão parece indicar a existência de fatores de dispersão idênticos para as duas espécies. E neste âmbito, obtiveram-se resultados claros em termos de avaliação do papel dos corredores, antrópicos ou naturais, para o processo de invasão. A comparação da densidade de pontos e cobertura entre áreas que estão em contacto com estes corredores (até 25 m de distância) e as áreas afastadas (mais de 25 metros de distância) permitiu constatar que há uma maior densidade de ocorrências nas áreas em contacto com os corredores (Tabela 7), indicando que esses elementos são significantes no condicionamento da expansão das acácias na área de estudo, o que pode estar associado à definição destes corredores como vias propagadoras de dispersão.

**Tabela 7.** Resultados dos índices de densidade e cobertura.

	Setor terminal				Setor intermédio				Setor de cabeceiras			
	Densidade		Cobertura		Densidade		Cobertura		Densidade		Cobertura	
	dentro	fora	dentro	fora	dentro	fora	dentro	fora	dentro	fora	dentro	fora
Vias	0,34	0,3	0,53	0,4	0,58	0,5	1,08	<b>1,1</b>	0,07	0,04	0,09	0,07
Lap	0,99	0,2	1,7	0,3	0,09	<b>0,6</b>	0,2	<b>1,3</b>	0,07	0,04	0,09	0,07
Las	<b>1,4</b>	0,3	<b>2,6</b>	0,4	<b>5,4</b>	0,4	<b>12,8</b>	0,9	<b>0,09</b>	0,03	<b>0,2</b>	0,05

**Dentro:** valor relativo às áreas próximas que estão em contacto com os corredores (até 25m para cada lado);

**Fora:** valores relativos às áreas que estão a mais de 25 metros de distância dos corredores; **Vias:** corredores antrópicos que incluem a rede viária, caminho de ferro, linhas de alta tensão; **Lap:** linhas de água principais;

**Las:** linhas de água secundárias.

Os valores mais elevados junto aos corredores verificam-se também em relação aos valores de cobertura, o que indica que, além de haver mais pontos, estes representam normalmente uma cobertura mais elevada, o que remete para o facto de estes corredores estarem a funcionar como eixos preferenciais de avanço, determinando o padrão de invasão. Numa análise mais detalhada, verifica-se ainda que as linhas de água secundárias (Las) se apresentam como o tipo de corredor com valores mais elevados, um resultado que pode estar determinado pela maior área ocupada na bacia, comparativamente aos outros tipos de corredores. Mas os resultados são claros na diferenciação das duas situações em análise, dentro e fora das áreas de contacto (Tabela 7). A única exceção prende-se com a existência de valores de índice de cobertura mais elevados fora das áreas de contacto no sector intermédio para as vias e linhas de água principais (Lap). Este resultado está relacionado com o facto de neste sector intermédio se encontrarem grandes manchas contínuas, que frequentemente são interrompidas pelas estradas e mesmo pela linhas de água principais. A presença de manchas contínuas explica os valores mais elevados para os índices neste sector da bacia. Os valores mais baixos são registados no sector de cabeceiras, onde, apesar de o número de pontos ser francamente baixo, os índices são mais elevados na proximidade dos corredores.

Com valores mais elevados que as cabeceiras, remetendo para uma influência mais evidente dos corredores na definição do padrão de invasão, está o sector terminal da bacia. Como o sector intermédio corresponde à área de introdução, estes resultados apontam para o facto de este sector estar a funcionar como fonte de propágulos, e a direção preferencial da invasão estar a processar-se de montante para jusante, ocorrendo preferencialmente em associação a linhas de água. Efetivamente, além de facilitarem o processo de transporte, estes corredores representam condições ecológicas mais favoráveis, pois determinam maior disponibilidade de recursos hídricos ao longo do ano. A partir desta análise generalista, é possível pormenorizar os principais aspectos aqui destacados.

#### 4.2 Análise ao nível de detalhe - aumento dos acáciais

Os valores da área associada ao domínio do género *Acacia* e/ou com presença consolidada de Acácias, foram utilizados na determinação das mudanças para as áreas com acáciais (ao nível de comunidade). Foi considerada a relação entre as áreas com presença de acáciais e as mudanças no uso do solo, através da combinação dos valores da evolução das formas de ocupação. Como pode ser visualizado na tabela 8, o total das áreas com acáciais foi surpreendentemente significativo para **2011 (936,2ha)**, quando comparado ao total da área ocupada em **1965 (55,2ha)**, com percentual crescente variando em **12%**, segundo a série histórica 1965-2011).

**Tabela 8.** Valores em hectares e percentagens das mudanças nas áreas com presença de acáciais segundo a série histórica 1965-2011.

<b>Evolução da área ocupada por acácias na série histórica 1965-2011</b>			
Acáciais 1965 (ha)	Acáciais 1965 (%)	Acáciais 2011 (ha)	Acáciais 2011 (%)
<b>55,236</b>	<b>0,756</b>	<b>936,231</b>	<b>12,820</b>
Uso em 1965	Uso em 2011	Área ocupada (ha)	Área ocupada (%)
Área social	Acacial	1,320	0,141
Cultura de Sequeiro	Acacial	22,784	11,101
Cultura de Regadio	Acacial	50,904	5,437
Olival + Pomar	Acacial	128,373	13,712
<b>Floresta de Resinosas</b>	<b>Acacial</b>	<b>537,413</b>	<b>57,402</b>
Floresta de Eucaliptos	Acacial	15,886	1,697
Floresta de Folhosas	Acacial	17,568	1,876
Incultos	Acacial	149,137	15,930
Acacial	Acacial	12,846	1,372
<b>Total</b>		<b>936,231</b>	<b>100</b>

De imediato pode-se chegar a algumas certezas a partir desses valores: *i)* há uma relação inversa entre o valor obtido para a área com acacial em 1965 (55ha) comparado ao de 2011 (936ha); *ii)* 1965 apresenta um contexto de invasão (0,1% da área) oposto ao contexto de 2011 (12% da área); *iii)* com a continuidade dessa evolução, certamente nos dias de hoje (2022) a área com acacial tenha aumentado, e o contexto da invasão tenha se agravado, *iv)* as Acácias tem invadido áreas que antes pertenciam sobretudo ao domínio das *florestas de resinosas*, como também de *culturas agrícolas* e *incultos de comunidades arbustivas*, *v)* a rápida evolução mostra que há fatores ligados ao processo agressivo com que a área da bacia (7.300ha) tem sido invadida (936ha com acácias).

#### **4.3 Análise ao nível de detalhe - padrão de distribuição**

No sentido de avaliar se o padrão na distribuição das espécies invasoras *Acacia dealbata* e *Acacia melanoxylon* tem se caracterizado como aleatório ou apresenta alguma tendência espacial na área de estudo, procedeu-se à avaliação da autocorrelação espacial entre os pontos recolhidos em campo no âmbito da presença/abundância dos taxa, tendo esta análise baseado-se na aplicação do Índice de Moran's I, um dos índices mais aplicados com este propósito (Câmara *et. al.*, 2002).

Em termos de resultado, a obtenção do valor de **0.28** no âmbito do Índice de Moran's I para a distribuição da *A. dealbata* e da *A. melanoxylon*, indica que a distribuição das espécies se trata de uma organização espacial agrupada (*clustered*), ou seja, apresenta alguma tendência espacial, o que significa que o padrão de distribuição dos taxa não tem uma organização aleatória.

Outro aspecto importante advindo do resultado de 0,28, é que a certeza de que a padronização parece indicar a existência de fatores como determinantes na organização do espaço das Acácias.

A investigação destes fatores demanda informações no âmbito dos processos das invasões das Acácias e do ambiente da Bacia Hidrográfica do Rio Arouce.

Numa investigação preliminar, dada a existência de um padrão e sobretudo de fatores determinantes envolvidos, verifica-se que há uma área da bacia que aparenta corresponder ao local onde pode ter ocorrido a introdução das espécies de Acácia, relativa a porção correspondente ao seu setor intermédio, tendo em conta que este setor da bacia agrega a maior parte dos pontos coletados, indicando que podem haver manchas contínuas de acaciais com grande dimensão.

A padronização para fora desta área compartimenta a Bacia do Rio Arouce em mais duas unidades, uma a norte e outra a sul do setor da possível introdução, com diferentes contextos de invasão.

Uma destas unidades invadidas contempla o setor terminal da Bacia do Rio Arouce, na área da foz do Rio Arouce, com uma padronização que indica um contexto de pequenas manchas de Acácias, dada a presença menos frequente de pontos em comparação ao setor intermédio.

Algumas ocorrências de Acácia neste setor parecem estar associadas principalmente a indivíduos isolados, salvo a exceção das áreas de fundo de vale e linhas de água do Rio Arouce, além das margens de estradas e caminhos da paisagem, onde certamente se encontram manchas descontínuas.

A outra unidade com característica padrão no âmbito da presença de Acácias, compreende o setor das cabeceiras da Bacia do Rio Arouce, localizada a sul do possível setor de introdução das espécies.

Nesta unidade 'Cabeceiras' a presença das duas Acácias parece ser menos frequente que nas outras duas unidades, e estará associada certamente a presença e ocorrência de indivíduos isolados, possivelmente posicionados nas margens das estradas ou na proximidade das linhas de água.

Dada a frequência do padrão observado, na tentativa de identificar e avaliar os fatores determinantes nesta padronização da distribuição e invasão das Acácias, num primeiro experimento foram correlacionados os dados obtidos no âmbito das opções de uso e ocupação do solo com os dados de campo da recolha da presença/abundância dos pontos amostrados. Sob subsidio ao cálculo estatístico do *Coefficiente de Spearman (rho)* e aplicação de *patch analysis*, foi avaliada a existência de uma possível influência dos tipos de uso do solo na definição dos padrões de distribuição das Acácias.

Num segundo experimento, foi avaliada a importância dos corredores da paisagem nos padrões de distribuição. Para tal, foram calculados os Índices de Densidade e Cobertura do conjunto de pontos com presença de *Acacia* na área de influência dos corredores, e fora dela.

### **Unidade cabeceiras**

A unidade ambiental Cabeceiras, localizada na extremidade sul da área da Bacia Hidrográfica do Rio Arouce, tem por substrato xisto e granitos do complexo xisto-grauváquico. No âmbito dos graus de ocupação e sociabilidade para as espécies *A. dealbata* e *A. melanoxylon* nesta área, podem ser tratados dois níveis de base na unidade cabeceiras, o primeiro, corresponde ao topo do vale com altitude que chega a 1200m, e o segundo corresponde as áreas de vale do curso principal e afluentes secundários, a 700m. O vale propriamente dito está a 400m de altitude. A amplitude de valores para a ocupação das espécies entre o topo e o vale à 400m, é mínima, os valores concentram-se na classe de ocupação 5% por área ocupada por cada célula da grelha, tanto no caso da *A. dealbata* quanto para *A. melanoxylon*. Entretanto, verifica-se para o caso da *A. melanoxylon* uma concentração de indivíduos no nível de base 2 (vale à 700m), enquanto que a *A. dealbata* está presente em quantidades significativas, tanto no nível de base 2 da unidade cabeceiras, quanto no nível de base 1 (topo do vale à 1200m). Esta dinâmica subsidia a tradução dos graus de sociabilidade obtidos, indicando a presença de indivíduos isolados das duas espécies, tanto no nível de base 1 quanto no nível 2 da unidade cabeceiras, apontando para a espécie *A. melanoxylon* um alto percentual de presença não identificada nessa unidade da bacia, sobretudo no nível de base 1 onde a espécie é praticamente inexistente, e para a espécie *A. dealbata* a presença sob a forma de indivíduos isolados, sob a mesma proporção nos dois níveis de base da unidade cabeceiras (Figura 8).

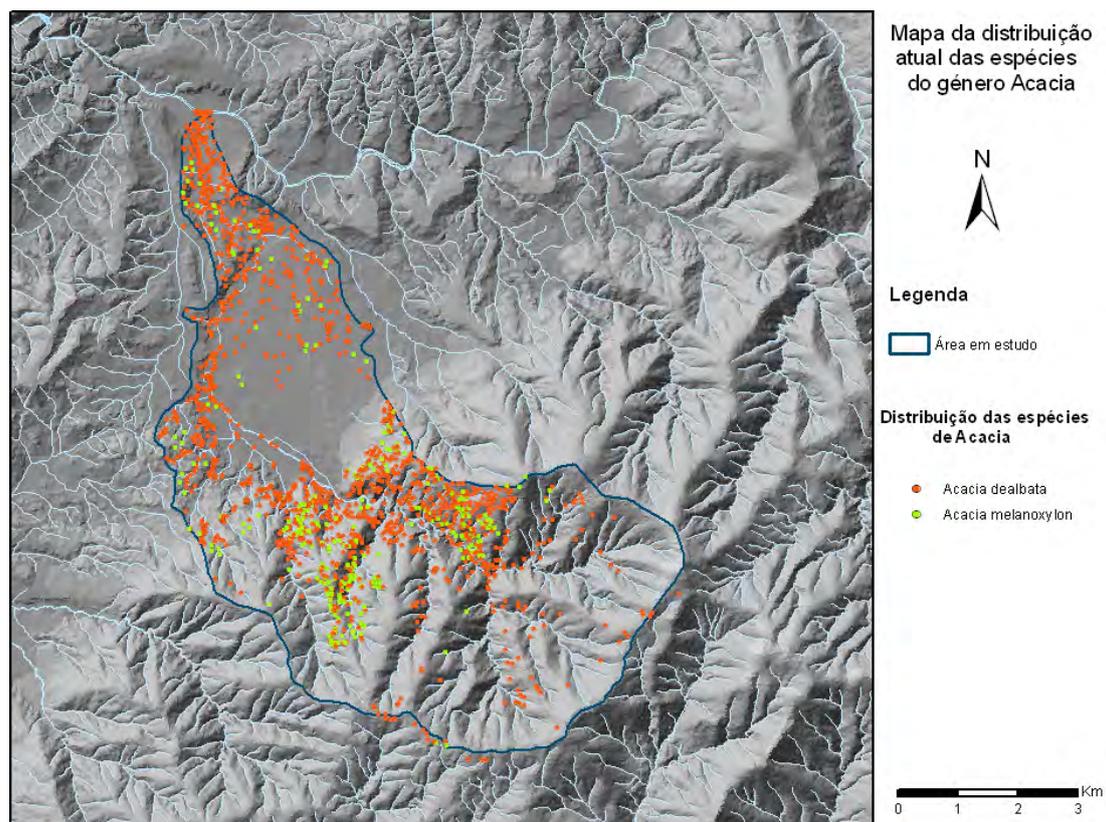
### **Unidade intermédia**

A segunda unidade ambiental é denominada Unidade Intermédia e localiza-se no centro-sul da área da Bacia do Rio Arouce. Tem por substratos os xistos e granitos do complexo xisto-grauváquico nas encostas e topos dos vales, e os arenitos, argilas, areias e cascalhos dos terrenos aluvionares no fundo dos vales. Esta unidade ambiental representa o setor de introdução dos taxa invasores, com os maiores índices para os graus de ocupação e sociabilidade da área de estudo. É uma área com suave ondulação no fundo do vale, com encostas íngremes, vales encaixados, e topos de vale ondulados. Desse modo, pode ser subdividida em dois níveis de base, o nível 1 das maiores altitudes (700m) e o nível 2 do fundo do vale (400m). A configuração da ocupação e da sociabilidade das espécies no centro da Bacia do Arouce reflete um contexto de elevada perturbação, típico de áreas significativamente agredidas por invasão biológica. A *A. dealbata* é a espécie principal, a mais agressiva, com uma taxa ocupação com grau de 75% por cada célula da grelha, taxa verificada sobretudo nas encostas do vale com exposição norte. Nas vertentes com orientação sul e fundos de vale o grau da ocupação diminui, mas as taxas para a presença da *A. dealbata* é sempre expressiva. Bem abaixo dos graus de ocupação para a *A. dealbata*, a *A. melanoxylon* é menos presente, com graus de ocupação em torno dos 25-50% por cada célula da grelha localizada nos fundos do vale, e 50-75% por cada célula da grelha localizada em setores pontuais das encostas do vale com orientação norte, provavelmente condicionada por incêndios florestais que ocorreram na área e linhas de corta fogo. No entanto, para *A. melanoxylon*, o valor de ocupação 5% por cada célula da grelha é dominante. Nesse sentido, no âmbito dos graus de sociabilidade das duas espécies, verifica-se uma inclinação para a categoria de *grandes manchas* dado os valores de ocupação da *A. dealbata*, e para *pequenas manchas* no caso da *A. melanoxylon*, com grandes manchas dessa espécie apenas em setores pontuais da unidade intermédia (Figura 8).

### **Unidade terminal**

A terceira unidade ambiental é chamada de Terminal, que tem por substrato arenitos, areias, cascalhos, argilas que integram a Orla Meso-Cenozóica Ocidental. Nessa extremidade norte da bacia, outro sistema de ocupação e sociabilidade das espécies invasoras se configura, relacionado aos terrenos aluvionares do Rio Arouce. A existência de superfícies planas nessa área, bordeando as margens do curso principal do Rio Arouce, é determinante para a instalação de uma densa rede de espécies invasoras, que ainda não existe, mas que pode vir a ser gerada a medida que os propágulos se dispersem do setor mais elevado à sul, setor intermédio da bacia, unidade com maior grau de ocupação das espécies. As duas espécies possuem graus de ocupação semelhantes para a unidade terminal, tanto *A. dealbata* quanto *A. melanoxylon* apresentam grau dominante de 5% por área ocupada em cada célula da grelha, entretanto, no âmbito do grau de sociabilidade das espécies, como no restante da área da bacia, a *A. dealbata* é a espécie principal em quantidade de indivíduos, apresentando-se em pequenas manchas para a unidade terminal, enquanto que a *A. melanoxylon* apresenta-se com indivíduos isolados (Figura 8).

**Figura 8.** Mapa da distribuição das espécies invasoras de *Acacia* na área de estudo.



#### 4.4 Análise nível de detalhe - o uso do solo como condutor

O resultado quantitativo da correlação entre os dados advindos da análise entre o uso do solo e a presença/abundância dos taxa exóticos (*A. dealbata* e *A. melanoxylon*), apresentou indicações de associação clara para poucos elementos no âmbito das formas de ocupação, onde estas formas pouco ajudam a explicar os padrões das espécies no conjunto da Bacia do Rio Arouce. As correlações (positivas e negativas) para a relação entre a presença/abundância de *A. dealbata* e *A. melanoxylon* e os usos do solo, variou entre as duas espécies selecionadas, tanto no âmbito dos tipos de usos que a influenciam, quanto nos valores das correlações obtidas, assim como em termos de significância estatística dos valores obtidos (Tabela 9). As correlações com significância foram obtidas entre 1. a presença de *A. dealbata* e *A. melanoxylon*, 2. entre a presença de *A. melanoxylon* e áreas com pomar, 3. entre a presença das duas espécies e áreas sociais urbanas, e 4. entre a presença das duas espécies e áreas de incultos com comunidade arbustivas abertas (Tabela 9).

**Tabela 9.** Valores da correlação e significância do resultado da interseção entre os dados para a presença das espécies e os tipos de uso do solo.

		AD	AM	ud_p_o	uc_p_o	pnf_p_o	pna_p_o	pm_p_o	olpm_p_o	lam_p_o
AD	Correlation Coefficient	1,000	,686	,071	-,428	,059	-,029	.	-,206	-,031
	Sig. (2-tailed)	.	,000	,413	,000	,620	,652	.	,313	,907
AM	Correlation Coefficient	,686	1,000	,081	-,255	-,098	-,021	1,000	-,321	-,148
	Sig. (2-tailed)	,000	.	,346	,000	,410	,743	.	,110	,570
		foff_p_o	fofa_p_o	ecf_p_o	eca_p_o	crt_p_o	cr_p_o	ch_p_o	carbf_p_o	carbab_p_o
AD	Correlation Coefficient	-,182	,073	.	,156	,039	-,185	.	-,340	-,380
	Sig. (2-tailed)	,028	,525	.	,335	,679	,296	.	,155	,000
AM	Correlation Coefficient	-,189	,226	,000	,173	,162	-,130	,333	,134	-,262
	Sig. (2-tailed)	,022	,045	1,000	,286	,084	,462	,667	,586	,000
		ca_p_o	aiex_p_o	ag_p_o	acoff_p_o	acofa_p_o	acf_p_o	acecf_p_o	aca_p_o	vc_p_o
AD	Correlation Coefficient	-,233	,362	,232	,188	,347	,561	,057	,256	-,115
	Sig. (2-tailed)	,000	,089	,105	,426	,001	,000	,883	,001	,001
AM	Correlation Coefficient	-,251	,248	,264	-,038	,200	,259	,089	,089	-,060
	Sig. (2-tailed)	,000	,254	,064	,875	,054	,003	,820	,253	,086

Foi obtida correlação perfeita entre a presença de *A. dealbata* e *A. melanoxylon*. O valor da correlação de 0,7 indica a existência de uma significativa relação na co-ocorrência das duas espécies, o que aponta para uma probabilidade elevada da hipótese de sempre que ocorra uma espécie também ocorrerá a outra. Entretanto, como pode ser visualizado na Figura 8, a correlação limita-se apenas no âmbito da co-ocorrência, já que do ponto de vista da distribuição, a *A. dealbata* é conspicuamente dominante na paisagem, enquanto que a *A. melanoxylon* tem uma presença pouco significativa.

Foi obtida correlação perfeita entre a presença de *A. melanoxylon* e áreas com culturas de pomares (*Pm*). O valor da correlação 1,0 indica uma associação muito significativa entre a presença da espécie invasora e as áreas de pomares, o que demonstra que há alta probabilidade da presença da espécie nas culturas de pomar na Bacia. Entre as razões para a associação, pode-se inferir o aspecto de extensividade como que este uso está relacionado. Por seu caráter extensivo de ocupação do solo, esse aspecto é benéfico para a produção de mecanismos de dispersão pelas espécies de Acácias invasoras. Há também um outro fato que deve explicar essa associação: a localização da espécie nas margens das parcelas ocupadas por esse tipo de uso do solo. Como é sabido, a espécie é conspícua nas margens das estradas ou de linhas de água, territórios dominados muitas vezes por culturas de pomares, sobretudo no setor terminal da área de estudo, na proximidade das grandes manchas de áreas sociais.

Foi obtida uma correlação inversa entre a presença de *A. dealbata* e *A. melanoxyton* com as áreas sociais de Urbano contínuo (*Uc*). Como previsto, não há associação, o efeito das áreas urbanas na relação com a presença de Acácias invasoras é nulo. Os valores significativos da correlação de  $-0,4$  para *A. dealbata* e  $-0,2$  para *A. melanoxyton*, e da significância variando em  $<0,005$  para as duas espécies, tem mostrado que nas áreas sociais urbanas contínuas da Bacia do Rio Arouce a probabilidade de haver *A. dealbata* e/ou *A. melanoxyton* é bastante reduzida, ou nula.

Também foi obtida correlação inversa entre a presença de *A. dealbata* e *A. melanoxyton*, com áreas de incultos de comunidades arbustivas abertas (*Carbab*). Os valores da correlação de  $-0,4$  para *A. dealbata* e  $-0,3$  para *A. melanoxyton*, indicam uma associação negativa inversa entre a presença das espécies invasoras e áreas de inculto com comunidades arbustivas abertas (*Carbab*) na Bacia do Rio Arouce, dados estes ratificados pelos valores obtidos para a significância (sign.  $<0,005$ ). Assim como no caso da baixa probabilidade da presença de espécies invasoras para as áreas urbanas da Bacia do Rio Arouce, concentradas sobretudo no setor terminal da bacia, previa-se também essa dinâmica para as áreas de *Carbab*, tanto por estarem localizadas nos topos das montanhas das cabeceiras do Rio Arouce (a altitude é um fator determinante nas invasões de Acácias), como também pelo caráter fisionômico-estrutural das comunidades (incultos de comunidades arbustivas abertas estão vulneráveis a invasão, mais que comunidades arbóreas fechadas por exemplo).

#### 4.5 Análise ao nível de detalhe - os corredores da paisagem

Os valores para a área total, cobertura total de pontos, número de pontos coletados, e valores obtidos para a densidade e cobertura nas áreas das unidades da bacia e áreas específicas dos buffers, podem ser visualizados nas tabelas 10 e 11. A cobertura total dos pontos coletados na área da Bacia do Rio Arouce foi de 1061 para a *unidade terminal*, 2316 para a *unidade intermédia*, e 237 para a *unidade cabeceiras*. A área da *unidade terminal* é de 2200ha, desses 472ha correspondem as áreas dos buffers das *vias de comunicação* (dos 664 pontos coletados na *unidade*, foram registrados 165 pontos dentro dos buffers), 144ha correspondem as áreas dos buffers das *linhas de água principais* (dos 664 pontos coletados na *unidade*, foram registrados 143 pontos dentro dos buffers), e 66ha correspondem as áreas dos buffers das *linhas de água secundárias* (dos 664 pontos coletados na *unidade*, foram registrados 94 pontos dentro dos buffers). A área da *unidade intermédia* é de 2025ha, desses 375ha são correspondentes as áreas dos buffers das *vias de comunicação* (dos 1022 pontos coletados na *unidade*, foram registrados 220 pontos dentro da área dos buffers), 277ha correspondem as áreas dos buffers das *linhas de água principais* (dos 1022 pontos coletados na *unidade*, foram registrados 25 pontos dentro da área dos buffers), e 33ha correspondem as áreas dos buffers das *linhas de água secundárias* (dos 1022 pontos coletados na *unidade*, foram registrados 180 pontos dentro da área dos buffers). A área da *unidade cabeceiras* é de 3056ha, desses 391ha são correspondentes as áreas dos buffers das *vias de comunicação* (dos 145 pontos coletados na *unidade*, foram registrados 31 pontos dentro da área dos buffers), 344ha são correspondentes as áreas dos buffers das *linhas de água principais* (dos 145 pontos coletados na *unidade*, foram registrados 25 pontos na área dos buffers), e 54ha correspondem as áreas dos buffers das *linhas de água secundárias* (dos 145 pontos recolhidos na *unidade*, foram registrados 5 pontos na área dos buffers).

A *Unidade Terminal* apresentou valores médios de densidade e cobertura dos pontos coletados quando comparados aos valores das outras unidades. A proximidade entre o valor de 254 da cobertura total de pontos das vias de comunicação com o total de 165 pontos recolhidos dentro dos buffers; além do valor de cobertura de 243 para as linhas de água principais com o total de 143 pontos recolhidos nas áreas dos buffers; e do valor de 173 para as linhas de água secundárias com o total de 94 pontos recolhidos nos buffers, indica para a unidade terminal uma categorização no nível de '*pequenas manchas*', segundo nível da hierarquização para a presença de Acácias invasoras.

Já a *Unidade Intermédia* apresentou o contexto mais discrepante no âmbito da invasão, agregando os valores mais elevados em termos de densidade e cobertura dos pontos coletados. A unidade intermédia apresentou uma cobertura total de pontos de 406 para as vias de comunicação (comparado ao total de 220 pontos recolhidos dentro dos buffers), de 53 para as linhas de água principais (comparado aos 25 pontos recolhidos nas áreas dos buffers), e de 424 para as linhas de água secundárias (comparado ao total de 180 pontos recolhidos nos buffers). Essa dinâmica de valores entre a cobertura de pontos e o total coletado dentro dos buffers indica para a unidade intermédia sua aproximação com a categorização ao nível de '*grandes manchas*', terceiro e mais elevado nível da hierarquização no âmbito da presença/abundância de Acácias invasoras.

A *Unidade Cabeceiras*, por sua vez, apresentou dinâmica da invasão oposta ao observado para a unidade intermédia. Enquanto que na unidade intermédia foram obtidos os valores mais elevados para os termos da cobertura e densidade de pontos, na unidade cabeceiras foram observados os valores mais baixos, colocando esta unidade na categoria de '*indivíduos isolados*', terceiro nível da hierarquização no âmbito da presença de Acácias. A unidade cabeceiras apresentou uma cobertura total de pontos de 36 para as vias de comunicação (total de 31 pontos recolhidos dentro dos buffers), de 34 para as linhas de água principais (total de 25 pontos recolhidos dentro dos buffers), e de 11 para as linhas de água secundárias (total de 5 pontos recolhidos dentro dos buffers).

Nesse âmbito mais geral nos termos da cobertura total dos pontos coletados para cada unidade da bacia comparado ao total dos pontos recolhidos dentro das áreas dos buffers, verifica-se a existência de um padrão para a densidade das espécies, com uma polarização na porção intermédia da bacia, o que determinou a densidade das Acácias nas outras duas áreas de estudo: uma a norte com um contexto intermédio (valores médios) no âmbito dos termos da densidade das espécies, e outra a sul com o menor valor, revelando a área de estudo com o menor número de espécies.

Num âmbito mais específico, com avaliação dos valores obtidos para a densidade e cobertura dos pontos, a *Unidade Terminal* apresentou para as vias de comunicação uma densidade de pontos de 0,34 na área do buffer (comparado ao valor de 0,3 para a área fora do buffer); para as linhas de água principais uma densidade de 0,99 na área do buffer (comparado ao valor de 0,2 para a área fora do buffer); e para as linhas de água secundárias uma densidade de espécies de 1,4 na área do buffer (comparado ao valor de 0,3 para a área fora do buffer). Desse modo, a unidade terminal apresentou valor de cobertura de 0,53 para as áreas dos buffers das vias de comunicação (comparado ao valor de 0,4 para a área fora do buffer); de 1,7 para as áreas dos buffers das linhas de água principais (comparado ao valor de

0,4 para a área fora do buffer), e de 2,6 para as áreas dos buffers das linhas de água secundárias (comparado ao valor de 0,4 para a área fora do buffer). Como pode ser observado, a unidade terminal se apresenta, dentre todas as unidades, como o setor dos valores médios em termos de densidade e cobertura dos pontos. Os resultados quantitativos da densidade e cobertura das espécies na *Unidade Terminal* indicam que a maior parte dos pontos coletados estão relacionados a presença de *pequenas manchas* de Acácias, especialmente nas áreas próximas às linhas de água, onde, tendo em conta sobretudo a cobertura dos pontos, verifica-se que a probabilidade de haver espécies de Acácias junto aos caminhos naturais (linhas de água) da unidade terminal do Rio Arouce está em torno dos 50%.

No que se refere aos valores obtidos para a densidade e cobertura de pontos para a *Unidade Intermédia*, foi obtido valor de densidade de pontos de 0,58 para as áreas dos buffers das vias de comunicação (comparado ao valor de 0,5 obtido para as áreas fora do buffer), de 0,09 para as áreas dos buffers das linhas de água principais (comparado ao valor de 0,6 obtido para as áreas fora do buffer), e de 5,4 para as áreas dos buffers das linhas de água secundárias (comparado ao valor de 0,4 obtido para as áreas fora do buffer). Ao nível da cobertura, foi obtido o valor de 1,08 para as áreas dos buffers das vias de comunicação (comparado ao valor de 1,1 para as áreas fora do buffer), de 0,2 para as áreas dos buffers das linhas de água principais (comparado ao valor de 1,3 para as áreas fora do buffer), e de 12,8 para as áreas dos buffers das linhas de água secundárias (comparado ao valor de 0,9 para as áreas fora do buffer). Com base nos resultados quantitativos da densidade e cobertura das espécies na unidade intermédia, verifica-se que a maior parte dos pontos, sobretudo nos caminhos antrópicos e nas linhas de água secundárias, estão associados a categoria de '*grandes manchas*', o que suporta a idéia que a introdução das espécies possa ter ocorrido nesta unidade, além da alta probabilidade da presença das Acácias juntos aos corredores naturais (destaque para o alto valor de cobertura nos caminhos secundários), com ocorrência em torno dos 50%.

Na *Unidade Cabeceiras*, conforme consta na tabela 11, o valor da densidade de pontos para as áreas dos buffers das vias de comunicação foi de 0,07 (enquanto que para a área fora do buffer foi de 0,04); para as áreas dos buffers das linhas de água principais foi também de 0,07 (enquanto que para a área fora do buffer foi de 0,04), e para as áreas dos buffers das linhas de água secundárias foi de 0,09 (enquanto que para a área fora do buffer foi de 0,04). Já os valores de cobertura na unidade cabeceiras para as áreas dentro dos buffers das vias de comunicação foi de 0,09 (enquanto que para a área fora do buffer foi de 0,07), para as áreas dos buffers das linhas de água principais foi de 0,09 (enquanto que para a área fora do buffer foi de 0,07), e para as áreas dentro dos buffers das linhas de água secundárias foi 0,2 (enquanto que para a área fora do buffer foi de 0,07). Considerando os resultados quantitativos no âmbito da densidade e cobertura dos pontos coletados para a unidade cabeceiras, verifica-se que nessa unidade, principalmente nas áreas dos caminhos antrópicos, a maior parte dos pontos correspondem a indivíduos isolados, em oposição aos resultados obtidos para as outras duas unidades da bacia hidrográfica. Esse fato é um indicativo da chegada recente de Acácias invasoras à área.

No que tange aos valores de cobertura, em correspondência com os valores da densidade de pontos, estes tem apontado para uma presença pouco significativa das espécies focais na área, onde quase todos os pontos coletados pertencem a categoria de indivíduos isolados. Esse fato, comparativamente com os resultados de densidade e

cobertura obtidos para as outras duas unidades que compreendem a área de estudo, indica que a *Unidade Cabeceiras* constitui num compartimento diferenciado dentro do contexto das invasões por Acácia na Bacia Hidrográfica do Rio Arouce, onde o processo da invasão ainda se encontra inconsolidado.

**Tabela 10.** Dados da área total, densidade dos pontos, e cobertura total para as unidades ambientais Terminal, Intermédia e Cabeceiras da Bacia do Rio Arouce.

<b>Dados gerais das unidades ambientais no âmbito da densidade e cobertura dos pontos coletados</b>			
Unidades ambientais	Área total (ha)	Total de pontos coletados	Cobertura total dos pontos
Unidade terminal	2200	664	1061
Unidade intermédia	2025	1022	2316
Unidade cabeceiras	3056	145	237

**Tabela 11.** Dados da área total, densidade e cobertura total dos pontos dentro e fora das áreas específicas de influência dos buffers.

<b>Dados específicos para as áreas de influência dos buffers da densidade e cobertura dos pontos</b>									
Unidade ambientais	Caminhos da invasão	Área buffer (ha)	Cobertura total buffer	Nº pontos dentro buffer	Nº pontos fora buffer	Densidade dentro buffer	Densidade fora buffer	Cobertura dentro buffer	Cobertura fora buffer
Unidade terminal	Vias de comunicação	472	254	165	499	0,34	0,3	0,53	0,4
	Linhas de água principais	144	243	143	521	0,99	0,2	1,7	0,4
	Linhas de água secundárias	66	173	94	570	1,4	0,3	2,6	0,4
Unidade intermédia	Vias de comunicação	375	406	220	802	0,58	0,5	1,08	1,1
	Linhas de água principais	277	53	25	997	0,09	0,6	0,2	1,3
	Linhas de água secundárias	33	424	180	842	5,4	0,4	12,8	0,9
Unidade cabeceiras	Vias de comunicação	391	36	31	114	0,07	0,04	0,09	0,07
	Linhas de água principais	344	34	25	120	0,07	0,04	0,09	0,07
	Linhas de água secundárias	54	11	5	140	0,09	0,04	0,2	0,07

Anexo 1. Análise das métricas de paisagem (patch analysis).

		Correlations																	
		CA	TLA	NumP	MPS	MedPS	PSCoV	PSSD	TE	ED	MPE	MSI	AWMSI	MPAR	MPFD	AWMPFD	AD	AM	
CA	Correlation Coefficient Sig. (2-tailed)	1,000		,276 0,000	,156 0,000	,096 ,001	,142 0,000	,189 0,000	,430 0,000	,414 0,000	,143 0,000	,027 ,359	,101 ,001	-,066 ,024	-,079 ,007	-,034 ,244	,132 0,000	,060 ,040	
TLA	Correlation Coefficient Sig. (2-tailed)		1,000																
NumP	Correlation Coefficient Sig. (2-tailed)	,276 0,000	1,000	1,000	-,780 0,000	-,624 0,000	,627 0,000	,173 0,000	,849 0,000	,850 0,000	-,559 0,000	,563 0,000	,640 0,000	,568 0,000	,565 0,000	,639 0,000	,144 0,000	,132 0,000	
MPS	Correlation Coefficient Sig. (2-tailed)	,156 0,000	-,780 0,000	1,000	1,000	,772 0,000	-,478 0,000	,062 ,033	-,501 0,000	-,504 0,000	,771 0,000	-,508 0,000	-,671 0,000	-,662 0,000	-,666 0,000	-,801 0,000	-,097 ,001	-,094 ,001	
MedPS	Correlation Coefficient Sig. (2-tailed)	,096 ,001		-,624 0,000	1,000	1,000	-,779 0,000	-,316 0,000	-,272 0,000	-,275 0,000	,869 0,000	-,405 0,000	-,365 0,000	-,763 0,000	-,737 0,000	-,479 0,000	-,088 ,003	-,086 ,003	
PSCoV	Correlation Coefficient Sig. (2-tailed)	,142 0,000		,627 0,000	-,478 0,000	1,000	1,000	,669 0,000	,376 0,000	,374 0,000	-,680 0,000	,411 0,000	,204 0,000	,716 0,000	,681 0,000	,207 0,000	,109 0,000	,092 ,002	
PSSD	Correlation Coefficient Sig. (2-tailed)	,189 0,000		,173 0,000	,062 ,033	-,316 0,000	,669 0,000	1,000	,180 0,000	,175 0,000	-,247 0,000	,313 0,000	-,028 ,337	,385 0,000	,356 0,000	-,110 0,000	,097 ,001	,088 ,003	
TE	Correlation Coefficient Sig. (2-tailed)	,430 0,000		1,000	-,501 0,000	-,272 0,000	,376 0,000	,180 0,000	1,000	,998 0,000	-,116 0,000	,639 0,000	,716 0,000	,281 0,000	,326 0,000	,607 0,000	,130 0,000	,143 0,000	
ED	Correlation Coefficient Sig. (2-tailed)	,414 0,000		,850 0,000	-,504 0,000	-,275 0,000	,374 0,000	,175 0,000	,998	1,000	-,116 0,000	,638 0,000	,718	,279 0,000	,324 0,000	,611 0,000	,122 0,000	,142 0,000	
MPE	Correlation Coefficient Sig. (2-tailed)	,143 0,000		-,559 0,000	1,000	1,000	-,680 0,000	-,247 0,000	-,116 0,000	1,000	1,000	-,185 0,000	-,205 0,000	-,756 0,000	-,668 0,000	-,380 0,000	-,090 ,002	-,047 ,107	
MSI	Correlation Coefficient Sig. (2-tailed)	,027 ,359		,563 0,000	-,508 0,000	-,405 0,000	,411 0,000	,313 0,000	,639 0,000	,638 0,000	-,185 0,000	1,000	,673 0,000	,558 0,000	,631 0,000	,592 0,000	,157 0,000	,171 0,000	
AWMSI	Correlation Coefficient Sig. (2-tailed)	,101 ,001		,640 0,000	-,671 0,000	-,365 0,000	,673 0,000	-,028 ,337	,716	,718	-,205 0,000	,673	1,000	,368 0,000	,459 0,000	,935	,102 0,000	,140 0,000	
MPAR	Correlation Coefficient Sig. (2-tailed)	-,066 ,024		,568 0,000	-,662 0,000	-,763 0,000	,558 0,000	,000	,281 0,000	,279 0,000	-,756 0,000	,558	,368	1,000	,918	,432 0,000	,137 0,000	,131 0,000	
MPFD	Correlation Coefficient Sig. (2-tailed)	-,079 ,007		,565 0,000	-,666 0,000	-,737 0,000	,681 0,000	,000	,326 0,000	,324 0,000	-,668 0,000	,631	,459	,918	1,000	,524 0,000	,119 0,000	,137 0,000	
AWMPFD	Correlation Coefficient Sig. (2-tailed)	-,034 ,244		,639 0,000	-,801 0,000	-,479 0,000	,592 0,000	-,110	,607	,611	-,380 0,000	,592	,935	,432	,524	1,000	,096 ,001	,128 0,000	
AD	Correlation Coefficient Sig. (2-tailed)	,132 0,000		,144 0,000	-,097 ,001	-,088 ,003	,109 0,000	,097	,130	,122	-,090 ,002	,157	,102	,137	,119	,096	1,000	,686	
AM	Correlation Coefficient Sig. (2-tailed)	,060 ,040		,132 0,000	-,094 ,001	-,086 ,003	,092 ,002	,088	,143	,142	-,047 ,107	,171	,140	,131	,137	,128	,686	1,000	

## Conclusões

O estudo das invasões e seus efeitos no território, no caso territórios de bacias hidrográficas, é um campo relativamente novo, sendo a avaliação da dinâmica espacio-temporal um primeiro passo. A confirmação da existência de um processo de invasão em curso deverá então ser sucedida por uma avaliação da disponibilidade do habitat, permitindo definir quais as áreas mais suscetíveis à invasão. No caso da Bacia Hidrográfica do Rio Arouce, os resultados confirmam a existência de um processo de invasão por *Acacia dealbata* e *Acacia melanoxylon*.

Uma área significativa da bacia, que no início da década de 60 estava ocupada por povoamentos de resinosas, passou a estar ocupada por acácias na atualidade, principalmente *A. dealbata*. Ainda que este tipo de povoamentos florestais seja suscetível à invasão, principalmente quando se trata de pinhais abertos, certamente que a perturbação pelo fogo desempenhou um papel importante neste processo de invasão, dado tratar-se de um fator de perturbação frequente na Serra da Lousã na segunda metade do século XX. Além desta invasão consolidada, associada a grandes manchas e estabelecida na imediata proximidade da área de introdução, a dispersão de indivíduos isolados e de pequenas manchas na paisagem, principalmente a jusante desta área consolidada, aponta para um processo de invasão mais recente, o qual tem estado muito estruturado pela presença de corredores, principalmente linhas de água secundárias, que têm funcionado com promotores deste processo, funcionando como corredores ativos de dispersão.

É muito importante para a gestão e o controlo de espécies de plantas invasoras a identificação das áreas mais adequadas para a ocorrência, assim como identificar usos do solo que podem favorecer-las. A cartografia das áreas mais adequadas para espécies invasoras é um instrumento de grande utilidade na gestão de áreas invadidas, podendo ajudar nas atividades de controlo, erradicação e restauração dos habitats afetados. Sua utilidade permite estabelecer prioridades na vigilância e monitoramento das populações de EEI e também para planear corretamente as ações. O uso de critérios de pesos diferentes (fatores/limitantes) a partir das correlações de mapas da distribuição atual e dos estados temporais descritivos da estrutura da paisagem, permite incrementar a objetividade do método.

No caso da área em estudo, além de se confirmar o centro difusor de diásporas, foi ainda possível identificar os fatores que podem estar a estruturar espacialmente o processo de invasão.

## Referências

- Albuquerque, A. F. M. **Gestão de eucaliptais invadidos e não invadidos por *Acacia dealbata* e os seus impactos na herpetofauna.** Tese de Mestrado. Universidade de Lisboa. 2009.
- Almeida, J. D. & Freitas, H. **Exotic naturalized flora of continental Portugal – a reassessment.** *Botanica Complutensis*. 30: 117-130. 2006.
- Almeida, J. D. & Freitas, H. **Exotic flora of continental Portugal – a new assessment.** *Bocconeia*. 24: 231-237. 2012.
- CABI International, Wallingford, UK. 1910. **Invasive Species Compendium.** Disponível: <http://www.cabi.org/isc> [Consultado: 2013-2014].

- CAL-IPC, Berkeley, California, Estados Unidos. 1992. California Invasive Plant Council. Disponível: [www.cal-ipc.org](http://www.cal-ipc.org) [Consultado: 2013-2014].
- Câmara, G. *et al.* **Análise espacial de áreas**. Mimeo. 2002.
- Carvalho, L. M. *et al.* **Disturbance influences the outcome of plant–soil biota interactions in the invasive *Acacia longifolia* and in native species**. *Oikos* 119: 1172–1180, 2010.
- Costa, J. C. *et al.* **Biogeografia de Portugal Continental**. Quercetea, p. 1-56. 1998.
- DAISIE, Praga, República Checa. 2003. **Delivering Alien Invasive Species Inventories for Europe**. Disponível: <http://www.europe-aliens.org> [Consultado: 2013-2014].
- Davis, M.A. Invasion biology 1958-2005: The pursuit of science and conservation. In: **Conceptual ecology and invasion biology: reciprocal approaches to nature**, volume 1, chapter 3. 2006.
- Espínola, A. L. *et al.* Espécies invasoras: conceitos, modelos e atributos. **Interciência**, v. 32, n. 9, set. 2007.
- Enge, S. **Seaweed Invasions and Novel Chemical Defenses**. Thesis for the degree of Doctor of Philosophy. Department of Biological and Environmental Sciences. University of Gothenburg. 2012.
- Fernandes, M. M. **Acacias e geografia histórica: rotas de um percurso global**. Cadernos do curso de doutoramento em Geografia. Faculdade de Letras da Universidade do Porto. Março de 2012.
- Freitas, R. M. S. **A invasiabilidade da flora exótica para o norte de Portugal**. Tese de Mestrado. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. 2008.
- García-Berthou, E. *et al.* **Múltiples orígenes y vías de introducción de las especies invasoras**. Invasiones Biológicas. Consejo Superior de Investigaciones Científicas, CSIC/Madrid. 2008.
- Henderson, S. *et al.* Progress in invasive plants research. **Progress in Physical Geography**: 30, 1. pp. 25–46. 2006.
- IUCN [International Union for the Conservation of Nature]. 1999. **IUCN guidelines for the prevention of biodiversity loss due to biological invasion**. *Species* 31/32: 28-42.
- Jardim Botânico da UTAD. 2007. **Flora digital de Portugal**. Disponível: <http://www.jb.utad.pt/flora> [Consultado: 2013-2014].
- Lourenço, D. C. G. R. **Avaliação de áreas invadidas por espécies de *Acacia* na paisagem protegida da arriba fóssil da Costa de Caparica**. Tese de Mestrado. Universidade Nova de Lisboa. 2009.
- Lourenço, L. **O Rio Alva: hidrogeologia, geomorfologia, climatologia, hidrologia**. Instituto de Estudos Geográficos. Universidade de Coimbra. 1989.
- MacDonald, G. **Biogeography: Introduction to Space, Time and Life**. Wiley, 1ª edição. 2003.
- Marchante, H. e Marchante, E. *et al.* **Plantas Invasoras em Portugal – fichas para identificação e controlo**. Editado pelos autores. Coimbra. 2005.
- Marchante, E. **Invasion of portuguese coastal dunes by *Acacia longifolia*: impacts on soil ecology**. Tese de Doutoramento. Universidade de Coimbra. 2007.
- Marchante, E. e Freitas, H. *et al.* **Guia prático para a identificação de plantas invasoras de Portugal Continental**. Universidade de Coimbra. 2008.
- Marques, D. N. **Influência espacial da invasora *Acacia longifolia* (Andrews) Willd.** num

- ecossistema dunar português.** Tese de Mestrado. Universidade de Lisboa. 2010.
- NOBANIS. **Gateway to information on Invasive Alien Species in North and Central Europe.** 2002. European Network on Invasive Alien Species [online]. Disponível: [www.nobanis.org](http://www.nobanis.org) [Consultado: 2013-2014].
- Nunes, A.; Figueiredo, A. & Almeida, A. C. **Abandono agrícola no interior centro e norte de Portugal: dinâmica da vegetação e impactes hidrogeomorfológicos.** VI Congresso da Geografia Portuguesa, Lisboa, 17-20 de Outubro de 2007.
- Nunes, A. N. *et al.* Soil erosion and hydrological response to land abandonment in a central inland area of Portugal. **Land Degradation & Development.** 21: 260–273. 2010.
- Nunes, A.; Almeida, A. C. & Coelho, C. O. A. Impacts of land use and cover type on runoff and soil erosion in a marginal area of Portugal. **Applied Geography.** 31, 687-699. 2011.
- Pimentel, D. *et al.* Update on the environmental and economic costs associated with alien-invasive species in the United States. **Ecological Economics.** 52: 273-288. 2005.
- Plantas Invasoras em Portugal:** o que são, onde estão e como as controlar. 2012. Coimbra. Disponível: [www.invasoras.uc.pt](http://www.invasoras.uc.pt) [Consultado: 2013-2014].
- Richardson, D. M. e Pyšek, P. *et al.* A compendium of essential concepts and terminology in invasion ecology. In: **Fifty years of invasion ecology:** the legacy of Charles Elton, 1st edition, chapter 30. 2011.
- Richardson, D. M. *et al.* **Human-mediated introductions of Australian acacias** - a global experiment in biogeography. Editorial from papers of Diversity and Distribution. 2011.
- Richardson, D. M., Pyšek, P., e Rejmánek, M., *et al.* **Naturalization and invasion of alien plants:** concepts and definitions. *Diversity and Distributions*, 6: 93-107. 2000.
- Rivas-Martínez, S. Biogeografía y Vegetación. In: **Publ. Real Acad. Cienc. Exactas, Físicas e Nat**, pp. 1-103, Madrid. 1990.
- Sequeira, M. M. e Espírito-Santo, D. *et al.* **Checklist da Flora de Portugal** (Continental, Açores e Madeira). Associação Lusitana de Fitossociologia. 2007.
- Sociedade Portuguesa de Botânica. 2012. **Flora On.** Disponível: <http://www.flora-on.pt>. [Consultado: 2013-2014].
- Thornthwaite, C. W. An approach toward a rational classification of climate. **The Geographical Review**, v. XXXVIII, p. 55-94. 1948.
- Thornthwaite, C. W. & Mather, J. R. The Water Balance. **Publications in Climatology**, Centerton, N. Jersey, v. VIII, n. 1. 1955.
- Tivy, J. **Biogeography:** a study of plants in the ecosphere. Oliver & Boyd Inc. 1971.
- Vilà, M. *et al.* **¿Qué son las invasiones biológicas?** Invasiones Biológicas. Consejo Superior de Investigaciones Científicas, CSIC/Madrid. 2008.
- Watts, D. **Principles of Biogeography: an introduction to the functional mechanisms of ecosystems.** McGraw-Hill Publishing Co. Ltd. 1971.

# 4

## **PAISAGEM, PLANEJAMENTO AMBIENTAL E BACIAS HIDROGRÁFICAS**

# A CARTOGRAFIA GEOMORFOLÓGICA EVOLUTIVA COMO INSTRUMENTO PARA O ESTUDO DA PAISAGEM

Cenira Maria Luppinaci<sup>1</sup>  
Estêvão Botura Stefanuto<sup>2</sup>

**RESUMO:** O relevo constitui-se em elemento importante da paisagem e o mapeamento deste pode servir como instrumento para o entendimento de sua dinâmica. Considerando essa premissa, o objetivo deste capítulo foi discutir, a partir de um estudo de caso, o uso da cartografia geomorfológica evolutiva como instrumento para o estudo da dinâmica da paisagem. O estudo de caso abrange relevos de cuestas do interior do estado de São Paulo, os quais marcam a paisagem regional e, nos dias atuais, são intensamente utilizados para a produção agropecuária. A fim de analisar a interação dessas ações antrópicas com o relevo, foram realizados mapeamentos geomorfológicos e de uso da terra dos anos de 1962, 1988 e 2010 a partir da interpretação de produtos de sensoriamento remoto. Os dados obtidos permitiram demonstrar as mudanças sofridas pelo relevo de acordo com os padrões de uso da terra estabelecidos ao longo desse período, assim como visualizar, por meio da cartografia geomorfológica, a distribuição espacial de tais feições. Foi possível discutir também a complexidade da leitura dos mapas geomorfológicos visto que esses apresentam dados qualitativos e quantitativos, além de linhas, pontos e polígonos como formas de implantação da informação. São apresentadas algumas alternativas de representação de tais informações, utilizando as simbologias diretamente sobre os produtos de sensoriamento remoto, selecionando fenômenos e aspectos mais importantes para o estudo da dinâmica da paisagem. Dessa forma, o estudo visa colaborar com a questão do entendimento da cartografia geomorfológica como instrumento de comunicação dos resultados obtidos pelos estudos da geomorfologia, os quais são relevantes para o entendimento da paisagem.

---

1 Doutora em Geociências e Meio Ambiente. Professora do Departamento de Geografia e Planejamento Ambiental, UNESP, Rio Claro. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4732-1421>. E-mail: [cenira.lupinacci@unesp.br](mailto:cenira.lupinacci@unesp.br)

2 Mestre em Geografia. Aluno de doutorado do Programa de Pós Graduação em Geografia, UNESP, Rio Claro. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6580-2563>. E-mail: [estevao1508@hotmail.com](mailto:estevao1508@hotmail.com)

## Introdução

A paisagem é objeto de pesquisa em diversas áreas de conhecimento. Na Geografia, o seu estudo vincula-se a necessidade de avaliar conjuntamente os elementos da natureza e aqueles criados pela sociedade.

A partir da visão sistêmica, Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2004) compreendem a paisagem como um sistema integrado, composto de objetos naturais e objetos antrópicos, considerando-a um “sistema total”. Assim, os autores avaliam a paisagem como uma formação antroponatural, ou seja, composta por elementos naturais e elementos antrópicos, os quais podem transformar as propriedades naturais originais. Dessa forma, os espaços naturais são frequentemente alterados pela sociedade em razão de suas necessidades de produção, habitação, convivência e vivência (MATEO RODRIGUEZ; SILVA, 2007).

Mateo Rodriguez et al. (1995) afirmam que a paisagem é uma realidade, na qual, rocha, relevo, solo, fauna, vegetação e águas se organizam em conexões harmônicas. É “[...] um complexo de sistemas naturais e antroponaturais, com os quais se integram as sociedades, os sistemas sociais, em um binômio inseparável sociedade-natureza” (RODRIGUEZ et al., 1995, p.84).

Dessa forma, na paisagem, componentes naturais e antroponaturais interagem em diversas escalas temporo-espaciais (MATEO RODRIGUEZ et al., 1995). A representação cartográfica dos atributos naturais da paisagem constitui-se, pois, em uma fonte de informação cuja importância é inegável. Contudo, este tipo de estudo exige escalas e detalhes que nem sempre são fáceis de obter.

Bryan (2003) destaca a necessidade de dados cartográficos que apresentem flexibilidade e adaptabilidade para o planejamento em paisagens complexas. Semenov (2017) aponta a importância de consulta com especialistas setoriais para a criação de mapas que permitam a avaliação da significância e sensibilidade dos componentes do sistema natural que constituem a paisagem.

Considerando essas questões, aborda-se nesse trabalho o componente natural constituído pelo relevo, considerando-o como o substrato sobre o qual são construídos os componentes antrópicos. O relevo é, por definição, um atributo tridimensional da paisagem, e assim, a passagem desta tridimensionalidade para as representações cartográficas implica na perda de uma dimensão, a qual se procura compensar através de símbolos ou tramas.

O mapeamento dos atributos do relevo pode ser executado tanto através de cartas morfográficas, como morfométricas, assim como por cartas que mesclam estes dois tipos de representações. As cartas morfográficas constituem-se, geralmente, em documentos pictóricos nos quais a representação do relevo é realizada por meio de símbolos que buscam transmitir com maior correspondência possível a forma deste na realidade. Já os dados morfométricos são representados, normalmente, através de cartas coropléticas, nas quais os dados geométricos do relevo, passíveis de mensuração nas cartas topográficas, são classificados através de critérios que dependem tanto da escala de mapeamento, como das especificidades da área e dos objetivos do estudo. Tais dados são representados através de tramas ou cores, transmitindo a ideia de intensidade.

Já as cartas geomorfológicas buscam unir esses diversos tipos de dados, além de aspectos geológicos e da cronologia dos materiais e formas do relevo. Dessa forma, os mapas geomorfológicos realmente constituem-se em produtos diferenciados no âmbito

da cartografia temática, não só por abarcarem dados qualitativos e quantitativos, mas também por utilizarem para isso os três modos de implantação (MARTINELLI, 1991, 2003) da informação, isto é, utiliza-se o modo linear, pontual e zonal em um mesmo mapa.

Essa diversidade dos modos de implantação das informações pode gerar sérios problemas de legibilidade. Essa questão é destacada por Griffiths e Abraham (2008) ao afirmarem que os mapas geomorfológicos criados pelos geomorfólogos acadêmicos são documentos complexos que, geralmente, requerem a interpretação de um especialista, o que dificulta seu uso por outros profissionais. Os autores sugerem que tais mapas devem ser repensados tanto em termos de escala como em termos de conteúdo para atender ao usuário. Assim, em função do problema específico de legibilidade, constata-se que, de acordo com o objetivo de cada autor, existem diferenciações quanto aos elementos representados e a maneira de representá-los. Além disso, deve-se considerar que a orientação teórico-metodológica, a escala de trabalho e as especificidades das áreas estudadas constituem-se em outros fatores a serem analisados a fim de compreender as diferenciações nos mapeamentos geomorfológicos.

Considerando essas questões, o objetivo deste capítulo é discutir, a partir de um estudo de caso, o uso da cartografia geomorfológica evolutiva como instrumento para o estudo da dinâmica da paisagem. Procura-se ainda avaliar a complexidade da leitura dos mapas geomorfológicos e apresentar alternativas aos mapas tradicionais a fim de facilitar seu entendimento por não especialistas.

A cartografia geomorfológica evolutiva visa identificar as feições do relevo em diversos períodos históricos, com o intuito de avaliar as alterações provocadas por distintos padrões de uso da terra sobre as formas registradas. Assim, de acordo com Nir (1983) é possível reconhecer os aspectos antropogeomorfológicos que se estabelecem em determinada área a partir da correlação entre dados de uso da terra e das feições do relevo. Considera-se então que esse tipo de estudo permite diagnosticar as modificações do relevo que podem alterar a dinâmica das paisagens, já que estas sofrem a influência dos diversos componentes antropo-naturais.

Para demonstrar essas questões, selecionou-se como estudo de caso um setor da Serra do Cusuzeiro que apresenta relevo íngreme, vinculado a presença do *front* cuestasiforme, o qual caracteriza extenso setor do interior do estado de São Paulo. Ainda, esse setor é marcado por intenso uso agrícola que tem apresentado distintos padrões ao longo das últimas décadas. O estudo desses terrenos se fez a partir da elaboração de mapas geomorfológicos e de uso e ocupação da terra, em escala média de detalhes (1:50.000), em três diferentes anos: 1962, 1988 e 2010.

## **Métodos e Técnicas da Pesquisa**

Os mapeamentos foram gerados a partir da interpretação de fotografias aéreas de três diferentes cenários: 1962, na escala aproximada de 1:25.000, 1988, na escala aproximada de 1:40.000 e 2010, na escala aproximada de 1:25.000. Optou-se por cenários com espaçamento considerável visando compreender a dinâmica da área, tanto a geomorfológica como a de uso e ocupação da terra. Os referidos mapeamentos foram elaborados utilizando o software ArcGis 9.2.

Os mapeamentos geomorfológicos foram elaborados a partir da proposta desenvolvida por Tricart (1965), com o uso de alguns símbolos criados por Verstappen & Zuidan (1975). Os procedimentos técnicos para a construção das simbologias foram realizados a partir de adaptações dos procedimentos colocados por Paschoal, Conceição e Cunha (2010) em meio digital.

De acordo com Tricart (1965), um mapeamento geomorfológico deve representar quatro tipos de informação: a morfometria, a morfografia, a morfogênese e a cronologia. Nesta pesquisa foram contempladas às três primeiras categorias, agregando ainda dados litológicos (INSTITUTO GEOLÓGICO, 1984). Segundo Tricart (1965) os dados litológicos e estruturais são fundamentais para a interpretação do relevo, visto que tais materiais se constituem na base estrutural das formas deste relevo.

Os mapeamentos geomorfológicos foram elaborados em três diferentes etapas, sendo estas:

**A.** Formulação das imagens anáglifos: A interpretação de fotografias aéreas pelo método analógico, com o auxílio de um estereoscópio, ainda é utilizada atualmente, no entanto, com o avanço da informática, a interpretação de pares estereoscópicos de fotografias aéreas pode também ser realizada em três dimensões no monitor de um computador. Tal técnica, intitulada de anáglifo, garante a sobreposição de fotografias estereoscópicas em cores complementares (azul-esverdeado e vermelho), que, com o uso de óculos 3D, permite a percepção de profundidade (SOUZA; OLIVEIRA, 2012). Para formulação das imagens anáglifos foi utilizado o software de uso gratuito StereoPhoto Maker 4.34 e as orientações técnicas de Souza e Oliveira (2012). As imagens anáglifos foram posteriormente adicionadas ao software ArcGis 9.2 e georreferenciadas com base na carta disponibilizada pelo IBGE, datada de 1971, denominada de folha Corumbataí, na escala 1:50.000.

**B.** Adaptações da simbologia digital: buscando adaptar para o meio digital a simbologia proposta por Tricart (1965) e Verstappen e Zuidan (1975), utilizou-se a técnica desenvolvida por Paschoal, Conceição e Cunha (2010) para mapeamentos geomorfológicos com alto grau de detalhamento, em escala 1:10.000 ou 1:20.000, em meio digital. Assim, como o mapeamento desta pesquisa foi proposto em escala de médio detalhe, 1:50.000, fez-se necessário adaptar os procedimentos propostos por Paschoal, Conceição e Cunha (2010), uma vez que os mesmos mostraram-se inadequados para a escala utilizada. Foram também digitalizadas novas simbologias em função de algumas especificidades presentes na área deste estudo;

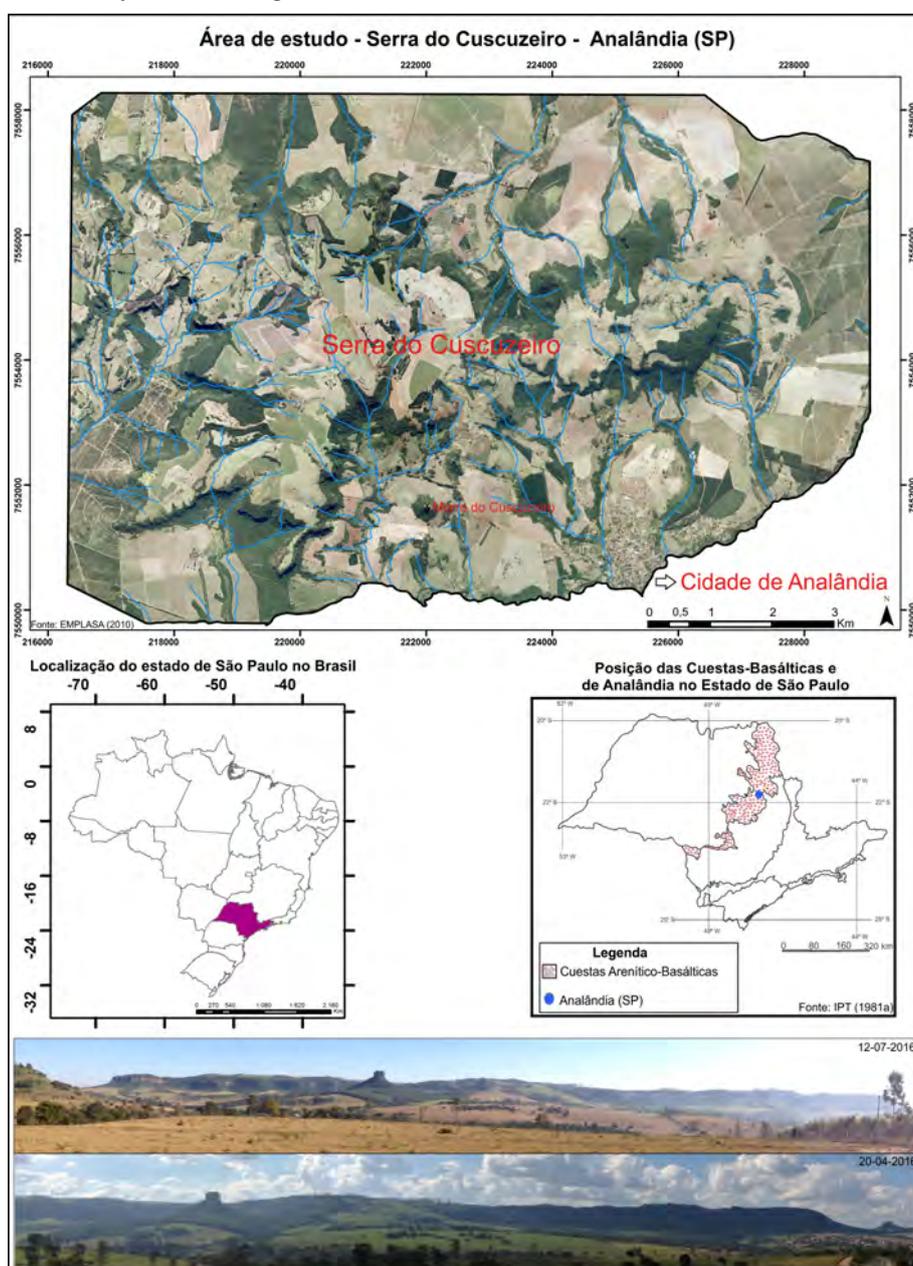
**C.** Mapeamento das feições geomorfológicas: Com as imagens anáglifos georreferenciadas sob a base cartográfica, delimitou-se a área de estudo, permitindo assim um recorte exato dos trechos das fotografias aéreas a serem utilizados nos mapeamentos. Em seguida, utilizando a ferramenta *Editor*, e por meio das opções apresentadas na janela *Create Features*, traçaram-se as feições geomorfológicas desejadas. Buscou-se realizar o mapeamento de forma compatível com a escala de 1:50.000, apesar das imagens anáglifos permitirem visualizar o terreno em escala de maior detalhe.

Os mapeamentos de uso e ocupação da terra foram realizados utilizando as mesmas fotografias aéreas usadas nos mapeamentos geomorfológicos. A delimitação de cada padrão de uso da terra foi feita a partir de sua identificação visual em tela, seguindo os princípios de fotointerpretação apontados por Ceron e Diniz (1966) referentes ao formato da parcela, sombreamento, rugosidade, textura e cor das coberturas dos terrenos. Inicialmente, criaram-se *shapefiles* de formato polígono referentes às classes de uso da terra identificadas na área deste estudo. À legenda dos *shapes*, foram adicionadas as cores propostas pelo IBGE (2013). Ressalta-se que tais cores não contemplaram todos os elementos de uso identificados, assim foram realizadas adaptações, visando suprir as demandas apresentadas para a escala de estudo. Os dados obtidos com tais mapeamentos estão apresentados na forma de pequenos recortes e informações sobre a variação de área ocupada por determinadas classes de uso ao longo do tempo, a fim de permitir analisar as consequências das mudanças dos padrões de uso da terra sobre as feições geomorfológicas.

## A área de estudo e os componentes naturais da paisagem regional

A área de estudo posiciona-se no setor central do estado de São Paulo, no município de Analândia, entre  $22^{\circ} 07' 26''$  e  $22^{\circ} 06' 35''$  de latitude S e  $47^{\circ} 42' 47''$  e  $47^{\circ} 42' 22''$  de longitude W (Figura 1). Seus limites foram estabelecidos considerando as vertentes que drenam o *front* da *cuesta* que compõem a chamada Serra do Cuscuzeiro. Esse limite busca abarcar os terrenos que recebem as águas superficiais que vem desse *front*, incluindo as bacias de primeira ordem dos canais que nascem tanto no *front* quanto no reverso desse setor de *cuesta*. Considera-se que esses terrenos são influenciados pela dinâmica erosiva produzida pelo degrau topográfico representado pelo alto declive desse *front*.

**Figura 1.** Localização e morfologia da Serra do Cuscuzeiro no setor central do estado de São Paulo.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Esses terrenos posicionam-se no setor leste da Bacia Sedimentar do Paraná. Esta unidade geológica é classificada por Casseti (2001) como a segunda maior bacia sedimentar do Brasil, apresentando pacote sedimentar-magmático com espessura total em torno de 7 mil metros (MILANI et al., 2007).

No interior da Bacia do Paraná ocorre a zona de contato entre o compartimento da Depressão Periférica Paulista, típica zona erosiva de borda de bacia sedimentar, e o relevo cuestiforme. A Depressão constitui-se em uma área rebaixada por processos erosivos sendo delimitada a leste pelas terras altas do Planalto Atlântico e a oeste pelas *Cuestas* Basálticas. A segunda origina-se na borda dos derrames basálticos localizados no estado de São Paulo, apresentando-se como elevadas e festonadas *cuestas*, tendo a leste a área de circundenudação paulista e a oeste o Planalto Ocidental Paulista (ALMEIDA, 1974).

A Depressão Periférica Paulista pode ser subdivida, segundo Almeida (1974), em três zonas: a do Médio Tietê, do Paranapanema e do Mogi-Guaçu. A Zona do Médio Tietê, onde parte da área de estudo está posicionada, apresenta topografia pouco movimentada, com desníveis regionais que chegam ao máximo de 200m (ALMEIDA 1974) e declividades entre 5% e 10% (IPT, 1981a). Ainda, a dissecação do relevo nesta zona é classificada como média, apresentando vales entalhados e densidade de drenagem que varia de média à alta, com áreas de grande susceptibilidade erosiva, devido às amplas regiões de terrenos dissecados a leste, onde se encontram arenitos provenientes das formações Botucatu e Pirambóia (IPT, 1981a).

Salientam-se, nas adjacências da Zona do Médio Tietê, os relevos de *cuesta*, caracterizados por camadas de litologias com resistências variadas, tendo as mais resistentes, destaque topográfico no relevo da região (IPT, 1981a). As camadas litologicamente resistentes, em grande parte, são provenientes dos derrames basálticos que adicionam a *cuesta* um *front* no formato festonado. Os derrames basálticos exercem a função de carapaça para o relevo cuestiforme e possibilitam menor degradação de tal relevo por agentes erosivos.

Os cursos fluviais obsequentes são importantes modeladores do relevo na Zona do Médio Tietê responsáveis por dissecarem numerosos *fronts* serranos festonados, relevos tabulares - em alguns casos isolados - e morros testemunhos que caracterizam fortemente o relevo da área desta pesquisa (Figura 1).

No que se refere à litologia (Figura 2), a área estudada está localizada predominantemente, segundo mapeamento do Instituto Geológico (1984), sobre as formações Itaqueri e Santa Rita do Passa Quatro. Localmente, afloram também os depósitos mesozóicos do Grupo São Bento, compreendidos pelas formações Pirambóia, Botucatu e Serra Geral.

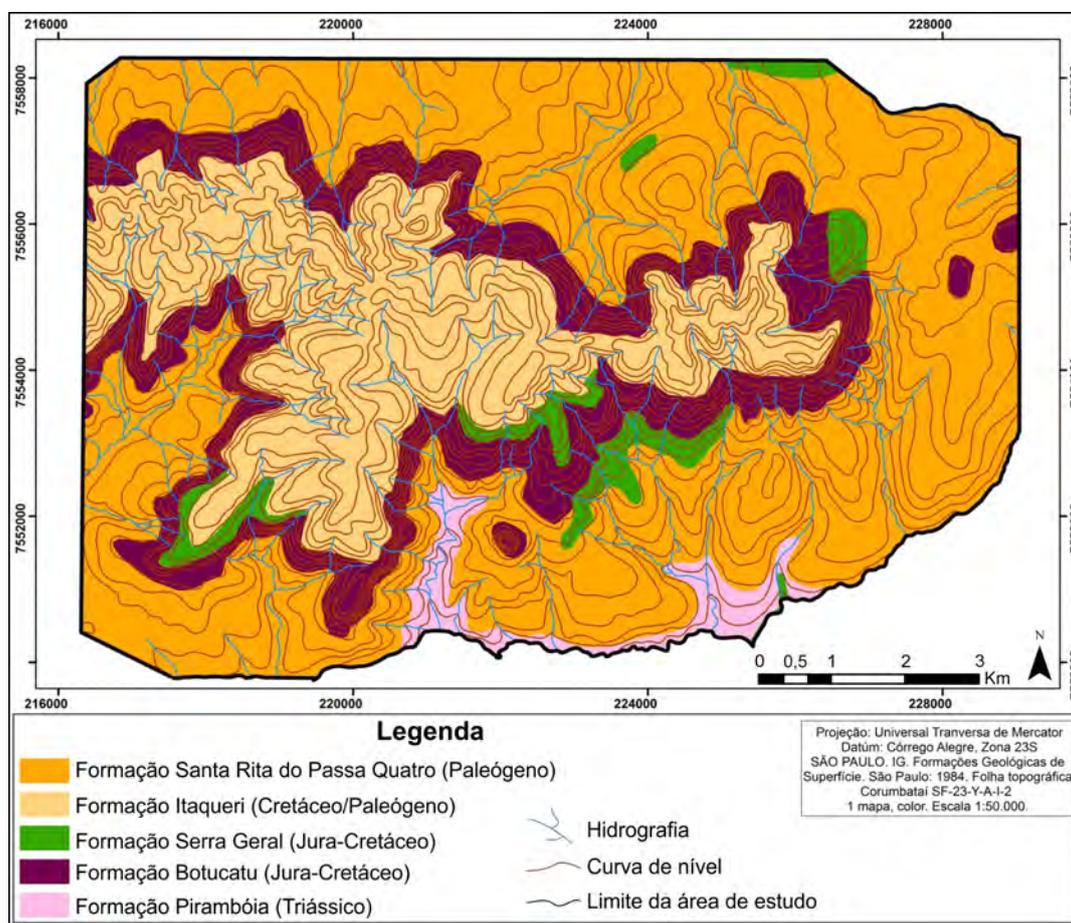
A Formação Itaqueri, posicionada no reverso do relevo de *cuesta*, constitui-se em uma formação pós-basáltica, dotada de arenitos com cimentação argilosa, carapaças ferruginosas, folhelhos e conglomerados. Atesta a ocorrência de condições climáticas do tipo savana, uma vez que apresenta déficit hídrico (FACINCANI, 2000).

Já a Formação Santa Rita do Passa Quatro, que domina os terrenos da Depressão Periférica Paulista na área estudada, tem sua origem atrelada aos depósitos Cenozóicos, sugerindo uma deposição com características colúvio-eluviais. É formada por sedimentos de areias finas, compostos majoritariamente por quartzo e apresentando de 77% a 94% de areia, evidenciando *stone lines* constituídas de quartzo e fragmentos de limonita (FACINCANI, 2000). As formações Pirambóia e Botucatu são constituídas basicamente por arenitos finos

e representam ciclos de sedimentação que refletem alternâncias climáticas, ou seja, de condições quentes e úmidas para desérticas (FACINCANI, 2000).

A Formação Pirambóia, segundo IPT (1981b), possui estratificação cruzada do tipo diagonal, apresentando sedimentos de origem fluvial relacionados a rios meandantes e pequenas lagoas com condição climática dominante de oxidação. A Formação Botucatu (IPT, 1981b) foi depositada em um ambiente predominantemente desértico com intercalações de sedimentos fluviais e lacustres (FACINCANI, 2000). Formada em grande parte por arenitos silicificados, possui contato nas parcelas mais altas do relevo com rochas eruptivas que caracterizam a Formação Serra Geral, com afloramentos basálticos. A Formação Botucatu apresenta ainda espessura muito variável, raramente ultrapassando 150 metros, estando sua média entre 50 e 70 metros de espessura.

Figura 2. Litologias da Serra do Cuscuzeiro (SP).



Fonte: Instituto Geológico (1984).

A Formação Serra Geral origina-se de um intenso vulcanismo de fissura iniciado sob o domínio climático desértico da Formação Botucatu, indicando idades de 120 e 130 milhões de anos. Seu início ocorre no término do Jurássico e seu desenvolvimento é datado do Cretáceo Inferior (FACINCANI, 2000). Assim, segundo IPT (1981b), a Formação Serra Geral caracteriza-se como uma sequência de derrames basálticos, diques e soleiras de formação intrusiva, além de possuir camadas arenosas que capeiam as formações gondwânicas da Bacia Sedimentar do Paraná.

Sobre tais condições geológicas e de relevo, encontra-se na área deste estudo, na parcela da Depressão Periférica e reverso da *cuesta*, fragmentos da vegetação do Cerrado, confinados em pequenas áreas e em unidades de conservação que atestam a ocorrência de um paleoclima de característica mais seca. Identificam-se ainda fragmentos de Mata Atlântica que estão normalmente associados às manchas de Nitossolos, provenientes da Formação Serra Geral (TROPPMAIR, 2000).

Na área do *front* da *cuesta*, devido à sua topografia, predomina a Mata Latifoliada Tropical de Encosta que apresenta espécies arbóreas de porte médio (10 a 15 metros), com sistema radicular pouco profundo, conseqüente da abundância de água no solo. O capeamento arenítico do reverso da *cuesta* possibilita ao solo da região alta taxa de infiltração de água, abastecendo fortemente o lençol freático que dá origem a diversas nascentes e pequenos riachos que possibilitam a formação de Matas de Grotão ou Galeria (TROPPMAIR, 2000).

Troppmair (2000) utiliza a classificação climática proposta por Koppen para definir as condições predominantes na área de contato Depressão Periférica – *cuesta*. Define o clima da parcela da Depressão Periférica como “Cwa” – chuvas de verão e verão moderadamente quente – e a área *cuestiforme* como “Cwa” e “Cfa” - úmido em todas as estações do ano e verão quente (TROPPMAIR, 2000). Ainda, para Troppmair (2000), a temperatura média da região oscila entre 20 e 21°C, possuindo médias máximas de 29 a 30°C e médias mínimas de 11 a 12°C. Já Brino (1973) constatou temperatura média da área entre 19 e 18,5°C, ocorrendo no mês de janeiro temperaturas médias na casa dos 22°C e no mês de julho temperaturas médias na casa dos 15,5°C.

A parcela deprimida do relevo, vinculada à Depressão Periférica, cria um corredor de transição para as massas polares de inverno, vindo a ocasionar 2 a 3 dias no ano com temperaturas muito reduzidas e ocorrência de geadas. Já o relevo *cuestiforme*, devido a seu desnível, influência no deslocamento dos ventos, forçando-os a acenderem para romper tal relevo, ocorrendo assim, a redução das temperaturas, a ocorrência de chuvas orográficas e dias de neblina (TROPPMAIR, 2000).

De acordo com Brino (1973), Analândia possui ocorrência de chuvas durante 82 dias do ano, totalizando 1.272,7 mm anuais em média. O mês mais chuvoso do ano constitui-se em janeiro, no qual o índice pluviométrico ultrapassa 215 mm, tendo como mês mais seco julho ou agosto, com média pluviométrica que alcança os 30,9 mm (BRINO, 1973). Troppmair (2000) destaca ainda a ocorrência de chuvas torrenciais na região, com volumes de 150 mm em um período de 24h e que ocasionam processos erosivos.

A parcela da área de estudo contida no domínio da Depressão Periférica tem seu solo formado basicamente pelos processos pedogenéticos atuantes sobre litologias arenosas, responsáveis pelo predomínio de macroporos (alta infiltração, percolação e lixiviação) e pHs variando entre 4.5 e 5.5. Já a parcela do relevo *cuestiforme* apresenta arenitos e basaltos como rochas de origem de seus solos, sendo as mesmas responsáveis por solos com textura argilosa ou argilo-arenosa e com predomínio de microporos responsáveis por reter bom contingente de água por capilaridade (TROPPMAIR, 2000).

Koffler et al. (1992) realizaram uma caracterização mais específica da área deste estudo, elencando, através do mapeamento pedológico (Figura 3), quais solos podem ser encontrados no *front*, talus e reverso da *cuesta*. No *front* encontram-se, normalmente, Neossolos Litólicos Eutróficos e Distróficos (Li2+Li1) que se constituem em solos pouco

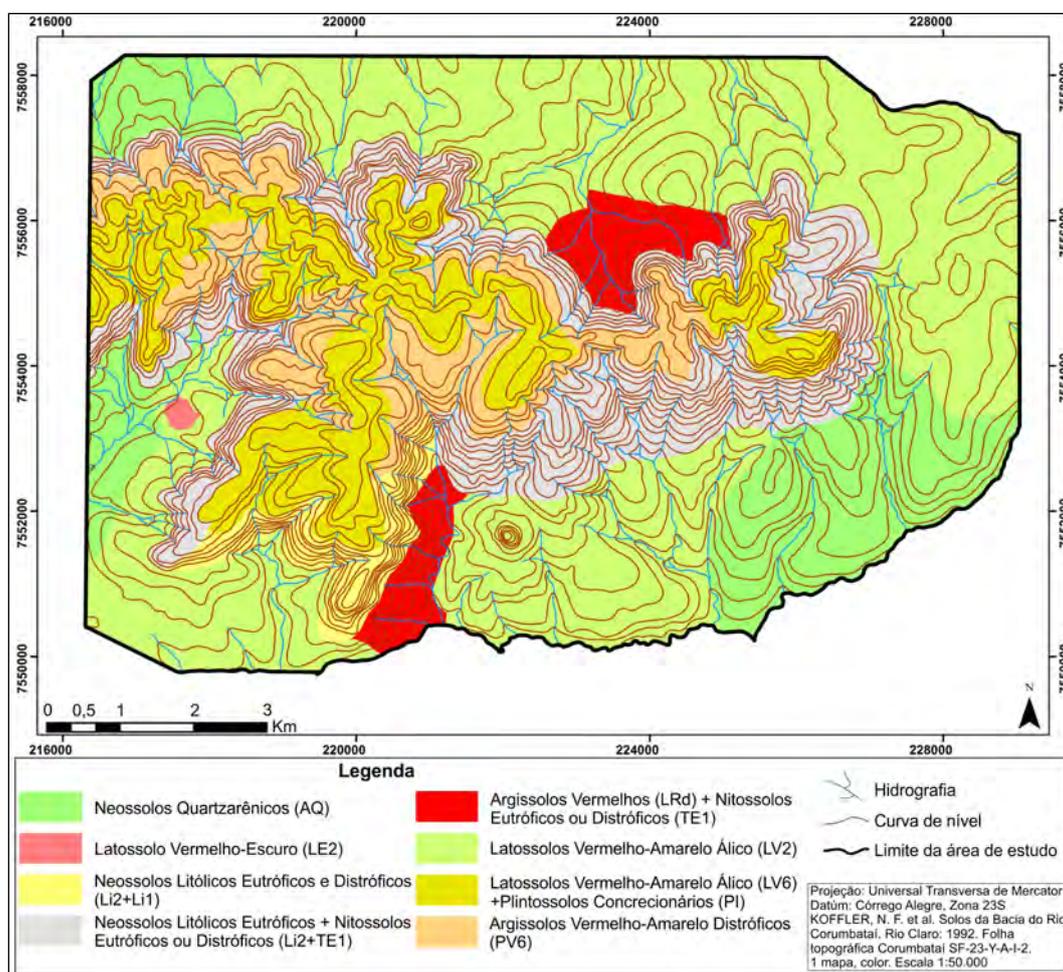
evoluídos com mais de 90% de seu volume constituído por fragmentos rochosos; ainda, registra-se a associação entre Neossolos litólicos Eutróficos e Nitossolos Eutróficos ou Distróficos (Li2+TE1) sendo esta última classe caracterizada por solos com 350g/kg ou mais de argila, tendo assim textura argilosa ou muito argilosa.

Nos setores de talus e da Depressão Periférica são encontrados Latossolos Vermelho-Amarelo Álico (LV2) e Neossolos Quartzarênicos (AQ) os quais se caracterizam por textura arenosa; registram-se ainda Argissolos Vermelhos (LRd), que possuem argilas de baixa ou alta atividade, podendo apresentar horizonte plíntico, e Nitossolos Eutróficos ou Distróficos (TE1).

Por fim, no reverso, identificam-se Argissolos Vermelho-Amarelo Distróficos (PV6) que possuem horizonte A proeminente ou chernozêmico e textura média ou argilosa. Ocorrem ainda Latossolos Vermelho-Amarelo Álico (LV6), com textura argilosa ou muito argilosa, associados com Plintossolos Concrecionários (PI) sendo os mesmos compostos por material mineral no qual se identifica horizontes litoplínticos ou concrecionários.

Nos setores de talus e da Depressão Periférica são encontrados Latossolos Vermelho-Amarelo Álico (LV2) e Neossolos Quartzarênicos (AQ) os quais se caracterizam por textura arenosa; registram-se ainda Argissolos Vermelhos (LRd), que possuem argilas de baixa ou alta atividade, podendo apresentar horizonte plíntico, e Nitossolos Eutróficos ou Distróficos (TE1).

**Figura 3.** Classes de solo da Serra do Cuscuzeiro (SP).



Fonte: Koffler et al. (1992).

Por fim, no reverso, identificam-se Argissolos Vermelho-Amarelo Distróficos (PV6) que possuem horizonte A proeminente ou chernozêmico e textura média ou argilosa. Ocorrem ainda Latossolos Vermelho-Amarelo Álico (LV6), com textura argilosa ou muito argilosa, associados com Plintossolos Concrecionários (PI) sendo os mesmos compostos por material mineral no qual se identifica horizontes litoplínticos ou concrecionários.

Dessa forma, pode-se afirmar que a área da Serra do Cuscuzeiro caracteriza-se por uma diversidade de componentes naturais que interagem com intensa atividade agrícola, conforme constatado pelos mapeamentos realizados, e compõem uma paisagem bastante diversa também.

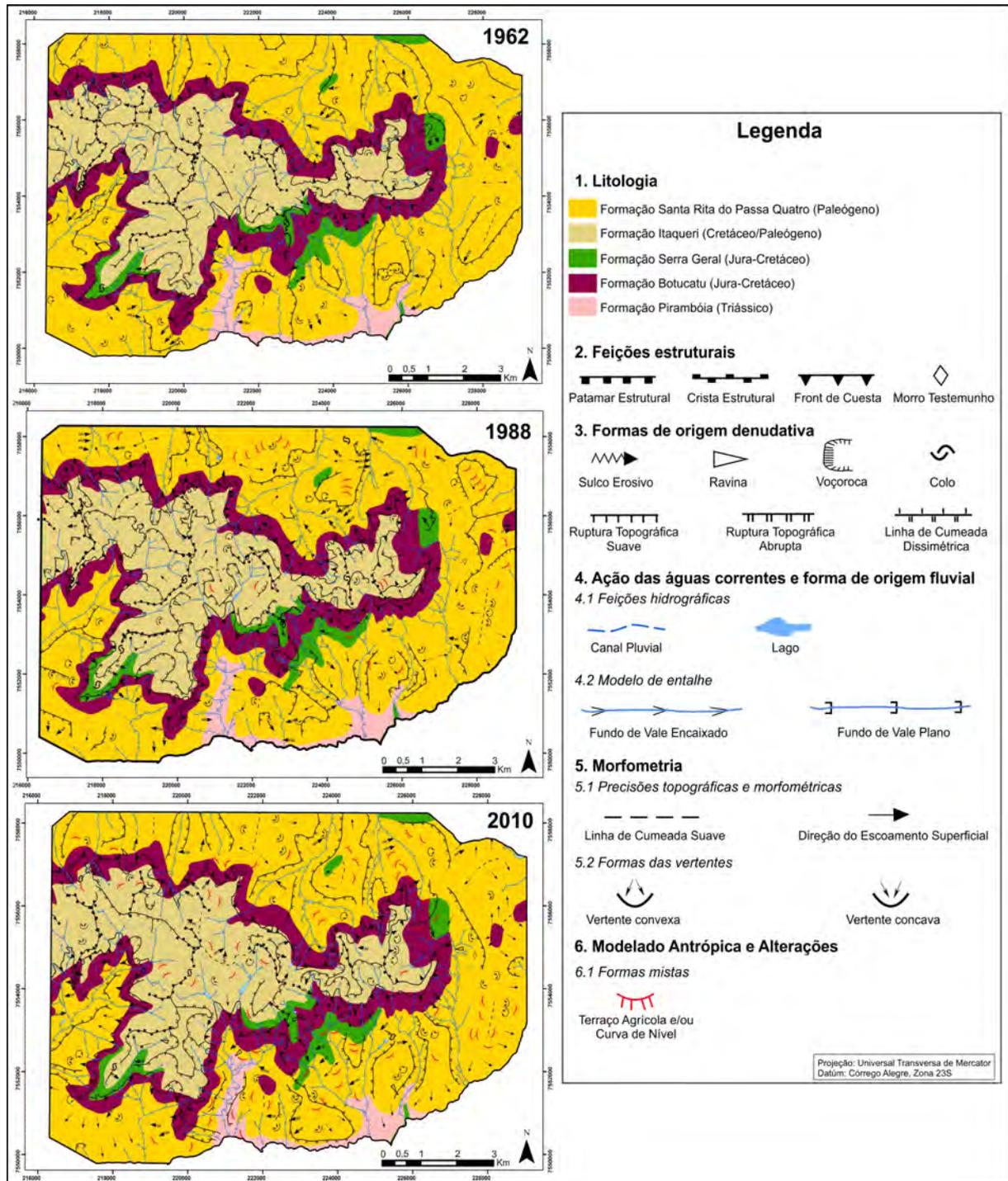
## **Resultados e Discussões a partir da Cartografia Geomorfológica Evolutiva**

A análise dos mapeamentos geomorfológicos e de uso da terra permitiu constatar a complexidade das interações entre os componentes naturais e antroponaturais que compõem a paisagem da Serra do Cuscuzeiro. Tal complexidade se deve também a interação das características estruturais que compõem o terreno estudado; assim, os mapeamentos geomorfológicos elaborados (Figura 4) permitem avaliar o posicionamento de feições que apontam para esse comportamento específico da estrutura do relevo.

A mais extensa e expressiva feição estrutural mapeada constitui-se no *front da cuesta* (Figura 4) que se apresenta na área com características de festonamento e alta declividade. Na Serra do Cuscuzeiro ocorrem esporões que indicam setores nos quais há certa dificuldade de atuação dos agentes erosivos, principalmente as drenagens, em esculpir o pacote rochoso. Stefanuto e Cunha (2015) relatam também a ocorrência de profundidades de drenagem na ordem 138 metros, aferindo assim o acentuado desnível altimétrico relativo presente neste setor. Foram ainda identificados quatro morros testemunhos e setores de ocorrência de cristas estruturais, permitindo assim compreender a complexidade dos materiais que compõe o relevo *questiforme*, conforme destacado também por diversos outros autores (ALMEIDA, 1949; CHRISTOFOLETTI; QUEIROZ NETO, 1961; PENTEADO, 1974).

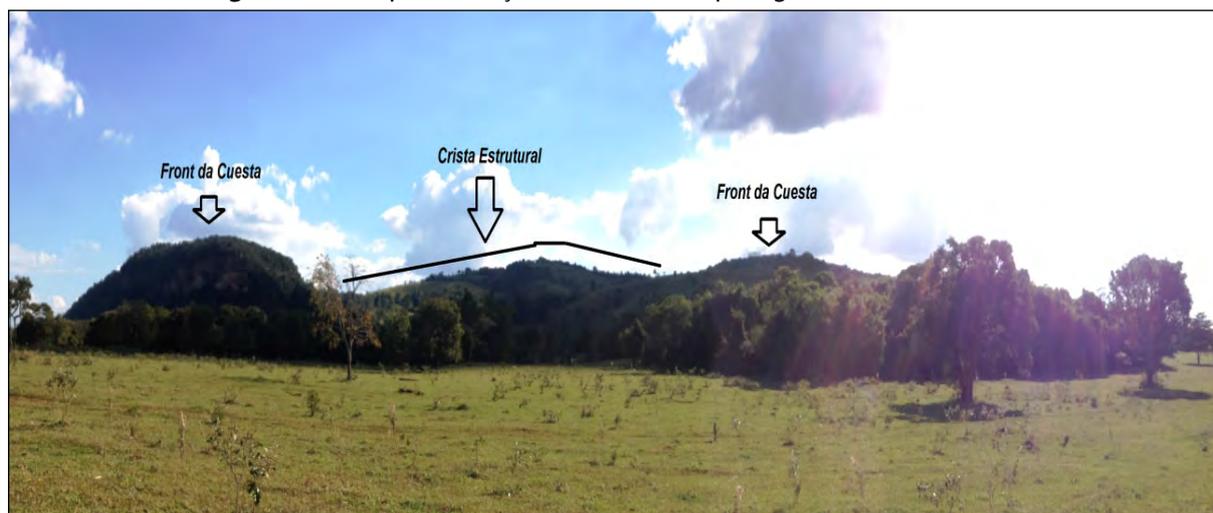
Os mapeamentos geomorfológicos representam o *front questiforme*, os morros testemunhos assim como as cristas e os patamares estruturais expressos por símbolos. Os símbolos para as feições estruturais são compostos predominantemente por linhas que estão associadas à figuras geométricas (triângulos, quadrados) preenchidas, as quais buscam destacar tais feições, visto tratar-se, normalmente, de morfologias que marcam as paisagens por seu declive e gradiente topográfico (Figura 5). Apesar desse recurso, que faz parte do caráter pictórico desse tipo de mapeamento, como há muitas feições representadas por símbolos, o referido destaque nem sempre é nítido. Tal aspecto se deve também às características morfológicas da área, com grande variedade de formas, tanto estruturais como denudativas, com grande quantidade de feições erosivas lineares e, ainda, morfologias antrópicas.

Figura 4. Mapas geomorfológicos da Serra da Cuscuzeiro (SP).



Fonte: Elaborado pelos autores.

**Figura 5.** Destaque das feições estruturais na paisagem da área estudada.



Fonte: Foto dos autores.

Assim, através de uma análise pormenorizada e comparativa dos três cenários da área estudo (Figura 4), optou-se por destacar nessa discussão as feições de relevo que representam de forma mais significativa a alteração da dinâmica da paisagem. Tais feições estão vinculadas a ação erosiva linear, sendo os sulcos erosivos e as áreas de voçorocamento as mais recorrentes e expressivas. As feições erosivas lineares, em ambientes quentes e úmidos, implicam em nítida alteração da dinâmica da paisagem visto que essas indicam acelerado processo denudativo das vertentes. Tais processos são frequentemente acelerados quando há um desequilíbrio entre as condições de cobertura dos terrenos e a dinâmica pluviométrica que sobre esses ocorrem. Assim, buscou-se também comparar tais feições com o manejo e uso da terra.

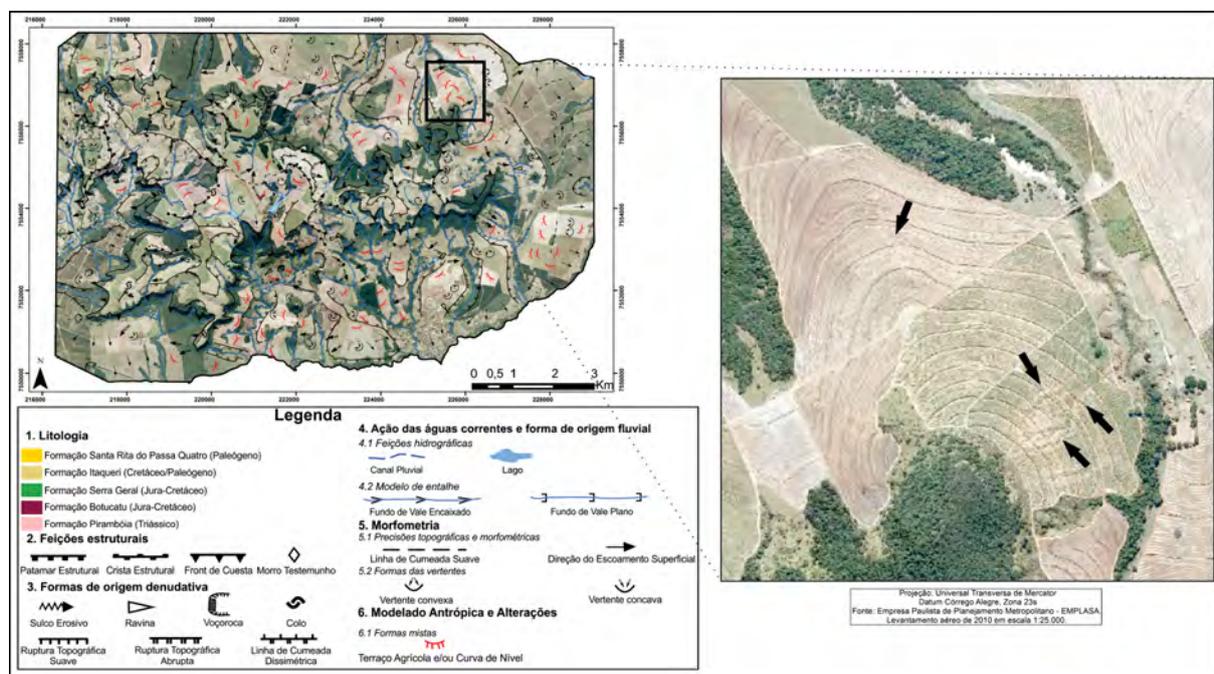
Os sulcos erosivos constituem-se na feição erosiva linear mapeada com maior frequência na área de estudo, sendo identificado com expressividade em todos os cenários e oscilando de forma pouco significativa no período (Figura 4). Foram identificados 40 sulcos no mapeamento de 1962, 55 no mapeamento de 1988 e 45 no mapeamento de 2010. Identificou-se também que, nos três cenários a formação geológica que apresentou maior suscetibilidade à ocorrência de tais feições foi a Santa Rita do Passa Quatro, onde se registrou em média, com base nos valores totais dos três mapeamentos, 56% da ocorrência dos sulcos erosivos.

Assim, ao analisarmos o número total de sulcos erosivos na área, é possível identificar uma redução de tal feição linear na passagem do cenário de 1988 (55 sulcos erosivos) para o cenário de 2010 (45 sulcos erosivos). Constatou-se também que neste período ocorre a diminuição da área ocupada por pasto sujo, variando de 2 km<sup>2</sup> em 1988 para 0,6 km<sup>2</sup> em 2010. Concomitantemente, mapeou-se uma redução da classe de uso pasto limpo, que diminuiu sua área em 40,3 km<sup>2</sup>, sendo este substituída pelo cultivo da cana-de-açúcar, que apresentou no mesmo período, um aumento de 20,5 km<sup>2</sup>, e pelo cultivo da silvicultura, que evidenciou 9,6 km<sup>2</sup> de expansão em sua área. Assim, é possível inferir que a redução de sulcos erosivos identificada ocorre em função do processo de obliteração dos mesmos, gerado pelo maior emprego de maquinário no manejo do uso da terra, fator também constatado por Pinton e Cunha (2015) em estudo aplicado em área congruente a um setor desta pesquisa.

Pinton e Cunha (2015) constataram ainda que, mesmo após o uso de maquinários para o plantio, por exemplo, da cana-de-açúcar, responsável pela obliteração dos sulcos erosivos, a

referida feição linear passa a se estabelecer nos canais coletores que compõe os terraços agrícolas. Conforme apresentado na Figura 6, identifica-se também a ocorrência de feições lineares junto a áreas de terraços agrícolas, fator que pode estar relacionado à reincidência de sulcos erosivos em áreas cujo manejo do solo foi empregado, como apresentado por Pinton e Cunha (2015).

**Figura 6.** Setor de terraceamento e cultivo da cana-de-açúcar com a presença de feições erosivas.



Fonte: Elaborado pelos autores.

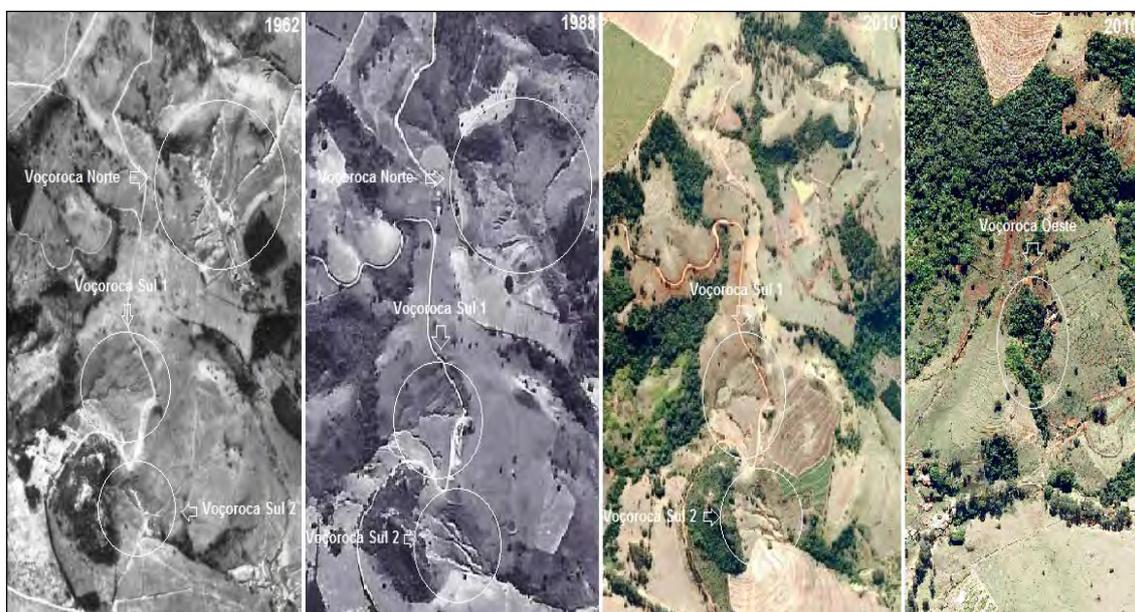
Destaca-se ainda, que nos cenários de 1962 e 1988 o reverso da *cuesta*, setor de relevo mais plano da área estudada, apresentou 8 feições lineares do tipo sulco erosivo mapeadas, constatando uma aumento acentuado para o cenário de 2010, onde são registrados 15 sulcos erosivos. O mesmo ocorre com as áreas nas quais foram identificados terraços agrícolas, sendo que em 1962 registraram-se dois setores com terraços agrícolas; em 1988, três; e em 2010, doze áreas de terraceamento. Vale pontuar ainda que, na passagem de 1988 para 2010, ocorre a expansão da cana-de-açúcar no reverso, uma vez que, do total de 26,2 km<sup>2</sup> concernentes a tal setor, a cultura canavieira passa em 2010 a ocupar 7,6 km<sup>2</sup>, sendo que, em grande parte, as áreas mapeadas com terraços agrícolas vinculam-se aos setores canavieiros. Assim, constata-se que mesmo com o uso de técnicas agrícolas de manejo do solo não houve uma contenção expressiva no número de sulcos erosivos, chegando a ocorrer, em alguns compartimentos, o aumento dos mesmos.

Para validar esse tipo de informação considera-se necessário ir além do mapeamento geomorfológico tradicional, buscando novas formas de representação dos dados, como demonstrado na Figura 6. Nesta figura busca-se apresentar os símbolos que identificam as feições do relevo sobre as imagens que foram interpretadas para a obtenção do mapeamento de 2010, buscando ilustrar essas formas. Ainda, faz-se uso do recurso de detalhamento progressivo da informação ao apresentar um recorte de maior detalhe que procura ilustrar a ineficiência das práticas conservacionistas para evitar a criação de feições erosivas lineares.

Em relação às feições erosivas do tipo voçoroca, as mesmas apresentaram-se concentradas no setor centro-sul da área de estudo, exibindo, em três casos, um nítido alinhamento que pode indicar a ocorrência de uma linha de falha. Quatro voçorocas de grande porte foram registradas no dado setor (Figura 7), sendo que no cenário de 2010 a área da voçoroca Norte foi recuperada, identificando-se no local apenas feições lineares do tipo ravina. Os taludes, que caracterizam as voçorocas, foram analisados também em campo visando complementar os dados mapeados.

Ao analisar a voçoroca Norte (Figura 7), verifica-se que a mesma apresenta-se nítida no cenário de 1962, possuindo em seu interior canais fluviais entalhados e índice de vegetação praticamente nulo. Neste cenário, seu talude de erosão atinge uma extensão de aproximadamente 500 m, dado obtido a partir do mapeamento geomorfológico realizado (Figura 4). Na fotografia aérea de 1988 (Figura 7), a voçoroca ao norte ainda é identificada, apresentando feições erosivas bem demarcadas em seu interior e um singelo aumento da vegetação em seu entorno. Em 1988, a voçoroca Norte apresenta-se ainda em expansão, possuindo nesse cenário um talude de erosão com extensão de aproximadamente 560 metros (Figura 4). Por fim, na análise de 2010, averigua-se a recuperação parcial da área da voçoroca Norte, onde se identifica um aumento na área vegetada, uma diminuição das feições erosivas, além da interferência antrópica nos cursos fluviais, representada pela construção de um barramento no curso hídrico, formando um lago (Figura 7). No cenário mais atual, este setor foi marcado apenas pela ocorrência de ravinamentos, identificados em campo (Figura 8C).

**Figura 7.** Área de ocorrência de feições do tipo voçoroca, setor centro-sul da área pesquisada.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Ainda, convém destacar que na área pesquisada, entre 1988 e 2010, averiguou-se uma redução de 80,4 km<sup>2</sup> para 69,4 km<sup>2</sup> na área total de setores destinados ao cultivo agrícola, sendo que, concomitantemente, constatou-se um aumento de 14,3 km<sup>2</sup> para 25,04 km<sup>2</sup> nos setores mapeados como matas (cerrados e vegetação arbórea).

Avaliando a voçoroca Sul 1 (Figura 7 e 8A), identifica-se um aumento na extensão do talude erosivo durante o período de 1962 à 1988, período em que também registra-se o índice praticamente nulo de vegetação em seu interior e entorno. Já na passagem do cenário de 1988 para 2010 grandes alterações não são registradas, identificando apenas o surgimento de algumas espécies vegetais no interior da área do voçorocamento.

**Figura 8.** Imagens de campos das voçorocas mapeadas: A – voçoroca sul 1; B voçoroca sul 2 e C voçoroca norte.



Fonte: Elaborado pelos autores.

No que concerne a voçoroca Sul 2, representada pela Figura 7 e 8B, a mesma apresenta-se no cenário de 1962 com feições erosivas pouco demarcadas em seu interior, baixo índice vegetacional na parcela interna e periférica, canais fluviais e pluviais pouco entalhados e uma extensão de aproximadamente 300 m (Figura 4) em seu talude de erosão. Já no cenário de 1988 constata-se um aumento dos canais fluviais e pluviais em seu interior, fator que

não interferiu em seu talude de erosão que permaneceu na ordem de 300 m. Por fim, no cenário de 2010, observa-se uma estagnação na área de expansão da erosão e um aumento de vegetação na área de entorno e no interior do setor de voçorocamento.

Ainda, no cenário de 2010, registra-se o surgimento de uma nova área de voçorocamento (Figura 7), localizada, a oeste da voçoroca Sul 1. A referida feição linear apresenta 120 m de extensão em seu talude erosivo, registrando alto número de espécies arbóreas em seu interior e pouca ocorrência em seu entorno (Figura 9).

**Figura 9.** Talude erosivo da voçoroca Oeste, setor centro-sul da área de pesquisa.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Assim, foi possível constatar que, entre os anos de 1962 e 1988, não foram realizadas medidas expressivas de contenção das voçorocas Sul 1, Sul 2 e Norte, sendo que a partir de 1988 até o ano de 2010 registraram-se tentativas de recuperação da área da voçoroca Norte, as quais apresentaram resultados positivos (Figura 7 e 8C). No mesmo período (1988-2010), observou-se a aplicação de medidas de mitigação às voçorocas Sul 1 e Sul 2, como a implementação de espécies arbustivas e arbóreas no interior das áreas de voçorocamento, não apresentando avanços expressivos em termos de recuperação.

Outro dado relevante, é que as quatro voçorocas mapeadas estão inseridas, durante os três cenários analisados, em áreas de domínio de pasto limpo. Em campo, foi possível averiguar a ocupação massiva da pecuária sobre o setor das três voçorocas existentes no cenário atual, identificando o desbarrancamento de seus taludes erosivos, devido ao pisoteio de animais, e a marcante ocorrência de terracetes que indicam a atuação do processo geomorfológico de rastejamento (Figura 10).

**Figura 10.** Setor de desbarrancamento, ravinamento e formação de terracetes nas proximidades do talude de erosão da Voçoroca Sul 1.

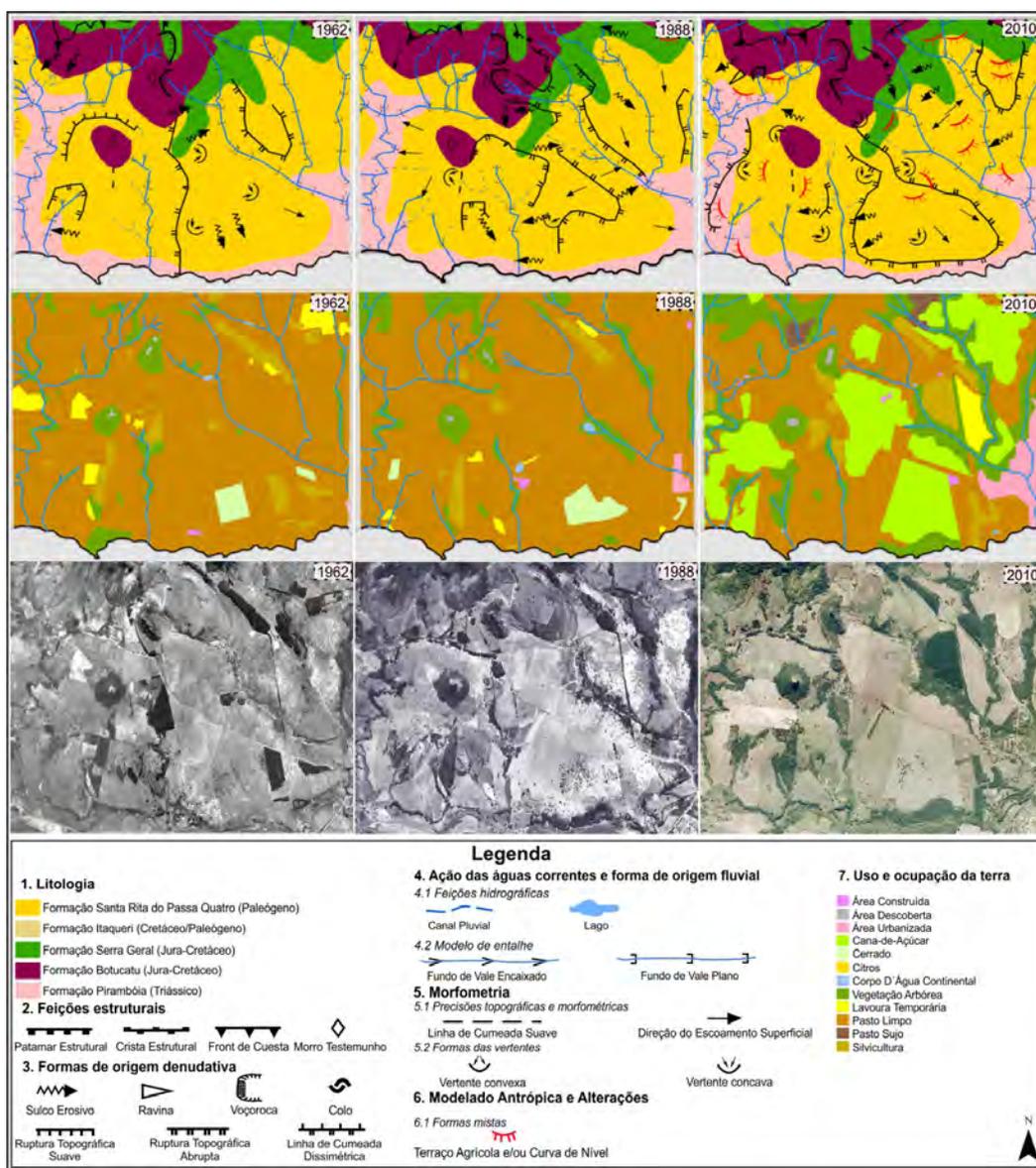


Fonte: Elaborado pelos autores.

Dessa forma, o mapeamento geomorfológico, associado com os produtos de sensoriamento remoto e os dados levantados em campo permitiram identificar mudanças em tempo histórico dessas feições erosivas lineares e, portanto da interação entre os componentes naturais e antrópicos que compõem a paisagem local.

Por fim, convém destacar o conjunto de dados desse setor centro-sul da área estudada (Figura 11). Identificou-se, nos cenários de 1962 e 1988, uma predominância da classe de uso pasto limpo, ocorrendo no cenário de 2010 à entrada massiva da cana-de-açúcar no setor. Mapeou-se no cenário de 1962 sete feições lineares do tipo sulco e duas voçorocas. Em 1988 as duas voçorocas se mantêm, mas os sulcos erosivos aumentam alcançando o número de nove. Já em 2010, com a introdução da cultura canavieira na área, registram-se três voçorocas, uma ravina e nove sulcos erosivos, além do expressivo aumento de terraços agrícolas na área, o que não propiciou condições para a diminuição das feições lineares. Esse setor constitui-se também em uma local de complexidade estrutural, visto a presença dois morros testemunhos.

Figura 11. Setor centro-sul da área pesquisada.



Fonte: Elaborado pelos autores.

A Figura 11 permite, portanto atribuir um maior significado ao mapeamento geomorfológico ao agregar dados que permitem visualizar a variabilidade do relevo, com o degrau do *front* cuestiforme e a presença dos morros testemunhos. Dessa forma, busca-se tornar mais significativo o próprio mapeamento geomorfológico para leitores não especialistas.

### Considerações Finais

A cartografia geomorfológica permitiu, no estudo de caso, quantificar as feições erosivas, as quais são significativas para o entendimento da paisagem local. Os setores estudados destacam-se pelo relevo de *cuesta* o qual dinamiza as ações erosivas. Assim, tais feições podem ser consideradas como indicadores dessa dinâmica a qual, em conjunto com o uso da terra, influenciam significativamente a fisionomia paisagística regional.

Os mapeamentos geomorfológicos possibilitam, quando necessário, avaliar a expansão de outras formas de relevo, como planícies fluviais, rupturas topográficas, feições antrópicas como terraços agrícolas, entre outros; assim como as relações de vizinhança entre tais formas. Essa questão é importante, visto que as diversas formas de relevo mantêm relações de dependência. Assim, uma vertente, por exemplo, tem relações com o topo e o vale adjacente, sendo um terreno que influencia relevos vizinhos e sofre influência destes. Contudo, a leitura de tais mapeamentos nem sempre é fácil para leitores não especialistas. Dessa forma, buscou-se selecionar as feições mais significativas, assim como ilustrar de forma mais clara o significado morfológico da presença de tais feições na paisagem.

Portanto, o estudo permitiu apontar caminhos para o uso da cartografia geomorfológica no estudo da paisagem, enfatizando o potencial dessa em estudos voltados para mudanças do relevo e do uso das terras em tempo histórico. A cartografia geomorfológica evolutiva pode auxiliar na compreensão da dinâmica da paisagem ao estudar o relevo como fruto da interação entre os fatores tradicionais de esculturação (endógenos e exógenos) com os componentes antrópicos. Dessa forma, os estudos antropogeomorfológicos, frequentemente realizados a partir da cartografia geomorfológica evolutiva, auxiliam a avaliação da interação dos componentes naturais e antroponaturais, subsidiando o entendimento da paisagem.

## **Referências**

- Almeida, F. F. M. **Fundamentos Geológicos do Relevo Paulista**. São Paulo: IGEOG, 1974.
- Almeida, F. F. M. Relevo de "Cuestas" na Bacia Sedimentar do Rio Paraná. **Boletim Paulista de Geografia**. n. 3, p. 21-33, 1949.
- Brino, W. C. **Contribuição à definição climática da Bacia do Corumbataí e adjacências (SP), dando ênfase à caracterização dos tipos de tempo**. 1973. 119 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Rio Claro, Rio Claro, 1973.
- Bryan, B. A. Physical environmental modeling, visualization and query for supporting landscape planning decisions. **Landscape and Urban Planning**, v. 65, Issue 4, p. 237-259, 2003.
- Cassetti, V. **Elementos de Geomorfologia**. Goiânia: Editora UFG, 2001.
- Ceron, A. O.; Diniz, J. A. F. O uso das fotografias aéreas na identificação das formas de utilização agrícola da terra. **Revista Brasileira de Geografia**. n. 2, v. 28, p. 161-173, 1966.
- Christofolletti, A.; Queiroz Neto J. P. Estudos Geomorfológicos a respeito da Serra de Santana, SP. **Boletim Paulista de Geografia**. n. 38, p. 3-20, 1961.
- Facincani, E. M. **Morfotectônica da depressão periférica paulista e cuesta basáltica: regiões de São Carlos, Rio Claro e Piracicaba, SP**. 2000. 222 f. Tese (Doutorado em Geologia Regional) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2000.
- Griffiths, J. S.; Abraham, J. K. Factors affecting the use of applied geomorphology maps to communicate with different end-user. **Journal of maps**. v.4, p. 201-210, 2008.
- Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística. **Manual Técnico de Uso da Terra**. Rio de Janeiro: IGBE, 2013.
- Instituto De Pesquisa Tecnológica Do Estado De São Paulo - IPT. **Mapa geológico do estado de São Paulo**: Nota Explicativa. São Paulo: IPT, 1981b.

- Instituto De Pesquisas Tecnológicas Do Estado De São Paulo - IPT. **Mapa geomorfológico do estado de São Paulo**: Nota Explicativa. São Paulo: IPT, 1981a.
- Instituto Geológico, IG - Estado De São Paulo. **Formações Geológicas de Superfície**. 1984.
- Koffler, N. F. et. al. **Solos da bacia do Rio Corumbataí**. Rio Claro: Departamento de Cartografia e Análise da Informação Geográfica - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, 1992. Escala: 1:50.000.
- Martinelli, M. **Curso de cartografia temática**. São Paulo: Contexto, 1991.
- Martinelli, M. **Mapas da geografia e cartografia temática**. São Paulo: Contexto, 2003.
- Mateo Rodriguez, J.m. et. al. Análise da paisagem como base para estratégia de organização geoambiental: Corumbataí (SP). **Geografia**. v.20, n.1, p.81-129, 1995.
- Mateo Rodriguez, J.m.; Silva, E.V. La geoecologia del paisaje como fundamento para el analisis ambiental. **REDE – Revista Eletrônica do Prodem**. v.1. n.1., p.77-98, 2007.
- Mateo Rodriguez, J.m.; Silva, E.v.; Rua De Cabo, A. O planejamento ambiental como instrumento na incorporação da sustentabilidade no processo de desenvolvimento: o caso do Ceará, Brasil. **Mercator – Revista de Geografia da UFC**. n. 05, p.67-72, 2004.
- Milani, E. J.; Melo, J. H. G. De; Souza, P. A. De; Fernandes, L. A.; França, A. B. Bacia do Paraná. **Boletim de Geociências da Petrobras**. v.15, n.2, p. 265-287, 2007.
- NIR, D. **Man, a geomorphological agent: an introduction to anthropic geomorphology**. Jerusalém: Katem Pub, House, 1983.
- Paschoal, L. G.; Conceição, F. T.; Cunha, C. M. L. Utilização do ArcGis 9.3 na elaboração de simbologias para mapeamentos geomorfológicos: Uma aplicação na área do Complexo Argileiro de Santa Gertrudes/SP. Simpósio Nacional de Geomorfologia. 8, 2010, Recife. **Anais**. p. 1-13.
- Penteadó, M. M. **Fundamentos de Geomorfologia**. Rio de Janeiro: IBGE, 1974.
- Pinton, L. De G.; Cunha, C. M. L. O uso de Geoindicadores em paisagem rural: subsídios à análise das mudanças morfológicas antropogênicas da bacia do Córrego do Cavalheiro – Analândia (SP). **Revista do Departamento de Geografia**. v. 29, p. 01-19, 2015.
- Rodriguez, J. M. M.; Silva, E. V.; Cavalcanti, A. P. B. **Geoecologia de Paisagens**: uma visão geossistêmica da análise ambiental. Fortaleza: Editora UFC, 2004.
- Semenov, Y. M. Landscape planning: The applied branch in complex physical geography. **Geogr. Nat. Resour**. v. 38, p. 319–323, 2017.
- Souza, T. A.; Oliveira, R. C. Avaliação da potencialidade de imagens tridimensionais em meio digital para o mapeamento geomorfológico. **Revista Geonorte**. v. 2, n.4, p.1348-1355, 2012.
- Stefanuto, E. B.; Cunha, C. M. L. Morfocaracterísticas na faixa de transição Cuesta - Depressão Periférica: Estudo de caso de Analândia (SP). **Revista Equador (UFPI)**. v. 4, n. 3, 2015.
- Tricart, J. **Principes et méthodes de la géomorphologie**. Paris: Masson, 1965.
- Troppmair, H. **Geossistemas e geossistemas paulistas**. Rio Claro: Helmut Troppmair, 2000.
- Verstappen, H. T.; Zuidan, R. A. ITC **System of geomorphological survey**. Manual ITC Textbook, Netherlands: Enschede. V. 1, cap. 8, 1975.

# A ANÁLISE FATORIAL EXPLORATÓRIA (AFE) E A ÁLGEBRA DE MAPA COMO METODOLOGIAS NA MODELAGEM DE PADRÕES ESPACIAIS: ANÁLISES A PARTIR DA VULNERABILIDADE SOCIAL E AMBIENTAL EM PAISAGENS COM RISCOS HIDROLÓGICOS E HIDROGEOLÓGICOS

Matheus Rizato<sup>1</sup>

Bruno Zucherato<sup>2</sup>

Andréa Aparecida Zacharias<sup>3</sup>

**RESUMO:** Na atualidade, novos caminhos metodológicos baseados em lógicas matemáticas, tem se tornado uma constante crescente em estudos recentes que integram propostas de gestão do território, contribuindo com novos conceitos na estrutura, no conteúdo, bem como na integração de dados que modificam a forma de elaborar, analisar, cruzar e, até mesmo, quantificar os fenômenos geográficos inseridos na representação espacial, pela possibilidade da modelagem ambiental, a partir de informações disponibilizadas em mapas temáticos. Nessa premissa, este capítulo de livro apresenta a Análise Fatorial Exploratória (AFE) e a Álgebra de Mapas como metodologias na modelagem ambiental dos padrões espaciais de áreas que apresentam Vulnerabilidade Social e Ambiental (VSA) aos riscos por eventos hidrológicos (alagamentos, enchentes, enxurradas e inundações) e hidrogeológicos (movimento de massa), a partir de estudos realizados no município de Atibaia, Estado de São Paulo, Brasil. Tomando como base as propostas metodológicas apresentadas por Rizato (2021) que propõe uma adaptação das alternativas acerca das metodologias de Cutter (1996; 2003), Mendes et al. (2009, 2011) e Alves (2006) sobre o uso da Análise Fatorial Exploratória em estudos que envolvem áreas tropicais, os procedimentos consistem em: a) análises estatísticas; b) elaboração de mapas temáticos; c) aplicação de álgebras de mapa (pesos x influências); d) uso da técnica da densidade de kernel (método de transformação das informações vetoriais em informações matriciais) e; e) elaboração de cartografias de sínteses intermediárias e finais, para a definição de cenários de riscos na área de estudo trabalhada. Os resultados obtidos podem ser observados pela Cartografia de Síntese – o Mapa de Vulnerabilidade Social e Ambiental de Atibaia/SP que classifica a paisagem de riscos por eventos hidrológicos e hidrogeológicos em: a) muito alto (15,1%); b) alto (15,8%); c) médio (23,5%); d) baixo (24,1%) e; e) muito baixo (21,5%). Face ao exposto, o mapa síntese (modelo) simplificado da realidade, mostra-se apropriado à tomada de decisões espaciais, por

---

1 Mestre em Geografia pelo PPG em Geografia, UNESP/Câmpus de Rio Claro-SP, Brasil. Doutorando em Geografia pelo PPG em Geografia, UNESP/Câmpus de Rio Claro-SP, Brasil. Pesquisador do Grupo de Pesquisa em Geotecnologias e Cartografia Aplicadas à Geografia – GEOCART/CNPq. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8673-1362>. E-mail: [mrizato@gmail.com](mailto:mrizato@gmail.com)

2 Prof. Dr. do Curso de Graduação em Geografia da UFMT/Câmpus Universitário do Araguaia-MT, Brasil. Pesquisador do Grupo de Pesquisa em Geotecnologias e Cartografia Aplicadas à Geografia – GEOCART/CNPq. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6626-6272>. E-mail: [bruno.zucherao@ufmt.br](mailto:bruno.zucherao@ufmt.br)

3 Profª Drª do Curso de Graduação em Geografia, UNESP/Câmpus de Ourinhos-SP, Brasil. Profª do PPG em Geografia (Mestrado e Doutorado), UNESP/Câmpus de Rio Claro-SP, Brasil. Líder do Grupo de Pesquisa em Geotecnologias e Cartografia Aplicadas à Geografia – GEOCART/CNPq. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9992-7927>. E-mail: [andrea.zacharias@unesp.br](mailto:andrea.zacharias@unesp.br)

permitir relacionar diferentes variáveis socioambientais, por meio da atribuição de pesos (influências) nos mapas e valores numéricos em suas classes, estabelecendo o raciocínio lógico e hierárquico de seus padrões espaciais pelos fenômenos geográficos observados no ambiente da paisagem

## 1 Considerações iniciais

A análise da informação espacial tem se mostrado uma grande aliada à produção do conhecimento tanto no âmbito acadêmico quanto no apoio a tomada de decisões. O desenvolvimento das geotecnologias e a popularização da internet possibilitaram uma ampliação da utilização dessas ferramentas para a efetivação de políticas para uma gestão sustentável dos recursos naturais, a busca de cidades mais resilientes e a intermediação de conflitos ambientais entre muitas outras aplicações desse campo do conhecimento em estudos práticos. A influência das geotecnologias alterou tanto a nossa relação com os dados espaciais que os mapeamentos descritivos (analógicos) foram sendo substituídos pelos mapas prescritivos (digitais), levando, também, a uma alteração do paradigma cartográfico da comunicação da informação espacial em detrimento da visualização do mapa em tela ou geovisualização (Slocum et al. 2014). Esse processo viabilizou novos caminhos metodológicos baseados na linguagem matemática, cuja prescrição espacial tem se tornado uma constante crescente em estudos recentes que integram propostas de gestão do território, ao propor novos conceitos na estrutura, no conteúdo, bem como na integração de dados que modificam a forma de elaborar, analisar, cruzar e, até mesmo, quantificar os fenômenos geográficos inseridos na representação espacial. Nesse contexto, surge a modelagem ambiental como forma de analisar inúmeros problemas espaciais decorrentes dos conflitos existentes entre homem e natureza.

A modelagem consiste em uma técnica exploratória da cartografia onde são estabelecidos cenários, previsões, simulações e simplificações para descrever de forma matemática, simbólica ou funcional o fenômeno de interesse, de forma que os seus resultados – os mapas sínteses - representam um modelo, um cenário gráfico que avalia os graus de potencialidades e/ou fragilidades dos ambientes inseridos na paisagem, mais próximo da realidade.

Sobre a importância da modelagem na produção cartográfica, Zacharias e Ventrini (2021, p. 136) ressaltam que as representações computacionais passam a ser os caminhos metodológicos para a modelagem dos padrões espaciais visando o produto final – a cartografia de síntese - que é composta por um documento cartográfico obtido a partir da análise integrada das informações ambientais inseridas na paisagem. A perspectiva trazida pelas autoras demonstra como a aplicação dessa técnica cartográfica tem a capacidade de evidenciar informações que nem sempre são reveladas em análises convencionais.

Nestas condições, as autoras (op.cit.) destacam pelos menos 4 (quatro) critérios que o modelador (planejador) deve considerar ao estabelecer a modelagem ambiental, visando a cartografia de síntese. São eles:

- [...] a) **Seleção dos indicadores ambientais**, como principal ponto de partida, uma vez que vinculam os parâmetros que podem ter a capacidade de descrever um estado e/ou situação dos fenômenos que ocorrem no ambiente [...]; b) **Classificação dos Indicadores ambientais**, como um dos pontos intermediários, a partir de uma sistematização

estabelecida pelos agrupamentos dos atributos dos componentes geográficos, tomando como base o clássico modelo **PER** (*Pressão/Estado/Resposta*) - da paisagem [...]; c) **Ponderação dos dados ambientais**, momento de atribuição de pesos quantitativos conforme o grau de importância do indicador ambiental, para a organização do método de atribuição de pesos hierárquicos, a uma matriz de comparação e correção no SIG, onde os valores numéricos, passam a ser avaliados pelo grau de importância de uma característica sobre a outra, num determinado ambiente inserido na paisagem e [...]; d) **Integração dos Indicadores Ambientais**, como o momento final, onde se estabelece a classificação das estruturas verticais (taxonomia) e horizontal (características dos componentes geográficos) inseridos no ambiente estudado [...] cujo procedimento significa *agrupar* pontos com características e funções comuns; *segmentar* os agrupamentos por setores e; *denominar* cada setor segundo as características, por meio de inferência espacial – álgebras de mapas - para integração dos dados cujo produto são os mapas sínteses (ZACHARIAS; VENTORINI, 2021, p. 138-140).

A partir dessa premissa, este capítulo de livro apresenta a Análise Fatorial Exploratória (AFE) e a Álgebra de Mapas como metodologias na modelagem ambiental dos padrões espaciais de áreas que apresentam Vulnerabilidade Social e Ambiental (VSA) aos riscos por eventos hidrológicos (alagamentos, enchentes, enxurradas e inundações) e hidrogeológicos (movimento de massa), a partir de estudos realizados no município de Atibaia, Estado de São Paulo, Brasil.

A aplicação do estudo desenvolvido tem como base as propostas metodológicas de Cutter (1996; 2003), Alves (2006) e Mendes *et al.* (2011); referências essas já consolidadas no estudo da dinâmica da vulnerabilidade social e ambiental do lugar. Além dos autores apresentados, é necessário destacar que diversos estudos têm sido realizados na condução de análises comparativas pela modelagem estatística cartográfica em diversos níveis de pesquisa em países lusófonos como o Brasil e Portugal, como, por exemplo, Freitas; Cunha (2013); Bortoletto (2016); Zucherato (2018) e Guerra (2020) que demonstram como a metodologia da vulnerabilidade social e ambiental do lugar tem apresentado, no cenário científico recente, uma alta capilaridade e capacidade de adaptação.

Rizato (2021), seguindo a mesma linha metodológica, apresenta um plano de condução em pesquisas na área cujos procedimentos consistem em: a) análises estatísticas; b) elaboração de mapas temáticos; c) aplicação de álgebras de mapa (pesos x influências); d) uso da técnica da densidade de kernel (método de transformação das informações vetoriais em informações matriciais) e; e) elaboração de cartografias de sínteses intermediárias e finais para a definição de cenários de riscos hidrológicos e hidrogeológicos no ambiente da paisagem da área de estudo trabalhada.

Nesse sentido, para que seja possível apresentar de forma clara o estudo conduzido, é preciso, antes, que se realize uma genealogia da metodologia abordada.

## 2 Do risco a vulnerabilidade: os desafios de um campo do conhecimento consolidado na modernidade

As chamadas ciências cindínicas, como é definido o campo de conhecimento centrado no estudo dos riscos e desastres, se consolidaram principalmente no contexto do pós-guerra, durante o último quartel do século XX (Lourenço, 2004 p. 7). Em virtude de seu caráter hodierno, esse campo do saber, ainda se encontra em consolidação, ao passo que as diversas ciências já consolidadas reivindicam e desenvolvem estudos ligados a esse campo. Da administração à sociologia, das engenharias às ciências da saúde, passando pelos estudos ambientais e as ciências da terra, os riscos e os desastres têm sido abordados de diferentes maneiras dentro do campo científico. Dado o seu caráter polissêmico, é necessário que se realize uma reflexão acerca das diferentes abordagens que o risco e o desastre, assim como seus termos derivados, perigosidade, criticidade e vulnerabilidade assumem na produção do conhecimento no campo científico.

Sob uma abordagem etimológica, o *desastre natural* (*natural hazards*) é entendido como um fenômeno natural que atinge áreas habitadas pelo homem, causando-lhe danos catastróficos. Já o termo *risco* (*risk*) implica em uma situação de incerteza, em que são colocadas em causa as diversas possibilidades dos desdobramentos acerca de um evento que pode ocorrer ou não, ao passo que a *vulnerabilidade* (*vulnerability*) pode ser compreendida como a suscetibilidade, por parte do ser humano, a uma situação de perigo ou dano (ZACHARIAS, GUERRA, 2019). Por sua vez *suscetibilidade* (*susceptibility*) é a probabilidade de um determinado fenômeno ocorrer, independente dos fatores sociais, tendo a sociedade como o principal elemento de interferência, que acelera ou retarda o processo do fenômeno. E, a perigosidade (*dangerous*) é o acontecimento físico e material do risco de um evento, certo ou incerto, num determinado espaço, ao longo de um determinado tempo atrelado ao fato e/ou fenômeno (ZUCHERATO, 2018).

Observando essas concepções, a Organização das Nações Unidas- ONU define o termo vulnerabilidade – tema de reflexão do capítulo – como as condições determinadas por fatores ou processos físicos, sociais, econômicos e ambientais que aumentam a suscetibilidade de uma comunidade ao impacto de ameaças e perigosidades (GUERRA, 2020). Nessa perspectiva, o seu conceito está vinculado aos aspectos humanos do risco, nos quais busca-se a identificação de características da população afetada que podem sofrer e reagir de formas diferentes ao risco, conforme sua condição social e sua localização geográfica (ZUCHERATO, 2018). Dessa forma podemos compreender a vulnerabilidade como uma das múltiplas dimensões do risco, centrada nos indivíduos ou comunidades que podem ser afetados pelo desastre. O foco em estudos dessa natureza passa, então, a identificação do conjunto de situações que a intensificam ou atenuam, sendo a situação de risco presente quando as pressões exercidas são maiores do que as condições que a amenizam.

A Geografia, como ciência que se interessa pelos fenômenos espaciais a partir da ótica das relações estabelecidas entre a sociedade e a natureza, apresenta um grande potencial no desenvolvimento de estudos dos riscos e desastres, assim como em estudos da vulnerabilidade, tanto que em seu desenvolvimento recente tem desenvolvido diferentes caminhos com possibilidades teórico-metodológicos para o estudo desta temática.

Entre essas perspectivas teórico metodológicas, ganha destaque a metodologia desenvolvida por Cutter (1996) em seus estudos realizados nos E.U.A., dentro do que Aven (2012)

define como perspectiva holística da vulnerabilidade. Essa perspectiva traz um certo pioneirismo na interpretação do conceito de vulnerabilidade, na medida em que busca uma perspectiva racional e experimental para definir, descrever, explicar e prever os danos – causados por eventos que podem causar prejuízos a um indivíduo, comunidade, estrutura ou objeto – e, ainda, para identificar seus pontos frágeis. E, para respaldar os conhecimentos racionalistas, a autora (Cutter, 1996) classifica o conceito de vulnerabilidade em três grandes grupos de concepções, sendo: (1) a vulnerabilidade como uma condição preexistente; (2) a vulnerabilidade como reação atenuada; e (3) a vulnerabilidade como a perigosidade dos lugares.

O **primeiro grupo** - "*vulnerabilidade como condição preexistente*" - parte do pressuposto de que são as condições que colocam pessoas e lugares em uma situação de vulnerabilidade. Esse modelo toma como base a identificação das perigosidades e na observação da ocupação humana desses locais, além do grau ou potencial de perdas e prejuízos associados com os riscos identificados, adotando como conceitos-chave para seu entendimento a identificação: da magnitude, da duração, dos impactos, da frequência e rapidez que caracterizam a exposição de uma comunidade ou indivíduo em risco. O **segundo grupo** - "*vulnerabilidade como reação atenuada*" - possui um caráter sociológico e foca na capacidade de resposta, incluindo a resistência social e a resiliência ao risco. Neste entendimento, a natureza de um evento perigoso e suas condições devem ser consideradas de um ponto de vista resultante de uma construção social em que as diferenças sociais na capacidade de recuperação e de resposta aos desastres são os dados mais relevantes e importantes. O **terceiro grupo** - "*vulnerabilidade dos lugares*" - consiste na integração entre os dois modelos predecessores em uma concepção mais geográfica da vulnerabilidade, centrada na relação entre a sociedade, a natureza e o ambiente. Nessa lógica, a vulnerabilidade é concebida como o conjunto de processos de natureza ambiental (como os riscos biofísicos) e de natureza humana (como as estruturas sociais e econômicas) capazes de auxiliar as comunidades e indivíduos na resposta aos desastres aos quais estão expostos<sup>4</sup> (CUTTER, 1996).

A partir dessa premissa, os estudos de Cutter (1996) apontaram para a importância da compreensão geográfica nos estudos do risco dos lugares, entendendo que as relações entre sociedade e natureza são indissociáveis e, assim, o envolvimento desses dois componentes que são importantes para a compreensão sistêmica da questão (GUERRA, 2020).

Em sua metodologia, Cutter *et al.* (2003) apresenta a técnica estatística da Análise Fatorial Exploratória (AFE) como meio de identificar variáveis de interesse para a determinação da vulnerabilidade. Trata-se de uma organização estatística dos dados de forma a permitir que as variáveis que mais contribuem com o objeto de estudo apareçam destacando-se das demais. Esses procedimentos estatísticos permitem organizar e identificar fatores que, por sua vez, explicam as dimensões da vulnerabilidade proposta. Todavia, como qualquer procedimento estatístico, a Análise Fatorial Exploratória (AFE) exige cuidado no tratamento dos dados para que esses expressem efetivamente informações confiáveis sobre a vulnerabilidade do lugar.

Como a autora considera que a vulnerabilidade consiste em uma dimensão de difícil mensuração objetiva, a AFE seria uma técnica estatística que possibilitaria a inclusão de diversas variáveis que consideramos importantes para a sua mensuração, verificando a sua interrelação e estabelecendo agrupamentos de variáveis que representariam aspectos gerais da

---

<sup>4</sup> Neste caso, Vulnerabilidade dos lugares é igual a Risco.

vulnerabilidade. Para (Cutter, 2003) existem duas principais “forças” que interferem na mensuração da vulnerabilidade dos lugares, são elas: (a) Criticidade (C): que leva em conta as características e os comportamentos das pessoas na contribuição para a ruptura do sistema e; (b) Capacidade de Suporte (CS): que trata das características e comportamentos que permitem à comunidade reagir em casos de desastre, nesse sentido, a criticidade revelaria tudo aquilo que nos expõe mais aos riscos e prejuízos a um desastre, ao passo que a capacidade de suporte serviria de base para que pudéssemos superar ou contornar os danos causados pelos desastres.

Em continuidade aos estudos propostos por Cutter, Mendes *et. al* (2009) aplica a metodologia de determinação da vulnerabilidade dos lugares de forma extensiva ao contexto europeu, mais especificamente, dentro de Portugal na mensuração do que chamam vulnerabilidade social (Mendes et al., 2011). Aplicando as técnicas propostas por Cutter (1996) nas escalas das freguesias e dos concelhos portugueses, os autores conseguem adaptar as variáveis para os dados locais disponíveis, propondo, assim, uma articulação escalar nos estudos dessa natureza. Da contribuição dos estudos portugueses no mapeamento da vulnerabilidade, cabe destacar que os autores possibilitaram uma nova frente de trabalho trazendo para a língua lusófona a proposta de Cutter, o que facilitou a sua abordagem em países como o Brasil (Freitas e Cunha, 2013; Bortoletto, 2016; Zucherato, 2018; Guerra, 2020) e Cabo Verde (Monteiro, Freire e Cunha, 2016).

A partir das considerações supracitadas, novos estudos em áreas tropicais surgem, como fruto de parcerias entre Portugal (Universidade de Coimbra) e Brasil (Universidade Estadual Paulista – UNESP), com trabalhos científicos derivados da escola Luso-Brasileira, iniciada por Freitas; Cunha (2013) ao realizarem a análise das vulnerabilidades sociais e ambientais, utilizando algoritmos estatísticos e representação em ambiente SIG, para os dados socioeconômicos de 20 municípios localizados no Estado de São Paulo e 17 concelhos<sup>5</sup> da Região Centro de Portugal. Como resultado, foi possível localizar e representar por meio de produtos cartográficos as principais áreas de vulnerabilidade destes municípios. Para Portugal os dados cartográficos indicaram que os principais fatores de vulnerabilidade social foram o baixo dinamismo econômico, a queda da população infanto-juvenil e o êxodo rural.

Também aplicando a AFE para o mapeamento da vulnerabilidade, Bortoletto (2016) analisou as vulnerabilidades social e ambiental integradas a mapas do meio físico, com o intuito de gerar mapas sínteses de áreas de risco de desastres no município de Caraguatatuba/SP, por meio de SIG. Ao final, o trabalho conclui que há uma correspondência direta entre a localização das pessoas e dos lugares vulneráveis, como também existe a influência de aspectos relativos à sua condição socioeconômica da população afetada.

Também, pelos conceitos da escola Luso-Brasileira da AFE, Zucherato (2018), contribuiu com sua aplicação considerando duas áreas distintas, o município de Campos do Jordão – SP (Brasil) e o concelho da Guarda (Portugal). Assim a determinação da vulnerabilidade socioambiental pela técnica da AFE foi aplicada nas duas localidades com a utilização de dados estatísticos e dados especiais diversos, a partir desse levantamento, o estudo estabeleceu valorações para os setores censitários na área brasileira e para as freguesias na área portuguesa, das duas dimensões da vulnerabilidade (criticidade e a capacidade de

---

<sup>5</sup> Em Portugal, o Concelho é a divisão administrativa em escala local que equivale a divisão municipal adotada no Brasil.

suporte) com a utilização de dados sociais, econômicos e ambientais de origem estatística e espaciais. Como resultado, o autor afirma ter encontrado boa aplicabilidade à técnica, haja vista que foi possível o estabelecimento dos valores finais da vulnerabilidade, assim como das suas componentes de criticidade e de capacidade de suporte.

Nesse movimento, e com a introdução dessa proposta em estudos aplicados no Brasil, foram incluídos no rol de variáveis de cômputo dessa dimensão variáveis de caráter ambiental (Alves, 2006; Freitas e Cunha, 2013; Bortoletto, 2016; Zucherato, 2018; Guerra, 2020), ampliando o nível de análise da proposta, o que, por sua vez, resulta na determinação da vulnerabilidade socioambiental ou vulnerabilidade social e ambiental. Essas transformações cancelaram de forma bastante consolidada o caráter geográfico dos estudos da vulnerabilidade à medida em que levaram em conta em sua mensuração elementos tanto de caráter físico como social dessa dimensão do risco.

Como um desdobramento dos estudos da vulnerabilidade aplicados no contexto brasileiro é perceptível um aprimoramento metodológico nas propostas iniciais colocadas por Cutter (1996) e por Mendes et al. (2009) na tentativa de expandir as formas de análise da vulnerabilidade, buscando outras técnicas estatísticas e especiais na determinação da vulnerabilidade, como é o caso de trabalhos como o de Santos e Ventorini (2020) que incluem as técnicas de Análise Multicritério (AM) e Análise Hierárquica de Processos (AHP) nos estudos de áreas com susceptibilidades ao risco e de Zacharias e Ventorini (2021), Zacharias *et al.* (2021) que incluem as técnicas Análise Multicritério à Decisão (AMD), associada à Análise Hierárquica de Processos (AHP) na modelagem da cartografia de síntese para obter a análise do ambiente da paisagem, segundo suas estruturas verticais e horizontais, em estudos do risco.

Dessa adequação metodológica surge a cartografia de vulnerabilidade, como área científica aplicada aos estudos do risco e que busca um nível de diferenciação espacial apoiado em dados estatísticos de caráter social, cultural e econômico. Estes, normalmente são representados a partir dos níveis de percepção sobre os modos como os processos potencialmente perigosos dos territórios se manifestam, em função tanto das características da população quanto das decisões políticas e de proteção civil (FREITAS; CUNHA, 2013; CUNHA, 2015).

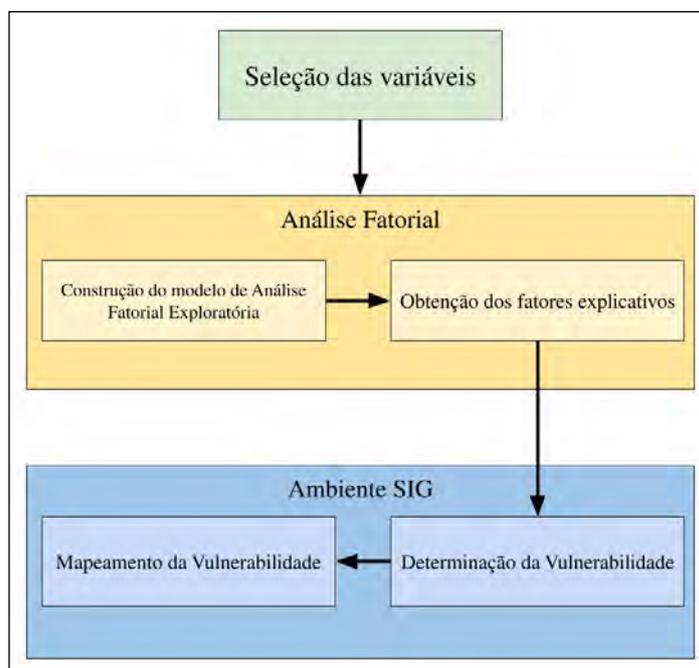
Zacharias; Guerra (2019) inclusive reforçam a suma importância desta cartografia na análise da paisagem, ao destacarem que:

Esta tendência metodológica traz novos olhares à Cartografia de Paisagens, que passa também a se preocupar com o estudo do ambiente das áreas com vulnerabilidades aos riscos sociais e ambientais pela sociedade, denominada desde então como Cartografia de Riscos, que traduz propostas metodológicas voltadas ao entendimento das paisagens que expressem vulnerabilidades, perigosidades e riscos naturais, tecnológicos ou mistos a toda sociedade. Neste íterim, a Cartografia de Paisagens das áreas vulneráveis aos riscos sociais e ambientais assume sua conotação relevante, uma vez que através do diagnóstico e/ou inventário tem-se a capacidade de ordenar, classificar, dividir ou integrar temas num dado espaço, propondo ações integradas frente aos diferentes tipos de riscos urbanos (ZACHARIAS; GUERRA, 2019, p. 65).

Nesta lógica, a técnica da AFE se fundamenta em um procedimento que envolve 3 grupos metodológicos: a seleção das variáveis, a análise fatorial e a representação dos dados no ambiente SIG (Figura 1), onde a seleção de variáveis é responsável pela coleta, seleção e organização dos dados utilizados. Já a análise fatorial pode ser relacionada ao método estatístico em si que gera os fatores explicativos para a obtenção dos valores de vulnerabilidades preteridos. Ao passo que, por último, os procedimentos em ambiente SIG permitem uma melhor visualização espacial dos dados obtidos em forma de produtos cartográficos que podem auxiliar na interpretação da área estudada (ZUCHERATO, 2018, 2021).

Pelo mesmo viés científico da escola Luso-Brasileira, Guerra (2020) utilizou a AFE para realizar o mapeamento de áreas vulneráveis no município de Bragança Paulista – SP. E, para isto, também fez uso da integração dos dados pelo método AHP (*Analytic Hierarchy Process*), que “compreende uma análise multicritério para priorização das informações durante a elaboração da cartografia de síntese” (GUERRA, 2020, p. 1). Este trabalho teve como objetivo, através do uso dos dados censitários, descobrir as principais áreas vulneráveis do ponto de vista social e ambiental, em específico às inundações, considerando a atuação dos fatores desencadeantes na área urbana. Ao final, foi possível identificar as áreas mais e menos vulneráveis, possibilitando uma visão integrada da paisagem com vistas à tomada de medidas mitigadoras por parte do poder público para a gestão municipal.

**Figura 1.** Esquema dos procedimentos para a Análise Fatorial Exploratória (AFE).



Fonte: Zucherato (2018, 2021).

Diante dos avanços teóricos com as escolas supracitadas, é possível perceber que a partir de 2021 há uma consolidação metodológica brasileira de uso e aplicação da AFE em conjunto com a técnica da AHP em estudos da vulnerabilidade, com o desenvolvimento de pesquisas como a de Rizato (2021), cujo objetivo é identificar, avaliar e analisar as vulnerabilidades sociais e ambientais no município de Atibaia (SP), os riscos de desastres

naturais por eventos hidrológicos (alagamentos, enchentes, enxurradas, inundações) e deslizamentos por meio de modelagem ambiental de dados do meio físico e socioeconômico. E, para isso, o autor propõe adaptações à proposta Luso-Brasileira considerando os **cinco momentos** indissociáveis entre si:

**(1)** primeiro momento, aplica-se o índice de Análise Fatorial Exploratória (AFE), tomando como base a proposta Luso-Brasileira apresentada por Freitas; Cunha (2013); Bortoletto (2016); Zucherato (2018) e Guerra (2020), visando a Análise de Componentes Principais (ACP)<sup>6</sup> através do cruzamento dos *scores* de cada setor censitário ponderados pelo peso explicativo de cada um dos fatores para obter o mapa final síntese de criticidade (C) e o mapa síntese intermediário de capacidade de suporte (CS);

**(2)** segundo momento, aplica-se uma modelagem ambiental (álgebra de mapa) no mapa síntese intermediário de CS para a obtenção do mapa final de capacidade de suporte (CS), a partir do/da:

a) tratamento estatístico, extraído da matriz de correlação resultante de análise estatística do conjunto de variáveis de interesse;

b) classificação pela média menos o desvio padrão, que mostra quanto o valor de atributo da feição varia a partir da média ajudando a enfatizar valores acima e abaixo da média e, por último;

c) técnica de densidade de Kernel, pelo método de transformação das informações vetoriais em informações matriciais.

**(3)** terceiro momento, aplica-se o agrupamento (método natural break de Jenks do SIG), a reclassificação (5 classes de vulnerabilidade - muito baixa, baixa, média, alta e muito alta) e a elaboração do Mapa da Vulnerabilidade Social Ambiental (VSA);

**(4)** quarto momento, aplica-se uma segunda modelagem ambiental aos padrões espaciais do Mapa de VSA, tendo como fundamentação metodológica os princípios da Análise Multicritério à Decisão (AMD), associada à Análise Hierárquica de Processos (AHP), apresentados por Saaty (2005, 2006); Santos, Ventorini (2017); Hoang, Tran e Nguyen (2020); Ogato *et al.*, (2020), Zacharias *et al.* (2021), dentre outros que utilizam a ADM e AHP, em ambientes de SIG, para elaboração de cartografia de síntese de áreas propícias a desastres naturais por eventos hidrológicos (inundações, alagamentos e enchentes) e hidrogeológicos (deslizamentos de massa);

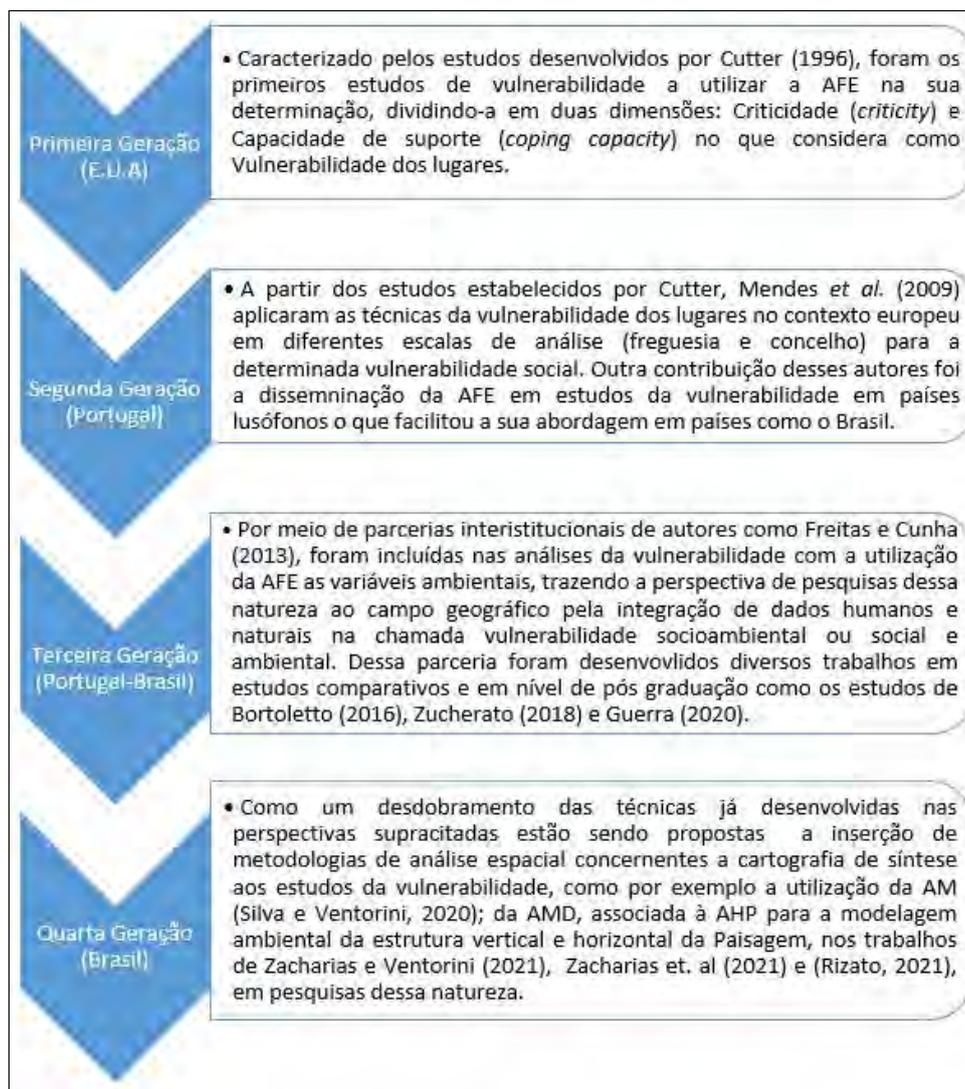
**(5)** quinto momento, a partir do Mapa Síntese do Mapa de VSA gerado pela álgebra de mapas e a inferência espacial da técnica AMD-AHP, aplica-se as considerações da inédita proposta metodológica de Cartografia de Síntese apresentada recentemente por Zacharias *et al.* (2021) e Zacharias; Ventorini (2021), que qualificam a “adequada legibilidade da representação das informações espaciais em estudos que envolvem paisagem x planejamento x riscos/impactos” pelas dimensões gráfica no plano (x, y, z, t), associados à representação das suas diferentes estruturas/leituras: a estrutura vertical (escalas taxonômicas do fenômeno geográfico) e a estrutura horizontal (diferentes componentes geográficos que modificam o ambiente na paisagem).

Assim, as cinco etapas apresentadas nos procedimentos pela proposta metodológica da escola brasileira, melhor define a modelagem ambiental do cenário gráfico do mapa de síntese quando aplicados os métodos estatísticos-matemáticos que envolvem a análise fatorial (*factor analysis*) para a gestão do território, uma vez que:

[...] apresenta como base a soma dos métodos da AFE, ADM e AHP, os procedimentos que consistem na elaboração de mapas temáticos, álgebras de mapas e cartografias de sínteses intermediárias e finais, para a definição de cenários de riscos na área de estudo trabalhada, onde: a) de um lado é utilizado uma análise estatística pelo método da Análise Fatorial Exploratória associada ao SIG para a representação das criticidades, e no mapa de capacidade de suporte é aplicado uma álgebra de mapa para obter a síntese intermediária para o mapa de vulnerabilidade social e ambiental e; b) por outro, a partir da cartografia de síntese intermediária (VSA) é realizada uma análise multicritério baseada na Análise Multicritério à Decisão e Processo Hierárquico Analítico, para a definição de cenários de riscos sínteses, na área urbana, onde ao final, com as dimensões (x,y,z,t), as estruturas verticais (escalas taxonômicas) e as estruturas horizontais (componentes e atributos geográficos), melhor definem o cenário gráfico resultado da Cartografia de Síntese das áreas com Vulnerabilidades Social e Ambiental observadas no ambiente da paisagem real (RIZATO, 2021, p. 32).

A Figura 2 mostra uma linha do tempo em que se observa as pesquisas realizadas pelas abordagens das diferentes escolas supracitadas, utilizando a AFE para o estudo das vulnerabilidades sociais e ambientais, comprovando o seu potencial quando no uso dessa temática em específico, sem descartar as adaptações metodológicas.

**Figura 2.** As Escolas influenciadoras da AFE para o estudo das vulnerabilidades sociais e ambientais.



Fonte: Autores (2021).

### **3 A proposta metodológica da escola brasileira na modelagem dos padrões espaciais**

A modelagem ambiental dos padrões espaciais apresentada neste capítulo tem como fundamentação teórico-metodológica as considerações da escola brasileira. Esta procura abordar as vulnerabilidades pelos procedimentos técnico-metodológicos apresentados por Rizato (2021) que propõe uma adaptação das alternativas acerca das metodologias de Cutter (1996; 2003), Mendes *et al.*, (2009, 2011), Alves (2006) sobre o uso da Análise Fatorial Exploratória em estudos que envolvem áreas tropicais. Também, adiciona a esta metodologia, a utilização de álgebra de mapas através do uso de mapas temáticos da área de estudo, além de dados estatísticos fornecidos pelo Censo do IBGE.

Assim, dentre os 5 (cinco) momentos dos procedimentos metodológicos apresentados por Rizato (2021), o capítulo apresentará os 3 (três) primeiros, cuja cartografia de síntese representada pelo Mapa de Vulnerabilidade Ambiental e Social (VSA) é sistematizada pelas etapas que compõem a Análise Fatorial Exploratória (AFE) durante as análises matemático-

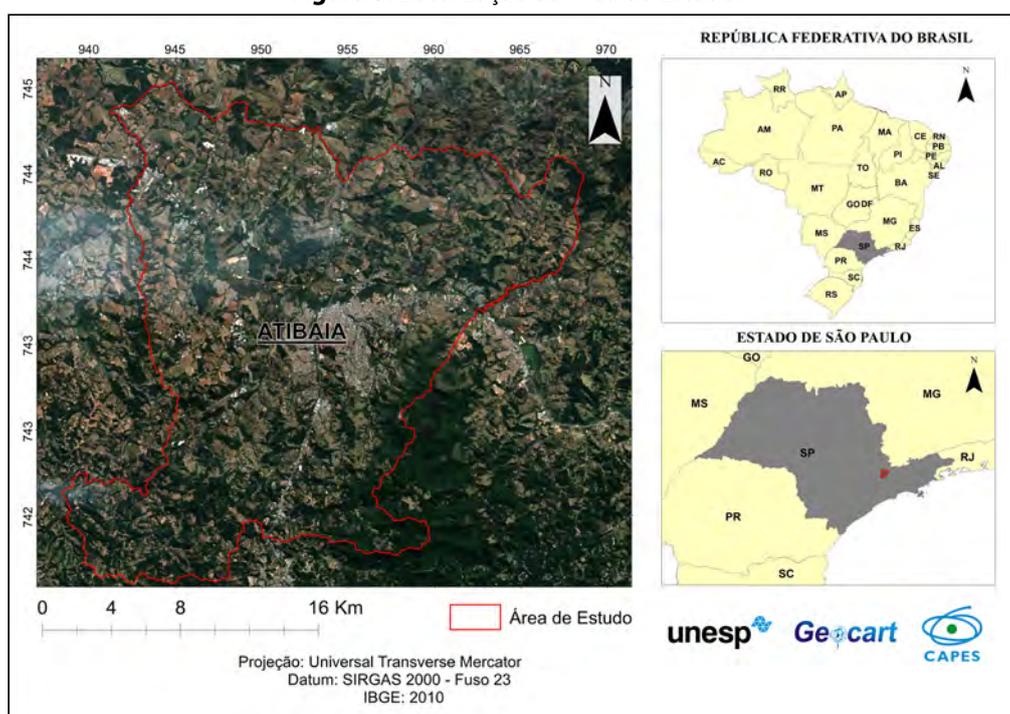
estatísticas e a aplicação de Álgebras de Mapa para a mensuração de pesos x influência do fenômeno modelado no ambiente da paisagem, bem como metodologias na modelagem ambiental de áreas que apresentam VSA aos riscos por eventos hidrológicos (alagamentos, enchentes, enxurradas e inundações) e hidrogeológicos (movimento de massa), a partir do estudo realizado no município de Atibaia, Estado de São Paulo (Brasil).

### 3.1 A Área de Estudo

Com uma área total aproximada de 479 km<sup>2</sup> (IBGE, 2020), Atibaia, município brasileiro, está localizado na parte sudeste do Estado de São Paulo, entre coordenadas geográficas com latitudes 23°00'S a 23°15'S e longitudes 46°25'W a 46°45' W (Figura 3). Geologicamente, é composto, em sua maior parte, por rochas ígneas e metamórficas do período pré-cambriano e compõe a província do Planalto Atlântico na Unidade Morfoestrutural do Cinturão Orogênico do Atlântico e Serra da Mantiqueira. A localização geográfica faz o município apresentar relevo bastante diversificado, oscilando em áreas mais elevadas próximas a serra e mais suavizado nas áreas próximas a várzea do rio Atibaia (ROOS; MOROZ, 1997), além do Clima quente e temperado brando (Cfa), segundo a classificação de Köppen, com média anual de temperatura por volta dos 19,7° C e a precipitação média anual de 1509,5mm (SILVA, 2000).

Do ponto de vista demográfico, Campos; Carneiro (2015) destacam que o município apresentou um forte crescimento populacional, a partir da década de 1960 devido a intensificação das atividades econômicas e industriais, com intensa relação ao mercado da capital do Estado. De acordo com dados do IBGE (2020), a população total municipal é estimada em 144.088 habitantes, com densidade demográfica de 264,57 hab./km<sup>2</sup> e taxa de urbanização equivalente a 93,21%.

Figura 3. Localização da Área de Estudo.



Fonte: Autores (2021).

## **3.2 Procedimentos Metodológicos**

Tomando como base Rizato (2021), o estudo utiliza caminhos metodológicos quantitativos e qualitativos para a análise do tema proposto, onde, paralelamente, também, se apoia em um inventário de análise e informações de dados primários e secundários, elaboração de mapeamentos temáticos e resultados de pesquisas abordando a temática das vulnerabilidades sociais e ambientais, com enfoque principalmente no emprego dos Sistemas de Informação Geográfica.

### **3.2.1 Mapas Temáticos**

Foram elaborados mapas temáticos com diversos dados relacionados a infraestrutura territorial da área de estudo. Na metodologia os cenários gráficos (mapas) tornam-se fundamentais para o conhecimento da totalidade do município com foco específico nas problemáticas sociais e ambientais, onde posteriormente tornam-se os principais indicadores ambientais, no momento da aplicação de álgebras de mapa (pesos x influências), com a perspectiva da modelagem dos fenômenos inseridos no ambiente da paisagem.

Os mapas temáticos utilizados são compostos por produtos cartográficos oriundos de diversas informações referentes a área de estudo. Estes produtos foram adquiridos através de imagens orbitais e fotografias aéreas, que permitam os mapeamentos por meio das técnicas de Geoprocessamento e do Sistema de Informação Geográfica - SIG *ArcGIS*<sup>7</sup>, na escala 1:25.000, sistema de projeção cartográfica UTM, Zona 23, Datum *SIRGAS* 2000.

Nesta perspectiva, fizeram parte para a análise metodológica, os cenários gráficos no plano bidimensional (X,Y), compostos pelos mapas: a) Uso e Cobertura da Terra (UCT); b) Hipsométrico; c) Declividade; d) Hidrografia; e) áreas de preservação ambiental; f) áreas de ocorrência de desastres hidrológicos e hidrogeológicos; g) além de diversos mapas urbanos contendo a quantidade de equipamentos e infraestruturas presentes no município como hospitais, bases policiais, escolas, iluminação pública e outras informações.

### **3.2.2 Coleta de Dados do Censo Demográfico e Seleção das Variáveis**

Etapa destinada à coleta de dados sociodemográficos que mais se aproximam da realidade da área em estudo, a fim de determinar a vulnerabilidade social e ambiental (VSA), onde de acordo com os pressupostos do trabalho de Cuttler (SoVI<sup>®</sup>; CUTTER et al., 2003), trata-se da combinação entre processos biofísicos e processos sociais circunscritos em uma determinada área específica.

Assim, além dos mapas, também foi utilizado os dados estatísticos disponibilizados pelo Censo demográfico elaborado pelo IBGE em 2010, por reunir características e as variáveis que se encaixam nos critérios para a definição das vulnerabilidades da população residente a partir dos componentes que definem a criticidade e a capacidade de suporte.

---

<sup>7</sup> O programa *ARCGIS* Versão 10. 7 utilizado neste estudo utiliza a Licença institucional da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Unesp/Reitoria, cedido ao Grupo de Pesquisa em Geotecnologias e Cartografia Aplicadas à Geografia – GEOCART/CNPq.

A seleção destes dados teve como foco os principais fatores determinantes em casos de ocorrências de desastres, considerando a escolha das variáveis para a:

- a) **Criticidade (C)**: variáveis que representam a capacidade da população enfrentar os eventos de desastres, tais como: a quantidade de residências com o número de pessoas com menos de 1 ano de idade ou com mais de 70 anos, pessoas não alfabetizadas responsáveis pela renda, domicílios sem ou com baixa renda mensal, entre outros e;
- b) **Capacidade de Suporte (CS)**: variáveis que estão relacionadas à infraestrutura do local como o abastecimento de água, tratamento de esgoto, coleta de lixo, pavimentação, energia elétrica, equipamento hidráulicos (calçamento, meio fio, bueiro, boca de lobo etc.), arborização, entre outros. Todos os dados foram verificados quanto a sua quantidade e qualidade para que nenhuma anomalia fora de padrão seja considerada na análise final.

Para este procedimento, três etapas foram necessárias:

- a) a primeira foi a **identificação da quantidade de setores censitários** e sua espacialização no território, para que se tenha a dimensão dos dados, o qual totalizou em 327 setores censitários para o Município de Atibaia/SP, tomando como base as informações obtidas pelo IBGE (2010);
- b) a segunda foi a **seleção das variáveis** disponibilizadas no Censo demográfico, em que foram utilizadas aquelas que se encaixavam nos critérios para a definição das vulnerabilidades da população residente a partir dos componentes que definem a criticidade e a capacidade de suporte e;
- c) a terceira foi a **ruptura da análise dos dados**, sendo que pela escola brasileira, para a obtenção do mapa de criticidade, são utilizados somente as informações obtidas pelo Censo; enquanto para o mapa de capacidade de suporte, são utilizados os dados espaciais provenientes dos mapas temáticos elaborados.

Vale destacar que para Rizato (2021), essa diferença de análise se fez necessária, pois:

para se obter a criticidade de um município, são necessárias informações mais voltadas à investigação da população residente, sendo que os dados censitários apresentam o conjunto de características dos habitantes que podem ou não aumentar a sua vulnerabilidade social e ambiental. Ao passo que para a capacidade de suporte, por se tratar de uma análise onde é considerado determinante a quantidade de infraestruturas territoriais e sua espacialidade, são necessárias além das informações dos dados do censo demográfico e, também os presentes nos cenários gráficos dos mapas temáticos, por reunirem informações importantes que definem os componentes geográficos inseridos no ambiente da paisagem para a modelagem ambiental dos padrões espaciais. (RIZATO, 2021, p. 78 – grifo nosso).

### 3.2.3 Elaboração do Mapa de Criticidade

Os dados de Criticidade, por se tratar de uma análise relacionada às pessoas que residem no município e o seu nível de resiliência para enfrentar os eventos de desastres, foram obtidos no Censo do IBGE (2010). Ao passo que, posteriormente, foram tratados a partir da Análise Fatorial Exploratória (AFE).

A aplicação do índice de AFE é uma etapa fundamental para a tomada de decisões, uma vez que apresenta os principais fatores extraídos da matriz de correlação resultante de análise estatístico-matemática de um conjunto de variáveis de interesse. Desta forma, a análise fatorial, a partir de um conjunto inicial de variáveis, tenta identificar um conjunto menor de variáveis hipotéticas (fatores), sendo o objetivo final a redução da dimensão dos dados, sem perda de informação (ZUCHERATO, 2018).

E, para isso o Índice de Vulnerabilidade Social toma como base as considerações pioneiras de Cutter (SoVI®; CUTTER et al., 2003), a qual indica o uso da técnica de Análise de Componentes Principais (ACP) de um conjunto de variáveis, organizadas segundo as categorias de: demografia, habitação, educação, infraestrutura, idade, renda, etnia, e investimento ambiental (GUERRA, 2020; RIZATO, 2021). Esta análise se caracteriza por determinar que os componentes lineares existentes dentro dos dados, indicando como uma variável pode contribuir com aquele componente no ambiente da paisagem (BORTOLETTO, 2016).

A) 1ª Etapa: Análise de Componentes Principais (ACP) aplicada aos dados socioeconômicos, demográficos e ambientais

O método de extração pela ACP ocorre pelo uso do método de rotação ortogonal Varimax, uma vez que viabiliza a matriz dos fatores ou componentes rotacionados, considerando os fatores sociais. Antes disso, os dados foram inseridos a um modelo de correlação entre as variáveis. Após esse procedimento foi necessário a investigação de cada variável para decidir qual seria a mais relevante para a análise e por isso deve ser mantida e, qual é menos relevante que deverá ser suprimida.

Desta forma, para a validação dos dados referentes a ACP, foram realizados testes de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) e de esfericidade de Bartlett<sup>8</sup>, gerados a partir de fatores capazes de explicar a variância acumulada, considerando os setores censitários localizados na área de estudo, o município de Atibaia/SP. Ao passo que as variáveis foram calculadas com base no conjunto dos fatores, considerando sua influência positiva ou negativa para os resultados pretendidos na análise do ambiente da paisagem, conforme a expressão indicada pela Equação 1.

$$\mathbf{VSA} = ((+/- 1) \times \mathbf{valor}) \times \mathbf{Fn} \quad (1)$$

Em que:

VSA = Vulnerabilidade Social;

Valor = Carga de influência;

Fn = Fatores de Criticidade e Capacidade de Suporte resultantes da Análise de Componentes Principais. n = 1 a 9.

B) 2ª Etapa: Implementação do Modelo de AFE

Com a definição das variáveis, após o teste de correlação, os dados foram inseridos no modelo de análise fatorial, utilizando um software de estatística. De acordo com Zucherato (2021), neste processo de elaboração da AFE, devem ser observados alguns parâmetros para

---

<sup>8</sup> Estes dois testes (KMO e Bartlett) permitem saber se a aplicação da análise fatorial tem validade para as variáveis escolhidas.

a validação da análise como o teste de KMO (Kaiser-Meyer-Olmin), valores de comunalidades, variância total explicada, gráfico de escarpa e matriz de componente rotativa.

Condição em que a implementação do modelo de AFE foi obtida a partir da análise do tipo de critério, saída da AFE e as descrições de valores, destacadas no Quadro 1.

**Quadro 1.** Resumo dos critérios adotados para a aplicação do modelo Análise Fatorial Exploratória.

TIPO DE CRITÉRIO	SAÍDA DA AFE	DESCRIÇÃO
Critérios de validação do modelo	Matriz de correlações	Maior parte das correlações ente as variáveis inseridas com valor compreendido entre 0,05 e 0,9
	Teste de KMO	Valor mínimo do teste KMO de 0,5 sendo desejável valores acima de 0,6.
	Comunalidades	Valor mínimo das comunalidades de 0,5 (50% da variância compartilhada)
Critério para decisão do número de fatores a reter	Tabela da Variância explicada	Os fatores retidos devem explicar no mínimo 60% da variância explicada no modelo obtido
	Exame do gráfico de Escarpa	Serão retidos todos os fatores com autovalor igual ou superior a 1.
Critério para determinação das variáveis que compõem cada fator retido	Matriz de componente rotativo	A rotulação dos fatores leva em conta o valor obtido pela matriz de componente rotativo, sendo cada variável incluída como pertencente ao fator em que contribuir mais.

Fonte: Zucherato (2018), adaptado pelos autores (2021).

Os valores do teste de KMO foram avaliados considerando os valores de qualidade do modelo AFE, conforme Tabela 1. E, validados pelo gráfico de escarpa (matriz de correlação) da Vulnerabilidade Social e ambiental (VSA), para a visualização da distribuição dos fatores com relação aos seus autovalores.

**Tabela 1.** Valores de referência para a qualidade do modelo AFE com base no KMO.

VALORES DE KMO	QUALIDADE DA ANÁLISE FATORIAL
0,9 a 1	Muito Boa
0,8 a 0,9	Boa
0,7 a 0,8	Média
0,6 a 0,7	Razoável
0,5 a 0,6	Ruim
< 0,5	Inaceitável

Fonte: Guerra (2020), adaptado pelos autores (2021).

Os 6 (seis) fatores KMO utilizados foram submetidos a cada setor censitário, onde foi calculado o valor final de criticidade com base na soma ponderada; que se baseia da geração do valor final obtido pela soma de cada fator multiplicado pelo valor percentual da variância do referido componente; criando assim um meio que valorize os fatores latentes

mais representativos, ao mesmo tempo em que considera a multiplicidade de aspectos dos fatores menores (SCHMIDTLEIN et al., 2008). Para o cálculo da criticidade final utilizou-se a Equação 2, que foi aplicada em cada um dos setores censitários.

$$Cr = (C_{f1} * F_{1x1} * V_{f1}) + \dots (C_{fn} * F_{n \times n} * V_{fn}) \quad (2)$$

Onde:

Cr = Criticidade final

Cf = Contribuição do Fator

F = Valor do fator para cada unidade de análise

V = Percentagem de variância explicada de cada fator obtido

Ao final, a criticidade pode ser adicionada a uma base cartográfica que garantiu a obtenção do mapa final – o *Mapa de Criticidade* –, em ambiente SIG, classificado pelo método de média menos o desvio padrão, em 5 (cinco) classes: (1) muito baixa; 2 (baixa); 3 (média); 4 (alta) e 5 (muito alta).

### **3.2.4 Elaboração do Mapa de Capacidade de Suporte (CS)**

Para obter as informações sobre a Capacidade de Suporte foram utilizados, além dos dados censitários do IGBE (2010), também os mapas temáticos da área de estudo. Como já destacado, para os dados censitários as variáveis selecionadas estão diretamente ligadas à infraestrutura do município. Os dados foram submetidos a um tratamento estatístico e separados em 5 (cinco) quartis e, posteriormente, baseado na representação percentual de cada variável, classificados em 5 (cinco) níveis de Capacidade de Suporte: (1) muito baixa; 2 (baixa); 3 (média); 4 (alta) e 5 (muito alta). Em seguida, estes dados foram inseridos no ambiente SIG, para espacialização e transformação em um mapa temático.

Diante da obtenção do mapa com os dados censitários, este foi incluído na análise junto com os mapas temáticos para a elaboração de uma álgebra de mapas, com o objetivo de atribuir valores numéricos para as classes de cada mapa temático (pesos x influências), conforme suas importâncias no fenômeno ambiental modelado.

Para esta etapa, valores presentes em cada unidade cartográfica tiveram que ser ponderados para cada um dos atributos existentes nos mapas, respeitando o padrão de capacidade de suporte de (1) muito baixa; 2 (baixa); 3 (média); 4 (alta) e 5 (muito alta). Desta forma, cada mapa recebeu o percentual de influência pelo nível de capacidade de suporte de cada informação cartográfica. Assim, neste procedimento, cada mapa temático utilizado foi normalizado nas 5 (cinco) classes estabelecidas, onde cada um foi submetido a processos diferentes de normalização.

Entre os procedimentos de normalização foram utilizadas: a) a análise estatística em quartis, como mencionado para obtenção do mapa de capacidade de suporte a partir dos dados do Censo demográfico; b) a classificação pela média menos o desvio padrão, utilizados para os mapas físicos como o de declividade, altitude e uso ocupação do solo e; c) por último a densidade de Kernel para os mapas que contém a quantidade de equipamentos urbanos (hospitais, escolas, iluminação pública, sistema de monitoramento por câmera e presença ou não de asfalto nas vias), mapa de hidrografia, mapa de áreas de proteção ambiental e o mapa de ocorrência de desastres.

Os valores de percentuais de influência de cada mapa utilizado na análise final de capacidade de suporte podem ser visualizados no Quadro 2.

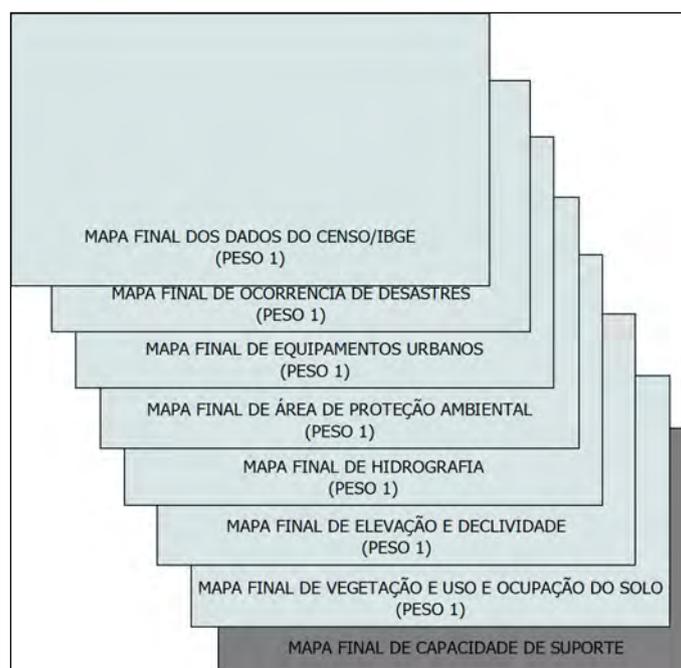
**Quadro 2.** Mapas e Influências Utilizadas para Álgebra de Mapas de Capacidade de Suporte.

MAPA DE CAPACIDADE DE SUPORTE					
<b>Mapa dados do Censo/IBGE</b> <b>Metodologia: Análise Estatística</b>		<b>Mapa Ocorrência de Desastres (CPRM)</b> <b>Metodologia: Densidade de Kernel</b>		<b>Mapa de Equipamentos Urbanos 2</b> <b>(Presença de base de Polícia, Hospitais, Escolas, Sistema Muralha e iluminação pública)</b> <b>Metodologia: Densidade de Kernel</b>	
Classes	Influência (CS)	Classes	Influência (CS)	Classes	Influência (CS)
Muito Alta (CS)	5	Muito Alto Risco	1	Local	5
Alta (CS)	4	Alto Risco	2	Alta proximidade	4
Média (CS)	3	Médio Risco	3	Média Proximidade	3
Baixa (CS)	2	Baixo Risco	4	Baixa Proximidade	2
Muito Baixa (CS)	1	Muito Baixo Risco	5	Muito Baixa Proximidade	1
<b>Mapa de Equipamentos 1 Urbanos (Pavimento asfalto)</b> <b>Metodologia: Densidade de Kernel</b>		<b>Mapa de Equipamentos Urbanos 3 (Pavimento Terra e Bloquete)</b> <b>Metodologia: Densidade de Kernel</b>		<b>Mapa de Hidrografia (Proximidade de corpos d'água)</b> <b>Metodologia: Densidade de Kernel</b>	
Classes	Influência (CS)	Classes	Influência (CS)	Classes	Influência (CS)
Local	5	Local	1	Local	1
Alta proximidade	4	Alta proximidade	2	Alta proximidade	2
Média Proximidade	3	Média Proximidade	3	Média Proximidade	3
Baixa Proximidade	2	Baixa Proximidade	4	Baixa Proximidade	4
Muito Baixa Proximidade	1	Muito Baixa Proximidade	5	Muito Baixa Proximidade	5
<b>Mapa de Área de Proteção Ambiental</b> <b>Metodologia: Densidade de Kernel</b>		<b>Mapa de declividade (%)</b> <b>Metodologia: Classificação pela média menos o desvio padrão</b>		<b>Mapa de altitude (metros)</b> <b>Metodologia: Classificação pela média menos o desvio padrão</b>	
Classes	Influência (CS)	Classes	Influência (CS)	Classes	Influência (CS)
Local	1	0 – 7,1	5	704 - 843	5
Alta proximidade	2	7,2 - 13	4	843 - 983	4
Média Proximidade	3	14 - 21	3	983 – 1123	3
Baixa Proximidade	4	22 - 32	2	1123 – 1263	2
Muito Baixa Proximidade	5	33 - 65	1	1263 - 1403	1
<b>Mapa de Uso e Ocupação do Solo</b> <b>Metodologia: Classificação pela média menos o desvio padrão</b>		NAO EXISTEM INFORMAÇÕES NA TABELA			
Classes	Influência (CS)				
Malha Urbana	5				
Ocupação Humana	4				
Pasto e Solo Exposto	3				
Vegetação Hidromórfica	2				
Vegetação Nativa	1				

Fonte: Rizato (2021), adaptado pelos autores (2021).

No ambiente SIG, esses mapas foram todos convertidos para o formato matricial (raster), baseados no atributo de ponderação estabelecido para obtenção da álgebra de mapas. Os mapas foram somados utilizando a ferramenta *Raster Calculator*, fornecendo pesos iguais (peso 1), o que simboliza que todos possuem a mesma importância para a obtenção do mapa final de capacidade de suporte. A concepção teórica desta etapa pode ser visualizada na Figura 4, onde foi possível obter o mapa final de *Capacidade de Suporte*.

**Figura 4.** Concepção Teórica da Álgebra de Mapas.



Fonte: Rizato (2021).

### 3.2.5 Mapa das Vulnerabilidades Social e Ambiental (VSA)

Após a obtenção dos mapas de criticidade e capacidade de suporte, ainda em ambiente SIG, as informações foram agrupadas para obtenção do cálculo das classes de VSA, através da Equação 3:

$$\mathbf{VSA = C \times CS} \quad (3)$$

Sendo:

VSA = Vulnerabilidade Social e ambiental

C = Criticidade

CS = Capacidade de Suporte

Através da equação foi possível obter a *Cartografia de Síntese da Vulnerabilidade Ambiental e Social de Atibaia/SP*, cujo mapa apresenta as 5 (cinco) áreas de VSA: (1) muito baixa; (2) baixa; (3) média; (4) alta e (5) muito alta.

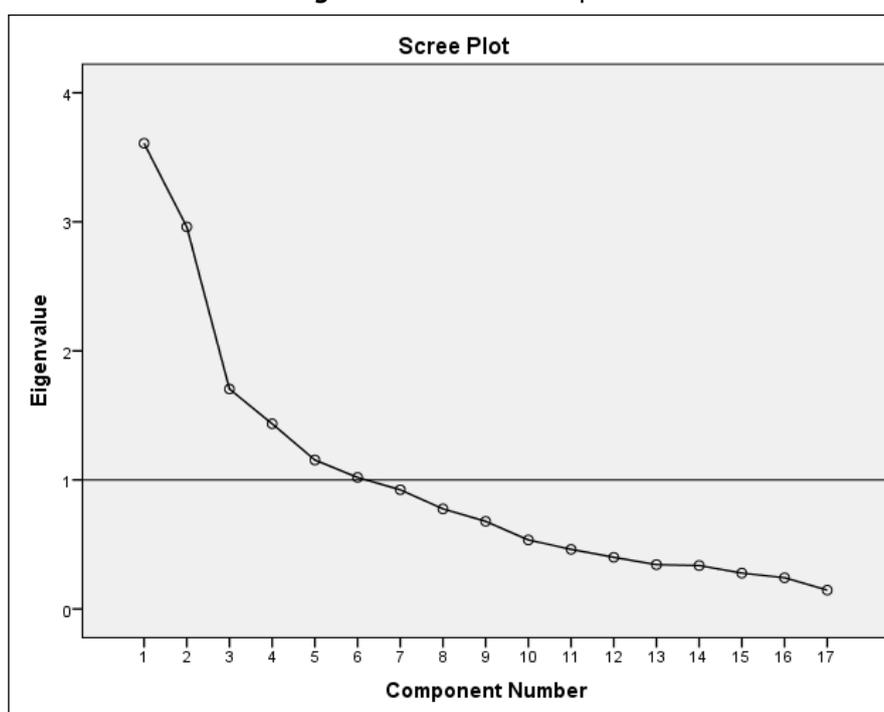
## 4 Resultados e discussões

### 4.1 Validação dos Dados de Criticidade e Capacidade de Suporte

A validação da Criticidade foi obtida pelo gráfico de escarpa (matriz de correção) – Figura 5 –, onde os resultados apresentaram um KMO de 0,67 para o município de Atibaia/SP, valor considerado satisfatório para esse tipo de análise. Ademais, todos os valores de comunalidades foram superiores a 0,5 como recomendado. Quanto a variância total, o modelo identificou o total de 6 (seis) fatores latentes que explicaram 69,8% da variância em sua totalidade, demonstrando mais uma vez que a qualidade do resultado foi considerada satisfatória, haja vista que o mínimo é de 60% pela metodologia tradicional. A matriz de componentes rotativa, permitiu fazer a interligação de cada fator com as variáveis incluídas, onde foi possível fazer agrupamentos das variáveis utilizadas permitindo a análise do comportamento estatístico entre os dados de entrada e de saída do modelo fatorial.

Neste caso de análise, conforme pode ser observado no gráfico (Figura 5), foram considerados os números de fatores com o autovalor acima de 1. Isso ocorre, pois deve ser retido quaisquer fatores individuais que expliquem a variância de pelo menos uma variável, como cada variável contribui com uma unidade no autovalor total (HAIR *et al.*, 2006). Já para a capacidade de suporte, a validação foi realizada por meio de uma sobreposição com as fotografias aéreas de alta resolução, para uma aferição parcial dos dados e resultado obtido, com a dinâmica e relações reais no ambiente da paisagem. Essa busca de correlação entre os resultados obtidos foi fundamental para validar as metodologias aplicadas certificando-se, que elas se aproximaram da situação real do município.

Figura 5. Gráfico de Escarpa.



Fonte: Rizato (2021).

## 4.2 Mapas Temáticos

Os mapas temáticos apresentam grande importância para o diagnóstico e inventário dos aspectos naturais e sociais da paisagem que seria modelada. Assim, serviram para um maior entendimento do comportamento do ambiente e seus componentes geográficos inseridos em paisagens que apresentam Vulnerabilidade Social e Ambiental (VSA) aos riscos por eventos hidrológicos (alagamentos, enchentes, enxurradas e inundações) e hidrogeológicos (movimento de massa). O Quadro 3 apresenta os principais resultados dos mapeamentos temáticos.

**Quadro 3.** Inventário e Diagnóstico do Ambiente da Paisagem observados pelos Mapas Temáticos.

MAPAS TEMÁTICOS	INVENTÁRIO E DIAGNÓSTICO DO AMBIENTE DA PAISAGEM
<b>USO E COBERTURA DA TERRA (UCT)</b>	O UTC de Atibaia/SP permite a espacialização das classes temáticas, que no município corresponde à malha urbana (com ocupação total de 18,7% de toda a área do município), área verde (0,8%), pasto limpo (24,6%), pasto sujo (5,7%), solo exposto (3,4%), vegetação hidromórfica (3,2%), vegetação nativa (28,9%), afloramento rochoso (com 0,8%) e, áreas de agricultura e reflorestamento (com até 13,9% da área total municipal).
<b>HIPSOMÉTRICO</b>	A hipsometria de Atibaia/SP destaca a variação altimétrica, partindo do mínimo aproximado de 700 metros em relação ao nível do mar até pontos mais altos com 1.402 metros de altitude. Também, evidencia que a maior parte do município se encontra entre 781 a 859 metros de altitude. Além disso, observe-se que as áreas mais altas estão localizadas principalmente na parte leste do município e variam entre 1.100 a 1.400 metros. Ao passo que na parte onde se encontra o perímetro urbano, observa-se o predomínio de áreas mais baixas que variam entre 700 a 860 metros, principalmente na parte central do município, onde se encontram os principais rios urbanos e o maior adensamento populacional.
<b>DECLIVIDADE</b>	A declividade de Atibaia/SP apresenta variação entre 0 a 65%, sendo os maiores valores de declividades observados na parte leste e norte do município, com valores entre 30% e 64% de declividade. Já no perímetro urbano, tem-se um valor de declividade menor na parte central, variando entre 0 a 17%. Nestas áreas ocorrem maior probabilidade de eventos hidrológicos como enchentes e alagamentos, uma vez que são regiões de várzeas e próximas a rios. Vale ressaltar, que em algumas áreas urbanas mais afastadas do centro, ocorrem valores de declividade maior, variando entre 25% e 65%. Essas áreas, são geralmente as que apresentam maior probabilidade de ocorrência de eventos hidrogeológico como os deslizamentos.
<b>HIDROGRAFIA</b>	A hidrografia de Atibaia/SP apresenta entre rios e seus tributários o total de 1.443 rios mapeados, onde grande maioria atravessa áreas urbanas, sendo potenciais áreas de alagamento. O principal, o rio Atibaia, corta o município de leste a oeste, em todo o seu perímetro. Nele nota-se um volume elevado de ocupações urbanas, sendo essas as mais afetadas em momentos que o rio aumenta a sua vazão, ocasionando os eventos de alagamentos no município.
<b>ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL (APA)</b>	O mapeamento das Áreas de Proteção Ambiental de Atibaia/SP, registrou 7 (sete) diferentes APA, sendo elas: a) Área de Proteção Ambiental Sistema Cantareira (criada em 1998); b) Área de Proteção Ambiental do Rio Atibaia (criada em 2015); c) Monumento Natural da Pedra Grande; d) Reserva Particular do Patrimônio Natural – RPPN; e) Reserva do Jacú; f) Reserva do Dadinho e; g) Sítio Solar da Montanha.
<b>OCORRÊNCIA DE DESASTRES HIDROLÓGICOS E HIDROGEOLÓGICOS</b>	Pela espacialização das ocorrências de desastres de Atibaia/SP, pode-se constatar que nos últimos 20 anos foram de 25 desastres hidrológicos e hidrogeológicos, sendo distribuídos a um valor total de 56% (tempestades), 16% (inundações), 12% (enxurradas) e 8% (alagamentos e movimentos de massa).

continua

continuação

MAPAS TEMÁTICOS	INVENTÁRIO E DIAGNÓSTICO DO AMBIENTE DA PAISAGEM
<b>EQUIPAMENTO URBANO 1</b>	Referem-se aos dados do perímetro urbano oficial e a localização das principais ruas e avenidas do município. Foram contabilizadas 8.844 vias públicas em todo o perímetro do município. Dentre estas, segundos dados da prefeitura municipal, aproximadamente 5.000 vias são consideradas asfaltadas, 3.630 são de terra, 170 de paralelepípedo e 32 são construídas por bloquetes. Estas informações espacializadas são relevantes, pois ilustram o quanto cada região apresenta equipamentos para enfrentar possíveis situações de risco.
<b>EQUIPAMENTO URBANO 2</b>	Trazem dados com todos os pontos de iluminação pública do município. O conhecimento dessas áreas torna-se um grande indicador da situação da infraestrutura de cada área do município, uma vez que a presença de iluminação pública poderia auxiliar a população afetada em casos de eventos de risco.
<b>EQUIPAMENTO URBANO 3</b>	Foi realizado o mapeamento de todos os imóveis presentes no município. No total, foram contabilizados 26.623 polígonos, simbolizando os diferentes tipos de edificações presentes em Atibaia/SP. Estas informações são de extrema importância para este universo de pesquisa ao permitir a identificação e contabilização das edificações presentes em áreas de risco. Assim, pode-se ter um panorama de quantas pessoas estão presentes em cada área de risco, além de servir de suporte para o poder público traçar estratégias e criar políticas públicas para o enfrentamento dos problemas relacionados as áreas vulneráveis.

Fonte: Rizato (2021), adaptado pelos autores (2021).

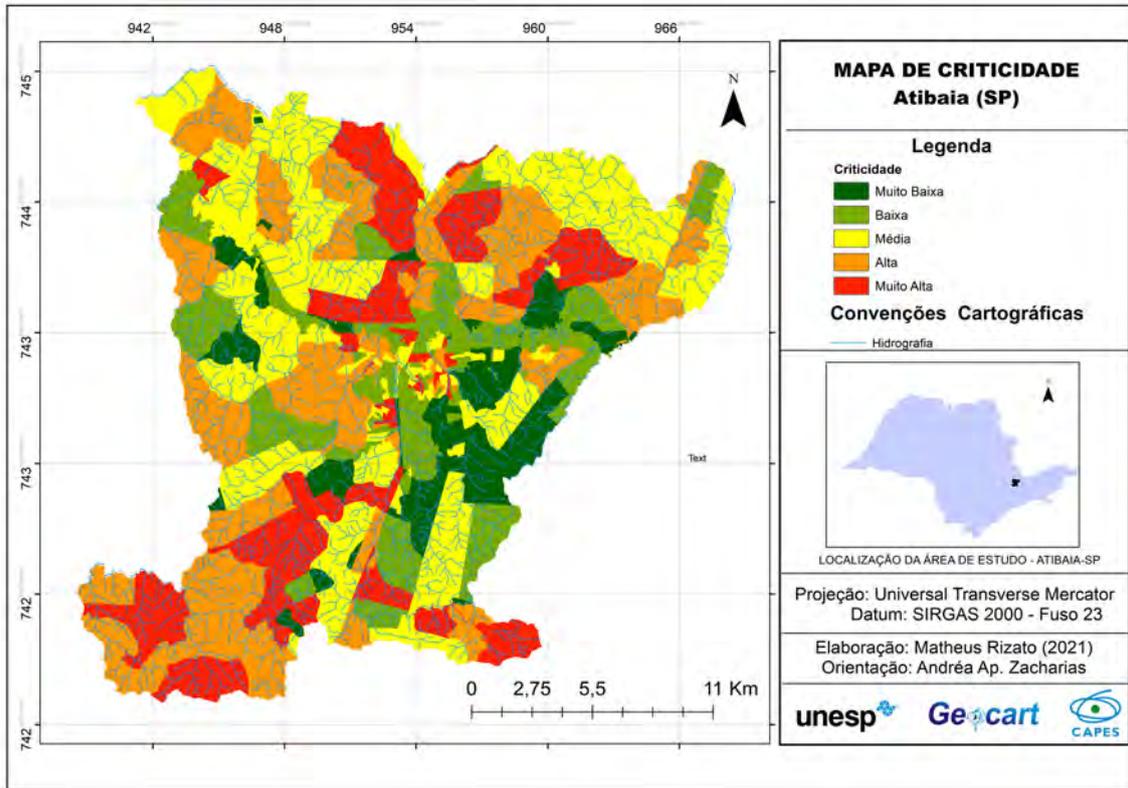
### 4.3 Mapa de Criticidade (C) e Mapa de Capacidade de Suporte (CS)

O cenário gráfico, em resultado da AFE para os dados de criticidade, de acordo com o Censo do IBGE (2010), e sua distribuição no município de Atibaia-SP, pode ser observado pelo Mapa de Criticidade (Figura 6).

Suas informações evidenciam uma concentração maior de áreas muito alta, alta e média criticidades nas regiões de urbanização mais antiga, que se concentram no centro do município. Seguindo em sentido leste, partindo do centro do município, nota-se uma urbanização mais recente e, assim uma diminuição dos valores de criticidade. Nestas localidades é possível observar áreas de muito baixa e baixa criticidades, que são explicadas pela presença de moradias de alto padrão socioeconômico, além da presença de condomínios residenciais fechados. Nas áreas mais periféricas do município prevalece oscilação de áreas de média, alta e muita alta criticidades e, também, de algumas com baixa e muito baixa. As primeiras explicam-se pela considerável diminuição de equipamentos urbanos, assim como um menor padrão econômico das moradias presentes, ao passo que a segunda é justificada pela presença de áreas industriais e de condomínios de moradias de alto padrão financeiro que diminuíram os valores de criticidade.

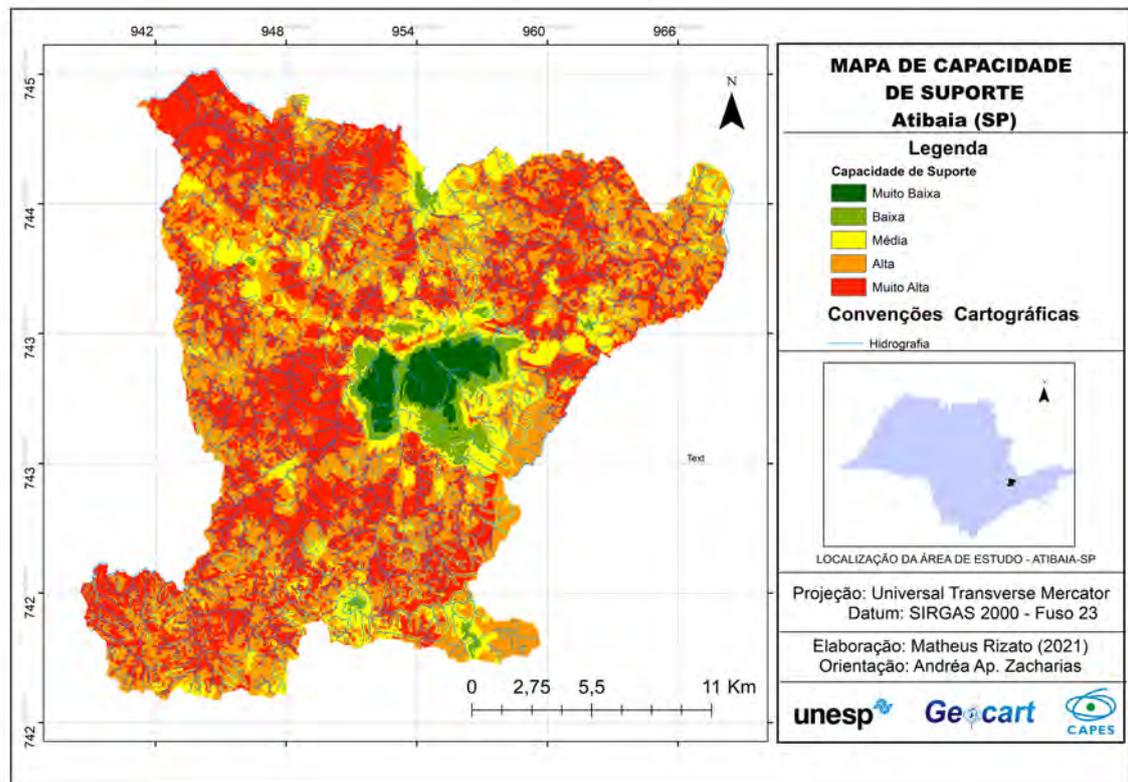
Já o cenário gráfico, resultado da álgebra de mapas, pode ser considerado pelo mapa de Capacidade de Suporte (Figura 7). Seus dados sinalizam para uma região central do município com alta e muito alta capacidade de suporte. Esse comportamento é explicado pela maior quantidade de infraestrutura e equipamentos urbanos, nesta localidade, em relação as áreas mais afastadas do centro do município. Nas regiões periféricas, sobretudo ao redor do centro, observa-se regiões com baixa e muito baixa capacidade de suporte. Algumas exceções, com maiores valores de capacidade de suporte, foram encontradas na parte noroeste do mapa, justificados pelas presenças de adensamentos urbanos e de condomínios residenciais que permitem, ao seu entorno, maior quantidade de equipamentos urbanos, elevando assim o seu valor de capacidade de suporte.

**Figura 6.** Mapa de Criticidade do Município de Atibaia/SP.



Fonte: Rizato (2021).

**Figura 7.** Mapa de Capacidade de Suporte do Município de Atibaia/SP.



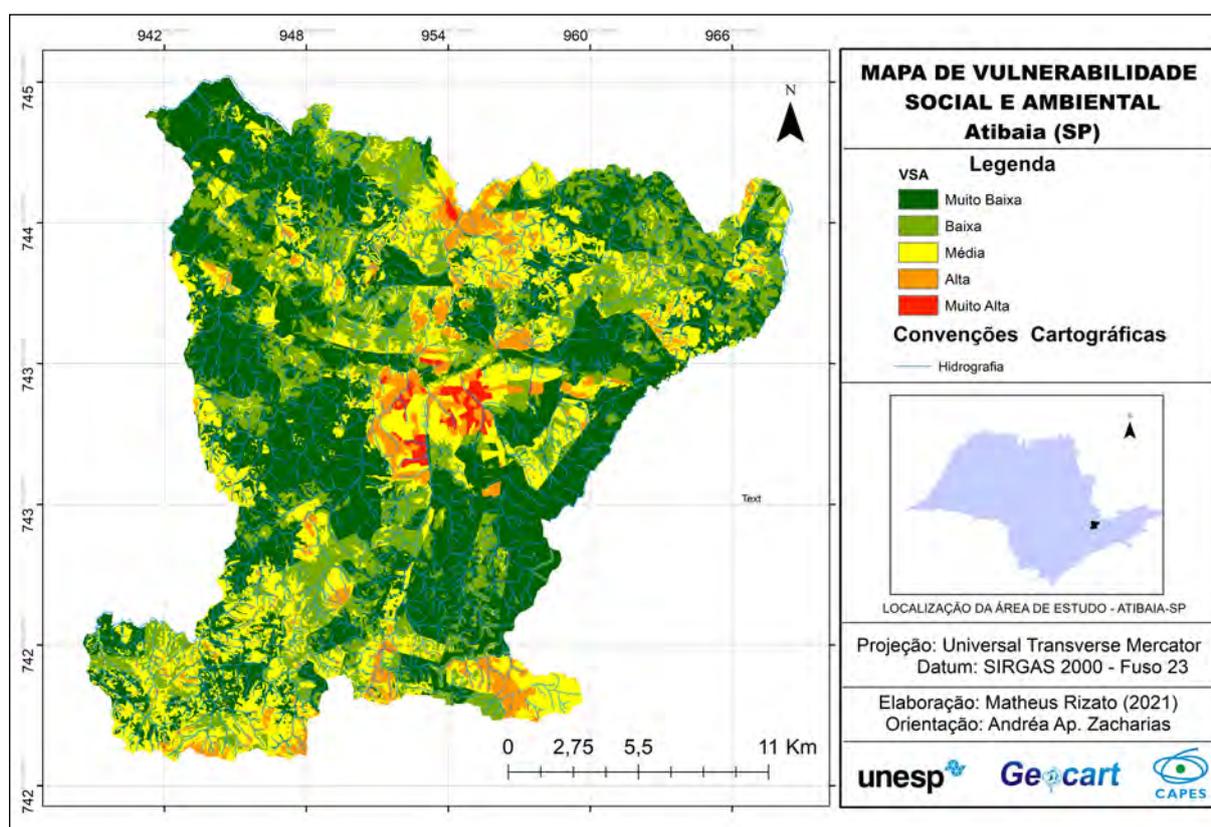
Fonte: Rizato (2021)

#### 4.4 A Vulnerabilidade Social e Ambiental de Atibaia/SP

Os resultados obtidos com o Mapa de Criticidade e o Mapa de Capacidade de Suporte, podem ser avaliados pela modelagem ambiental dos padrões espaciais obtidos pela Cartografia de Síntese do Mapa de Vulnerabilidade Social e Ambiental de Atibaia/SP (Figura 8), que classifica aos riscos por eventos hidrológicos (alagamentos, enchentes, enxurradas e inundações) e hidrogeológicos (movimento de massa) em: a) muito alto (15,1%); b) alto (15,8%); c) médio (23,5%); d) baixo (24,1%) e; e) muito baixo (21,5%), como consta na tabela 4.

O centro do município oscila em regiões de muito baixa a muito alta vulnerabilidade. Em regiões mais próximas a várzea do rio Atibaia, que corta o centro do município de leste a oeste, observa-se maior concentração de regiões com muito alta, alta e média vulnerabilidade. Ao passo que na parte leste e sudeste a vulnerabilidade é menor, associada pelo menor adensamento urbano, enquanto nas periferias e em regiões com maior declividade, e próximas a rios e lagos, a vulnerabilidade tende a ser maior.

**Figura 8.** Mapa de Vulnerabilidade Social e Ambiental do Município de Atibaia/SP.



Fonte: Rizato (2021)

**Tabela 4.** Percentual das classes de vulnerabilidades Social e Ambiental.

<b>VULNERABILIDADE SOCIAL E AMBIENTAL</b>	<b>ÁREA (KM2)</b>	<b>ÁREA %</b>
Muito Baixa	102,0	21,5
Baixa	114,1	24,1
Média	111,3	23,5
Alta	74,6	15,8
Muito Alta	71,4	15,1
<b>Total</b>	<b>473,3</b>	<b>100</b>

Fonte: Rizato (2021).

Compilando as informações sobre Atibaia/SP, pode-se constatar que o rápido crescimento populacional, cuja taxa de urbanização foi estimada em 93,21% para o ano 2020, acarretou problemas no ordenamento urbano do município (tabela 3), visto que se observa conflitos entre os componentes naturais e sociais e, conseqüentemente, sérios problemas de ordem social e ambiental. Dentre os principais, destaca-se a ocorrência de enchentes e deslizamentos que ocorrem principalmente em áreas, cuja ocupação humana são vulneráveis a esses tipos de eventos. Entre essas localidades observa-se moradias próximas as áreas de várzea dos rios e em localidades de alto declive (tabela 5).

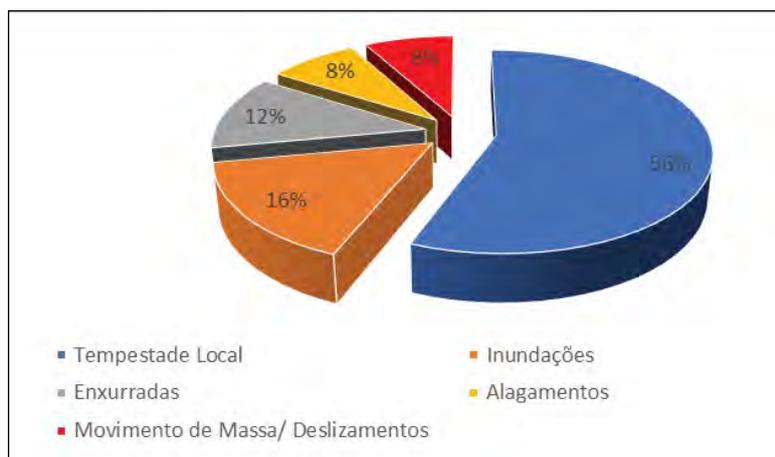
**Tabela 5.** Evolução da Densidade demográfica e Taxa de Urbanização de Atibaia 1950/2020.

<b>ANO DENSIDADE</b>	<b>(HAB./ KM<sup>2</sup>)</b>	<b>TAXA DE URBANIZAÇÃO (%)</b>
1950	39	39
1960	48	39
1970	77	55
1980	121	84
1991	199	88
2000	233	87
2007	243	89
2010	264	91
2020	264,57	93,21

Fonte: IBGE (2020).

Constatação, da qual fica evidente pela quantificação dos eventos, oficialmente registrados em Atibaia/SP, nos últimos 20 anos, que chegaram a um total de 25 desastres hidrológicos e hidrogeológicos, onde dentro do período considerado, destacam-se: tempestades (14 ocorrências); inundações (4 ocorrências); enxurradas (3 ocorrências); alagamentos (2 ocorrências) e; os movimentos de massa (2 ocorrências) - (RIZATO, 2021). A Figura 9 mostra a distribuição em porcentagem dos registros.

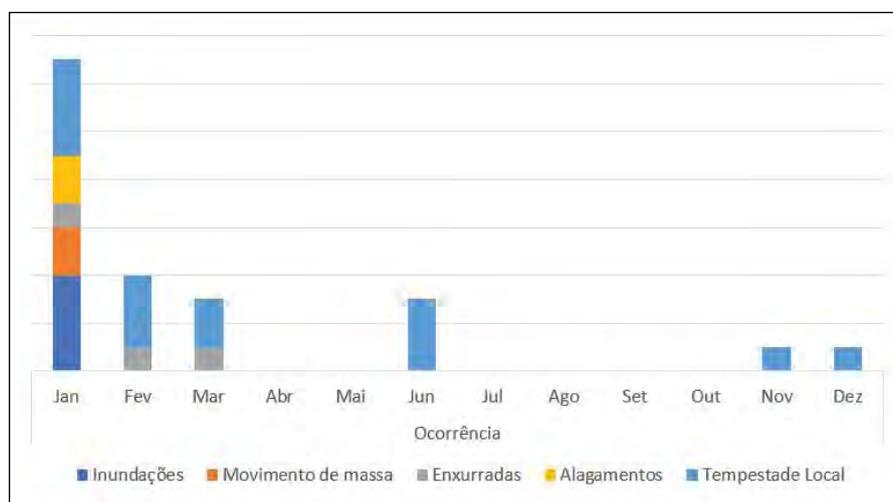
**Figura 9.** Distribuição, em porcentagem, dos registros de eventos potencialmente causadores de desastre durante o período estudado (2000 -2020).



Fonte: Rizato (2021).

Esses eventos são associados, direta ou indiretamente, a processos meteorológicos intensificados sazonalmente em períodos de maior precipitação (Figura 10). Situação que faz com que a maior parte das ocorrências, de eventos causadores de desastres, concentrem-se no verão; principalmente nos meses de dezembro, janeiro e fevereiro; estação onde os níveis pluviométricos, na maioria dos anos verificados estão maiores (RIZATO, 2021).

**Figura 10.** Compilação, por mês, dos registros de eventos potencialmente causadores de desastres.

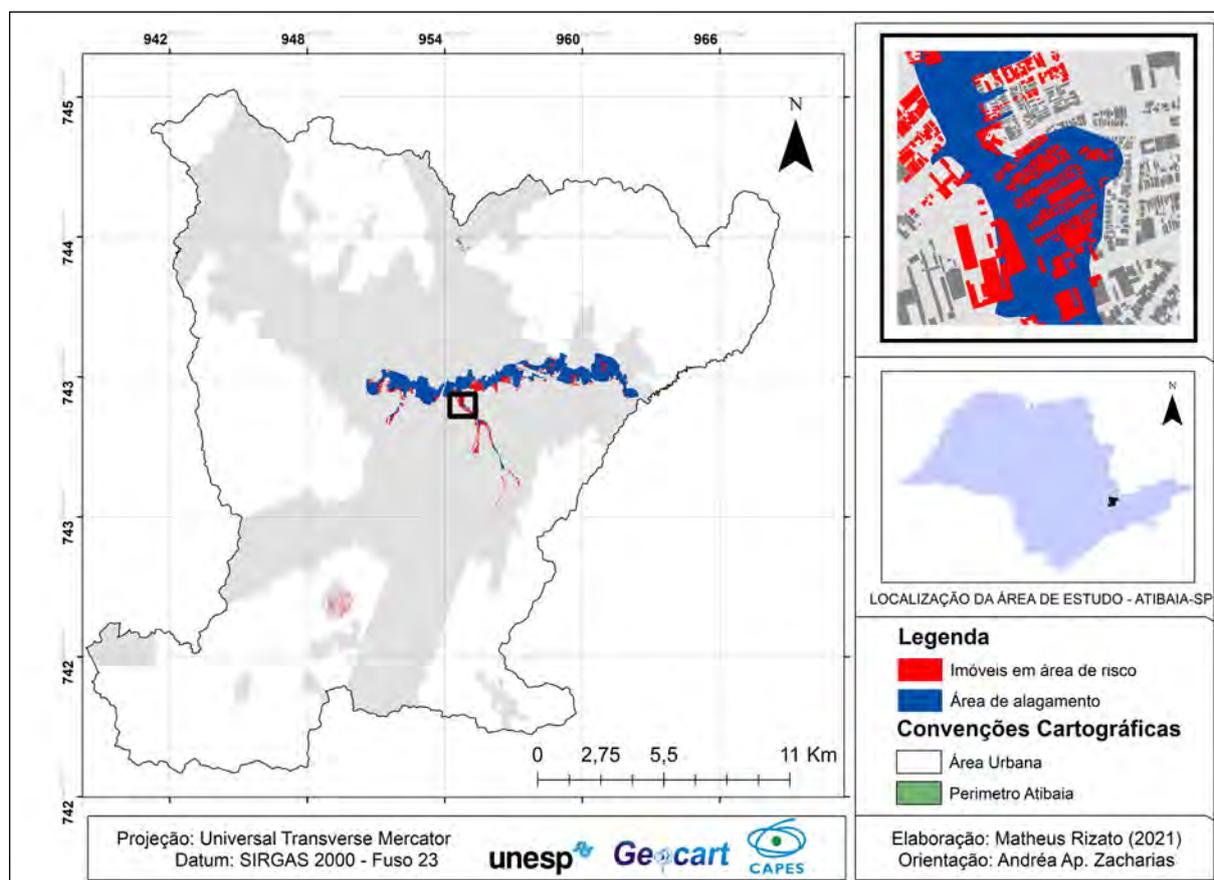


Fonte: Rizato (2021).

Assim, do ponto de vista social e ambiental, os fatores que potencializam esse tipo de desastre é a alta densidade populacional em áreas classificadas de risco à inundação e ao deslizamento, associado à falta de planejamento pretérita na expansão territorial. Tanto que, a partir das informações da área propícia a alagamento fornecidas pela Defesa Civil do Município de Atibaia/SP, em ambiente SIG, cruzou-se o perímetro da área de inundação (prospecção) sobre os imóveis da área urbana do município e, chegou-se a um resultado de que aproximadamente, 1.618 moradias seriam afetadas em caso de alagamento (Figura 11);

gerando, assim, a necessidade de realocação temporária dessas famílias em abrigos pré-determinados, pois os rios que cruzam o município costumam extravasar anualmente os seus leitos regulares, principalmente entre o período de janeiro a março, ocasionando danos à população residente na planície de inundação (RIZATO, 2021).

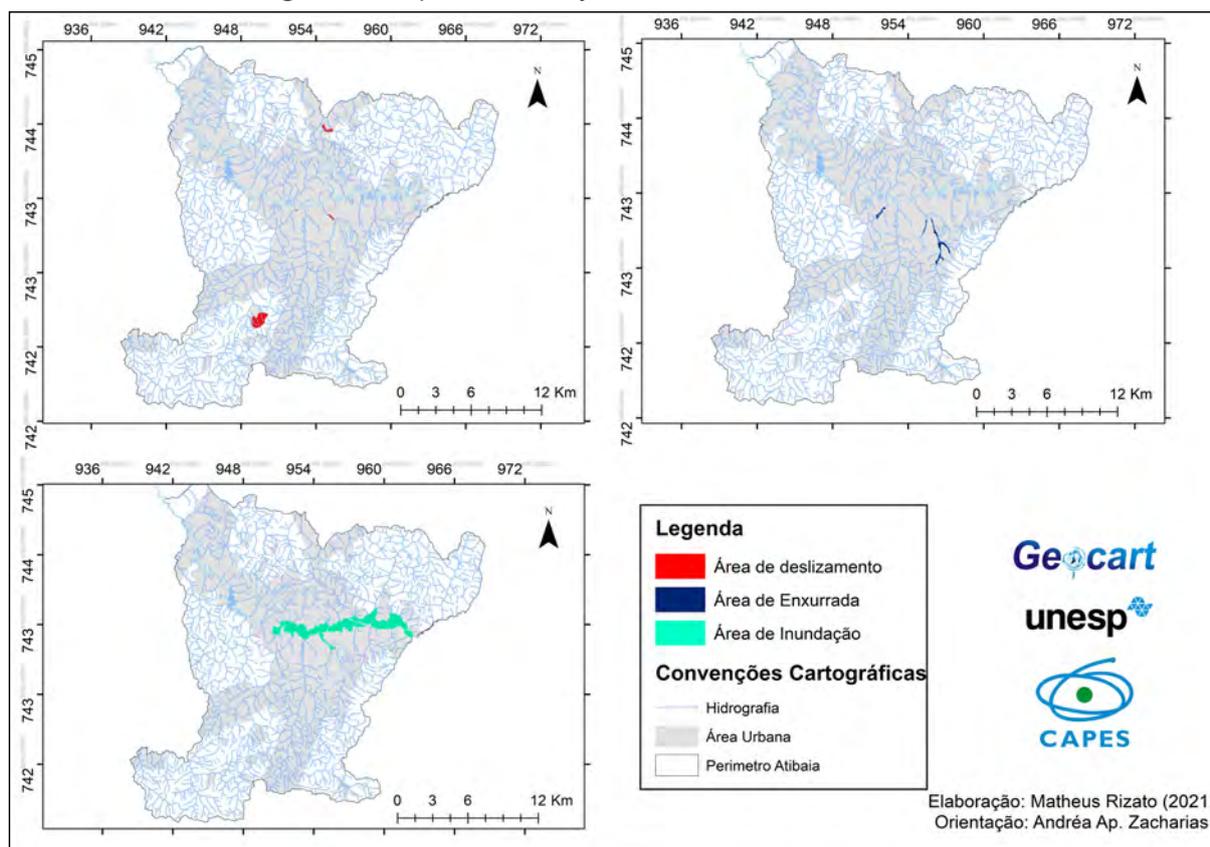
**Figura 11.** Mapa de ocupação em áreas propícias à alagamento.



Fonte: Rizato (2021), a partir de dados da Defesa Civil/Prefeitura Municipal de Atibaia.

Por essa compilação na Figura 12, pode-se notar que a maioria dos setores associados à elevação do fluxo hídrico (enchentes, enxurradas e inundações) se encontram na planície de inundação do Rio Atibaia, como também no entorno de alguns de seus tributários; ao passo que os movimentos de massa são verificados nas porções mais altas do terreno e em áreas de elevação mais acentuada, bem como na base dos morros. Já as áreas suscetíveis a deslizamentos, mapeadas no município, estão associadas a morros altos e baixos, que variam aproximadamente entre 900m e 1015m de altitude com declividade aproximada entre 19% a 36%, e o principal fator de risco associado é a alteração do meio físico, causados por cortes verticais em terrenos com declive alto (CPRM, 2012).

**Figura 12.** Mapa de Localização das áreas de risco de Atibaia/SP.



Fonte: Rizato (2021), a partir de dados da CPRM(2012).

Ainda compilando os dados no ambiente SIG, é possível observar que o total de imóveis em áreas de risco, segundo as áreas apontadas pelo relatório do CPRM (2012) e do total de imóveis mapeados pela metodologia da escola brasileira apresentada por Rizato (2021) é de 5.558. Isso representa um alto número de pessoas em áreas classificadas de alto e muito alto risco, o que demanda uma rápida ação do poder público para as populações residentes nessas áreas.

De maneira geral, a maior parte da área total analisada apresenta muito baixa e baixa Vulnerabilidade Social e Ambiental, totalizando em 45,6%. Todavia, ainda 30,8% da área encontra-se em parte considerada com muito alta e alta Vulnerabilidade Social e Ambiental aos riscos por eventos hidrológicos e hidrogeológicos, no perímetro do município de Atibaia/SP.

### Considerações finais

Face ao exposto, o mapa síntese de VSA como um modelo simplificado da realidade, mostra-se apropriado à tomada de decisões espaciais, por permitir relacionar diferentes variáveis socioambientais, por meio da atribuição de pesos (influências) nos mapas e valores numéricos em suas classes, estabelecendo o raciocínio lógico e hierárquico de seus padrões espaciais pelos fenômenos geográficos observados no ambiente da paisagem.

Pelo estudo conduzido fica evidente que a vulnerabilidade é uma dimensão do risco complexa, que apresenta uma grande relação entre o contexto espacial, sociedade e natureza de forma que não é possível que esse fenômeno seja mensurado em sua componente

espacial com a utilização apenas de métodos da cartografia convencional analítica e descritiva, desse modo fica evidente a necessidade da utilização de técnicas estatísticas como a AFE e também da cartografia de síntese que permitem uma melhor visualização dessa componente do risco dentro do contexto dos estudos da modelagem.

Cabe ressaltar que a obtenção de informações que possibilitem os estudos do risco é ainda um grande desafio no desenvolvimento de pesquisas dessa natureza, que exigem a utilização de dados de diferentes naturezas e escalas fatores esses que justificam a constante revisita as metodologias existentes na busca do estabelecimento de métodos que possam ser aplicados a diferentes contextos espaciais.

Ademais, a manifestação da vulnerabilidade socioambiental está assentada em raízes históricas, econômicas, culturais e geográficas de forma que a proposição de soluções e mudanças pelo poder público ou pelos órgãos de gestão do risco não podem ser adotadas de forma isolada, mas sim integradas a essas múltiplas dimensões. Dessa forma a mudança desse cenário no contexto brasileiro depende da adoção de medidas a longo prazo e de caráter estrutural de forma que se possa tanto aumentar a capacidade de suporte da população como meio de apoio em situações de risco e desastre como de diminuição da criticidade, oferecendo a população possibilidade de utilizar os seus próprios recursos humanos no enfrentamento de situações dessa natureza.

## **Agradecimento**

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES), por meio de uma bolsa de doutorado vinculada à cota Institucional do Programa de Pós-graduação em Geografia da UNESP/Rio Claro.

## **Referências**

- Alves, H. P. F. Vulnerabilidade socioambiental na metrópole paulistana: uma análise sociodemográfica das situações de sobreposição espacial de problemas e riscos sociais e ambientais. *R. bras. Est. Pop.*, São Paulo, v. 23, n. 1, p. 43-59, jan./jun. 2006.
- Aven, T. The risk concept-historical and recent development trends. **Reliability Engineering and System Safety**, [s. l.], v. 99, p. 33-44, 2012. Disponível em: <<http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0951832011002584>>. Acesso em: 13 jul. 2017.
- Barbosa, C. C. F. **Álgebra de mapas e suas aplicações em sensoriamento remoto e geoprocessamento**. 1999. 179f. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto). INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS – INPE/São José dos Campos/SP. 1999.
- Bortoletto, K. C. **Estudo das vulnerabilidades social e ambiental em áreas de riscos de desastres naturais no município de Caraguatatuba, SP**. 2016. 217 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia – Instituto de Geociências e Ciências Exatas – IGCE, Universidade Estadual Paulista/Unesp- Câmpus de Rio Claro/SP. 2016.
- Câmara, G.; Moreira, F. R.; Barbosa, C.; Almeida-Filho, R.; Bönisch, S. **Inferência Geográfica e Suporte à Decisão**. In: CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A.M.V. (Org.) - Introdução à

- Ciência da Geoinformação. INPE. São José dos Campos/SP. 2001. Disponível em: <<http://mtc-m12.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/sergio/2004/04.22.07.43/doc/publicacao.pdf>>
- Campos R. S.; CARNEIRO; C. D. R. 2015. Geologia da região de Atibaia e possíveis causas das inundações de 2009 e 2010. **Revista Terræ**, Campinas-SP, v. 10, n. 1-2, p. 21-35. 2013. Disponível em: <https://www.ige.unicamp.br/terrae/V10/PDFv10/TD-10-4-Rafaela.pdf>. Acesso em: 22 jan. 2020.
- Christofoletti, A. Modelagem de sistemas ambientais. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 1999.
- Cross, M.; Moscardini, A.O. Learning the art of mathematical modeling. New York, Halsted Press, 1985.
- CPRM, Serviço Geológico Do Brasil. Ação Emergencial para delimitação de Áreas em Alto e Muito Alto Risco a Inundações e Movimentos de Massa Atibaia – São Paulo. Ministério de Minas e Energia – Secretaria de Geologia, Mineração e transporte Mineral. Brasília, 2012.
- Cunha, L. Vulnerabilidade e Riscos Naturais: Exemplos em Portugal. In: Vulnerabilidade e Riscos: reflexões e aplicações na análise do território - Freitas, M.I.C. Lombardo, M.A. Zacharias, A.A. (Org). – Rio Claro (SP): UNESP – IGCE- CEAPLA, 2015.
- Cutter, S. I. Vulnerability to environmental hazards. **Progress in human Geography**, v.20, n.4, p.529-539, 1996.
- Cutter, S. L., Boruff, B. J.; Shirley, W. L. Social Vulnerability to Environmental Hazards. n. **Social Science Quarterly**, 84(2), p. 242–261, 2003. <https://doi.org/10.1111/1540-6237.8402002>.
- Freitas, M. I C.; Cunha, L. Cartografia da Vulnerabilidade socioambiental: convergências e divergências a partir de algumas experiências em Portugal e no Brasil. **Urbe - Revista Brasileira de Gestão Urbana**, v.5, n.1, p. 15-31, jan/jun. 2013.
- Hair, J. F. Multivariate data analysis: A global perspective. 6th. ed. Upper Saddle River, New Jersey: Pearson Prentice Hall, 2006.
- Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística - IBGE. Caracterização geral do município de Atibaia. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/v4/brasil/sp/atibaia/panorama>. Acesso em: Set 2017.
- Guerra, F. C. **Mapeamento das áreas de vulnerabilidades socioambientais aos riscos hidrológicos: inundações em Bragança Paulista/SP**. 136f. Dissertação (Mestrado em Geografia), Instituto de Geociências e Ciências Exatas – IGCE, Universidade Estadual Paulista/Unesp- Câmpus de Rio Claro/SP. Rio Claro. 2020.
- Guerra, F. C.; Zacharias, A. A; Cunha, L. **Construção e representação cartográfica de um índice de vulnerabilidade social: um exemplo do município de Bragança Paulista (SP)**. In: Guimarães, A. R.; Fonseca, R. G.; Fernandes, S. (Org.) – Perspectivas Geográficas. Ituiutaba: Barlavento, 2021. p. 43-59. Disponível em: <https://asebabaolorigbin.files.wordpress.com/2021/02/perspectivasgeograficas.pdf>. Acesso em 08 de Abr. 2021.
- Lourenço, L. **Riscos Naturais e Proteção do Ambiente**. Coimbra: Núcleo de Investigação Científica de Incêndios Florestais, 2004.
- Materano, L. S.; Brito, J. L. S. Fragilidade ambiental potencial da bacia hidrográfica do Rio Castán, estado Trujillo -Venezuela. **Caminhos de Geografia**, v.21, n.73, p. 86-97, 2020. <http://dx.doi.org/10.14393/rcg217347216>.

- Mendes, J.m.; Tavares, A; Cunha, L.; Freiria, S. **Vulnerabilidade Social aos Riscos Naturais e tecnológicos em Portugal**. In: SOARES, C. G; TEIXEIRA, J. A. P Teixeira; ANTÃO, P. (Org.) - Riscos Industriais e Emergentes. Edições Salamandra, Lisboa. p. 95-128, 2009.
- Mendes, J. M. et al. Riscos naturais e tecnológicos, vulnerabilidade social e os territórios. In: SOARES, C. G; TEIXEIRA, J. A. P Teixeira; ANTÃO, P. (Org.) - **Risco, Vulnerabilidade Social**. Edições Salamandra, Lisboa. p. 75-94, 2011.
- Monteiro, S.; Freire, G. S. S.; Cunha, L. Percepção dos riscos de cheias e inundações na cidade da Praia (Cabo Verde). **REDE - Revista Eletrônica do PRODEMA**, [s. l.], v. 11, n. 1, 2016. Disponível em: <<http://www.revistarede.ufc.br/rede/article/view/364>>. Acesso em: 22 ago. 2021.
- Ogato, G. S. et al. Geographic information system (GIS)-Based multicriteria analysis of flooding hazard and risk in Ambo Town and its watershed, West shoa zone, oromia regional State, **Ethiopia. Journal Of Hydrology: Regional Studies**, v. 27, p. 1-18, 2020. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejrh.2019.100659>
- Rizato, M. **Estudo da Vulnerabilidade Social e Ambiental em Áreas de Riscos de Desastres Naturais por eventos Hidrológicos e Hidrogeológicos no Município de Atibaia – SP**. 2021. 129f. Exame Geral de Qualificação (Doutorado em Geografia). Programa de Pós-Graduação em Geografia - Instituto de Geociências e Ciências Exatas – IGCE, Universidade Estadual Paulista/Unesp- Câmpus de Rio Claro/SP. 2021.
- Ross, J. L. S.; Moroz, I. C. **Mapa Geomorfológico do estado de São Paulo escala 1:500.000**. São Paulo: Laboratório de Geomorfologia, Departamento de Geografia - FFLCH – USP/IPT/FAPESP: vols. I e II, São Paulo/SP. 1997.
- Santos, T. G.; Ventrini, S. E. Análise Multicritério: modelos de interesse ambiental e de áreas propícias à expansão urbana na bacia do Córrego do Lenheiro. **Caminhos da Geografia**, Uberlândia, v. 9, n. 64, p. 1-18, dez. 2017. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/40912/21635>>. Acesso em: 16 mai. 2020.
- Santos, T. G.; Ventrini, S. E. Vulnerabilidade Social em Área Urbana Suscetível às Inundações e Alagamentos na Bacia do Córrego do Lenheiro em São João Del-Rei-M. **Revista Geoaraguaia**, v. 10, n. 2, p. 232–251, 2020. Disponível em: <<https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/geo/article/view/11336>>. Acesso em: 22 ago. 2021.
- Silva, W. S. **Identificação de unidades ambientais no município de Atibaia – SP**. 2001. 158 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia Física - Departamento de Geografia – FFLCH - USP/São Paulo/SP. 2001.
- Silva W. S. **Vulnerabilidade Socioespacial relacionada a Precipitações e Ventos em Atibaia -SP**. 2011. 86f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Programa de Pós-Graduação em Geociências – IG – UNICAMP/Campinas/SP. 2011.
- Slocum, T. A.; McMaster, R. B.; Kessler, F. C.; Howard, H. H. **Thematic Cartography and Geovisualization**. Upper Saddle River, New Jersey: Pearson Prentice Hall, 2008.
- Zacharias, A. A.; Guerra, F. C. **Cartografia de paisagens em áreas com vulnerabilidades aos riscos ambientais: reflexões e estudo de caso** In: DIAS, L. S.; CHÁVEZ, E. S. (Org.) - Cartografia Biogeográfica e da Paisagem. 1. ed. Tupã/SP: ANAP, 2019. v. II, p. 1-25.

- Zacharias, A.A. et. al. A cartografia de síntese e as estruturas verticais e horizontais da paisagem em ambientes urbanos suscetíveis à inundação. **Revista Do Departamento De Geografia**, 41(1), e177185. 2021. <https://doi.org/10.11606/eISSN.2236-2878.rdg.2021.177185>.
- Zacharias, A. A.; Ventorini, S. E. A Cartografia de síntese, o ambiente e a paisagem: caminhos, desafios, perspectivas e proposta metodológica. **Publicações avulsas: Geografia**, UFPI, Teresina/PI, vol. 22, n. 3, p. 120-157. 2021. Disponível em: <https://revistas.ufpi.br/index.php/geografia/article/view/11275/7798>.
- Zucherato, B. **Cartografia da Vulnerabilidade Socioambiental no Brasil e Portugal: estudo comparativo entre Campos do Jordão e a Guarda**. 2018. 369 f. Tese (doutorado em Geografia) – Programa de Pós-Graduação em Geografia – Instituto de Geociências e Ciências Exatas – IGCE, Universidade Estadual Paulista/Unesp- Câmpus de Rio Claro/SP. 2018.
- Zucherato, B. **A utilização da técnica da Análise Fatorial Exploratória (AFE) para o mapeamento de áreas de vulnerabilidade socioambiental**. In: Guimarães, A. R.; Fonseca, R. G.; Fernandes, S. (org.) – *Perspectivas Geográficas*. Ituiutaba: Barlavento, 2021. p.60-78. Disponível em: <https://asebabaolorigbin.files.wordpress.com/2021/02/perspectivasgeograficas.pdf>. Acesso em 08 de Abr. 2021.

# COMPARTIMENTAÇÃO FISIAGRÁFICA APLICADA A ESTUDOS GEOAMBIENTAIS: CONCEITOS, MÉTODO E EXEMPLOS DE APLICAÇÃO

José Eduardo Zaine<sup>1</sup>

Flávio Henrique Rodrigues<sup>2</sup>

André de Andrade Kolya<sup>3</sup>

**RESUMO:** Com o avanço das regulações ambientais na gestão pública, adequar o uso e a ocupação do solo às características naturais do território deixou de ser apenas uma boa prática para se tornar uma exigência legal. Para amparar essa mudança de paradigma, são necessárias ferramentas de interpretação do meio natural, que comuniquem aos gestores públicos, de forma clara e objetiva, os riscos e as potencialidades dos diferentes tipos de terreno. É o caso de produtos como mapas e cartas geológico-geotécnicas e geoambientais. Neste sentido, a aplicação da compartimentação fisiográfica aliada à fotogeologia tem se mostrado um método eficiente no zoneamento de uma região específica, com base em seus atributos geológicos, geomorfológicos e ambientais. A compartimentação fisiográfica, em suas várias escalas, vem se consolidando como uma ferramenta de classificação do território, demonstrando sua aplicabilidade ao Plano Diretor de municípios ou de outros empreendimentos. A fotogeologia, por sua vez, atravessa um período de grandes inovações, com a popularização dos veículos aéreos não tripulados e com avanços tecnológicos em geoprocessamento tridimensional, configurando uma nova fronteira com a possibilidade de estudos cada vez mais ágeis e detalhados. São aqui descritos os principais resultados da pesquisa desenvolvida em território brasileiro, a partir de 2010, pelo Laboratório de Geologia de Engenharia e Meio Ambiente do Departamento de Geologia da Universidade Estadual Paulista, de cunho metodológico e conceitual, assim como exemplos que demonstram a pertinência do uso da compartimentação fisiográfica no mapeamento geoambiental e, recentemente, no estudo da geodiversidade. São apresentados exemplos de aplicação em Poços de Caldas (MG) e Ilhabela (SP), além de exemplos em empreendimentos lineares. A proposta metodológica agrupa as características físicas em quatro categorias: 1 - Densidade textural dos elementos de drenagem e relevo; 2 - Formas e características do relevo; 3 - Estruturas geológicas, e 4 - Uso e cobertura do solo e processos geológicos. Para cada categoria, o estudo compreende três fases: 1 - Observação

---

1 Professor Doutor, Departamento de Geologia do Instituto de Geociências e Ciências Exatas (IGCE), do Campus de Rio Claro da Universidade Estadual Paulista (Unesp). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2727-3952>. E-mail: jose.zaine@unesp.br

2 Pesquisador Doutor, Departamento de Geologia do Instituto de Geociências e Ciências Exatas (IGCE), do Campus de Rio Claro da Universidade Estadual Paulista (Unesp). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0080-5453>. E-mail: rodrigues.ambiental@gmail.com

3 Pesquisador Mestre, Departamento de Geologia do Instituto de Geociências e Ciências Exatas (IGCE), do Campus de Rio Claro da Universidade Estadual Paulista (Unesp). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2551-7343>. E-mail: andre.kolya@unesp.br

e registro das feições; 2 - Classificação das feições; 3 - Interpretações e aplicações. O método é sistematizado por quadros que guiam a análise de cada categoria em função das feições, dos critérios de análise e interpretação. Entre os principais resultados, destaca-se a elaboração de um quadro-síntese, que estabelece critérios para a análise, associando-os às propriedades dos terrenos, tais como: rochas, relevo e solo, possibilitando a interpretação fotogeológica, ou análise fisiográfica. Esse quadro-síntese é organizado de forma que o fotointérprete percorra uma sequência lógica de procedimentos, conforme citado anteriormente.

## **Introdução**

Nos capítulos anteriores, foram apresentadas diversas estratégias de caracterização da paisagem. Apesar das diferenças metodológicas, as diferentes linhas de pesquisa evoluíram em função dos desafios impostos pela necessidade de se conhecer e interpretar o meio para fins de conservação da natureza, planejamento e gestão territorial, e desenvolvimento socioambiental. Neste sentido, o presente capítulo se dedica a abordar sobre a Compartimentação Fisiográfica, uma ferramenta prática e versátil, aplicável aos processos de caracterização da paisagem.

A abordagem do tema Compartimentação Fisiográfica parte da caracterização histórica e conceitual, passando pela descrição metodológica para, enfim, apresentar exemplos concretos de aplicação desta técnica em estudos voltados a grandes questões do desenvolvimento sustentável.

A Compartimentação Fisiográfica é um tipo de ferramenta de análise integrada do meio físico, conforme definido por Ross (1995), compreendendo análise, delimitação e classificação de zonas homogêneas de fisionomia do terreno. Os estudos são embasados, fundamentalmente, em técnicas de fotointerpretação e trabalho de campo que, agregadas à síntese de dados secundários, resultam em um modelo qualitativo e semiquantitativo do meio, com informações geológicas, geomorfológicas, hidrológicas, pedológicas e geotécnicas.

O tema Compartimentação Fisiográfica tem suas raízes ligadas aos ramos aplicados das ciências geológicas, geomorfológicas e geotécnicas, incluindo histórico, conceitos, métodos e classificações. Sob a ótica do mapeamento, Cendrero (1989) classifica a abordagem fisiográfica como método sintético, em oposição ao método analítico, que se fundamenta na elaboração e sobreposição de uma série de mapas temáticos. Os trabalhos de Grant (1970; 1974) e Cooke et al. (1982) são pioneiros sob o enfoque sintético, constituindo sistemas de classificação de terrenos, a partir da definição de unidades homogêneas apoiadas em critérios geológicos e geomorfológicos.

Posteriormente, Ross (1995) introduziu o conceito de análise integrada, de caráter analítico-sintético, e fundamentada na classificação de Sistemas de Terreno. Este método tem como princípio a análise e a classificação dos padrões de paisagem, os quais, uma vez individualizados e cartografados, constituem o referencial para o início da pesquisa-síntese. Os trabalhos seguintes são conduzidos no sentido de se obter os dados representativos do contexto geoambiental em estudo, gerando um produto cartográfico único, compartimentado em unidades homogêneas, cujas características de solo, geomorfologia, geologia, uso e cobertura da terra, entre outros, são apresentadas de forma integrada, com informações sintetizadas.

Tal abordagem encontrou respaldo nas pesquisas desenvolvidas no âmbito do então Departamento de Geologia Aplicada (DGA) da Universidade Estadual Paulista (Unesp) - Campus de Rio Claro (SP), onde a Compartimentação Fisiográfica e, em especial, os procedimentos de fotogeologia foram adotados e desenvolvidos em trabalhos de mapeamento realizados por Zaine (2000; 2011), Tinós, (2011), Rodrigues e Zaine (2013), Coelho et al. (2016), Diniz et al. (2016), Amorim et al. (2017) e Rodrigues (2018).

Desta forma, os conceitos gerais relacionados à análise integrada do meio físico focam as contribuições metodológicas desenvolvidas pelo grupo de pesquisa do Prof. Dr. José Eduardo Zaine, com destaque para o quadro de classificação de zonas homólogas e, por fim, exemplos de aplicação para fins de estudos geológico-geotécnicos e, mais recentemente, geoambientais, voltados para ações de planejamento e gestão territorial.

No escopo deste trabalho é descrita uma proposta de procedimentos metodológicos de fotogeologia (análise e interpretação de produtos de sensoriamento remoto), aplicados em compartimentação fisiográfica, analisando-se, de forma integrada, as características e as propriedades dos terrenos (rochas, relevos e solos). Tais procedimentos permitem fazer a associação entre as áreas delimitadas nas imagens com as propriedades e os comportamentos geotécnicos das rochas e materiais.

Complementarmente, são apresentados os resultados da aplicação do método no município de Poços de Caldas (MG), onde foram gerados mapas com unidades fisiográficas, contendo informações úteis para subsidiar ações de planejamento urbano e rural.

## **Fundamentação Teórica**

Os produtos da compartimentação fisiográfica abrangem uma diversidade de categorias de documentos cartográficos, desde mapas básicos de geologia e geomorfologia até mapas aplicados a questões específicas de planejamento e gestão.

Os mapas básicos se prestam à síntese de informações primárias, com foco estritamente científico. Já, os mapas aplicados podem ser assim classificados, segundo a abrangência das informações geradas: mapas genéricos, destinados à gestão de áreas extensas como municípios, unidades de conservação, regiões administrativas etc., e mapas específicos, realizados em áreas menores, de modo a subsidiar o gerenciamento ambiental e obras de engenharia.

O primeiro registro de mapeamento sistemático do meio físico se deve a William Smith (1800 a 1815), envolvendo projetos de canalização em regiões produtoras de carvão mineral na Inglaterra. Desses estudos emergiram os fundamentos da Geologia moderna, assim como a disseminação, em diversos países, de estudos geológicos aplicados a infraestrutura, mineração e planejamento urbano. Cerca de cem anos depois (1905), importantes avanços na área de geologia urbana foram registrados pelo Serviço Geológico dos Estados Unidos, em estudos direcionados ao planejamento das obras do metrô de Nova Iorque (ZUQUETTE, 2011).

A primeira metade do século XX foi marcada pelo início da fase moderna dos mapeamentos aplicados do meio físico, desenvolvendo-se técnicas que aperfeiçoaram o conteúdo e sua representação cartográfica. No ano de 1913, a exposição técnica de construção, na cidade de Langen, Alemanha, exibiu documentos cartográficos com indicações das áreas inundáveis e dos locais de extração de materiais. Além disso, a fase mais

criativa, em termos metodológicos, ocorreu no período pós-segunda guerra, nas décadas de 1940 e 1950, tendo em comum a aplicação dos resultados para a reconstrução de cidades europeias (ZUQUETTE; GANDOLFI, 2004).

Na década de 1950, teve início a conscientização, em nível global, dos problemas ambientais decorrentes das atividades humanas, como as guerras e a industrialização. Inicialmente concentradas nos países europeus, as complicações ambientais resultantes da produção em massa de bens de consumo se disseminaram por todo o mundo, a partir da metade do século XX, culminando com o emblemático evento ocorrido na Baía de Minamata, no sul do Japão, em 1959, considerado o marco das políticas ambientais modernas (GEORGE, 2002; IMURA; SCHREURS, 2005).

Nesse contexto, em 1955, o Simpósio Internacional sobre o Papel do Homem nas Mudanças da Superfície da Terra, realizado nos Estados Unidos, envolveu especialistas de diferentes disciplinas, inaugurando um novo tipo de publicação científica, com foco na ideia de que a humanidade é um agente ativo de modificação do meio ambiente (WOLF, 1957; THOMAS Jr., 1959). Segundo Zuquette (2015), o relatório do evento circunscreveu a origem dos mapas geológicos aplicados às demandas ambientais, expandindo a abordagem anteriormente concentrada em obras de engenharia e planejamento urbano.

Na década de 1960, proliferaram as metodologias de mapeamento do meio físico sob diferentes denominações. Em 1968, foi criada a Comissão de Mapeamento de Geologia de Engenharia da Associação Internacional de Geologia de Engenharia (IAEG), além de a UNESCO ter publicado o guia para elaboração de mapas geotécnicos, e ter havido a produção de inúmeros documentos cartográficos em diversos países, inclusive no Brasil (FRANCO et al., 2010). Desde então, observa-se o desenvolvimento de duas correntes de mapeamentos geológicos aplicados (ZUQUETTE, 1987):

- a) Os *mapeamentos geotécnicos* ou de *geologia de engenharia* - visam compartimentar o meio físico, a partir de propriedades geotécnicas e variações dos aspectos físicos e mecânicos dos materiais geológicos. Sua elaboração apoia-se em atributos de interesse ao uso direto, com dados quantitativos oriundos da Geologia de Engenharia, Mecânica de Solos e Rochas, reproduzindo informações pragmáticas e mensuráveis (ZUQUETTE; NAKAZAWA, 1997).
- b) Os *mapeamentos geoambientais* - inicialmente denominados *geológicos ambientais* ou *geocientíficos*, apresentam enfoque qualitativo do meio físico. Segundo Vedovello (2004, p. 337):

[...] esta categoria deve ser entendida de forma ampla, como todo o processo envolvido na obtenção, análise, representação, comunicação e aplicação de dados e informações do meio físico, considerando-se as potencialidades e fragilidades naturais do terreno, bem como os perigos, riscos, impactos e conflitos decorrentes da interação entre as ações humanas e o ambiente fisiográfico. Pode-se por isso incorporar elementos bióticos, antrópicos e socio-culturais em sua análise e representação. Nesta concepção, a cartografia geotécnica estaria incluída no escopo geral da cartografia geoambiental.

As categorias de mapeamento diferem, principalmente, em conteúdo e finalidade, envolvendo: tipo de dados analisados, escala e aplicação dos resultados (ZUQUETTE, 1987). Nesse sentido, é importante lembrar que as denominações das categorias de mapas

ainda são muito variadas e, muitas vezes, não condizem com os conteúdos apresentados, impossibilitando a replicação dos mapeamentos ou sua adoção como normas ou regulamentações (ZUQUETTE, 2015).

Em termos metodológicos e conceituais, o desenvolvimento da Cartografia Digital, aliada à introdução do SIG e dos bancos de dados georreferenciados, a partir da década de 1960, assinalou, definitivamente, a especialização dos mapeamentos geológicos aplicados. Consequentemente, foi possível o processamento de grande volume de dados e análises mais complexas dos componentes do meio físico, integrados a informações do meio biótico e antrópico.

Em geral, as metodologias de mapeamento aplicado são classificadas de acordo com o tipo de coleta, análise, interpretação e síntese dos dados estudados (CENDRERO, 1989). Enquanto o método analítico baseia-se na elaboração e sobreposição de uma série de mapas temáticos para a obtenção de mapas-diagnósticos, o método sintético parte da abordagem fisiográfica para a definição de unidades homogêneas.

Neste contexto, os trabalhos de Grant (1970; 1974) e Cooke et al. (1982) foram pioneiros sob o enfoque sintético, constituindo sistemas de classificação de terrenos baseados em critérios geológicos e geomorfológicos. Dentre os primeiros trabalhos analíticos, Pejon e Zuquette (1995, p. 26) citam “o uso das cartas de fatores pela metodologia francesa (SANEJOUAND, 1972) e os mapas analíticos da classificação da IAEG” (1976).

A seguir, apresentam-se as principais abordagens metodológicas de mapeamentos do meio físico, com destaque para aquelas adotadas pelo grupo de pesquisa do Departamento de Geologia da Universidade Estadual Paulista.

### **Análise Integrada do Meio Físico**

Os conceitos de análise multitemática e análise integrada foram introduzidos por Ross (1995) e partem de uma perspectiva geográfica. A pesquisa multitemática é classificada como verticalizada e analítica inicialmente, gerando uma multiplicidade de documentos cartográficos temáticos, quando os temas em questão têm seu objeto próprio de análise, suas concepções teórica e metodológica, e objetivos específicos. Em seguida, é feita a abordagem sintética, a partir do cruzamento direto ou em associações de produtos cartográficos múltiplos, alguns analíticos e outros de síntese, de modo sucessivo até a geração de um mapa de síntese final.

Na análise integrada, os procedimentos técnico-metodológicos baseiam-se em Sistemas de Terreno, ou *Land Systems Approach*, a partir da análise e da classificação dos padrões de fisionomia do terreno ou padrões de paisagem, os quais, individualizados e cartografados, são o referencial para o início da pesquisa-síntese. Não havendo obrigatoriedade de verticalização das informações, ou setorização por categorias temáticas, os dados representativos do contexto geológico e geomorfológico em estudo são obtidos por inferências de propriedades e características dos padrões fisiográficos analisados. Desta forma, é gerado um produto cartográfico de síntese, por meio do zoneamento em unidades homogêneas, cujas características de solo, geomorfologia, geologia, uso e cobertura da terra, entre outros, são apresentadas de forma integrada.

Embora seja necessário um volume razoável de informações prévias, esse procedimento não depende, exclusivamente, de mapas temáticos em escala compatível ao mapeamento em execução. A pesquisa-síntese, portanto, é realizada a partir da interpretação de dados

secundários complementados por dados primários e a integração das informações no mapa final, conforme os mapeamentos realizados por Zaine (2000; 2011), Tinós (2011), Rodrigues; Zaine (2013), Coelho et al. (2016), Diniz et al. (2016), Amorim et al. (2017) e Rodrigues (2018).

### *Landscape Evaluation*

A *Landscape Evaluation* (avaliação da paisagem) representa um dos principais fundamentos teórico-conceituais do mapeamentos do meio físico, sendo o campo de atuação dos geomorfólogos há cerca de 150 anos, partindo dos seguintes pressupostos (GRIFFITHS et al., 2012; DANTAS et al., 2015):

- a paisagem é resultado da interação dos componentes do meio abiótico e da atuação combinada dos processos terrestres; da paisagem, mas, avaliar os processos
- a paisagem é um conceito de abrangência interdisciplinar, composta por aspectos culturais e biogeofísicos em contínua transformação.

Especialmente impulsionada pela emergência da Teoria dos Sistemas, a paisagem passou a ser estudada sob uma perspectiva lógica-objetiva. Como resultado, derivaram duas linhas de análise (DANTAS et al., 2015):

- Geossistemas: análise estrutural, hierarquizada e sistêmica da paisagem, por meio da superposição e interação de diversos *layers* e representada pelas escolas: soviética, com enfoque biogeográfico, e francesa, com foco geológico-geomorfológico.
- Geoecologia: alicerçada no conceito de paisagem natural e ecossistema, inaugurado pela escola alemã e, posteriormente, desenvolvido por pesquisadores holandeses e norte-americanos, sob a denominação Ecologia da Paisagem. Esta abordagem consiste na análise sistêmica da paisagem, por meio de uma dinâmica de fluxos e redes de matéria e energia, integrando variáveis ambientais e antrópicas, resultando em uma unidade mapeável, com características singulares (geobiofísicas e socioeconômicas) que a definem e a distinguem das demais unidades.

É importante lembrar que a interação, a longo prazo, dos processos formadores das paisagens contemporâneas, é objeto de investigação transdisciplinar da Geologia e da Geografia, especificamente a Geomorfologia. Neste sentido, Griffiths et al. (2012) reconhecem a íntima relação entre os elementos da paisagem e as atividades humanas, e ressaltam a importância da *Landscape Evaluation* na Geotecnia e estudos geoambientais. Enquanto a Geologia está centrada no comportamento de águas subterrâneas e materiais rochosos, a Geomorfologia concentra-se em águas superficiais, materiais inconsolidados e solos (FOOKES; GRAY, 1987 apud DINIZ, 2012).

### *Landscape Approach*

A *Landscape Approach* (abordagem de paisagem) se caracteriza pelo enfoque fisiográfico dos *landforms*, com base em um conjunto de observações fotointerpretativas e de campo (ZUQUETTE; GANDOLFI, 2004). Esta técnica foca na concepção geomorfológica referente à imanência dos materiais constituintes do meio físico, à luz do antagonismo das forças geradoras da paisagem em uma área específica (processos endógenos e exógenos do planeta Terra). Assim, a fisiografia do terreno resulta da sinergia de elementos fisiográficos, em termos

genéticos, espaciais e temporais, ou seja, da relação direta da dimensão das formas de relevo, idade, materiais formadores e processos atuais e pretéritos (PENCK, 1953; ROSS, 1992).

Na análise fisiográfica obtêm-se informações sobre o meio físico, a partir de um procedimento sistemático de leitura, análise e interpretação de elementos texturais das fotografias aéreas e imagens de satélite. Concomitantemente, procede-se à identificação de diferentes zonas fisiograficamente homólogas, correspondentes a áreas distintas do meio físico, onde ocorre uma associação determinada de propriedades e características (RAY, 1963; GUY, 1966; RIVEREAU, 1972; SOARES; FIORI, 1976). Desta forma é possível caracterizar não apenas as feições superficiais ou elementos da paisagem, mas também avaliar os processos terrestres exógenos e endógenos, pretéritos e atuais, e classificar os horizontes de alteração de rocha, solos e sedimentos (VENEZIANI; ANJOS, 1982; RIEDEL, 1988; VAZ, 1996; VEDOVELLO; MATTOS, 1998; VEDOVELLO, 2008; ZAINÉ, 2011).

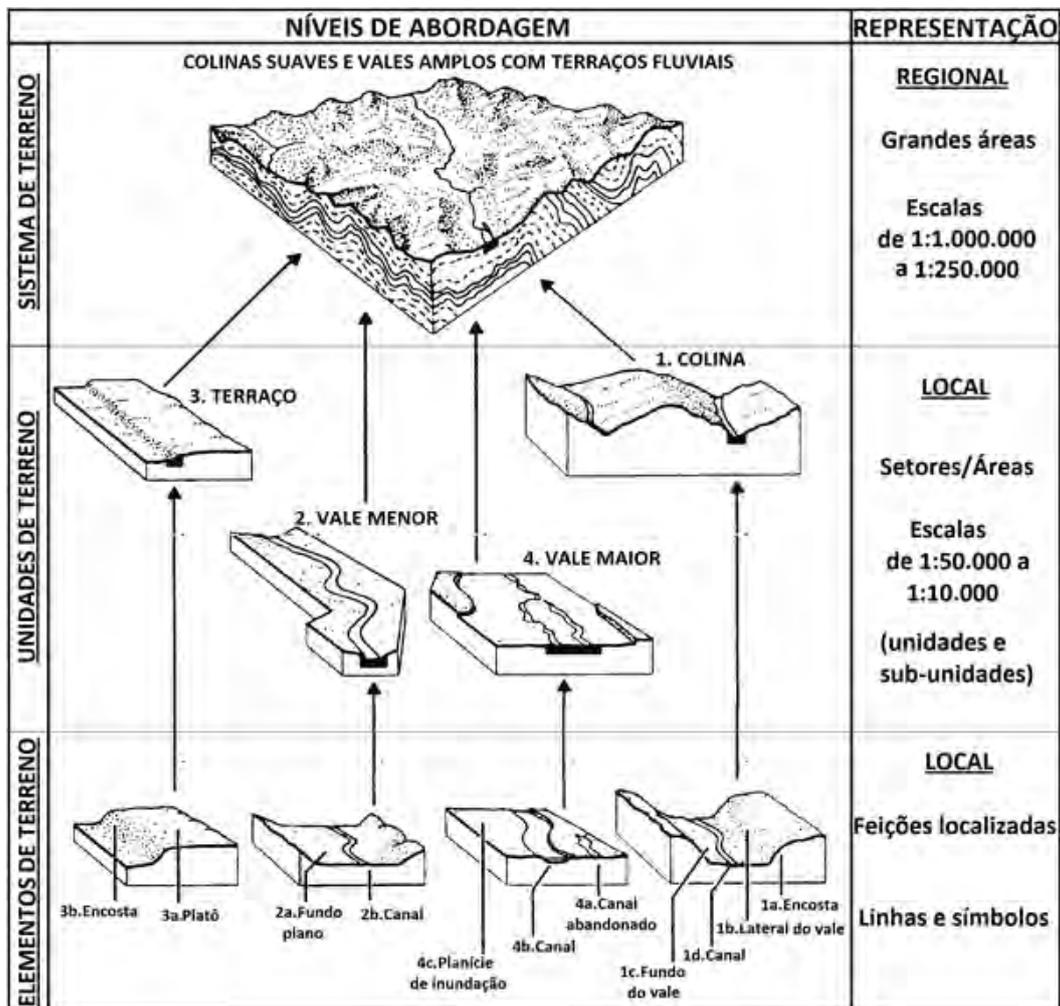
### *Terrain Evaluation*

Traduzida como Avaliação do Terreno, esta técnica baseia-se na análise e na compartimentação fisiográfica das formas de terreno ou *landforms*, pela abordagem em níveis hierárquicos ou *Land Systems Approach* (Figura 1).

Segundo Lollo (1995), os primeiros trabalhos sobre o tema datam do início da década de 1950 e visavam o zoneamento regional multifinalitário em unidades cada vez menores (função da escala e da finalidade pretendidas). Desde então, diversas metodologias foram desenvolvidas, com foco na interligação entre os elementos da paisagem.

Zuquette e Gandolfi (2004) consideram que as raízes dessa técnica remontam à origem da pesquisa geomorfológica, com os trabalhos de Gilbert (1877) e Davis (1899), sobre os processos de esculturação e evolução da paisagem. As primeiras aplicações dos estudos dos *landforms*, como critério de descrição regional, se devem a Herbertson (1905), e a contribuição mais significativa é atribuída a Bourne (1932), o qual introduziu o princípio da similaridade dos elementos da paisagem.

Figura 1. Níveis hierárquicos de avaliação do terreno.



Fonte: modificado de Cooke et al. (1982).

A técnica de *Terrain Evaluation* engloba caracterização, interpretação e avaliação das feições terrestres superficiais e de subsuperfície, não profundas, e utiliza técnicas de mapeamento direto. Com isso, elaboram-se modelos geológico-geomorfológicos conceituais, a partir da síntese de informações sobre as condicionantes de evolução do terreno, tais como materiais, estruturas e processos geológicos, fluxo das águas e avanço da frente intempérica. Também denominada *Terrain Classification*, a técnica não depende de procedimentos de escavação, geofísicos ou similares (MEIJERINK, 1988; LOLLO, 1995; DINIZ, 2012).

Destaca-se também o sistema P.U.C.E. - *Pattern, Unit, Component Evaluation* - de classificação hierárquica do terreno para fins de Geologia de Engenharia e Ambiental (AITCHISON; GRANT, 1967; 1970). Assim como o *Land Systems Approach (L.S.A.)*, esta abordagem baseia-se também no princípio da similaridade dos elementos da paisagem, compartilhando os mesmos níveis hierárquicos: Padrões (P.U.C.E) ou Sistemas (L.S.A.), Unidades (ambos) e Componentes (P.U.C.E) ou Elementos (L.S.A.). Os fatores de classificação dos terrenos são analisados conforme o nível hierárquico considerado e cartografados com uma nomenclatura codificada, sendo essencialmente geomorfológicos, geológicos, sobre solos e cobertura da terra (Quadro 1).

**Quadro 1.** Formas de análise para cada classe do terreno.

Classes do Terreno		Fatores do Terreno para discussão
Província	Definida como geologicamente homogênea	Geologia (grupo, fm., etc.)
Padrão do Terreno	Definida com base em critérios geomorfológicos	Paisagem
		Características básicas do solo, vegetação, rochas
		Padrão de drenagem
Unidades do Terreno	Definida por uma forma de relevo e sua associação de solo e vegetação	Formas de relevo
		Principais características dos solos, rochas e formações vegetais
Componentes do Terreno	Definido com base na integração de critérios do meio físico e uso da terra	Tipo de talude
		Litologia
		Solo
		Associação da vegetação

Fonte: Zuquette (1993).

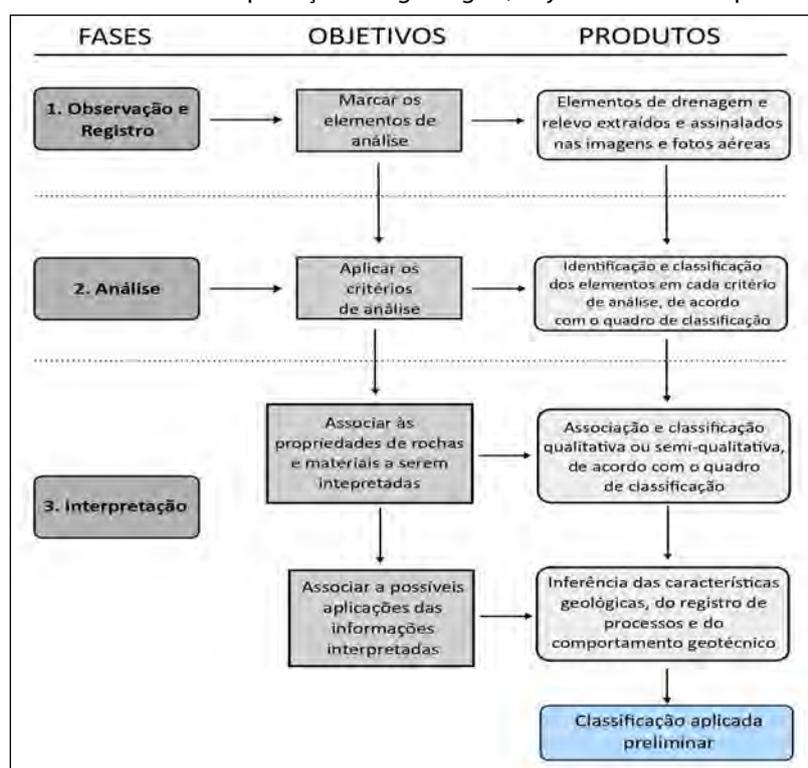
## Metodologia

Este item descreve a sequência de procedimentos propostos para o uso dos quadros de fotogeologia aplicados à compartimentação fisiográfica. A proposta metodológica é apresentada na forma de quatro quadros, com aplicação na seguinte ordem:

- 1) Análise da densidade textural (elementos de drenagem e relevo);
- 2) Análise das formas e características do relevo;
- 3) Análise das estruturas geológicas (elementos estruturais), e
- 4) Análise complementar (tonalidades, uso do solo e processos geológicos).

Cada quadro foi organizado pressupondo sua aplicação em três momentos distintos e na seguinte ordem: a) observação e registro; b) análise; c) interpretação e aplicação. Esta sequência é ilustrada, de forma sintética, na Figura 2.

**Figura 2.** Fases da análise e interpretação fotogeológica, objetivos e seus respectivos produtos.



A organização sequencial proposta é bastante simples, permitindo que o trabalho seja realizado de forma sistemática, iniciando pela observação e registro dos elementos e feições de drenagem e relevo, extraídos de fotografias aéreas e de outros produtos de sensoriamento remoto. Corresponde à etapa de fotoleitura de Soares e Fiori (1976).

A partir desse registro, o desenho resultante, elaborado em um overlay na foto aérea, ou na tela do computador, é dividido em setores, denominados zonas homólogas ou compartimentos fisiográficos. Para justificar essa setorização, são aplicados os critérios de análise e classificação baseada nos quadros de fotogeologia, equivalentes à etapa de fotoanálise de Soares e Fiori (1976). Até essa etapa, a análise baseia-se, exclusivamente, nos elementos da imagem.

Na terceira etapa, a de fotointerpretação, é feita a associação entre os elementos analisados e as propriedades das rochas e dos materiais, permitindo a interpretação preliminar das características geológicas e estruturais.

Concluindo esta linha de raciocínio, a partir da sequência dos procedimentos citados, além da elaboração de mapas geológicos, é possível apresentar inferências geotécnicas, com base na análise fisiográfica, à semelhança do trabalho de Vedovello (2000), possibilitando extrair informações que possam ser aplicadas a estudos geoambientais e de Geologia de Engenharia.

Na descrição de cada critério estabelecido para a análise, assim como para suas propriedades e informações aplicadas ou inferências geotécnicas, são estabelecidas classes, as quais podem ser reconhecidas pelo fotointérprete.

Para auxiliar o usuário na identificação das classes, são apresentados desenhos ilustrativos nas Figuras 3 e 4 - Matrizes 1 a 4, em parte baseados em trabalhos anteriores, que ajudam a identificar, analisar e interpretar as diferentes características do terreno na imagem.

Complementarmente, seguindo os passos da metodologia utilizada em compartimentação fisiográfica, são realizados trabalhos de campo, destinados ao detalhamento e à verificação *in situ* das propriedades interpretadas.

Os levantamentos de campo devem incluir a descrição integrada das características geológicas (litologia e estrutura), geomorfológicas e dos perfis de alteração (solo/rocha) associados às unidades definidas com base na fotointerpretação, além do registro dos pontos de ocorrência de processos da dinâmica externa.

Para as observações *in situ*, pode ser utilizada uma ficha de campo com os seguintes quesitos em uma check list: 1) substrato rochoso; 2) relevo (desenho interpretativo e documentação fotográfica); 3) materiais inconsolidados de cobertura e solo; 4) perfil de alteração (desenho interpretativo do perfil e documentação fotográfica); 5) registro de processos geológicos e feições de instabilidade – classificação e magnitude; 6) uso do solo – tipo, forma, interferências e densidade de ocupação.

A identificação ou classificação de diferentes tipos de solo, nos trabalhos de campo, segundo a classificação genética em solos residuais ou transportados, foi baseada em Vaz (1996).

A seguir são apresentados e descritos os quadros de análise fotogeológica:

#### 1) Análise da densidade textural

Nessa primeira classificação, baseada na observação da rede de drenagem e dos elementos de relevo, os últimos representados pela dissecação e rugosidade do terreno, a análise visa identificar e separar rochas e materiais com diferente permeabilidade intergranular e, a partir desta propriedade, delimitar unidades ou zonas homólogas.

Para a análise são definidas três classes (baixa, média e alta), de caráter comparativo e qualitativo. Baseado em Ponçano et al. (1981), são atribuídos valores às classes de densidade de elementos de drenagem, divididos por faixas que indicam o número de segmentos fluviais por área, conforme ilustrado na Matriz 1 da Figura 3.

A análise também permite extrair a relação entre o escoamento superficial e a infiltração das águas de chuvas nos diferentes terrenos. Uma informação muito importante aqui apreendida, para a cartografia geotécnica e geoambiental, é a espessura, além de algumas características do material ou manto de cobertura. Para tal, são atribuídas classes de espessura: grande, média e pequena, com indicação quantitativa utilizando informação de campo. A análise e a interpretação estarão mais bem fundamentadas, quando agregarem os critérios seguintes.

## 2) Análise das formas e características do relevo

Em continuidade à análise de densidade textural, deve ser aplicada a Matriz 2 (Figura 3), com a análise fotogeológica baseada nas características do relevo e suas formas observadas em fotografias aéreas.

Os elementos de relevo a serem identificados e analisados visam à caracterização das encostas ou vertentes, por meio de alguns parâmetros relacionados a amplitude ou variações das cotas topográficas, declividade, forma das vertentes/vales/topos, além de feições particulares de relevo.

As classes de análise são qualitativas, com alguns parâmetros e intervalos quantitativos, e foram extraídas de Ponçano et al. (1981).

A análise dos elementos de relevo permite interpretar a solubilidade das rochas, relacionada a feições particulares de relevo. O exemplo mais clássico é a detecção de rochas calcárias, a partir do registro de relevo cárstico característico, em forma de dolinas, lapiás, *pinnacles*, sumidouros e outras feições diagnósticas da ocorrência de rochas solúveis.

Outra propriedade litológica responsável pela geomorfologia dos terrenos é a resistência à erosão natural, ou alterabilidade das rochas. Vale destacar que tal propriedade reflete a dureza das rochas, ou o modelado do relevo ante a evolução natural/morfogenética. Nesse caso, são definidas três classes: baixa, para rochas pouco resistentes; média e alta, para rochas muito resistentes à erosão natural, ou seja, com destaque na topografia. No caso de setores interpretados como compostos por rochas com maior ou menor resistência à erosão natural, a delimitação deve estar fundamentada nos resultados da análise dos elementos de relevo, ou deve haver certa correspondência nas colunas da Matriz 2 da Figura 3.

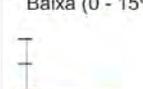
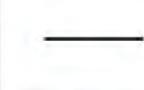
Para exemplificar a ligação entre análise e interpretação, pode-se simular um raciocínio em sentido inverso à sequência ora proposta, tomando como exemplo uma rocha como o quartzito, de resistência alta à erosão natural e associada à seguinte configuração do relevo: grande amplitude, alta declividade, domínio de encostas retilíneas, vales fechados e topos angulosos.

Das informações aplicadas, ou inferências geotécnicas apreendidas dessa análise e interpretação, é possível se obter informações qualitativas e preliminares, indicativas da profundidade do topo rochoso, espessura da cobertura de materiais inconsolidados e grau de escavabilidade. A associação das classes identificadas na análise permite avaliar a ocorrência e o potencial da unidade a processos geológicos exógenos, como erosão linear de encostas (induzida) e movimentos gravitacionais de massa (rastejo, escorregamento, fluxo de detritos ou queda de blocos). A avaliação pode ser feita de forma direta, pela identificação, registro e cadastro das feições de erosão e cicatrizes de escorregamento.

## 3) Análise das estruturas geológicas

Na sequência da análise fotogeológica, são descritos os critérios e parâmetros propostos para auxiliar no reconhecimento e na interpretação das estruturas geológicas impressas nas rochas, a partir de elementos configurados nas imagens aéreas pela forma e geometria do relevo e da rede de drenagem. Tais critérios devem ser agregados aos anteriormente descritos (análise textural e de relevo) e estão ilustrados na forma de desenhos representativos para orientar a análise e classificação (Matriz 3 da Figura 4).

**Figura 3.** Matrizes 1 e 2 de Análise e interpretação fotogeológica dos elementos de drenagem e relevo e das formas e características do relevo.

1. Análise da densidade textural		CLASSES		
Elementos de análise	Elementos de drenagem e relevo			
Critérios de análise	Densidade dos elementos de drenagem	Baixa (0 a 5/10 km <sup>2</sup> ) 	Média (5 a 30/10 km <sup>2</sup> ) 	Alta (> 30/ km <sup>2</sup> ) 
	Densidade dos elementos do relevo (dissecação e rugosidade do terreno)	Baixa (mais lisa) 	Média 	Alta (mais rugosa) 
Propriedade a ser interpretada	PERMEABILIDADE (intergranular)	Alta (Permeável)	Média	Baixa (Pouco permeável a impermeável)
APLICAÇÕES Informações interpretadas por esta análise	Relação escoamento superficial/infiltração	Baixa	Média	Alta
	Espessura e características do manto de alteração	Grande (Espesso; > 5m)	Média	Pequena (Raso/rocha aflorante)
2. Análise das formas e características do relevo		CLASSES		
Elementos de análise	Declives, vertentes, topos, vales, rupturas de declive (quebras de relevo), cristas e escarpas			
Critérios de análise	a) Amplitude local (variações de cotas na unidade)	Pequena (0 a 100 m) 	Média (100 a 300 m) 	Grande (> 300 m) 
	b) Declividade	Baixa (0 - 15%) 	Média (15 - 30%) 	Alta (> 30%) 
	c) Forma de encosta / vertente (* representação em planta)	Convexa  	Côncava  	Retilínea  
	d) Forma do vale (* representação em planta)	Aberto  		Fechado  
	e) Forma do topo	Aplainados 	Arredondados 	Angulosos 
	f) Feições particulares de relevo	Identificar e descrever. Associar modelos geológicos já conhecidos <small>*Consultar quadros Howard (1967); Soares e Fiori (1976); Nunes et. al. (1995)</small>		
Propriedades a serem interpretadas	Solubilidade	Não solúvel	Média	Solúvel
	Resistência à erosão natural (dureza)	Baixa (Pouco resistente)	(Resistência média)	Alta (Muito resistente)
APLICAÇÕES Informações interpretadas por esta análise	Profundidade do topo rochoso	Profundo	Intermediário	Raso a sub aflorante
	Espessura de materiais inconsolidados	Espesso	Intermediário	Delgado a inexistente
	Grau de escavabilidade	Pouco resistente	Resistência média	Muito resistente
Registros de processos geológicos	Potencial a erosão linear (induzida)	Médio a alto	Médio a alto	Médio a baixo
	Potencial a movimentos gravitacionais de massa	Baixo	Médio a Alto	Alto

Fonte: Zaine (2011).

Na descrição da Matriz 3 (Figura 4), os elementos analisados são as feições lineares de relevo e drenagem, na forma de lineações e alinhamentos de relevo, que são os traços que aparecem na imagem como linhas que demarcam a intersecção dos planos contidos nas rochas com a superfície do terreno. As linhas com destaque na topografia representam feições positivas, como uma crista alinhada ou uma saliência na vertente. Também devem ser observadas e registradas linhas que assinalam reentrâncias, ou seja, feições negativas, como os planos entre as camadas ou bandas litológicas, de foliação metamórfica e alinhamentos de drenagem. Os traços em reentrâncias do relevo e drenagens podem representar planos contatos litológicos ou fraturas.

É importante destacar que, nesse tipo de investigação, o fotointérprete deve definir e seguir o padrão estrutural geral da área ou o tipo de terreno geológico que está sendo analisado.

Tal análise parte do pressuposto de que descontinuidades existentes nas rochas, ou entre elas (contatos litológicos, planos entre camadas, foliação e fraturas) correspondem a linhas de fraqueza ou de menor resistência à erosão, associadas a feições reentrantes no relevo, quebras negativas na declividade das encostas e drenagens alinhadas.

Os desenhos apresentados foram inspirados em publicações anteriores, como Miller (1961), Howard (1967), Soares e Fiori (1976), Loczy e Ladeira (1976).

Os atributos analisados são os seguintes:

a) Tropia – termo utilizado para analisar a organização dos elementos texturais de drenagem e relevo, que se desenvolvem segundo uma direção preferencial. Essa classificação visa identificar terrenos geológicos com diferentes estruturas, ou seja, facilita a definição do padrão de orientação das rochas e geometria das camadas. As quatro classes propostas variam entre não orientada, que pode ser relacionada a áreas de rochas sedimentares, até muito orientada, associada a faixas metamórficas dobradas.

b) Assimetria – representada por feições de relevo e de drenagem, que correspondem à geometria das camadas, e também pode ser dividida em quatro classes: muito assimétrico, para camadas sub-horizontais, a simétrico, característico de corpos verticais.

c) Regra dos Vs – segue os modelos apresentados por Loczy e Ladeira (1976), juntamente com assimetria de relevo e drenagem, e que determinam a posição espacial dos planos de camadas, ou seja, a atitude das camadas (direção e rumo do mergulho). Os três pontos extremos da letra “V” definem o plano da camada. Os blocos-diagramas mostram quatro situações básicas, a partir da intersecção das camadas com a superfície topográfica. O traço sinuoso das camadas, acompanhando as curvas de nível, representa camadas horizontais; para mergulhos a montante e a jusante, com o vértice do “v”, na linha de talvegue, apontando para o rumo do mergulho. Na quarta situação, mostra o traço retilíneo de camadas verticais.

d) Sinuosidade – simboliza o reflexo do padrão estrutural impresso nas rochas na superfície do terreno, ou seja, a rede de drenagem é condicionada pelos planos de fraqueza (contatos litológicos, planos de foliação e fraturas). Os desenhos apresentados buscam mostrar situações correspondentes a áreas sem controle de planos de estruturas geológicas, onde se desenvolve um traçado da rede de drenagem em padrões curvos ou dendríticos; mistos, evidenciando alguns planos de descontinuidade; retilíneos não paralelos e espaçados, indicando um padrão de fraturamento e, finalmente, um padrão retilíneo paralelo e adensado, controlado por planos de foliação metamórfica e fraturas.

e) Padrões reconhecidos e anomalias – correspondem a feições geológicas clássicas, bem descritas e conhecidas na literatura (MILLER, 1961; HOWARD, 1967; SOARES; FIORI, 1976), com leitura e associação direta com estruturas como dobras, domos e falhas.

As propriedades interpretadas nessa análise (Matriz 3 da Figura 4) classificam a forma de ocorrência dos planos de estratificação (entre camadas) e de foliação metamórfica, desde o adensamento e o espaçamento das estruturas, as variações na composição e estrutura, visando classificar e separar unidades de materiais homogêneos daquelas com heterogeneidades, como rochas foliadas, marcadas em foto por muitas lineações de relevo e drenagem.

Ainda por meio das estruturas, é possível utilizar uma classificação para o comportamento mais plástico (dúctil) ou rúptil, com base na análise da tropia, sinuosidade e grau de fraturamento, ou seja, separando rochas deformadas, com dobras, de rochas muito fraturadas. Essa última interpretação pode apontar um grau de permeabilidade fissural do maciço. A mesma linha de análise e extrapolações permite indicar unidades com possibilidade de ocorrência de processos de queda de blocos, a partir de observação do grau de fraturamento. Nesse caso, além de observações de campo, devem ser consideradas informações da análise de relevo.

#### 4) Análise complementar (tonalidades, uso do solo e processos geológicos)

A Matriz 4 (Figura 4) apresenta alguns elementos que podem ser utilizados na análise fotogeológica de forma complementar, considerando-se os diferentes tipos de cobertura vegetal e de uso do solo, texturas expostas à superfície do terreno e de componentes naturais e construídos por cima.

É importante destacar que, como os elementos de análise estão na superfície do terreno, os elementos antrópicos, como plantações, limites de propriedades e movimentos de terra etc. devem ser filtrados. Os contrastes mais marcantes de tonalidade derivam dos diferentes tipos de vegetação arbórea, arbustiva e rasteira (nativa ou plantada) e das intervenções antrópicas. Os tons de cinza nas fotos preto e branco devem fornecer algumas informações do meio físico, sendo que a análise e a interpretação devem considerar e interagir com atributos mencionados nos quadros anteriores.

Na Matriz 4, além dos tons de cinza ou cores (fotos coloridas), também a vegetação e o uso do solo, além de feições geológicas constituem elementos de análise.

Com relação aos elementos do meio físico, as variações nos tons de cinza dependem da qualidade e quantidade de luz refletida pelas diversas feições do terreno (RICCI; PETRI, 1965; RÖMER, 1969), permitindo, assim, classificar alguns tipos de solos, principalmente em áreas expostas ou com vegetação rasteira (pastagem).

A presença de água da superfície ou no solo pode ser interpretada por tons mais claros para solos secos. Comparativamente, os solos úmidos mostram tonalidades de cinza-médio, ou seja, mais escuros que os da classe anterior. Para os tons escuros a pretos, pode ser atribuída a existência de corpos d'água, com ressalva às superfícies que refletem diretamente os raios solares e apresentam tons claros a brancos.

A interpretação de alguns tipos de solos é possível em áreas que exibem tênues contrastes de tons de cinza mais claros em solos ácidos ou arenosos, resultante da maior reflexão dos raios solares, e de tons cinza-médios em solos básicos ou argilosos, os quais podem ser mais úmidos.

Figura 4. Matrizes 3 e 4 de Análise das estruturas geológicas e Análise complementar.

3. Análise das estruturas geológicas		CLASSES			
Elementos de análise	Linhas de rupturas de declive (positivas = proeminentes; negativas = reentrâncias) Lineações e alinhamentos de relevo (traços de foliação e camadas), drenagem e traços de fratura				
Critérios de análise	a) Tropa	Não orientada 	Pouco orientada 	Orientada 	Muito orientada 
	b) Assimetria de relevo e drenagem (geometria das camadas)	Muito assimétrico 	Assimétrico 	Pouco assimétrico 	Simétrico 
	c) Regra dos Vs	Horizontal a sub 	Mergulho p/ montante 	Mergulho p/ jusante 	Vertical a sub 
	d) Sinuosidade* (drenagem)	Curvos/dendríticos 	Mistos 	Retilíneos não paralelos/espaçados 	Retilíneos paralelos/adensados 
	e) Padrões reconhecidos e anomalias	Identificar e descrever. Associar à modelos geológicos já conhecidos. <small>*Consultar quadros Howard (1967); Soares e Fiori (1976); Nunes et. al. (1995)</small>			
Propriedades a serem interpretadas	Planos de estratificação e foliação metamórfica	Ausentes a pouco marcantes	Espaçados	Adensados	
	Composição e estrutura	Homogênea	Mista	Heterogênea	
	Plasticidade/ruptibilidade (foliação x fraturas)	-	Rúptil	Dúctil	
	Grau de faturamento	Baixo	Médio	Alto	
Permeabilidade Fissural	Baixa	Média	Alta		
APLICAÇÕES Informações interpretadas por esta análise	Partição em blocos: possibilidade de queda de blocos	Baixa	Média	Alta	

4. Análise complementar		CLASSES		
Elementos de análise	Tons de cinza ou coloração; vegetação e uso do solo; feições de processos geológicos			
Critérios de análise	Tons de cinza *	branco a cinza claro	cinza médio	cinza escuro a preto
	Coloração*	Claros, amarelados, róseos		Verdes escuros a pretos
Propriedades a serem interpretadas	Solos derivados de rochas básicas/ácidas ou arenosas/argilosas	Solos ácidos/ arenosos	Solos básicos/argilosos	
	Presença de água/umidade no solo	Solos secos	Solos úmidos	Corpos d'água**
	Cobertura vegetal	Sem vegetação a pastagem	Rasteiras e arbustivas	Arbóreas (florestas e reflorestamento)
APLICAÇÕES Informações interpretadas por esta análise	Solo exposto	Presente		Ausente
	Afloramentos e blocos rochosos	Presente		Ausente
	Presença de N.A. raso/aflorante	Profundo (> 5m)	Variável	Raso (aflorante < 2m)

\* A análise deve considerar os diferentes tipos de uso do solo.  
\*\* Corpos d'água podem apresentar tons claros quando ocorre a reflexão da luz.

Fonte: Zaine (2011).

## **Compartimentação fisiográfica do município de Poços de Caldas**

Os procedimentos de fotogeologia em estudos de compartimentação fisiográfica configuram uma proposta metodológica, proposta por Zaine (2011), sintetizada em forma de quadros de análise e interpretação de imagens aéreas, podendo ser utilizada em trabalhos de cartografia de unidades homogêneas de terreno.

Nesse período, vários exemplos de aplicação do método em diferentes situações, com o desenvolvimento de projetos e pesquisas, em conjunto com alunos de graduação e pós-graduação da Unesp/Rio Claro. São trabalhos com diferentes propósitos, desde cartografia geotécnica e geoambiental, voltados para planejamento territorial (Zaine, 2011; Tinós, 2011; Diniz et al., 2016; Amorim et al., 2017; Rodrigues et al., 2015; Rodrigues, 2018), estudos específicos para avaliação de processos erosivos (Zaine et al., 2015a; 2015b; Rodrigues et al., 2014), além de estudos em obras lineares (Rodrigues; Zaine, 2013; Rodrigues et al., 2014; Coelho et al., 2016).

Um exemplo da aplicabilidade do método refere-se a um ensaio de aplicação realizado em Poços de Caldas, (MG). O município mineiro foi escolhido como área de estudo dada à especificidade e à geodiversidade, marcada pelo contraste entre as rochas pré-cambrianas e o espetacular registro de uma grande estrutura circular, reflexo das raízes de antigo vulcão, representado por rochas ígneas alcalinas mesozoicas, que se destacam no relevo da região, assinalando um contexto geológico e geomorfológico muito diversificado. Relevos com declividades contrastantes e desníveis marcantes são, ao mesmo tempo, atrativos geoturísticos e elementos restritivos para algumas formas de crescimento que envolvam intervenções e obras com escavações e movimentos de terra em geral.

Para conviver com esses desafios, o poder público local busca a solução para os problemas existentes no município, por intermédio do melhor conhecimento acerca das características e especificidades do seu meio físico. O grande desafio é transformar as informações técnicas e científicas em instrumentos de planejamento e gestão. Dessa forma, a elaboração de produtos cartográficos e relatório, partindo da integração de numerosas informações de natureza geológico-geotécnica, visa fornecer ao gestor público o suporte adequado ao desenvolvimento em equilíbrio com a natureza.

Para ilustrar este exemplo, são apresentados alguns produtos, com destaque para o mapa, denominado geológico-geotécnico (Figura 5) e o perfil topográfico, com seção geológica (Figura 6), produto da aplicação do método. O território do município de Poços de Caldas foi compartimentado em 15 unidades geológico-geotécnicas. Para a contextualização regional geológica e geomorfologia, essas unidades foram agrupadas em três zonas/subzonas de relevo, denominadas: a) Subzona do Planalto do Maciço Alcalino Interno; b) Subzona da Serra Anelar, e c) Zona do Planalto do Maciço Cristalino.

As principais características fotogeológicas das 15 unidades descritas são apresentadas na legenda do mapa e detalhadas na forma de pranchas ilustradas com a representação no mapa, seções esquemáticas representativas das características do relevo e do substrato geológico, perfil do solo ou perfil de alteração, além de fotos da paisagem e de detalhe (Zaine, 2011). Dentro do contexto metodológico, foco principal deste texto, são apresentadas duas pranchas ilustrativas entre as 15 unidades, exemplificando a visualização dos componentes do meio físico dentro da sistemática proposta.

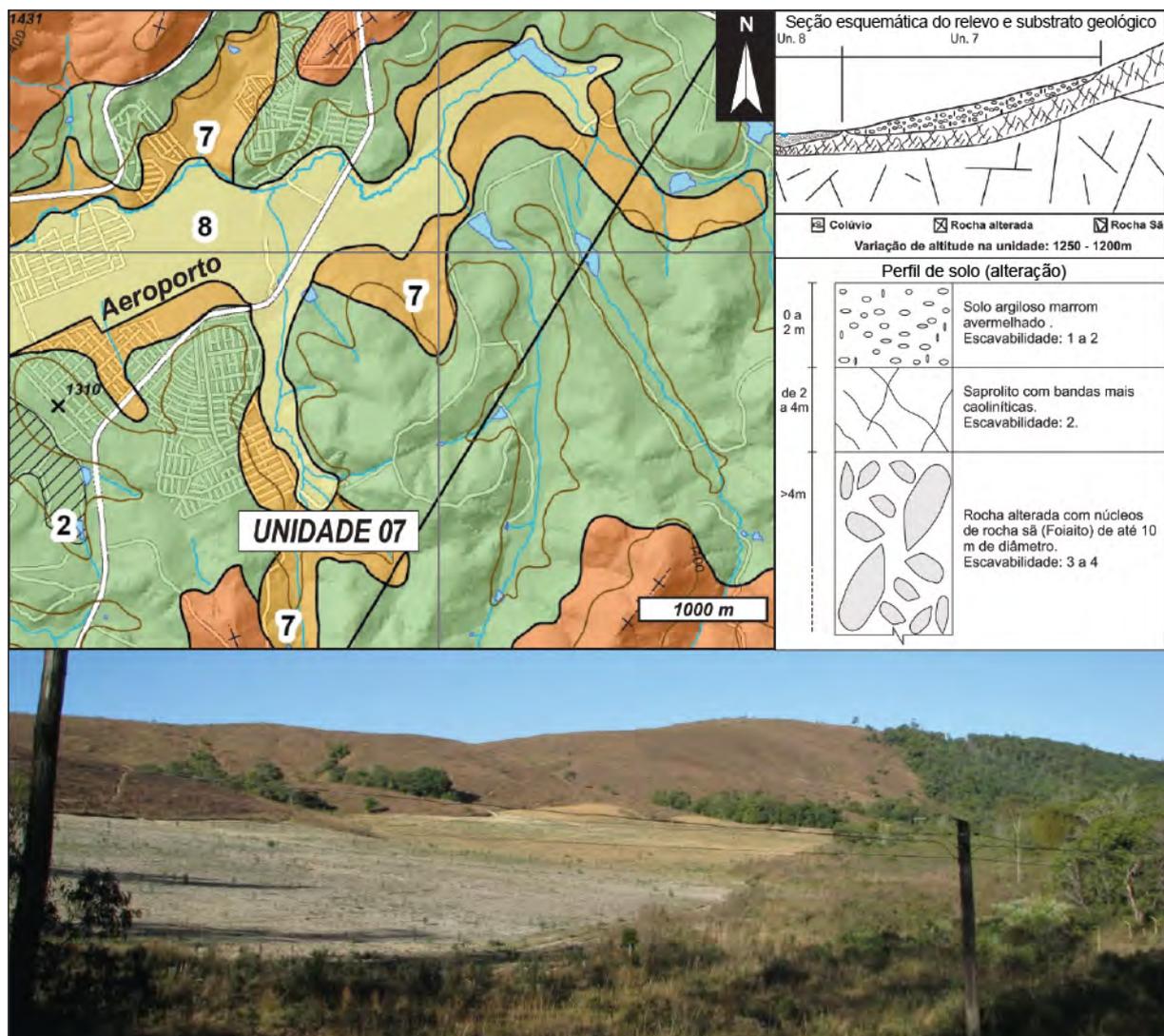


As duas unidades escolhidas, unidades 7 e 10, estão localizadas na Zona de Relevo do Planalto do Maciço Alcalino, nas Subzonas do Planalto Interno e da Serra Anelar. Apresentam contrastes pelo fato de a unidade 7 ser composta por materiais alterados e a unidade 10, essencialmente: rochosa.

As Figuras 7 e 8 foram organizadas, de forma a demonstrar a visualização integrada das informações, desde a disposição espacial das unidades no mapa, as características do relevo e a projeção em subsuperfície da disposição das rochas e do solo, dentro do propósito do método de análise integrada.

Associados às Figuras 7 e 8, estão os respectivos quadros da aplicação do método de fotogeologia para análise e interpretação fotogeológica, que pode ser organizada critério a critério, conforme apresentado por Zaine (2011), ou de forma sintética, como ilustrado nesse texto (Quadros 2 e 3).

**Figura 7.** Características da unidade geológico-geotécnica 7 - Rampas colúvio-aluviais.

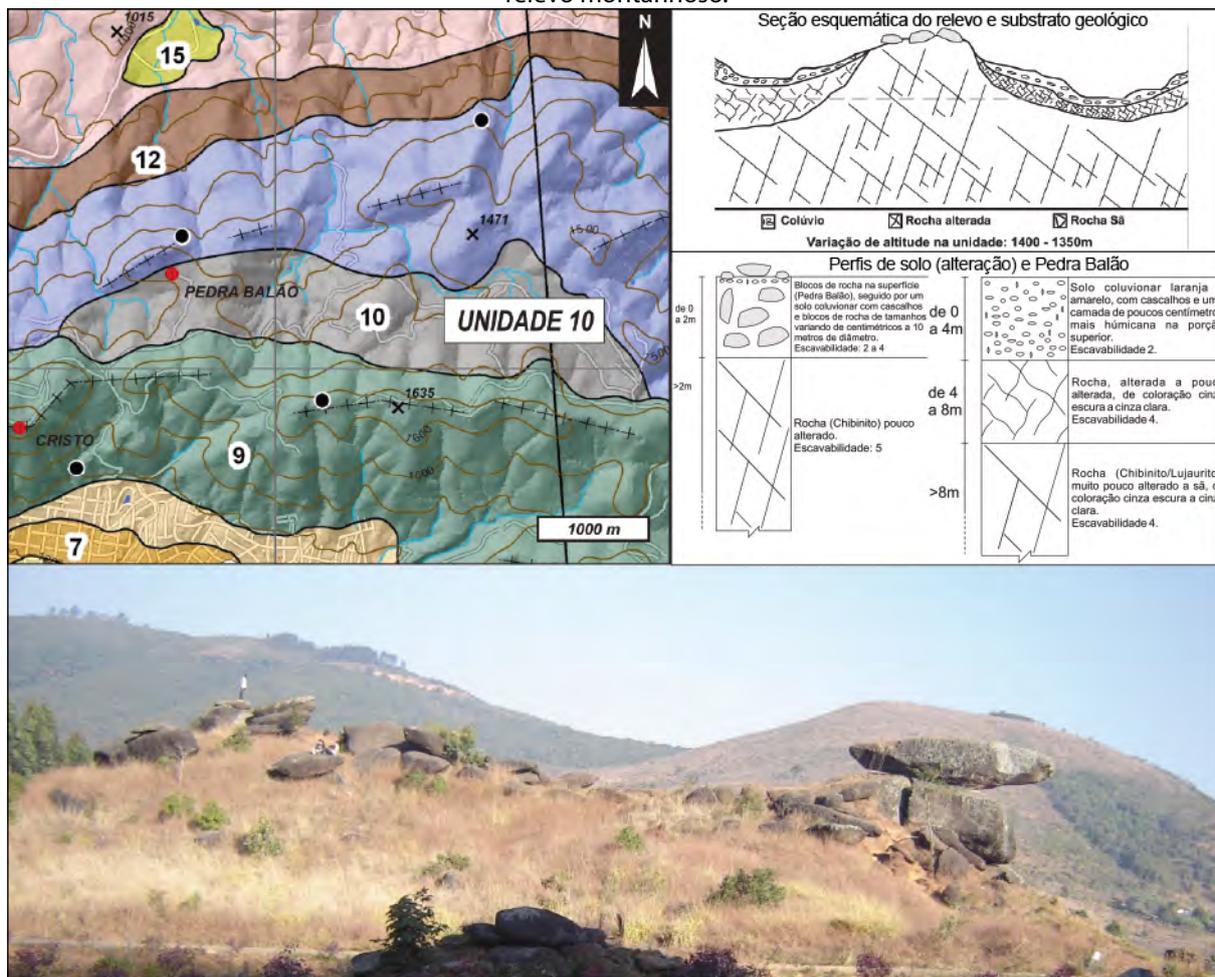


Fonte: Zaine (2011).

**Quadro 2.** Caracterização fotogeológica da Unidade 7 - Rampas colúvio-aluviais.

Critérios de análise fotogeológica	Interpretação fotogeológica das propriedades das rochas e informações aplicadas
<p>Baixa densidade textural, baixas amplitude e declividade, encostas convexas, vales abertos e topos aplainados. Tropia não orientada, relevo assimétrico e tons de cinza claros.</p>	<p>Por conta dessas características e classificação, pode ser associada a materiais com alta permeabilidade intergranular, com maior infiltração de águas no solo, perfis de solos mais profundos, ou maior espessura de materiais inconsolidados. Como informações aplicadas, as intervenções e obras não encontrarão dificuldade para as escavações, com nível de água subterrânea profundo.</p>

**Figura 8.** Características da unidade geológico-geotécnica 10 - Rochas alcalinas grossas em patamar de relevo montanhoso.



Fonte: Zaine (2011).

**Quadro 3.** Caracterização fotogeológica da Unidade 10 - Rochas alcalinas grossas em patamar de relevo montanhoso.

Critérios de análise fotogeológica	Interpretação fotogeológica das propriedades das rochas e informações aplicadas
<p>Média a alta densidade textural, alta amplitude e declividade, perfil misto de encostas, vales fechados e topos arredondados. Presença de blocos rochosos na superfície (feições particulares). Tropia não orientada e sinuosidade mista.</p>	<p>Por conta dessas características e classificação, pode ser associada a uma unidade com rochas aflorantes ou com solos rasos, com alta resistência à erosão, permeabilidade associada a fissuras e pouca infiltração de águas no solo. Sem uma direção preferencial de orientação, característica das rochas ígneas e com algumas drenagens condicionadas por fraturas.</p>

## Considerações finais

Ao reapresentar os quadros de análise e interpretação fotogeológica, propostos por Zaine (2011), este texto discute, interrelaciona e demonstra a viabilidade de utilização de métodos de fotogeologia em trabalhos de compartimentação fisiográfica.

A coleta e a análise sistemática dos elementos de drenagem, relevo e estruturais possibilitam, pela associação de atributos, interpretar as propriedades dos materiais e rochas, assim como apresentar e espacializar, na forma de um mapa de compartimentos fisiográficos, algumas informações contidas nas unidades homogêneas. Tais análises e interpretações permitem fazer inferências sobre características geológicas e comportamentos geotécnicos das rochas e materiais, uma informação muito valiosa para estudos geoambientais e de planejamento territorial.

Ao final deste texto, pode-se fazer uma reflexão e reafirmação acerca da real necessidade e importância da utilização de fotografias aéreas com estereoscopia ou de outras ferramentas que permitam a visualização em três dimensões nos mais diversos estudos na área das geociências, cujo caminho ou método foi aqui apresentado.

## Referências

- Aitchison, G. D.; Grant, K. The P.U.C.E. Programme for terrain description, evaluation and interpretation for engineering purposes. In: Regional conference in africa on soil mechanics and foundation engineering, 4, Cidade do Cabo, 1967. **Proceedings...** v. 1, p. 1 – 8, 1967.
- Amorim, D. G. A.; Zaine, J. E.; Rodrigues, F. H. Avaliação de suscetibilidade à erosão e movimentação gravitacional de massa no Parque Estadual do Juquery, Franco da Rocha (SP). **Geologia USP, Série Científica**, v. 17, n. 2 p. 3 – 21, 2017.
- Bourne, R. **Regional Survey and its Relation of Stocktaking of Agricultural and Forest Resources of the British Empire**. Ox. For. Mem., v. 13, [s.p.], 1931.
- Cendrero, A. Mapping and evaluation of coastal areas for planning. **Ocean & Shoreline Management**, v. 12, p. 427-462, 1989.
- Coelho, J. O. M.; Zaine, J. E.; Rodrigues, F. H. Análise Fisiográfica, a partir de Técnicas de Fotointerpretação, Aplicada ao Mapeamento Geológico-Geotécnico de Obras Rodoviárias. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 68, n. 10, p. 2063 – 2082, 2016.
- Cooke, R. U.; Brunsden, D.; Doorkamp, J. C., D. K. C. Jones. **Urban Geomorphology in Drylands**. Oxford: Oxford University Press, 1982. 323 p.
- Dantas, M. E.; Armesto, R. C. G.; Silva, C. R.; Shinzato, E. Geodiversidade e análise da paisagem: uma abordagem teórico-metodológica. **Terræ Didática**, Campinas, v. 11, n. 1, p. 4-13, 2015.
- Davis, W. M. The Geographical Cycle. **Geographical Journal**, v. 14, n. 5, p. 481-504, 1899.
- Diniz, N. C. Cartografia geotécnica por classificação de unidades de terreno e avaliação de suscetibilidade e aptidão. **Revista Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental**, v. 2, n. 2, p. 29-78, 2012.
- Diniz, T. D.; Zaine, J. E.; Rodrigues, F. H. Compartimentação fisiográfica aplicada ao mapeamento em detalhamento progressivo do núcleo urbano central de Ilhabela-

- SP. **Geologia USP. Série Científica**, v. 16, n. 3, p. 57, 2016
- Fookes, P. G.; Gray, J. M. Geomorphology e civil engineering. In: GARDINER, V. (ed.). **International Geomorphology**, v. 1, p. 83 – 105, 1987.
- Franco, G. B.; Marques, E. A. G.; Calijuri, M. A.; Gomes, R. L. Cartografia Geotécnica: Estágio Atual do conhecimento. **Caminhos da Geografia**, v. 11, n. 35, p. 158 – 172, 2010.
- George, T. S. **Minamata**: Pollution and the struggle for democracy in postwar Japan. Cambridge: Harvard University Press, v. 194, 2002. 385 p.
- Gilbert, G. K. **The Geology of the Henry Mountains**. Washington: Government Printing Office, 1877. 213 p.
- Grant, K. Terrain evaluation: a logical extension of Engineering Geology. In: International congress of the international association of engineering geologists, 1, Paris, 1970. **Proceedings...**, v. 2, p. 971-980, 1970.
- Grant, K. The PUCE Programme for terrain calculation for engineering purposes. Part 2. Procedure For Terrain Classification, **Technical Paper**, N. 19, 1974.
- Griffiths, J. S.; Stokes, M.; Stead, D.; Giles, D. Landscape evolution and engineering geology: Results from IAEG Commission 22. **Bulletin of Engineering Geology and the Environment**, v. 71, n. 4, p. 605–636, 2012.
- Guy, M. Quelques principes e quelques experiences sur la methodologie de L a photo-interpretation. In: Symposium international de photo-interpretation, 2, Paris, 1966. **Acte...** Paris, v.1, p.21-41, 1966.
- Herbertson, A. J. The major natural regions: an essay in systematic geography. **The Geographical Journal**, v. 25, n. 3, p. 300-310, 1905.
- Ihering, H. A Ilha de São Sebastião. **Revista do Museu Paulista**, São Paulo, v. 2, p. 129–171, 1897.
- Imura, H.; Schreurs, M. A (ed.). **Environmental policy in Japan**. Northampton (Inglaterra): Edward Elgar Pub., 2005. 406 p.
- Lollo, J. A. **O uso da técnica de avaliação do terreno no processo de elaboração do mapeamento geotécnico**: sistematização e aplicação na quadrícula Campinas. 2 v. Tese (Doutorado em Geotecnia) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1995.
- Meijerink, A. M. J. Data acquisition and data capture through terrain mapping units. **ITC Journal**, p. 23 – 44, 1988.
- Pejon, O.J.; Zuquette, L.V. Mapeamento geotécnico regional na escala 1:100.000: considerações metodológicas. **Revista do Instituto Geológico**, v. 16, n. especial, p. 23 – 29, 1995.
- Penck, W. **Morphological Analysis of Land Forms**. Londres: Macmillian and Co., 1953.
- Ray, R. G. **Aerial photographs in geological interpretation and mapping**. [tradução de Jesuino Felicíssimo Júnior]. São Paulo: Instituto Geográfico e Geológico do Estado de São Paulo, 88 p., 1963.
- Riedel, P. S. **Estudo das coberturas de alteração de parte do centro leste paulista através de dados de sensoriamento remoto**. 1988. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 1988.
- Rivereau, J. C. Curso de fotointerpretação: notas de aulas. **Serie Didática**. Brasília, Departamento de Geociências - UNB, n. 4, 1972, 128p.
- Rodrigues, F. H.; Zaine, J. E. Mapeamento Geológico-Geotécnico da Estrada de Castelhanos,

- Ilhabela (SP). **Revista Brasileira de Geologia de Engenharia e Ambiental**, v. 3, 1, p. 159 – 172, 2013.
- Rodrigues, F. H.; Zaine, J. E.; Diniz, T. D.; Coelho, J. M.; Giordano, L. C.; Reis, F. A. G. V. Análise Geomorfológica e Caracterização das Unidades de Terreno da Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Roque (SP). In: Congresso brasileiro de geologia de engenharia e ambiental, 15, Bento Gonçalves, RS, 2015. **Anais...Bento Gonçalves**, RS: ABGE, 2015. v. único.
- Rodrigues, F. H.; Coelho, J. M.; Santos, F. S. M.; Amaral, A. M. C.; Zaine, J. E. Avaliação da Possibilidade de Erosão Natural e Induzida na Bacia Hidrográfica do Ribeirão das Pedras, Quirinópolis (GO). **GEOCIÊNCIAS (São Paulo. Online)**, v. 33, p. 339-359, 2014.
- Rodrigues, F. H. **Estudo da geodiversidade da região norte da Ilha de São Sebastião (SP): uma proposta de mapeamento geoambiental aplicado à estratégia de geoconservação**. 273 p. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2018.
- Ross, J. L. S. O Registro Cartográfico dos Fatos Geomórficos e a Questão da Taxonomia do Relevo. **Revista do Departamento de Geografia da Universidade de São Paulo**, 6. ed., 1992.
- Ross, J. L. S. Análise e sínteses na abordagem geográfica da pesquisa para o planejamento ambiental. **Revista do Departamento de Geografia da Universidade de São Paulo**, v. 9, n.1, p.65-75, 1995.
- Sanejouand, R. **La cartographie géotechnique en France**. Paris: Ministère de l'équipement e du logement, 1972.
- Soares, P. C.; Fiori, A. P. Lógica e sistemática na análise e interpretação de fotografias aéreas em geologia. **Notícia Geomorfológica**, v. 16, n. 32, p. 71–104, 1976.
- Thomas, W. L. Introductory. **Annals of the Association of American Geographers**. Oxford: Taylor & Francis, Ltd. v. 49, n. 3. p. 1 – 7, 1959.
- Tinós, T. M. **Mapeamento geológico-geotécnico a partir de metodologia de análise integrada: ensaio de aplicação no município de Poços de Caldas - MG**. Dissertação (Mestrado em Geociências e Meio Ambiente) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2011.
- Vedovello R.; Mattos, J. T. de. A utilização de Unidades Básicas de Compartimentação (UBCs) como base para a definição de Unidades Geotécnicas. Uma abordagem a partir do Sensoriamento Remoto. In: Simpósio brasileiro de cartografia geotécnica, 3., Florianópolis, 1998. **Anais ... Florianópolis**: ABGE, 1998. CD-ROM.
- Vedovello, R (relator). Aplicações da Cartografia Geotécnica e Geoambiental. 5º Simpósio Brasileiro de Cartografia Geotécnica e Geoambiental, Mesa Redonda, Tema 6, 2004. São Carlos, SP, In: Pejon, O. J.; Zuquette, L. V. (ed.) **Conhecimento do Meio Físico: Base para a Sustentabilidade**. São Carlos, SP: Suprema Gráfica Editora Ltda., p. 337 – 342, 2004.
- Vedovello, R. Análise comparativa da técnica de compartimentação fisiográfica de terrenos, por sensoriamento remoto e com a obtenção de unidades básicas de compartimentação fisiográfica de compartimentação (UBCs), em três diferentes regiões do estado de São Paulo. In: Congresso brasileiro de geologia de engenharia e ambiental, 12, Ipojuca, PE, 2008. **Anais... Ipojuca**, PE: ABGE, 2008. CD-ROM.
- Veneziani, P.; Anjos. C. E. **Metodologia de interpretação de dados de sensoriamento remoto e aplicações em geologia**. São José dos Campos: INPE, 1982.

- Wolf, E. R. General and Theoretical: Man's Role in Changing the Face of the Earth. (William L. Thomas, Jr). **American Anthropologist**, v. 59, n. 6, p. 1089 –1091, 1957.
- Zaine, J.e. **Mapeamento geológico-geotécnico por meio do método do detalhamento progressivo: ensaios de aplicação na área urbana do Município de Rio Claro (SP)**. 2000. Tese (Doutorado em Geociências e Meio Ambiente) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2000.
- Zaine, J. E. **Método de Fotogeologia Aplicado a Estudos Geológico-Geotécnicos**: Ensaio em Poços de Caldas, MG. Tese (Livre-docência) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2011.
- Zaine, J. E. (A); Rodrigues, F. H.; Cerri, L. E. S.; Augusto Filho, O.; Giordano, L. C.; Reis, F. A. G. V. Avaliação dos Processos Geológicos Exógenos na Bacia do Ribeirão Tamanduá, São Paulo. In: Simpósio brasileiro de cartografia geotécnica e geoambiental, 9, Cuiabá, MT, 2015. **Anais...** Cuiabá, MT: ABGE, 2015. v. único.
- Zaine, J. E. (B); Rodrigues, F. H.; Diniz, T. D.; Cerri, L. E. S.; Augusto Filho, O.; Giordano, L. C.; Reis, F. A. G. V. Mapeamento das Unidades do Terreno da Bacia Hidrográfica do Rio Claro (SP). In: Simpósio brasileiro de cartografia geotécnica e geoambiental, 9, Cuiabá, MT, 2015. **Anais...** Cuiabá, MT: ABGE, 2015. v. único.
- Zuquette, L. V. **Análise crítica da cartografia geotécnica e proposta metodológica para as condições brasileiras**. Tese (Doutorado em Geotecnia) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1987.
- Zuquette, L. V. **Importância do mapeamento geotécnico no uso e ocupação do meio-físico**: fundamentos e guia para elaboração. Tese (Livre Docência) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1993.
- Zuquette, L. V. Um Breve Relato sobre a Geologia de Engenharia. **Revista Brasileira de Geologia de Engenharia**, v. 1, ed. especial, p. 41 – 55, 2011.
- Zuquette, L. V. Cartografia Geotécnica e Geoambiental e as Novas Perspectivas para o Planejamento Territorial. In: Simpósio brasileiro de cartografia geotécnica e geoambiental, 9, Cuiabá, MT, 2015. **Anais...** Cuiabá, MT: ABGE, 1 CD-ROM. 2015.
- Zuquette, L. V.; Gandolfi, N. **Cartografia Geotécnica**. São Paulo: Oficina de Textos, 2004.
- Zuquette, L. V.; Nakazawa, V. A. Cartas de Geologia de Engenharia. In: OLIVEIRA, A. M. S.; BRITO, S. N. A. (Eds.). **Geologia de Engenharia**. cap. 17, p. 283-300. São Paulo: ABGE, 1998.

# ESTADO AMBIENTAL DAS UNIDADES FÍSICO NATURAIS SOB A PERSPECTIVA GEOECOLÓGICA: REGIÃO DA BAIXADA SANTISTA-SP

Regina Célia de Oliveira<sup>1</sup>

Marcelo da Silva Gigliotti<sup>2</sup>

André do Santos Ribeiro<sup>3</sup>

**RESUMO:** Diante da crise ambiental contemporânea, estudos buscam compreender a complexa relação entre a organização e a dinâmica natural das paisagens frente a ocupação, usos e impactos antropogênicos. Neste cenário, o paradigma sistêmico e a geoecologia das paisagens formaram um dos conjuntos teórico-metodológicos que permitem análises espaciais e ambientais. Estas concepções, com foco nas relações da paisagem, consolidaram-se como métodos de delimitação e caracterização funcional dos componentes físico-naturais, em parte possibilitadas pela evolução da computação, principalmente dos Sistemas de Informação Geográfica. Tais concepções e ferramentas formaram recursos importantes para identificação de unidades físico-naturais e para compreensão dos processos modificadores dos sistemas naturais, cada vez mais intrincados aos usos antrópicos, com variações de estado dos ambientes como consequência. Neste sentido, o tipo e grau da atividade humana e as propriedades intrínsecas dos sistemas naturais em um dado momento formam as propriedades fundamentais do estado ambiental. A diagnose destas relações é importante por fornecer uma visão de conjunto que pode subsidiar o planejamento ambiental e a gestão dos territórios. Baseado em tais concepções, pretende-se diagnosticar o estado ambiental das unidades físico-naturais da Baixada Santista – SP, buscando evidenciar os componentes naturais em sua dinâmica funcional, em interação com os usos e impactos antropogênicos. Esta região tornou-se objeto de interesse pela intensa pressão sobre extensas áreas que preservam características naturais fundamentais, com dinâmicas físico-naturais muito diferentes em duas zonas distintas: a planície costeira, formada pela deposição de sedimentos em relevo essencialmente plano e sujeita a processos marinhos, contraposta às zonas serranas, marcadas pela grande variedade litológica, pelas bruscas variações altimétricas em vertentes íngremes, onde atuam processos continentais. Por todo exposto, foi realizada a síntese dos sistemas naturais em unidades físico-naturais, deste que

---

1 Doutorado, Professora do Departamento de Geografia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual de Campinas. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3506-5723>. E-mail: regina5@unicamp.br

2 Doutorado, Professor colaborador do Departamento de Geografia do Instituto de Geociências da Universidade Estadual de Campinas. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4478-1035>. E-mail: mgigliot@unicamp.br; gigliotti.marcelo@gmail.com

3 Doutorado, Professor assistente da FAI - Centro de Ensino Superior em Gestão, Tecnologia e Educação; Professor da Educação Básica da Prefeitura Municipal de Pouso Alegre-MG. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5793-5585>. E-mail: andre.santosribeiro@yahoo.com.br

é o trecho com maior extensão de paisagens preservadas do Estado de São Paulo, além da apreensão da atuação antrópica na dinâmica destas unidades.

## **Introdução**

A mais de um século cientistas e especialistas debatem sobre como dirigir sustentavelmente o processo de ocupação e de assimilação dos recursos naturais diante da crise ambiental, agravada em décadas recentes (RODRIGUEZ e SILVA, 2013). Diante deste panorama, informações sobre as características dos geossistemas e sobre o estado ambiental são essenciais para definição de estratégias de desenvolvimento sustentável, para o planejamento ou mesmo para a gestão ambiental (MANENT, SANTANA e LINARES, 2014).

O entendimento do estado ambiental através da análise sistêmica dos fenômenos espaciais tem como base na identificação e estudo dos elementos ou componentes naturais e antrópicos, seus atributos e suas inter-relações.

No que se refere aos aspectos naturais, sintetizados nos geossistemas, de acordo com Cavalcanti (2013), existem diversas terminologias e concepções. Neste trabalho, adotou-se a visão policêntrica relacionada às escolas alemã e soviética, que partem dos conceitos de geossistemas (SOTCHAVA, 1977) e de paisagem (ISACHENKO, 1973).

Nos termos de Sotchava (1977), o geossistema trata de uma classe peculiar de sistemas abertos hierarquicamente organizados, desenvolvidas de acordo com os níveis segundo os quais atuam, cuja estrutura e peculiaridades espaciais são influenciadas por fatores econômicos e sociais.

No que se refere às escalas superiores, pertencentes a hierarquia regional, os geossistemas podem ser representados por meio das unidades físico-naturais a partir de uma compreensão lógica dos fatores bioclimáticos e geológico-geomorfológicos que determinam o processo de diferenciação paisagística neste nível (ISACHENKO, 1973).

É sobre estes conjuntos que historicamente atuam as transformações advindas das atividades humanas e, de acordo com Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2004), conforme o tipo e grau de impacto que tais atividades imprimem nos geossistemas, emerge o estado ambiental, perante a capacidade de reação e absorção das formações naturais.

Nesse sentido, o estado ambiental é composto por um conjunto de situações dos componentes inter-relacionados na paisagem e, conforme Manent, Santana e Linares (2014), tem uma manifestação espacial clara, que depende do tipo e grau da atividade humana, mas também das propriedades intrínsecas dos sistemas naturais nos quais tais atividades ocorrem. Trata-se de uma propriedade das entidades naturais modificadas pelas ações humanas ao longo do tempo e se expressa para determinado momento, conforme os autores.

No Brasil, as modificações decorrentes da atividade antrópica nos sistemas naturais distribuíram-se de forma relativamente concentrada no espaço e no tempo. No espaço sobretudo na faixa litorânea como resultado de uma inserção nas relações econômicas, sociais e políticas mundiais por via marítima. No tempo principalmente no período pós-colonização, com maior intensidade no último século pelo desenvolvimento urbano e industrial.

Na Baixada isto ocorreu com impulso da função portuária, em um cenário de aprofundamento do vínculo santista com a metrópole de São Paulo, cada vez integrada a

áreas mais longínquas do país e do exterior. O posterior incremento das funções industriais e turísticas guiou a expansão urbana e a formação e consolidação metropolitana santista.

A partir da expansão e da integração urbana, a Baixada Santista foi instituída região metropolitana pela Lei Complementar nº. 815 em 30 de julho de 1996 (SÃO PAULO, 1996), abrangendo cerca de 2.430 km<sup>2</sup> (IBGE, 2015), divididos em nove municípios: Peruíbe, Itanhaém, Mongaguá, Praia Grande, São Vicente, Santos, Cubatão, Guarujá e Bertioga. Tais municípios somam aproximadamente 1,8 milhão de pessoas (IBGE, 2019).

Em termos de dinâmica natural a paisagem regional é complexa, como é característico das regiões litorâneas, situada no contato entre os fatores morfogênicos relacionados ao continente e ao oceano, com erosão e sedimentação advindas do continente, resultantes da ação do clima, e com processos oceanográficos, como variação da maré, atuação das ondas e correntes marítimas. Isto sobre duas morfoestruturas diferentes, uma resistente com evolução conduzida principalmente por processos de caráter endogenético e outra formada pela sedimentação e relacionada principalmente a processos de caráter exogenético (GIGLIOTTI e OLIVEIRA, 2015).

Na porção mais continental da região se sobressai a grande muralha formada pela Serra do Mar, com cobertura vegetal densa, drenagem superficial abundante sobre um relevo esculpado pelos processos característicos de áreas de clima quente e úmido em rochas resistentes que exercem controle estrutural. Já na porção mais próxima do mar desenvolve-se a planície costeira em nível altimétrico ligeiramente elevado em relação ao mar, em material sedimentar originário de processos exógenos ao longo do Quaternário. A planície é interrompida em diversos pontos por morros destacados da Serra ao longo do processo de recuo erosivo. Grande quantidade de água precipita, escoar e acumula nesta planície em diversos rios e canais, com destaque para o estuário santista que individualiza as ilhas de São Vicente e Santo Amaro, circundados por extensos manguezais.

Neste cenário, a expansão urbana e industrial privilegiou ao longo da história as áreas de planície em oposição às encostas íngremes da Serra do Mar. Limitada de um lado pela linha de costa e de outro pela serra, a malha urbana integrou-se estendida linearmente fragmentada por morros residuais, rios, canais estuarinos e mangues e centralizou-se nos arredores do principal complexo portuário brasileiro, nos municípios de Santos, Guarujá, São Vicente, Praia Grande e Cubatão com maior concentração populacional e econômica.

Para Gigliotti e Oliveira (2015), a intensidade dos processos de uso e ocupação da Baixada resultou em diversos níveis de desequilíbrio no sistema ambiental, com impactos alarmantes como consequência. Afonso (2006) aponta a poluição do ar, a contaminação das águas por lançamento de efluentes domésticos ou industriais e a disposição de resíduos sólidos como problemas frequentes nas aglomerações urbanas regionais. Esses distúrbios agravam-se com a barreira física constituída pela Serra do Mar à circulação atmosférica e com a urbanização de ilhas e margens de canais estuarinos.

No entanto, apesar do grande contingente populacional, da intensa urbanização e concentração industrial em determinados trechos, as características naturais e a regulação dos usos e ocupação pela legislação contribuíram para manutenção de extensa cobertura vegetal, em encostas florestadas e em mangues e restingas na planície. A área mais extensa conservada na Baixada Santista está dentro dos limites do Parque Estadual da Serra do Mar, que muito contribuiu para a preservação da cobertura vegetal regional.

Portanto, trata-se de uma paisagem na qual trechos e fragmentos conservados contrastam com a diversidade e intensidade dos usos antrópicos, conotando um cenário de conflito proeminente. Neste cenário é possível vislumbrar a diversidade de estados ambientais das unidades físico-naturais, que possuem dinâmica intensa do ponto de vista natural e antrópico, ora densamente utilizadas, ora conservadas. A diagnose destas relações é importante por fornecer uma visão de conjunto que pode subsidiar o planejamento ambiental e a gestão dos territórios. Baseado em tais concepções, foi proposto o diagnóstico do estado ambiental das unidades físico-naturais da Baixada Santista – SP, evidenciando a relação dinâmica entre os componentes naturais e os usos e impactos antropogênicos, enfocando os aspectos histórico-transformativos.

### **Métodos e Técnicas da Pesquisa**

Como forma de sistematizar os procedimentos realizados a descrição dos métodos e técnicas foi dividida em três fases operacionais: de organização, de inventário e análise e de diagnóstico, como propuseram Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2004).

Na fase de organização, as unidades físico-naturais da Região Metropolitana da Baixada Santista foram propostas como objeto de estudo, nas quais, sob a ótica geossistêmica e geoecológica, foi analisado o estado ambiental.

Por sua vez, na fase de inventário e análise foi feito o levantamento da base cartográfica dos componentes naturais, a partir dos quais foi elaborado o mapa de unidades físico-naturais, e, após, o de uso e ocupação da terra, ambos em escala regional. O mapa de cobertura e uso da terra foi proposto a partir de uma perspectiva histórico-transformativa, que contou com uma produção cartográfica sobre a expansão urbana na Baixada, principal força modificadora das condições naturais.

Já na fase de diagnóstico foi proposta uma síntese quantitativa do estado ambiental conforme os percentuais de usos da terra por unidade físico-natural, considerado principal indicador da situação geoecológica, que permitiram discutir as classes estabelecidas Glazovskiy et al. (1999) adaptadas por Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2004).

A teoria geossistêmica de Sotchava (1977) foi a referência central na proposição das unidades físico-naturais da Região Metropolitana da Baixada Santista que representam a paisagem natural. Tais unidades representam, não apenas as formas e os limites, mas também as dinâmicas e conexões de seus elementos.

Deste modo, as unidades físico-naturais, parte integrante dos geossistemas, são caracterizadas pela sua dinâmica de processos relacionados aos fatores bioclimáticos, geológico-geomorfológicos. Com relação aos procedimentos operacionais para a identificação das unidades físico-naturais, considerando o modelo de carta de geossistema de Sotchava (1978), Cavalcanti (2014), adotou-se a proposta de Gigliotti (2018), com a identificação e delimitação considerando os elementos naturais como componentes invariáveis (sítios), com os elementos duradouros da paisagem: clima, geologia e geomorfologia; e como componentes variáveis (estados), compostos pela relação do solo com a cobertura vegetal.

Os componentes invariáveis por permanecerem por longo período são parâmetros de diferenciação e delimitação das unidades da paisagem. Deste modo, a delimitação das

unidades físico-naturais da Baixada ocorreu a partir da identificação dos sítios, propostos a partir da análise e classificação dos seguintes aspectos fisiográficos: Substrato (tipo, gênese e drenagem), forma de relevo e modo de migração, como estabelecido em Cavalcanti (2013).

O substrato, relacionado aos elementos geológicos, foi caracterizado pelo tipo de litologia: material in natura (rocha-matriz) ou material inconsolidado (sedimentos); e pela gênese e drenagem: denudacional (rochoso) ou transportada (aluvial, coluvial e eluvial).

A caracterização do substrato foi organizada a partir da reclassificação do mapeamento geológico e de formações superficiais de Suguio e Martin (1978), a partir da seleção das feições litológicas e da inclusão de novo atributo no SIG ArcGIS 10.6®.

Classificado o substrato, foram interpretados os compartimentos de relevo correlatos às feições litológicas, de acordo com proposto. Tais compartimentos correspondem à seção da vertente, conforme a organização em bacias hidrográficas e seus níveis altimétricos e de declividade, divididas em topo, encosta e leito. A metodologia de compartimentação pela seção da vertente, de Cavalcanti (2013), foi aplicada e adaptada à escala regional, evitando excessiva compartimentação, conforme proposto e discutido em Gigliotti (2018).

Após a delimitação das formas de relevo, foi feita a interpretação do modo de migração geoquímica para cada feição, que representa o fluxo de matéria e energia entre as formas de relevo, conforme Cavalcanti (2013) em: Eluvial; Eluvial-acumulativo; Transeluvial, Transeluvial Acumulativa; Transacumulativa; Acumulativa; Subaquosa.

A partir dos dados sobre a composição litológica e gênese, forma de vertente e migração geoquímica fez-se a partir de ferramentas de geoprocessamento a sobreposição dos dados espaciais pelo processo de downscaling (topo-base), realizado pela ferramenta *Union* do software Arcgis 10.6. O processo de downscaling, segundo Cavalcanti (2013), busca a delimitação das unidades maiores para unidades menores, partindo dos parâmetros de escala regional, como litologia, para componentes locais como forma de vertente.

Adiante, foi feita generalização das feições por dissolução, ferramenta *Dissolve* e a reclassificação das unidades físico-naturais a partir de um sistema de nomenclaturas representando o cruzamento estabelecido pela sobreposição.

Encerrando a etapa de inventário e análise, no que concerne às funcionalidades antrópicas, os usos da terra foram o indicador selecionado. Num primeiro momento foi feita a caracterização da evolução ao longo do tempo histórico, com enfoque no desenvolvimento mais recente, dos séculos XX e XXI, representado pelo mapeamento dos usos urbanos nos anos de 1962, 1975, 1985, 1995, 2005 e 2017. Para os mapeamentos dos anos de 1962 e 1975 foi feita interpretação visual de imagens de sensoriamento remoto e para os anos de 1985, 1995, 2005 e 2017 foram utilizados dados do Projeto MapBiomas (2018). No que se refere aos núcleos urbanos iniciais as referências foram Afonso (2006), Instituto Pólis (2013), Serviço de Discriminação de Terras (1915). Tais levantamentos foram comparados aos acervos cartográficos de Azevedo (1965) e mostram-se adequados.

Os acervos supracitados também auxiliaram a interpretação visual feita das fotografias do aerolevante de 1962 (disponível na interface do ArcGIS 10.6® pelo *plug in* CSW, IDEA DataGEO) e das imagens feitas nos canais verde (banda 4), vermelho (banda 5) e infravermelho (banda 6) pelo sensor MSS do satélite Landsat 1 no dia 29/09/1975, órbita 76, ponto 235, com 79 metros de resolução espacial, reunidas em uma composição colorida falsa-cor (R4G5B6) e reamostradas pela ferramenta *resampling* pelo algoritmo *cubic convolution*.

Já, o Mapa de Cobertura e Usos da Terra foi proposto tendo como referência o ano de 2018. Este mapa foi elaborado de acordo com dados obtidos majoritariamente de fontes institucionais, que demandaram atualização. Por um lado, o Inventário Florestal (SÃO PAULO, 2010) auxiliou no reconhecimento e na representação dos espaços com cobertura vegetal, mas precisou de atualização nos limites da área vegetada e foi complementado pelo mapeamento da EMPLASA (1997), com a classe mangues degradados. Por outro lado, as Unidades Homogêneas de Uso e Ocupação do Solo Urbano (UHCT) de São Paulo (2014) auxiliaram no reconhecimento e na representação das áreas urbanas, bem como daquelas auxiliares à dinâmica urbana (industriais, portuárias e outras).

No SIG ArcGIS 10.6® estes materiais foram unidos utilizando a ferramenta *merge* e foram atualizados a partir da interpretação visual de um mosaico de imagens obtidas por sensoriamento remoto no dia 22/05/2018 pelo sensor MSI do satélite Copernicus Sentinel-2B na órbita número 138, quadrículas T22KHU, T23KMP e T23KLP, com nível de processamento 1C, resolução espacial de 10 metros e espectral nos canais do visível e infravermelho próximo (NIR). Para representação de toda área foi feito o empilhamento de bandas nestes canais, o mosaico e os recortes pela extração da máscara no mesmo SIG. O mesmo procedimento de interpretação visual destas imagens foi adotado para a classificação de pequenas áreas não mapeadas nas referidas bases cartográficas.

Obtidos conforme mencionado, a partir dos dados sobre as unidades físico-naturais e sobre a cobertura e usos e cobertura da terra, foi feita a interseção dos dois planos de informação, a reunião e organização dos resultados em tabelas e as análises quantitativas foram propostas e apresentadas graficamente. Estes procedimentos, aliados às discussões sobre as classes de estado ambiental, compuseram a etapa de diagnóstico.

Quanto aos processamentos, todos realizados no ArcGIS 10.6®, os mapas de unidades físico-naturais e de cobertura e usos da terra foram organizados em dois planos de informação, nos quais foi feita a agregação dos atributos de cada arquivo pela ferramenta *Dissolve* para diminuir a fragmentação das unidades. Isto possibilitou melhor organização dos planos de informação para a interseção feita a adiante utilizando a ferramenta *Tabulate Intersection*. Com o emprego desta ferramenta foram obtidos os valores de área e o percentual de cada unidade resultante da sobreposição em relação ao total da área de estudo. Tais valores foram obtidos em formato .dbf e convertidos para .xls. A partir dos valores de área obtidos com a interseção, já no aplicativo de planilhas eletrônicas Excel®2013, nova tabela foi organizada e foram implementados os cálculos dos percentuais de cada tipo de cobertura e uso da terra para cada unidade físico-natural.

Os percentuais de cada tipo de cobertura e uso da terra por unidade físico-natural foram considerados os principais indicadores para discussão do estado ambiental destas unidades, conforme a escala de trabalho e pela dinâmica particular que estes padrões de intervenção antrópica impõe ao ambiente. Identificações em campo e a bibliografia especializada, como Gutberlet (1996), Afonso (2006), Zündt (2006), Cunha e Oliveira (2015), Souza (2018), Cheliz e Oliveira (2020), Ribeiro (2021), nortearam as discussões pelo apontamento de questões ambientais relevantes para a Baixada Santista, consideradas nas classes de Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2004).

## Resultados e discussão

### 1 Unidades Físico-naturais e caracterização da paisagem natural da RMBS-SP

As condições climáticas estabelecem a entrada (*input*) de energia (radiação solar) e matéria (precipitação) que através da interação com outros componentes, estabelecem a dinâmica de estruturação físico-natural regional. O IBGE (2002) classificou o clima da Baixada como parte da zona do Tropical do Brasil Central, superúmido sem seca e subquente, com temperatura média entre 15 e 18° C em pelo menos um mês do ano. Cabe ressaltar no contexto regional, ainda a marcante influência da maritimidade e orografia. Estas condições permitiram a formação de uma cobertura vegetal densa dos domínios da Mata Atlântica, estratificada em diferentes biomas conforme as condições geomorfológicas (RIBEIRO, 2021).

Nos aspectos geológico-geomorfológicos a Baixada Santista tem como particularidade dois domínios com gênese e formação distintas, que diferenciam dois grandes conjuntos de paisagens naturais: o domínio do Cinturão Orogênico do Atlântico, associado às escarpas da Serra do Mar e ao planalto atlântico; e o domínio dos Depósitos Sedimentares do Cenozóicos, associado à planície costeira.

As áreas sob o domínio do Cinturão Orogênico do Atlântico que têm sua gênese a formação guiada sobretudo pelos eventos epirogênicos da escarpa da Serra do Mar Paulista no pós-cretáceo, que este resultou no soerguimento da plataforma continental Sul-americana, promovendo na área uma sequência de ciclos de dobramentos e falhamentos associados a metamorfismos regionais. (AB'SABER, 1965; ALMEIDA, 1998).

Já o domínio dos Depósitos do Cenozóico formou-se pela deposição sedimentar na área de contato entre o continente-oceano, resultante de dois processos: o intemperismo e recuo da escarpa da serra do mar e os movimentos de transgressão-regressão marinha ligados aos ciclos glaciais no período do quaternário (SUGUIO e MARTIN, 1978).

A composição litológica, segundo Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2004) pode ser compreendida como um fator diferenciador da paisagem, pois por ter uma manifestação duradoura, determinam as propriedades da paisagem natural, sendo deste modo um parâmetro de diferenciação, que na área de estudo se manifesta de maneira muito marcante.

A tipologia de relevo e a segmentação das vertentes, segundo o autor (op cit) são agentes de distribuição de energia e matéria, exercendo um controle nos processos formadores das paisagens naturais. Deste modo, a identificação destes parâmetros é fundamental para a identificação das dinâmicas das unidades físico-naturais. Enquanto os parâmetros de migração geoquímica e drenagem foram utilizados para caracterização.

No processo de delimitação das unidades foram observadas grandes disparidades das características naturais. As áreas de planalto e da escarpa da Serra do Mar tem grande amplitude altimétrica e elevadas declividades. Já as planícies costeiras apresentam o maior ambiente hidromórfico do litoral paulista, relacionado com o complexo estuarino santista.

O Quadro 1 apresenta as nomenclaturas abreviadas propostas para os dois conjuntos de unidades físico-naturais de acordo com os aspectos fisiográficos, dados pelo substrato, forma de relevo e modo de migração.

**Quadro 1.** Nomenclaturas e características das unidades físico-naturais.

Relevo/migração	Rochoso	Inconsolidado			
		Pedregoso	Arenoso	Areno-argiloso	Argiloso
Topo Eluvial	TeR	-	TeA	-	-
Encosta Alta transeluvial	EAtER	-	-	-	-
Encosta Alta Transeluvial Acumulativa	EAtEAR				
Encosta Média Transeluvial	EMteR	-	-	-	-
Encosta baixa Transeluvial Acumulativa		-	-	EBteaAA	
Encosta baixa Acumulativa	-	-	EBaA	EBaAA	
Leito Subaquoso	-	-	-	-	LsAr

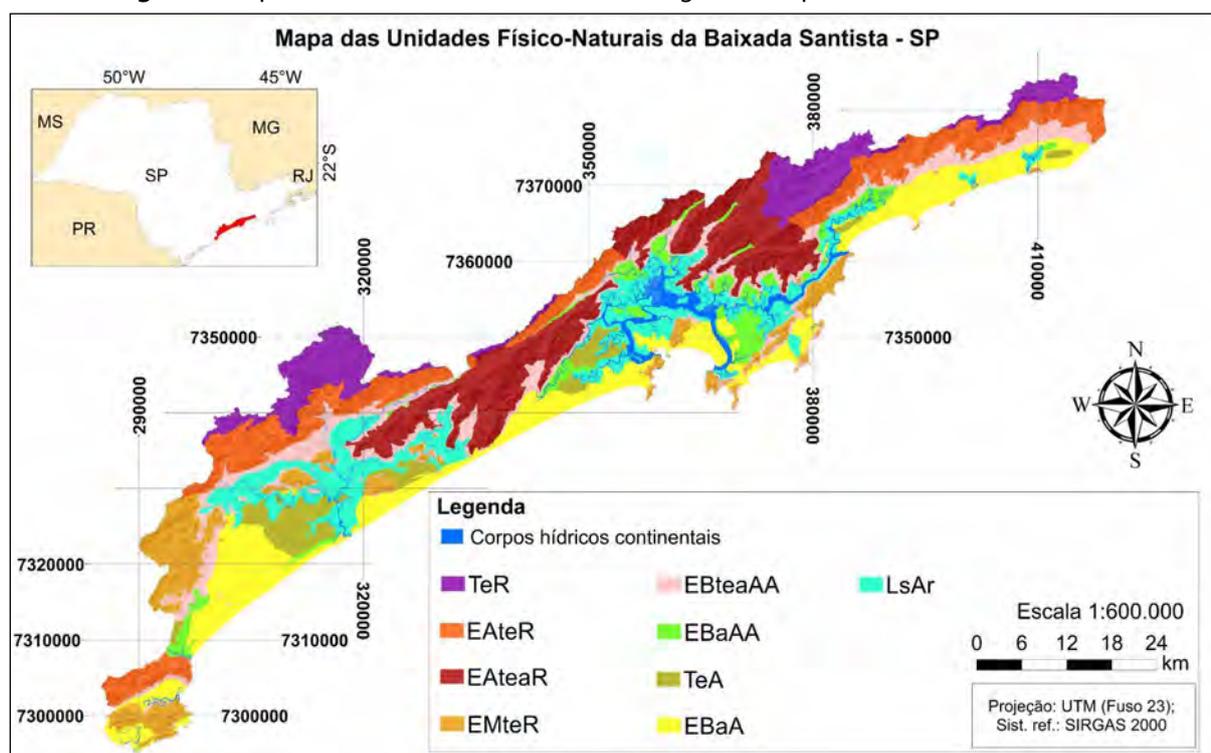
Fonte: Gigliotti (2018).

Nas áreas dos planaltos e das escarpas da Serra do Mar, sob o domínio do cinturão orogênico, foram identificados quatro tipos de unidades de substrato rochoso, sendo uma unidade de topo, duas de encosta alta e uma de encosta média, por conta da presença de morros residuais alternados à planície costeira.

Nas áreas de planícies costeiras foram delimitadas cinco unidades, todas relacionadas às encostas baixas e diferenciadas de acordo com a composição sedimentar, constando três unidades com sedimentos arenosos, três com sedimentos argilosos e duas formadas por depósitos areno-argiloso.

Ao todo foram mapeadas quase 800 feições das unidades físico-naturais, que foram classificadas em nove referidos tipos, espacializados conforme a Figura 1.

**Figura 1.** Mapa das Unidades Físico-Naturais da Região Metropolitana da Baixada Santista.



Os **Topos Eluviais Rochosos -TeR**, que correspondem a cerca de 10% da área total, são dispersos de modo homogêneo nas áreas interioranas, dispostos em dois grandes blocos nos municípios de Itanhaém e Bertioga. Estas unidades são caracterizadas pela altimetria superior a 800 m, relacionado a unidade morfoescultural do Planalto Atlântico, segundo a Ross e Moroz (1998), está sob a estrutura geológica do Cinturão Orogênico do Atlântico, inserida no domínio de Mares de Morros, segundo Ab'Saber (1970).

A unidade físico-natural dos Topos Eluviais Rochosos tem sua dinâmica de formação relacionado aos processos de decomposição das rochas por intenso intemperismo químico, devido a prevalência do processo de infiltração em relação ao escoamento superficial, desencadeando no processo denominado por Ab'Saber (2003) de convexização em níveis intramontanos, que promove a formação de topos convexos de declividade suavizada.

As unidades de Encostas Altas, dispostas em 35% da RMBS-SP, são divididos em dois tipos, de acordo com as formas das vertentes: as **Encostas Altas Transeluviais Rochosas – EAteR**, numa transição abrupta entre o planalto e as planícies costeiras.

Estas unidades físico-naturais da **Encostas Altas Transeluviais Rochosas – EAteR** são reconhecidas pela amplitude topográfica, com uma variação de centenas de metros de altitudes em um curto espaço, formando um modelado escarpado com vertentes retilíneas, que segundo Gigliotti (2010) é formado por grandes espigões subparalelos com topos angulosos, associados a vertentes de altos índices de declividade e vales fechados, que associado ao clima tropical superúmido, permite a ocorrência intensa de processos gravitacionais, como movimentos de massas.

Outro tipo, denominado de **Encostas Altas Transeluviais Acumulativas Rochosas – EAteaR** se encontram na área central da RMBS, sendo uma transição entre o planalto e o complexo estuarino de Santos, tem o predomínio de vertentes côncavas e convexas, diferentemente da EAteR, permitindo além do processo eluvial, a acumulação de material em parte destas vertentes, tendo a forma festonada com a presença de sequência de anfiteatros e espigões, sendo denominadas pelo IPT (1981) de Escarpas Festonadas.

Compondo também parte das unidades físico-naturais de substratos rochosos, nas áreas próximas à linha de costa, espalhadas junto às planícies sedimentares costeiras, algumas feições de **Encostas Médias Transeluviais Rochosas – EMteR**, constituídos de morros isolados e morrotes de litologia cristalina, com origem ao um intenso processo de intemperismo e o recuo das Escarpas da Serra do Mar, com altimetria não superiores a 300 metros.

Ainda sobre as feições das unidades EMteR, há uma área de morrotes e colinas nas áreas interioranas no sul do município de Peruíbe, denominada segundo IPT (1981) de morrarias, caracterizada por um relevo de baixas colinas de topos convexos, com padrão de drenagem dendrítico, sem orientação. E foi agrupada nesta unidade devido sua origem também estar relacionada com o processo de recuo da escarpa da Serra do Mar.

Com relação às unidades relacionada aos materiais inconsolidados, nas áreas de contato com oceano em toda a extensão da RMBS-SP foram classificadas unidades de **Encostas Baixas Acumulativas Arenosas – EBaA**, em cerca de 15% da área total. Estas apresentam formas planas de altimetria inferior a 20 metros, compostas por solos e materiais arenosos depositados principalmente ao longo do ciclo transgressivo-regressivo Santos.

Ainda na área de planície, foi possível identificar as unidades dos **Leitos Subaquosos Excessivamente Mal Drenados - LsAr**, caracterizados por depósitos de materiais finos, predomínio de material argiloso, associados tanto a áreas fluviomarinhas com cobertura de manguezais ou a áreas pantanosas (brejo), no complexo estuarino formado pelas ilhas de São Vicente e Ilha de Santo Amaro e na planície de Itanhaém-Peruíbe.

Estas unidades são caracterizadas pelos aspectos hídricos, sendo áreas de planas e mal drenadas, com constante presença de água, seja água salobra de manguezais em terrenos baixos, praticamente horizontais, próximos a áreas de estuários marinhos associados a drenagem de padrão difuso, relacionado à oscilação das marés. Seja por áreas de brejo das planícies costeiras, relacionadas à dinâmica de cheias dos rios da planície.

Ainda sob influência dos aspectos hídricos, nas áreas centrais, das planícies, foram identificadas as unidades de **Encostas Baixas Acumulativas Areno-argilosas – EbaAA**, que correspondem a cerca de 4% da área total, localizadas principalmente entre os Sítios LsAr e EBaAm, caracterizado pelos depósitos de paleolagunas e paleobaias, que segundo Suguio e Martin (1978) estes depósitos de sedimentos flúvio-lagunares e de baías estão relacionados ao evento transgressivo-regressivo Santos.

Também nas áreas centrais das planícies costeiras, foram mapeadas algumas feições nos municípios de Peruíbe, Itanhaém, Praia Grande, São Vicente e Bertioga, representando aproximadamente 4% da área da RMBS-SP, classificadas como as unidades de **Topos Eluviais Arenosos – TeA**, compostos por antigos terraços marinhos.

Estas unidades têm um modelado relativamente plano, com altitude relativamente superior às outras áreas da planície, caracterizado pela inexistência de corpos hídricos superficiais. A formação dos terraços está ligada à presença de antigos cordões arenosos.

Nas áreas limite com as unidades de encostas altas, têm-se as unidades de **Encostas Baixas Transeluviais Acumulativas Areno-argilosas - EBteaAA**, que correspondem a 12% da região, caracterizada por depósitos coluvionares. Segundo Gigliotti (2010) estes são compostos por sedimento de granulometria diversa (arenoso a argiloso) associados solos rasos e inconsolidados, apresentando uma susceptibilidade a escorregamentos de massa, principalmente a corrida de lama.

Dividida em tais unidades, que em realidade são fragmentos interdependentes e inseparáveis, interconectados pelas funções geocológicas que exercem, a paisagem natural regional apresenta-se bastante diversa. Sobretudo a partir da segunda metade do século XX, a dinâmica e os processos característicos destes sistemas foram alterados, instalando-se problemas ambientais intensos devido ao adensamento populacional resultante da industrialização e da expansão urbana.

## **2 Cobertura e usos da terra da RMBS-SP em uma perspectiva espaço-temporal**

As unidades físico-naturais correspondentes aos Domínios dos Depósitos do Cenozóico, concentraram a expansão dos usos antrópicos. Estes depósitos apresentavam os melhores sítios para ocupação e foram privilegiados para urbanização, enquanto nas demais unidades, formados pela deposição de sedimentos areno-argiloso, o processo de expansão dos usos foi regido de perto pela aptidão para a atividade produtiva, com destacada importância da localização, favorecendo os espaços do entorno da Ilha de São Vicente.

Foi justamente nesta ilha e no entorno insular que trechos de encostas altas da Serra do Mar e encostas médias nos morros residuais, partes do domínio do Cinturão Orogênico do Atlântico, também foram apropriadas para urbanização. Regidas pela expansão urbana conforme o estabelecimento das funções portuária e comercial, industrial e de turismo na região, os usos da terra impuseram transformações mais contundentes das características naturais sobretudo ao longo dos séculos XX e XXI.

Elemento dinamizador da economia e ocupação, na segunda metade do século XIX e início do século XX, o excedente da produção cafeeira no Sudeste deu impulso à industrialização nacional e mudou a configuração espacial paulista e santista. Santos passou a exercer a função de centro comercial e “porto do café” e, então, destacou-se como centro demográfico e econômico do litoral paulista (ARAÚJO FILHO, 1969), processo completado pela inauguração da era ferroviária, que iniciou a aceleração do crescimento urbano, estreitando o vínculo entre Santos e São Paulo (AFONSO, 2006).

A transformação urbana santista marcou uma intensa transformação paisagística na Baixada. Regida de perto pelo exercício de tais atividades econômicas, de acordo com Araújo Filho (1965) a expansão urbana ocorreu ao longo de toda área insular vicentina causando a conurbação dos dois velhos aglomerados, Santos e São Vicente em duas frentes, uma bairros praianos e outra pelo interior, através do caminho de São Vicente. Posteriormente, ainda, houve a integração da malha urbana pelas encostas médias, nos morros residuais, a partir do esgotamento dos melhores sítios para ocupação na planície costeira.

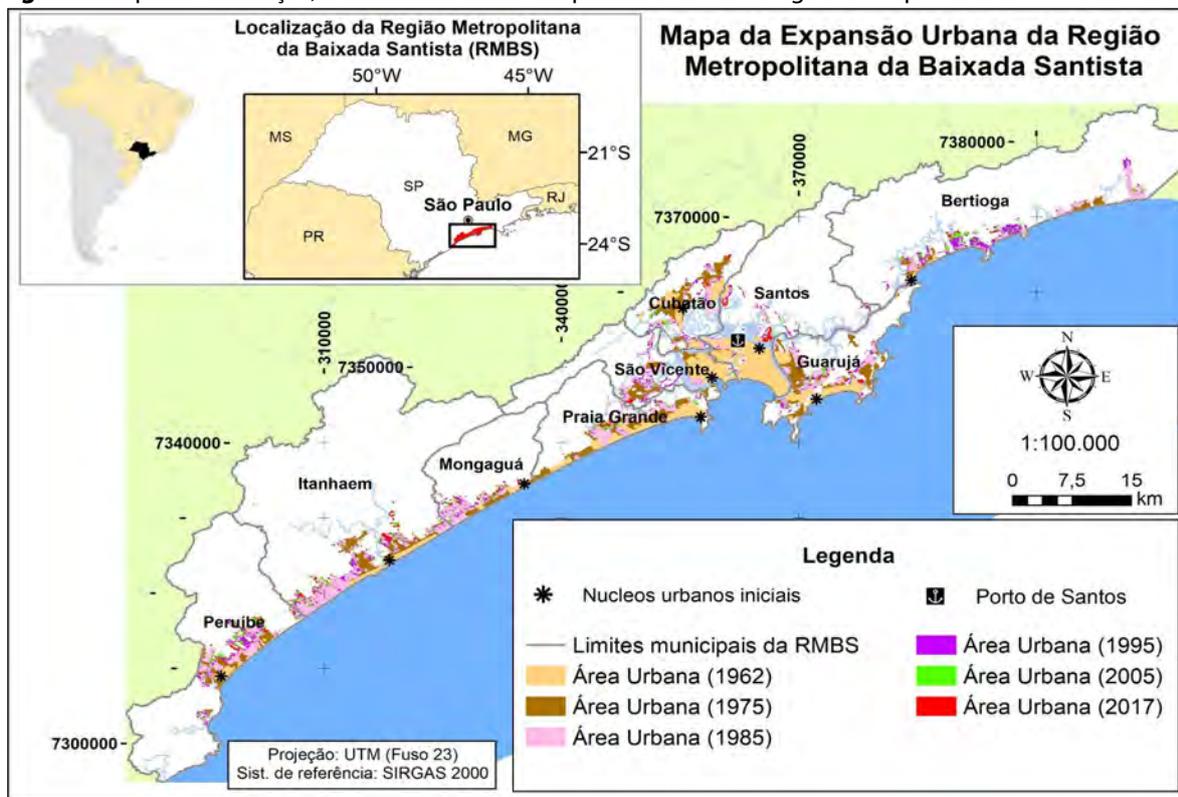
Quanto à função industrial, Cubatão no sopé da barreira formada pelas escarpas da Serra do Mar foi o município preferido. Ao longo de sua história a posição sempre foi o seu atributo mais importante, no passado como rancho de apoio às tropas muares, ponto terminal de navegação para quem vinha de Santos ou do exterior e inicial para os que prosseguiram ao planalto e hoje entre o mercado e o porto, ou seja, entre São Paulo e Santos. Foi ao longo dessas rotas de deslocamento, sobretudo da via Anchieta, que, entre 1938 e 1947, formaram-se colônias de trabalhadores da construção civil nas encostas altas da Serra do Mar, expandidas nos bairros precários Cota 95/100, Cota 200, Cota 400 e Cota 500 (GUTBERLET, 1996), que ocuparam os canteiros abandonados, usufruindo do caráter público das terras, da acessibilidade e da proximidade com as indústrias cubatenses (AFONSO, 2006).

Diferente de Cubatão, único dentre os municípios da Baixada que não possui orla marítima, nos demais municípios foram as funções surgidas do veraneio, atividade intensificada conforme as condições de acessibilidade, que impulsionaram a expansão urbana, que se estendida linearizada sobre os terraços marinhos. Este é o caso dos municípios tanto ao sul: Praia Grande, Mongaguá, Itanhaém e Peruíbe; quanto ao norte: Guarujá e Bertioga, que, de acordo com Afonso (2006) acompanharam a expansão da ocupação dinamizada pelo turismo que houve em toda zona costeira brasileira a partir das décadas de 1940 e 1950.

A região passou por sucessivos e cíclicos processos de ocupação e expansão de sua área urbanizada decorrente da expansão portuária, industrial e do turismo. De acordo com Zündt (2006), esses processos ora foram impulsionados pela implementação de equipamentos e infraestruturas, ora por decorrência destes, como a facilidade de acesso e deslocamentos. Todavia, foi durante o século XX que o processo mostrou-se mais presente e ambientalmente danoso, especialmente entre 1930 e 1950 impulsionado pelas grandes infraestruturas e indústrias e, após, entre 1970 a 1990, pela grande expansão imobiliária.

Na Baixada, a expansão urbana (Figura 2) situa-se em primeiro plano na análise da ocupação e da transformação das unidades físico-naturais, pois, de acordo com (CUNHA e FARIA, 2017), trata-se da região metropolitana historicamente mais urbanizada do Brasil.

**Figura 2.** Mapa de localização, divisão territorial e da expansão urbana da Região Metropolitana da Baixada Santista.



A cartografia da expansão urbana corroborou Negreiros (1992 *apud* JAKOB, 2011), que apontou que a expansão urbana após a década de 1970 se deu em três eixos (vetores) principais: o eixo Cubatão e parte continental de São Vicente (vetor 1), seguindo o trajeto das vias Anchieta e Imigrantes, com ocupação da população de baixa renda; o eixo Praia Grande e litoral sul (vetor 2) pelo redirecionamento populacional e pelo turismo de média e baixa renda; e o eixo Guarujá/Bertioga, pelo redirecionamento populacional e pelo turismo de alta renda (vetor 3).

Com o processo de ampliação da oferta de infraestrutura, houve o crescimento vertical e horizontal das cidades, principalmente aquelas mais centrais, especialmente Santos e São Vicente, notadamente após a década de 70, quando a região inicia a integração física da urbanização (conurbação) (ZÜNDT, 2006), que avançou conforme a acessibilidade, polarização e proximidade às praias (AFONSO, 2006), guiados pela configuração do sistema viário, pela localização de conjuntos habitacionais, de áreas industriais e portuárias e pela implantação de equipamentos urbanos (NEGREIROS, 1992 *apud* JAKOB, 2011).

Além destas questões de infraestrutura e acessibilidade, de acordo com Afonso (2006), a expansão da urbanização da Baixada também inscreveu-se numa lógica nacional de crescimento acentuado da população urbana, historicamente litorânea.

O mapa da expansão urbana (*vide* Figura 2) demonstra que a região acompanhou este processo. Já na década de 1960 a urbanização na ilha vicentina e na linha de costa de Praia

Grande e Guarujá estava consolidada, enquanto nos demais municípios as áreas urbanas localizavam-se em pequenos trechos nos arredores dos núcleos iniciais. Na ilha vicentina o crescimento urbano entre os anos 1962 e 1975 se deu pelo adensamento e houve expansão no entorno do ambiente insular como que em um transbordamento. Enquanto a expansão mais significativa na direção sul e norte (Bertioga) ocorreu em períodos posteriores, na primeira pós 1975 e na segunda pós 1985.

Ao longo do processo de expansão e crescimento populacional, os bairros residenciais mais abastados ocuparam as áreas mais agradáveis, próximas ao mar, de acordo com Afonso (2006), sobre os terraços marinhos. Para a autora, nessas áreas, a oferta limitada de terrenos definiu o preço da terra e a forma de ocupação, gerando áreas verticalizadas e de alta densidade. A localização preferencial e a direção de crescimento desses bairros deu-se a partir da faixa litorânea mais próxima ao centro urbano polarizador. Primeiramente foi ocupada a orla litorânea da Ilha de São Vicente, local mais próximo do centro de Santos e de São Paulo, e depois houve a expansão linear junto das demais praias, nos municípios de Praia Grande e Guarujá, num processo contínuo que alcançou os municípios de Bertioga, Mongaguá, Itanhaém e Peruíbe.

Por outro lado, sob influência da instalação de novas indústrias e do incremento na construção civil pelas atividades turísticas, fluxos migratórios expressivos foram impulsionados. Esta população, ao não ser totalmente absorvida pelas atividades econômicas, incrementou a favelização das periferias, que ao lado da segunda-residência, passou a compor a paisagem regional, com as casas de veraneio ocupando os melhores sítios e as favelas predominando nas áreas mais impróprias para à ocupação (AFONSO, 2006). Diversas áreas de manguezais (LSAr), encostas de morros (encostas médias) e pontos da Serra do Mar (encostas altas), foram ocupados por população de baixa renda dando a essas áreas feições de favela.

De acordo com Cheliz e Oliveira (2020), estas formas de uso foram rapidamente implantadas e/ou ampliaram-se tendo como consequência a diversificação dos riscos e impactos ambientais nos quadros naturais incorporados. Morros residuais e patamares diversos das planícies costeiras e sopés das serranias foram tomados por novos processos de ocupação primeiramente populares, motivadas por estratégias básicas de sobrevivência e moradia, mas também houve incorporação de áreas com elevada suscetibilidade para valorização imobiliária por um urbanismo de exceção paisagística. Manguezais em interstícios das áreas urbanas já consolidadas foram tomados por bairros populares com grandes contingentes de migrantes do campo, enquanto segmentos adjacentes à linha de praia valorizaram rapidamente, face ao potencial turístico, passando por verticalização intensa.

Nestes moldes a conurbação tornou-se uma realidade pela fusão de áreas urbanas e serviços públicos comuns. Porém a expansão e as ligações urbanas foram restringidas pelas barreiras físico-naturais. Embora partes dos morros e mangues tenham sido ocupadas, a maioria ainda forma uma barreira física ao aglomerado urbano, assim como o próprio canal estuarino, que impede a extensão contínua entre São Vicente, Praia Grande, Santos, Cubatão e Guarujá. As limitações de ordem física, imposta também pela Serra do Mar, ou mesmo jurídicas, pelas áreas preservadas, acabaram por restringir a expansão da mancha urbana num sentido linear, acompanhando a faixa litorânea e os terraços marinhos.

A agregação da ocupação legal e ilegal ao longo do processo de expansão da ocupação da Baixada fez com houvesse uma integração de problemas de ordem comum relacionados

ao transporte, abastecimento, meio ambiente, habitação, planejamento, entre outros. Isto trouxe à tona a necessidade de resolvê-los de forma integrada, compondo os elementos que propiciaram a criação da região metropolitana (ZÜNDT, 2006).

Por todo exposto, com a história urbana mais antiga do país, acompanhada pelo exercício da vocação portuária e, após, industrial e turística, a Baixada Santista se consolidou como uma metrópole urbana. Centralizada na Ilha de São Vicente e nos municípios do entorno insular os usos urbanos se distribuíram sobretudo ao redor do porto, se “interiorizaram” a partir da atividade industrial e se linearizaram ao longo da costa principalmente em decorrência da demanda turística, integrando os municípios periféricos: Mongaguá, Itanhaém, Peruíbe e Bertioga.

Entretanto, se por um lado a expansão dos usos da terra se deu intensivamente nos setores da planície costeira e em alguns outros compartimentos da paisagem na Ilha de São Vicente e no entorno, formando uma verdadeira centralidade metropolitana em Santos, São Vicente, Praia Grande, Guarujá e Cubatão, por outro lado consolidaram-se áreas conservadas nos setores de difícil ocupação e de elevado valor ambiental, sobretudo nos domínios do Cinturão Orogênico do Atlântico.

No Brasil, a partir da segunda metade do século XX, a criação de unidades de conservação se consolidou como estratégia principal para a conservação. Os instrumentos jurídicos nacionais e estaduais de instituição e gestão destas áreas repercutiram também na Baixada Santista. O que torna a região particular foi a extensão territorial que estas políticas alcançaram. Em todo litoral paulista, atravessando a Baixada, o grande marco preservacionista foi a instituição do Parque Estadual da Serra do Mar na década de 1970 (SÃO PAULO, 1977), que na década seguinte também, junto às demais áreas de preservação adjacentes, foi tombada como patrimônio histórico, paisagístico e ambiental pelo Conselho de Defesa do Patrimônio Histórico, Arqueológico, Artístico e Turístico, CONDEPHAAT (SÃO PAULO, 1985).

De acordo com Souza (2018), o estabelecimento de um arcabouço jurídico institucional de proteção ambiental efetivamente restringiu a escolha das localizações para o estabelecimento de atividades do interesse dos grupos econômicos dominantes, particularmente em processos de expansão urbana por sobre a Mata Atlântica no litoral do Estado de São Paulo. Na Baixada, os principais dispositivos de proteção ambiental aplicados foram e são o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), o Código Florestal, além do Tombamento da Serra do Mar e da demarcação de Terras Indígenas (SOUZA, 2018).

As áreas preservadas pelo SNUC (regulamentadas pela Lei nº. 9.985, BRASIL, 2000) totalizam 18 unidades instituídas pelo poder público federal, estadual e municipal. Destas, 5 são unidades de proteção integral, com 4 parques e 1 estação ecológica, e outras 6 são unidades de uso sustentável, sendo 3 Áreas de Preservação Ambiental (APA), 1 Área de Relevante Interesse Ecológico (ARIE), 1 Reserva de Desenvolvimento Sustentável (RDS) e 1 Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) (RIBEIRO, 2021). Dentre estas, a mais extensa é o Parque Estadual da Serra do Mar, criado pelo Decreto nº 10.251 (SÃO PAULO, 1977) e tombado pelo CONDEPHAAT (SÃO PAULO, 1985).

Nas décadas subsequentes expandiram-se os instrumentos e as categorias de Unidades de Conservação na Baixada. Há de se destacar, já no ano de 2010 a criação do Parque Estadual da Restinga de Bertioga (Decreto nº 56.500; 2010) diante das pressões da expansão urbana em décadas mais recentes na planície costeira do município.

Em nível municipal, sobretudo durante a década de 1990, iniciou-se a criação de parques voltados à conservação, turismo e lazer, que somam 7 atualmente. Nesta mesma década, posteriormente à promulgação da Constituição Federal de 1988, os povos indígenas também tiveram reconhecidos e demarcados alguns de seus territórios (RIBEIRO, 2021).

Por todos estes conjuntos de processos, regidos pela dinâmica social, econômica e política, a Baixada configurou-se uma metrópole com marcante contraste entre as áreas preservadas e/ou conservadas e aquelas intensamente utilizadas, com estruturas industriais e portuárias de grande porte, concentradas espacialmente, além do extenso e fragmentado tecido urbano.

Os usos na paisagem evidenciam o complexo conjunto conflitante de vocações regionais: conservacionista, turística, urbana, industrial e portuária. Portanto, as unidades físico-naturais da Região Metropolitana da Baixada Santista comportam usos com diferentes funções concentradas nos domínios da planície costeira, impactantes positiva e negativamente em termos ambientais, distribuídos alternadamente com extensos espaços conservados ou preservados, sobretudo dentro dos limites de áreas protegidas, que representam os impactos ambientais positivos mais significativos da região.

As formas de uso que transformaram a paisagem e modificaram a dinâmica físico-natural de maneira mais contundente foram aquelas urbanas e complementares à dinâmica urbana, como os usos industriais e portuários, mas também há em menores proporções em extensão e também em intensidade usos rurais, com pastagens, sítios ou produção agrícola.

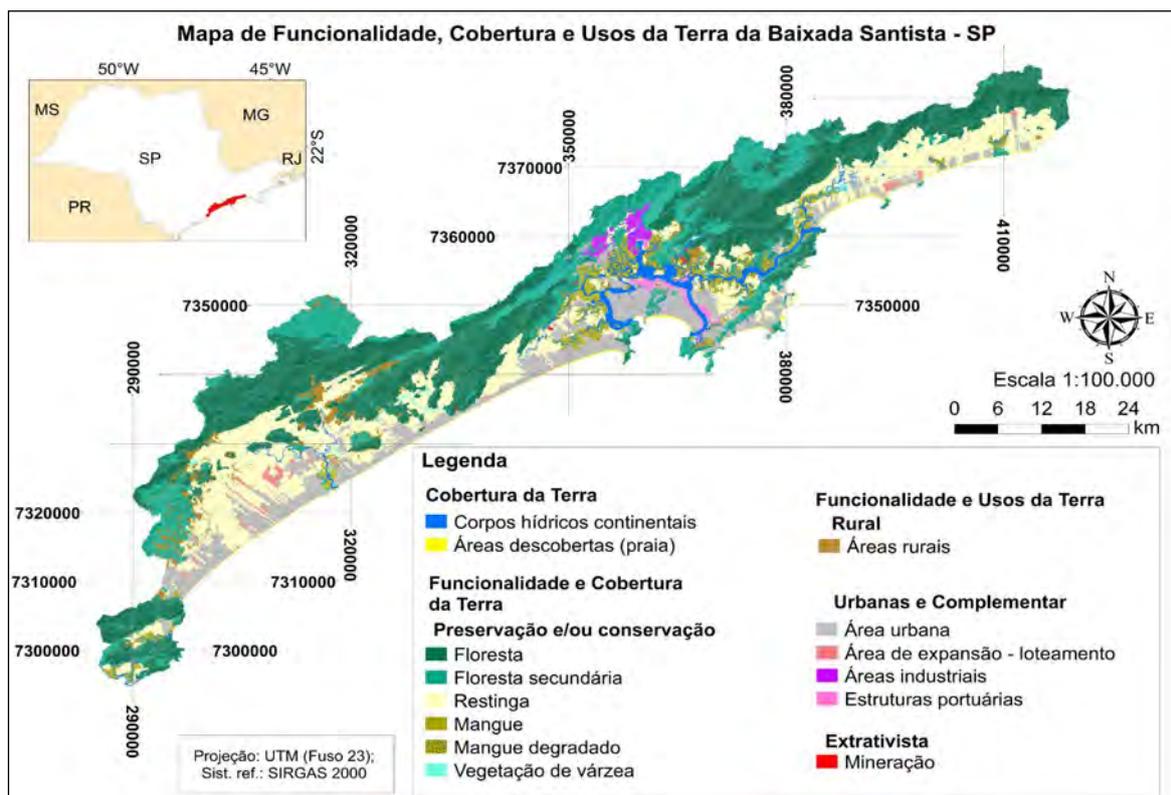
A área urbana alongou-se na planície costeira, primordialmente sobre áreas de terraços marinhos holocênicos e pleistocênicos, fragmentada por componentes naturais da paisagem, por ambientes com intensa fragilidade, e por territórios legalmente protegidos.

As pressões decorrentes dos usos na paisagem alteraram ou mesmo comprometeram a disponibilidade de recursos naturais e a qualidade ambiental, com consequências no aumento da frequência e da intensidade de eventos geodinâmicos em áreas suscetíveis e nas propriedades dos solos e corpos hídricos pela poluição e contaminação. Em decorrência dos usos, os impactos ambientais se concentram em determinados setores, regidos pela distribuição principalmente das áreas industriais, portuárias e urbanas.

Densos impactos ambientais advindos da industrialização concretizaram-se nas unidades físico-naturais regionais, sobretudo nos arredores do estuário santista. A crescente liberação de poluentes na atmosfera passou a deteriorar microclimas urbanos, combinados com a contaminação das águas e modificações nos padrões geoquímicos. A cobertura vegetal das encostas da Serra do Mar sofreu contínua fragilização e a saúde foi impactada pela poluição. Setores da Baixada Santista no início dos anos 1990 foram chamados na imprensa internacional de Vale da Morte Brasileiro pelo volume e intensidade da degradação ambiental urbano-industrial (CHELIZ e OLIVEIRA, 2020).

Entretanto, nesta mesma paisagem, extensas áreas cumprem função de preservar ou conservar as dinâmicas físico-naturais e, em alguns casos, como nas Terras Indígenas, também de modos de vida tradicionais. Indicando os grandes contrastes regionais nestes termos, a Figura 3 ilustra as funcionalidades relacionadas aos usos e cobertura da terra da Região Metropolitana da Baixada Santista.

**Figura 3.** Mapa de funcionalidades, cobertura e usos da terra da Região Metropolitana da Baixada Santista.



Os usos da terra demonstram o significado das áreas de topo e das encostas altas e médias para as áreas de preservação, por concentrar as maiores extensões de cobertura vegetal. Na planície costeira os usos são mais diversificados e é possível verificar os da dinâmica urbana com maior extensão nos municípios da área central da região, enquanto nos periféricos, ainda que em proporções reduzidas, ganham espaço também os rurais, principalmente nos municípios da parte sul.

Nas unidades físico-naturais do conjunto da planície costeira é possível verificar a disposição dos usos principalmente terrenos arenosos, mas que também avançou de maneira contundente sobre terrenos areno-argilosos, configurando os Domínios dos Depósitos do Cenozóico como mais modificados e impactados negativamente pelas atividades humanas.

### Estado ambiental das unidades físico-naturais da RMBS-SP

No geral, as relações entre as unidades físico-naturais e a cobertura e usos do solo apontam uma paisagem com estado ambiental bastante dissimétrico, com extensas áreas impactadas positivamente alternadas com outras intensamente impactadas negativamente.

Em linhas gerais, considerando a classificação adaptada por Rodriguez, Silva e Cavalcanti (2004) que estabelece o Estado Ambiental dos geossistemas a partir da conservação ou alteração dos componentes da paisagem natural, o estado ambiental foi delineado conforme os níveis de transformação em cinco classes (estável, medianamente estável, instável, crítico e muito crítico). Estas classes refletem a situação geoecológica dada pelos níveis de degradação indicados sobretudo pelos usos da terra.

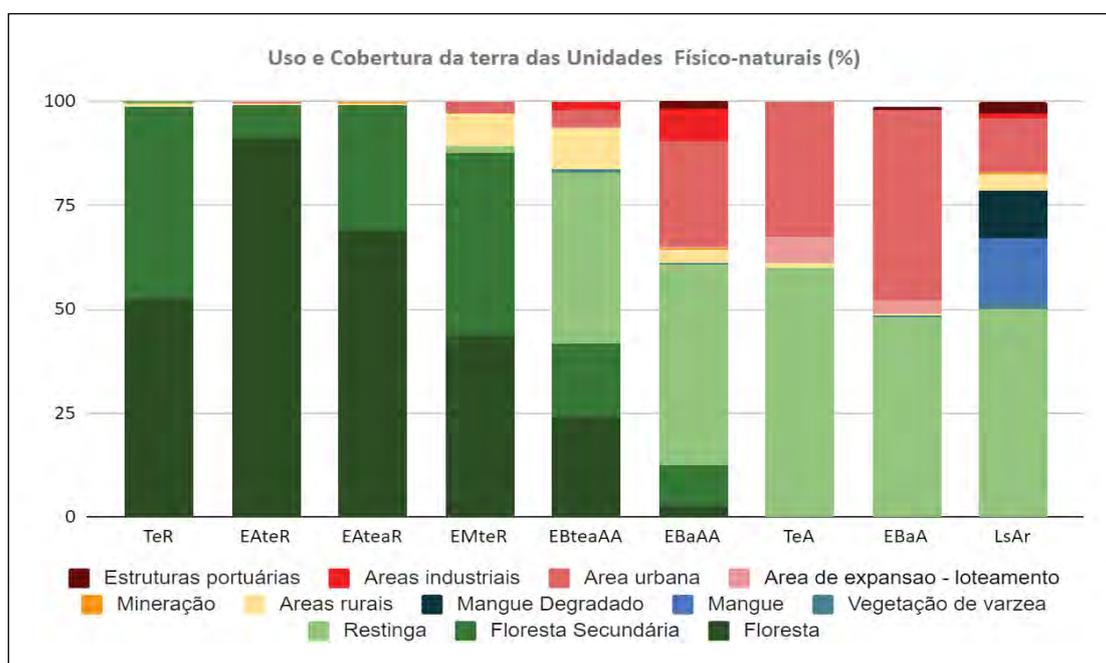
A estabilidade foi atribuída para aqueles ambientes em que tem-se a conservação da estrutura original, indicadora de que a dinâmica dos processos físicos sofreu pouca ou nenhuma alteração. Já nos estados de instabilidade e crítico há uma mudança funcional, modificadora do equilíbrio dinâmico do geossistema, que impõe novas formas de organização do quadro natural, sendo que nas classes de nível crítico considera-se que há perda considerável da funcionalidade natural.

As duas classes que contêm níveis variados de conservação, definidas como estáveis ou medianamente estáveis estiveram associadas primordialmente aos lugares com cobertura vegetal preservada, sendo o primeiro caso atribuído aos trechos com predomínio de vegetação primária e o segundo às unidades nas quais a cobertura vegetal alterna-se com usos rurais e da dinâmica urbana em proporções reduzidas.

Por sua vez, as classes relacionadas a paisagem mais intensivamente antropizada foram definidas em instáveis, críticas e muito críticas e contêm níveis de degradação variados. Aquelas classificadas como instáveis foram associadas principalmente às unidades onde há alguma proporção de usos urbanos, enquanto as críticas foram associadas aos lugares com vegetação predominantemente degradada, alternadas com algumas instalações industriais, portuárias e com uso urbano mais expressivo, enquanto as áreas muito críticas foram associadas aos usos industriais, concentrados no Parque Industrial Cubatense.

Deste modo, de acordo com as condições de cobertura e uso da terra, considerou-se que a manutenção da estabilidade funcional das unidades físico-naturais predomina na RMBS-SP, como indicam os índices de cobertura vegetal (Figura 4). Nela é possível observar a transição entre as unidades da porção interior (à esquerda) e litorânea (à direita) no que se refere aos usos, sendo as unidades de substrato inconsolidado da planície costeira aquelas com maiores níveis de transformações e de instabilidade.

**Figura 4.** Gráfico dos percentuais de uso e cobertura da terra por unidade físico-natural da Região Metropolitana da Baixada Santista.



Observando a relação entre o uso e ocupação das unidades físico-naturais, tem-se uma tendência em relação ao percentual de uso e ocupação nas unidades de substrato rochoso de topos e encostas altas – **Topos Eluviais Rochosos -TeR, Encostas Altas Transeluviais Rochosas –EAteR e Encostas Altas Transeluviais Acumulativas Rochosas – EAteaR**, em que há alto percentual de cobertura vegetal preservada, superiores a 95%. Por outro lado, nas unidades das áreas mais baixas e planas sobre os terrenos inconsolidados e próximas à faixa litorânea ou ao estuário – **Encostas Baixas Acumulativas Arenosas – EBaA, Topos Eluviais Arenosos – TeA e Encostas Baixas Transeluviais Acumulativas Areno-argilosas – EBteaAA** – é notável a maior expressividade dos maiores percentuais dos usos da terra.

Foram considerados particulares os casos das unidades **Encostas Baixas Transeluviais Acumulativas Areno-argilosas - EBteaAA, Leitos Subaquosos Excessivamente Mal Drenados - LsAr e Encostas Médias Transeluviais Rochosas – EMteR**, nas quais os usos da terra registrados concentram-se em determinados conjuntos de territórios municipais, sobretudo nos municípios centrais, numa divisão historicamente consolidada. Nestas mesmas unidades, nos demais municípios, no entanto, predomina a presença de cobertura vegetal.

Nestes moldes, conforme a cobertura e os usos da terra indicaram, foi proposta a classificação do estado ambiental predominante nas unidades físico-naturais da Baixada Santista (Quadro 2), que no caso das unidades **Encostas Baixas Transeluviais Acumulativas Areno-argilosas - EBteaAA, Leitos Subaquosos Excessivamente Mal Drenados - LsAr e Encostas Médias Transeluviais Rochosas – EMteR** foram divididos nas situações dos municípios centrais e periféricos.

**Quadro 2.** Estado ambiental predominante e características ambientais por unidade físico-natural da Região Metropolitana da Baixada Santista.

<b>Unidades físico-naturais</b>	<b>Estado Ambiental Predominante</b>	<b>Características Ambientais</b>
TeR; EAteR; EAteaR	Estável	Cobertura vegetal preservada (primária e secundária)
EBteaAA, LsAr e EMteR (municípios periféricos)	Medianamente estável	Cobertura vegetal parcialmente preservada, presença de áreas rurais e trechos de áreas urbanas
EMteR (municípios centrais)	Instável	Cobertura vegetal degradada e trechos com áreas urbanas e mineração
EBaA; TeA; EBteaAA e LsAr (municípios centrais)	Crítico	Vegetação predominantemente degradada, mineração, instalações industriais, portuárias e uso mais expressivo como áreas urbanas
EBaAA	Muito crítico	Presença de grandes instalações industriais e portuárias (principalmente em Cubatão)

O alto nível de conservação da cobertura vegetal natural registrado nas unidades **TeR, EAteR e EAteaR**, pela Floresta Ombrófila Densa, diminuem o fluxo do escoamento superficial, aumentando o processo de infiltração, preservando as feições e processos geológico-geomorfológicos destas unidades (GIGLIOTTI, 2010; 2018). Estas unidades estão protegidas pela legislação ambiental em quase toda sua extensão (RIBEIRO, 2021).

Deste modo, a presença da floresta é importante fator na estabilidade na dinâmica dos processos naturais, pela função de controle da alta intensidade de fluxo de matéria e energia, mantendo o equilíbrio e conservação dos processos naturais, que podem ter seu

estado ambiental classificado como estável, embora alguns trechos possam ter estado consideradas medianamente estáveis ou mesmo críticas.

Nos trechos medianamente estáveis as alterações diretas e indiretas na cobertura vegetal que impuseram mudança nos níveis de equilíbrio, como no caso dos trechos da encosta da Serra do Mar (na transição entre as unidades **EAteaR** e **EAtaR**), onde principalmente os indiretos pela atividade industrial do polo industrial de Cubatão degradaram a qualidade da cobertura vegetal que recobre as escarpas, algo que intensificou a frequência e a dinâmica dos movimentos gravitacionais de massa (GUTBERLET, 1996).

Nos trechos que podem ser considerados críticos, encontram-se pontualmente cavas desativadas de mineração e linearmente a malha de transporte rodoviário e ferroviário, que faz a ligação com a capital e o interior do estado de São Paulo, somados às áreas urbanizadas na unidade **EAtaR** nos bairros precários conhecidos como “Cota” (Figura 5).

**Figura 5.** Fotografia do dia 21/06/2018 a partir do bairro Cota 200 em Cubatão na unidade das encostas altas (EAtaR).



Nas unidades **EBteaAA**, **LsAr** e **EMteR**, nos municípios periféricos, a cobertura vegetal encontra-se predominantemente preservada, alternada com a presença de algumas áreas rurais e trechos de áreas urbanas com baixas densidade, que impuseram baixos níveis de modificação da funcionalidade natural, com destaque para a remoção da cobertura vegetal, alterações em parte dos canais de drenagem e aterramentos. Desta forma, estas unidades foram classificadas como de estado medianamente estável.

No entanto, trechos da unidade **EMteR** foram considerados como instáveis, por conta da presença de cobertura vegetal alternada com presença mais expressiva de áreas de mineração e, principalmente, dos usos urbanos nos morros residuais dos municípios centrais, principalmente das Ilhas de São Vicente e Santo Amaro. Nestes casos, a ocupação destes terrenos, com a degradação ou remoção da cobertura vegetal, alterações das microformas de relevo nos cortes e aterros, lançamento de água servida diretamente no solo e deposição de lixo em encostas, converteu trechos dos morros em áreas de graves problemas socioambientais pelo aumento da deflagração de movimentos gravitacionais de massa e enxurradas em eventos de alta pluviosidade, já que tratam-se de terrenos já com alta suscetibilidade a tais processos.

O mesmo padrão de intensificação dos usos foi observado nas unidades **EBteaAA** e **LsAr**, que nos municípios centrais apresentam-se em estado crítico por conta da associação, principalmente, aos usos urbanos e industriais. Nestas áreas, a industrialização impôs a degradação de diversos aspectos importantes para o funcionamento sistêmico natural, com destacada poluição atmosférica e hídrica. Como registrado pela EMPLASA (1997), extensos trechos dos manguezais, bem como parte significativa da cadeia trófica, do estuário santista (LsAr) foram degradados e contaminados pela atividade industrial, enquanto outras porções sofreram com o avanço da urbanização em padrões precários, que intensificaram a deterioração das características ambientais sobretudo pela falta de acesso ao saneamento.

Além do saneamento básico, uma das questões mais importantes da metrópole santista (ZÜNDT, 2006; RIBEIRO, 2021), os padrões de urbanização regional tem como principal característica a alteração de aspectos importantes da paisagem natural, como a remoção quase total da cobertura vegetal, a remobilização de solos, a canalização de cursos d'água, os aterramentos e os cortes de vertentes, e a instalação de alta densidade de objetos artificiais que modificam processos das unidades físico-naturais, que no caso dos setores da planície costeira alteraram, entre outros processo, aqueles da dinâmica hidrológica.

Nestas áreas de materiais inconsolidados, as características física-naturais, de relevo plano propiciaram o desenvolvimento de áreas urbanas de modo heterogêneo na RMBS-SP, que substituiu a vegetação de restinga. O padrão de urbanização é de médio a grande porte, que nos trechos centrais concentrados na Ilha de São Vicente e entorno levaram a intensa verticalização, por conta da demanda frente aos espaços reduzidos.

Por comportarem os maiores percentuais de áreas urbanas, com suas transformações características, as unidades **TeA** e **EBaA** foram classificadas como de estado ambiental predominantemente crítico, que internamente comporta níveis de degradação variados, mais intensos nas áreas densamente ocupadas e com menor infraestrutura e menos intensos nas áreas de expansão. Há de se destacar nestas unidades, ainda, extensos trechos estáveis e medianamente estáveis, sobretudo na planície de Bertioiga, sob os limites do Parque Estadual da Restinga de Bertioiga (RIBEIRO, 2021).

No entanto, a classe de estado crítico foi estabelecida considerando as mudanças generalizadas nas características gerais das unidades físico-naturais extensivamente promovidas pela urbanização. Nestas unidades convém sublinhar problemas advindos do lançamento de efluentes domésticos, comerciais, industriais e portuários, do acúmulo de resíduos sólidos em diversos setores e de áreas contaminadas.

Além destas questões, considerou-se como parâmetro a alteração da permeabilidade do solo e da alteração da drenagem, que alteraram o trajeto e a vazão do escoamento superficial e subsuperficial, causando menor infiltração, que associada a abertura de canais artificiais de drenagem, provocaram o rebaixamento do lençol freático. Estes processos resultaram na diminuição da marcante capacidade de absorção destes terrenos, em um cenário de aumento na intensidade e velocidade da vazão de superfície, que associados acarretaram aumento no número e na intensidade dos alagamentos e inundações (Figura 6). O aumento de fluxo, advindo de outras unidades físico-naturais do entorno também modificadas, acarretou também no acréscimo do transporte de sedimento, com assoreamento dos corpos hídricos.

**Figura 6.** Fotografia de um alagamento do dia 22/06/2019 na área urbana de São Vicente na unidade das encostas baixas em material arenoso (EBaA).



Por sua vez, por concentrar os maiores percentuais de áreas industriais, a unidade **EBaAA** foi classificada como predominantemente de estado ambiental muito crítico. Isso significa que esta questão teve maior peso na tomada de decisão, embora nesta unidade haja áreas inclusive reconhecidas como estáveis, como na planície do rio Itapanhaú em Bertioga, ou mesmo instáveis, como na planície do rio Peruíbe.

É sobre esta unidade que concentram-se as atividades que levaram Cubatão a ser designado como o Vale da Morte brasileiro (CHELIZ e OLIVEIRA, 2020), por conta dos elevados níveis de poluição atmosférica (Figura 7), com consequências na saúde coletiva e da cobertura vegetal (GUTBERLET, 1996), da concentração de áreas contaminadas e de acidentes industriais de grandes proporções, além da poluição hídrica e contaminação da cadeia trófica, que representa ameaças diversas ao frágil ecossistema estuarino.

**Figura 7.** Fotografia do parque industrial de Cubatão um alagamento do dia 21/06/2018 destacando a poluição atmosférica encostas baixas acumulativas areno-argilosas (EBaAA).



Portanto, os lugares mais preservados e/ou conservados concentram-se nas porções mais interiores. Já os lugares mais problemáticos do ponto de vista do estado ambiental se concentram mais próximo à faixa litorânea, principalmente nos municípios centrais, onde há maior adensamento urbano, maiores contrastes socioeconômicos e onde estão a maior parte das indústrias, que neste caso desenvolvem atividades altamente impactantes, com consequências agravadas pelas condições naturais.

### **Considerações Finais**

Por todo exposto, o estado ambiental da paisagem da Baixada Santista predomina como estável ou medianamente estável em níveis variados de conservação, associados principalmente a ambientes legitimamente protegidos, cujos benefícios não se restringem aos espaços com tais condições. A proteção justifica-se pela intensa dinâmica natural, pelo papel de conservação das funções geoecológicas, de manutenção serviços ecossistêmicos e de modos de vida tradicionais e da melhoria da qualidade ambiental e de vida, diante das pressões para expansão dos usos da terra, típicas de uma metrópole.

Já as unidades com as maiores extensões de transformações, com presença fundamental das áreas urbanas, concentram a grande maioria da população regional, que ocupa muitas áreas suscetíveis criando inúmeras situações de risco que frequentemente se convertem em acidentes e desastres. Todo o tecido urbano metropolitano manifesta a desigualdade social, de acesso à infraestrutura e a serviços públicos sobreposta ao acesso também desigual a um ambiente equilibrado, denotando inúmeros problemas ambientais.

No que se refere ao planejamento, nas áreas estáveis e medianamente estáveis os esforços devem se concentrar na manutenção dos mecanismos de proteção. Nas áreas correspondentes às demais classes são necessários esforços no gerenciamento de alternativas de manejo sustentável, além de esforços direcionados para mitigação dos impactos ambientais considerando as particularidades das unidades físico-naturais.

### **Referências**

- Ab'Saber, A.N. **Províncias geológicas e domínios morfoclimáticos no Brasil**. São Paulo: IGEOG/USP. 1970 26p.
- Ab'Saber, A. **A evolução geomorfológica**. In: Azevedo, A. (org.). **Baixada Santista: aspectos geográficos**. São Paulo: Edusp, v 1. pp. 49-66. 1965
- Ab'Saber, A. **Os Domínios de Natureza no Brasil**. Potencialidades paisagísticas. São Paulo: Ateliê Editorial. 2003
- Afonso, C. M. **A Paisagem da Baixada Santista: urbanização, transformação e conservação**. São Paulo: EdUsp, 2006.
- Almeida, F. M. M. **Fundamentos geológicos do relevo paulista**. Boletim Geologia. São Paulo: Instituto Geográfico e Geológico, n. 41. 1964
- Araújo Filho, J. R. A Expansão Urbana de Santos. In: AZEVEDO, Aroldo (Coord.). **A Baixada Santista: Aspectos Geográficos**. Santos e as Cidades Balneárias. Volume 3. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo. 1965.

- Araújo Filho, J. R. **Santos, o Porto do Café**. 200p. Tese (Livre docência – Geografia), Universidade de São Paulo, USP. Fundação IBGE: série A, publicação n. 24. 1969.
- Azevedo, A. (Coord.). **A Baixada Santista: Aspectos Geográficos**. Volume I, II, III e IV. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo. 1965.
- Cavalcanti, L. C. S. **Da abordagem de áreas à teoria dos Geossistemas: uma abordagem epistemológica sobre sínteses naturalistas**. 2013. 218 f. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade Federal de Pernambuco, Recife. 2013.
- Cavalcanti, L. C. (2014). **Cartografia de Paisagem: fundamentos**. São Paulo: Oficina de Texto.
- Cheliz, P. M.; Oliveira, R. C. Mundialização, riscos e impactos ambientais no litoral brasileiro: a Baixada Santista. In: Carpi Junior, S.; Dagnino, R. S. (orgs). **Risco e vulnerabilidade ambiental: métodos e experiências**. Tupã: Editora ANAP, 2020.
- Cunha, C. L.; Oliveira, R. C. **Baixada Santista: uma contribuição à análise geoambiental**. São Paulo: Editora Unesp Digital, 2015. p. 253.
- Cunha, J. M. P.; Faria, L. A. C. (org.). **Região Metropolitana da Baixada Santista: diversidades socioespaciais na virada para o século XXI**. Campinas: Librum Editora, 2017.
- Empresa Metropolitana De Planejamento Da Grande São Paulo (EMPLASA). **Investimentos estruturadores – Região Metropolitana da Baixada Santista**. São Paulo: Emplasa, 1997. 77 p. + mapas anexos.
- Gigliotti, M. S. **Mapeamento dos sistemas naturais do litoral paulista: uma proposta de sistematização de procedimentos e métodos para a análise geoecológica**. 2018. 161 f. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2018.
- Gigliotti, M. S.; Oliveira, R. C. Zoneamento geoambiental da Região Metropolitana da Baixada Santista. In: Cunha, C. L.; Oliveira, R. C. **Baixada Santista: uma contribuição à análise geoambiental**. São Paulo: Editora Unesp Digital, 2015. p. 253.
- Gigliotti, M. S. **Zoneamento Geoambiental da Região da Baixada Santista-SP como subsídio ao uso e ocupação das terras**. 2010. 175 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2010.
- Glazovskiy, N. F. et al. State of the world environment mapping project. **Mapping Sciences and Remote Sensing**, London, v. 36, n. 3, p. 215-222, 1999.
- Gutberlet, J. **Cubatão: Desenvolvimento, Exclusão Social e Degradação Ambiental**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, FAPESP, 1996.
- Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística (IBGE). **Climas do Brasil**. 2002. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-ambientais/climatologia/15817-clima.html?=&t=acesso-ao-produto>. Acessado: 10 de dezembro de 2019.
- Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística (IBGE). **IBGE cidades: Contagem populacional**. 2019b. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/>. Acesso em: 15 junho 2019.
- Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística (IBGE). **Malhas digitais municipais**. 2015. Disponível em: <https://mapas.ibge.gov.br/bases-e-referenciais/bases-cartograficas/malhas-digitais>. Acesso: 05 de junho de 2018.
- Instituto De Pesquisas Tecnológicas (IPT) Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo. São Paulo. Monografias, n°. 6, v. I-II. 1981
- Instituto Pólis. **Projeto Litoral Sustentável – Desenvolvimento com inclusão social: resumo executivo de Mongaguá**. 2013. 40p. Disponível em: <https://polis.org.br/>

- publicacoes/resumo-executivo-de-mongagua-litoral-sustentavel-desenvolvimento-com-inclusao-social/>. Acessado: jan. de 2020.
- Isachenko, A. G. **Principles of Landscape Science and physical-geographic regionalization**. Melbourne: Melbourne University Press, 1973.
- Jakob, A. A. E. Vetores de expansão urbana e fluxos migratórios na Baixada Santista. In: Vazquez, D. A (org.). **A questão urbana na Baixada Santista: políticas, vulnerabilidades e desafios para o desenvolvimento**. São Paulo: Editora Universitária Leopoldianum, 2011, p. 35-62.
- Manent, M. B.; Santana, J. R. H.; Linares, A. P. M. The state of the environment in Mexico. **Central European Journal of Geosciences**, v. 6, n. 2, p. 219-228, 2014.
- Projeto MAPBIOMAS. **Coleção 4.0 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil**. 2018. Disponível em: <http://mapbiomas.org/>. Acesso em: 05 de setembro de 2019.
- Ribeiro, A. S. **Estado ambiental da paisagem da Região Metropolitana da Baixada Santista**. 2021, 293f. Tese (Doutorado em Geografia), Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2021.
- Rodriguez, J. M. M.; Silva, E. V. **Planejamento e Gestão Ambiental**. Fortaleza: Editora Universidade Federal do Ceará - UFC, 2013.
- Rodriguez, J. M. M.; Silva, E. V.; Cavalcanti, A. P. B. **Geoecologia das Paisagens: uma visão geossistêmica da análise ambiental**. Fortaleza: UFC, 2004.
- Ross, J. L. S.; Moroz I. C. **Mapas geomorfológicos do estado de São Paulo**. São Paulo. 1997 São Paulo (Estado). Decreto nº 10.251, de 30 de agosto de 1977. Cria o Parque Estadual da Serra do Mar e dá providências correlatas. **Diário Oficial do Estado de São Paulo**, Executivo, São Paulo, SP, 31 ago. 1977, p. 19.
- São Paulo (Estado). **Inventário florestal da vegetação natural do Estado de São Paulo**. Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo. Instituto Florestal: Imprensa Oficial, 2010.
- São Paulo (Estado). Lei Complementar n.º 815, de 30 de julho de 1996. Cria a Região Metropolitana da Baixada Santista e autoriza o Poder Executivo a instituir o Conselho de Desenvolvimento da Região Metropolitana da Baixada Santista, a criar entidade autárquica e a constituir o Fundo de Desenvolvimento Metropolitano da Baixada Santista, e dá providências correlatas. **Diário Oficial do Estado de São Paulo**, Poder Executivo. São Paulo, 1996.
- São Paulo (Estado). **Resolução Condephaat nº 40, de 6 de junho de 1985**. Dispõe sobre o tombamento da Serra do Mar, do arquipélago de Ilhabela e outras ilhas. **Diário Oficial do Estado de São Paulo**, Executivo, São Paulo, 1985.
- São Paulo (Estado). **Unidades Homogêneas de Uso e Ocupação do Solo Urbano**. CPLA/IG. São Paulo, 6p. 2014.
- Serviço De Discriminação De Terras. **Planta dos terrenos devolutos do bairro de Peruhybe: entre o divisor do Azeite Peixe, Rio Branco, Alto da Serra do Mar e Praia de Peruhybe**. Folha única, escala 1:50.000, 1915.
- Sotchava, V. B. O Estudo de Geossistemas. **Métodos em Questão**, São Paulo, v. 16, p. 1-52, 1977.
- Sotchava, V. B. Por uma teoria da classificação de geossistemas da vida terrestre. **Biogeografia**, São Paulo, v. 14, p. 1-24, 1978.

- Souza, R. S. R. **O papel da legislação e das instituições para a conservação das diversidades ambiental e cultural na Baixada Santista.** 2018, 307f. Tese (Doutorado em Ciências), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018.
- Suguio, K.; Martin, L. **Formações quaternárias marinhas do litoral paulista e sul-fluminense.** Internacional Symposium on Coastal Evolution in the Quaternary. São Paulo: Universidade de São Paulo. 1978. p. 1-52.
- Zündt, C. Baixada Santista: uso, expansão e ocupação do solo, estruturação de rede urbana regional e metropolização. *In:* CUNHA, J. M. P. (Org.). **Novas metrópoles paulistas:** população, vulnerabilidade e segregação. Campinas, SP: Nepo/Unicamp, 2006. p. 305-336.

# O PROCESSO DE ANÁLISE HIERÁRQUICA (AHP) NA MODELAGEM DOS FATORES SOCIOAMBIENTAIS À INUNDAÇÃO NA REGIÃO ADMINISTRATIVA DO LAVAPÉS, BRAGANÇA PAULISTA, SÃO PAULO, BRASIL

Franciele Caroline Guerra<sup>1</sup>

Andréa Aparecida Zacharias<sup>2</sup>

Lúcio Cunha<sup>3</sup>

**RESUMO:** Atualmente existem vários operadores de inferência geográfica e espacial para a integração de dados. Nesse interim, a Análise Multicritério assume uma importante conotação e, quando associado ao Processo de Análise Hierárquica (AHP) no ambiente SIG, seus métodos têm sido utilizados para modelar fenômenos hidrológicos que ocorrem em paisagens urbanas, mostrando-se assim como um eficiente caminho metodológico para orientar a gestão ambiental do território. Neste trabalho a modelagem ambiental dos fatores socioambientais e padrões espaciais teve como fundamentação teórico-metodológica os princípios do método AHP de áreas que apresentam Vulnerabilidade Social e Ambiental (VSA) aos riscos por eventos hidrológicos à inundação, a partir de estudos realizados na Região Administrativa do Lavapés, localizado na área urbana do município de Bragança Paulista, Estado de São Paulo, Brasil. O trabalho tomou como base as propostas metodológicas apresentadas por Guerra (2020) que propõe uma adaptação das alternativas acerca das metodologias de Saaty (2005, 2006). Neste sentido, a pesquisa se baseou na análise multicritério, com base no método AHP, a partir da integração dos dados, seleção e coleta de dados do censo demográfico do IBGE, além da elaboração de mapas temáticos analíticos e de síntese que consistiram em: a) elaboração da carta de declividade; b) elaboração e classificação do Mapa de Uso e Cobertura da Terra; c) coleta e seleção de dados do censo demográfico IBGE; d) elaboração da carta de susceptibilidade à inundações; e) a elaboração da cartografia de síntese com as áreas de potencialidades e fragilidades dos ambientes inseridos na paisagem. Os resultados obtidos podem ser observados através da cartografia de síntese final que classifica a paisagem a vulnerabilidade socioambiental aos riscos hidrológicos (inundações) em: a) baixa; b) moderada; c) alta; e, d) muito alta, identificadas através de 7 setores (A, B, C, D, E, F e G) em áreas mais (e menos)

---

1 Mestre em Geografia pelo PPG em Geografia, UNESP/Câmpus de Rio Claro-SP, Brasil. Doutoranda em Geografia pelo PPG em Geografia, UNICAMP/Campinas-SP, Brasil em cotutela com a Universidade de Coimbra, Portugal. Integrante do NEAL e do CEGOT. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7432-1179>. E-mail: [f234505@dac.unicamp.br](mailto:f234505@dac.unicamp.br)

2 Prof<sup>ª</sup> Dr<sup>ª</sup> do Curso de Graduação em Geografia, UNESP/Câmpus de Ourinhos-SP, Brasil. Prof<sup>ª</sup> do PPG em Geografia (Mestrado e Doutorado), UNESP/Câmpus de Rio Claro-SP, Brasil. Líder do Grupo de Pesquisa em Geotecnologias e Cartografia Aplicadas à Geografia – GEOCART/CNPq. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9992-7927>. E-mail: [andrea.zacharias@unesp.br](mailto:andrea.zacharias@unesp.br)

3 Prof. Catedrático do Departamento de Geografia e Turismo, Coordenador do Grupo 1 Natureza e Dinâmicas Ambientais do CEGOT, Universidade de Coimbra, Portugal. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0086-7862>. E-mail: [luciogeo@fl.uc.pt](mailto:luciogeo@fl.uc.pt)

vulneráveis às inundações. Foi possível indicar os fatores social, ambiental e os padrões de urbanização que impulsionaram e frearam esses processos. Os resultados possibilitaram uma visão integrada da paisagem com vistas à tomada de medidas mitigadoras por parte do poder público para a gestão municipal.

## Introdução

As transformações decorrentes do acelerado e concentrado processo de urbanização e crescimento das cidades, desde a Revolução Industrial no final do século XVIII e século XIX, trouxeram mudanças na integridade do ambiente natural devido às intervenções mais intensas da sociedade moderna (RAMPAZZO, 2019, p. 19).

Separadamente e, em conjunto, essas transformações de acordo com as reflexões apresentadas por Monteiro (1976), Lombardo (1985) e, recentemente, Rampazzo (2019) é evidenciado:

[...] por um lado, historicamente, na lógica de diferenciação socioespacial na (re) produção dos espaços urbanos que apontam para a complexa relação profundamente desigual e contraditória entre sociedade e natureza. E, por outro lado, pelas derivações ambientais tais como a constituição de uma atmosfera subjacente às cidades com características especificamente urbanas, que designam condições diferenciadas de conforto/desconforto térmico (ilhas de calor e frescor). Ainda, a poluição e qualidade do ar (aumento de gases estufa, materiais particulados e poluentes); os eventos meteorológicos de secas e chuvas intensas (chuvas ácidas e episódios extremos de precipitação – aguaceiros, tempestades, às enchentes, inundações, alagamentos), além das ocorrências associadas aos impactos de natureza geomorfológica como movimentos gravitacionais de massa, escorregamentos, queda, deslizamentos de encostas) – eventos de elevado custo material e social” (RAMPAZZO, 2019, p. 19).

Na cidade, estes impactos se traduzem na ocorrência de desastres, que afetam diretamente a sociedade, além de criarem condições insalubres aos diferentes ambientes inseridos na paisagem (GONÇALVES, 2009, p. 74; MENDONÇA, 2000, p. 87; SANT’ANNA NETO, 2011, p. 4; ZACHARIAS; VENTORINI, 2021a, p. 127).

Sendo assim, na atualidade, ganharam notoriedade uma série de desastres inter-relacionados<sup>4</sup>, reunindo episódios que marcaram crescentes perdas, humanas e econômicas, associadas aos *hazards*<sup>5</sup> e suas consequências. Não obstante, no Brasil, também é um assunto relevante atualmente, “[...] um dos maiores problemas enfrentados pelas cidades brasileiras hoje é a ocorrência de inundações ou enchentes, que têm causado grandes prejuízos financeiros e até mesmo perdas de vidas humanas” (GUERRA, 2011, p. 82), como os casos de Brasília/AC em 2015 e São Luís do Paraitinga/SP em 2010 entre tantos outros.

---

4 Furacões Katrina (2005) e Sandy (2012), o grande terremoto no leste do Japão (2011), e os terremotos em Christchurch, Nova Zelândia (2010 e 2011) e no Nepal (2015).

5 A process, phenomenon or human activity that may cause loss of life, injury or other health impacts, property damage, social and economic disruption or environmental degradation. Hazards may be single, sequential or combined in their origin and effects. Each hazard is characterized by its location, intensity or magnitude, frequency and probability (UNISDR, 2017).

Apontada por líderes de organizações internacionais, a última década está marcada por alguns dos piores desastres naturais já registrados, e transparece que o cenário futuro está distante de ser favorável. Desde a adoção do Quadro de Ação de Hyogo, no ano de 2005, foram registrados mais de 3.400 grandes desastres em todo o planeta. Terremotos, inundações, tempestades, secas, ondas de calor e outros perigos naturais resultaram em 750.000 mortes, cerca de 90% delas em países de baixa renda (ONU, 2015). Para além dessas manifestações de ocorrências ligadas a processos perigosos, o risco inclui seguramente a vulnerabilidade, ou seja, o nível das consequências previsíveis sobre a sociedade, o ambiente e o território (CUNHA, 2013).

O processo de urbanização, juntamente com a impermeabilização do solo, retificação e assentamento em cursos de água e encostas, contribuiu para o aumento do impacto de enchentes inundações e vários outros processos advindos da ação antrópica que levam ao risco ambiental.

Nesta perspectiva, o mapeamento e diagnóstico das áreas com potencial de risco alto e muito alto a enchentes e inundações em zonas tropicais, auxiliam a busca pela precaução e preservação através de estudos no ordenamento territorial, servindo para a sustentabilidade ambiental frente aos riscos naturais, antrópicos e mistos, que englobam o meio social, cultural, econômico e patrimonial.

Todavia, neste caminho a grande questão prevalente, aparece quando intentamos pensar em: como construir um método de análise espacial que vise por um lado, a construção de modelos descritivos e hierárquicos de um território e, por outro, a integração de variáveis espaciais, sob a forma de mapas temáticos, no ambiente do Sistema de Informação Geográfica (SIG), a fim de encontrar soluções adequadas frente aos desequilíbrios naturais ou pelas atividades humanas? (ZACHARIAS; VENTORINI, 2021a, p. 135).

Assim, sob o ponto de vista científico, os modelos são construídos para melhorar a compreensão de sistemas socioambientais uma vez que, por um lado foram o modelador (planejador) a justificar sua visão conceitual do fenômeno e, por outro a quantificar (pesos) o grau de influência de cada variável no ambiente da paisagem, conforme suas importâncias no fenômeno ambiental modelado (CROSS; MOSCARDINI, 1985; BARBOSA, 1996; CÂMARA *et al.*, 2001, MATERNO; BRITO, 2020; OGATO *et al.*, 2020). Pelo método, a modelagem de sistemas ambientais se classifica como “procedimento metodológico hipotético-dedutivo” (CHRISTOFOLETTI, 1999, p. 45), por expressar a formulação a partir de configurações provenientes de hipóteses ou de explicações baseadas em inferências espaciais dedutivas. Os modelos simplificados estão direcionados para as categorias (os componentes geográficos), sendo que a inserção de valores específicos (pesos) sobre as variáveis dos elementos e suas relações vão definir as características e o comportamento, de uma área composta por um risco ou vulnerabilidade específicos. (CHRISTOFOLETTI, 1999; CÂMARA *et al.*, 2001; SANTOS, VENTORINI, 2017; ZACHARIAS *et al.*, 2021).

Atualmente existem vários operadores de inferência geográfica e espacial para a integração de dados. E, nesse interim, a Análise Multicritério assume uma importante conotação na inferência espacial para a integração de dados. Primeiro, porque reúne uma série de procedimentos metodológicos que ajudam a organizar e estabelecer um modelo matemático racional de combinação de dados baseados em álgebras de mapas com diferentes possibilidades de critérios e ponderação no estudo de uma área complexa. E, segundo, porque tal constatação tem sido considerada como uma das mais promissoras no contexto

do processo de tomada de decisão. “A análise multicritério é um método que auxilia a tomada de decisão por parte do pesquisador e a análise de fenômenos específicos de cada objeto de estudo” (SANTOS; VENTORINI, 2017, p. 118, ZACHARIAS; VENTORINI, 2021a, p. 135).

E, quando associados ao Processo de Análise Hierárquica (AHP) no ambiente SIG, o método de análise multicritério, tem sido utilizado para modelar fenômenos hidrológicos que ocorrem em paisagens urbanas, mostrando-se assim como um eficiente caminho metodológico para orientar tomadas de decisões, no planejamento urbano, que amenizam problemas socioambientais (SANTOS; VENTORINI, 2017). A partir de informações disponibilizadas em mapas temáticos, seus desafios consistem em atribuir um método de análise espacial baseada em álgebra de mapas e elaboração de modelos descritivos e hierárquicos dos diferentes ambientes da paisagem. O procedimento baseia-se na atribuição de pesos (influências) nos mapas e valores numéricos em suas classes, possibilitando integrar peculiares topográficas, hidrológicas, ecológicas, sociais, econômicas, culturais, dentre outras (FIGUEIREDO, R. F., 2001; RAMOS, A. et. al., 2014; ZACHARIAS, et. al., 2021, p. 2-16;)

Assim:

[...] a AHP é uma teoria com base matemática que permite organizar e avaliar a importância relativa entre critérios e medir a consistência dos julgamentos (Câmara et al., 2001). Seu processo analítico hierárquico torna-se um método útil nos problemas da tomada de decisão multicritério, sendo usado para calcular os pesos dos critérios por pares de comparações e tornando mais robusto o estabelecimento da matriz. A importância relativa dos critérios é obtida consultando e examinando as opiniões de peritos [...]. (CUNHA, et al., 2011, p. 400-4001).

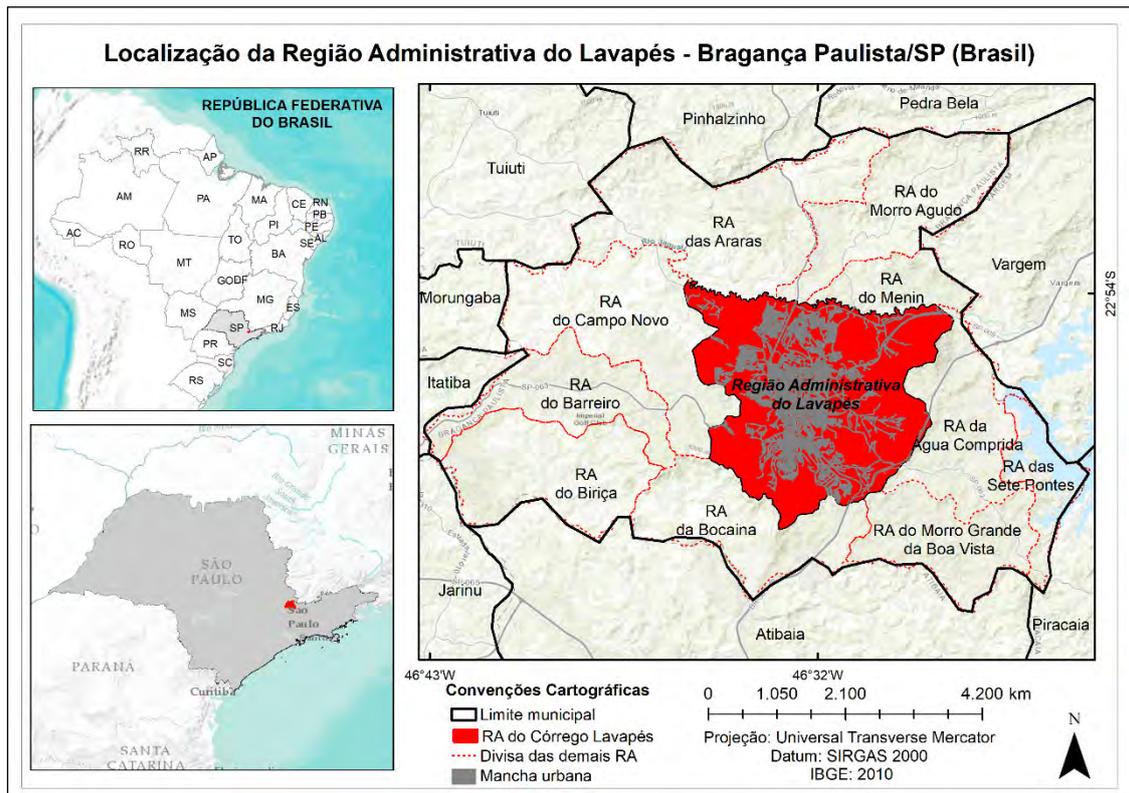
Diante das reflexões supracitadas, o objetivo principal deste trabalho é a representação cartográfica, a partir da análise multicritério baseada no Processo de Análise Hierárquica (AHP) no ambiente SIG, para obter a cartografia de síntese da vulnerabilidade socioambiental a inundações, considerando a atuação dos fatores desencadeantes na Região Administrativa do Lavapés, localizada na área urbana do município de Bragança Paulista, São Paulo – Brasil.

### **A área de estudo**

A Região Administrativa do Lavapés (Figura 1), recorte espacial deste estudo, está inserida no município de Bragança Paulista (SP). Esta macrozona abrange toda a área urbana da cidade, base deste estudo, e localiza-se a uma latitude 22°54 sul, a uma longitude 46°43 oeste, e a uma altitude de 817 metros. A área possui 104,5 km<sup>2</sup> e apresenta como principal curso d'água o Ribeirão do Lavapés, que corta a cidade no sentido norte-sul.

A área total do município é de 513,59 km<sup>2</sup>, dos quais 12.075 ha na área urbana e 37.924 ha na área rural. Segundo dados do IBGE (2018), Bragança Paulista soma 166.753 habitantes e sua densidade demográfica é de 324,68 hab/km<sup>2</sup>.

**Figura 1.** Localização da Região Administrativa do Lavapés, Bragança Paulista/SP.



Fonte: Guerra (2020).

Como a grande maioria dos cursos d'água que atravessam os municípios brasileiros, o Ribeirão do Lavapés sofre impactos com a ocupação do solo urbano em seu entorno, a área de várzea. Destaca-se aqui a sobrecarga da infraestrutura de drenagem urbana e de serviços de saneamento, principalmente após a década de 1980, período em que muitos investimentos no setor foram drasticamente reduzidos.

O município de Bragança Paulista foi fundado em 15 de dezembro de 1763, com o título de Estância Climática. Está situado na porção leste do Estado de São Paulo, 88 km ao norte da capital do Estado e próximo à divisa com o Estado de Minas Gerais, limitando-se com os municípios de Pinhalzinho e Pedra Bela ao norte, Atibaia ao sul, Piracaia e Vargem a leste e Tuiuti, Morungaba, Itatiba e Jarinu a oeste.

Situado geograficamente na porção sudoeste da Serra da Mantiqueira, Bragança Paulista conserva características de relevos acidentados, com áreas planálticas e montanhosas, em geral de rochas graníticas e xistos, e possui um quadro bastante complexo da rede hidrográfica e com zonas de cisalhamento que podem alterar sua resistência (GAMEIRO, 2008). Hidrograficamente, o município está inserido na Bacia dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá – PCJ, e abriga áreas verdes consideráveis, as quais são importantes áreas de conservação, preservação da vegetação, fauna e estrutura local.

Bragança Paulista sofre uma série de problemas socioeconômicos e ambientais. Dentre estes problemas, encontra-se o a frequência das enchentes devido à excessiva cobertura de áreas impermeabilizadas, pois grande volume de água que antes era infiltrada no solo passa agora a compor o volume que esco superficialmente.

A partir da caracterização da área, busca-se reconhecer suas particularidades e potencialidades acerca do ambiente. Por ser uma área bastante complexa do ponto de vista geomorfológico, apresenta potencial risco de inundações devido aos processos desestabilizadores de terreno e das edificações.

### **Os Caminhos Metodológicos na Modelagem dos Fatores Socioambiental à Inundação**

A modelagem ambientais dos fatores socioambiental e padrões espaciais teve como fundamentação teórico-metodológica os princípios do Processo de Análise Hierárquica (AHP) - *Analytic Hierarchy Process*, proposta por Saaty (2005, 2006), a partir da adaptação apresentada por Guerra (2020) para obter as modelagens de áreas propícias às inundações na Região Administrativa do Lavapés, localizado na área urbana do município de Bragança Paulista, Estado de São Paulo, Brasil.

Criado por Thomas L. Saaty, na década de 1970, o método Processo de Análise Hierárquica – AHP, conforme Zacharias; Ventorini (2021a), considera a tríade da – CONSTRUÇÃO DE HIERARQUIAS; PRIORIZAÇÃO/JULGAMENTOS PARITÁRIOS e CONSISTÊNCIA LÓGICA – para aplicar a inferência espacial, durante a elaboração de cenários gráficos (os mapeamentos temáticos), das quais três grandes vantagens são destacadas pelas autoras (op.cit.), na modelagem do ambiente:

[...] a) facilita a integração de variáveis, baseada em álgebra de mapas, onde seus modelos permitem uma maior flexibilidade nas combinações de mapas temáticos com pesos, onde cada valor “x” é associado a um valor “y”, fornecido através da função de pertinência e o par ordenado, estabelecendo o raciocínio lógico e hierárquico dos padrões espaciais. Os valores de pertinência estabelecidos refletem a importância de cada mapa (mensuração absoluta), na importância relativa (mensuração relativa) de cada classe das variáveis ponderadas em um mapa; b) por ser uma teoria que congrega um raciocínio matemático e a lógica quantitativa, sua aplicabilidade, na tomada de decisão, torna-se amplamente eficaz. Primeiro, por organizar e avaliar a importância relativa entre critérios e medir a consistência dos julgamentos. Segundo, por viabilizar a sistematização de indicadores socioambientais sobre o ambiente a partir do momento em que as representações computacionais passam a ser os caminhos metodológicos para a atribuição de pesos quantitativos, conforme o grau de importância do indicador socioambiental, visando a análise integrada, bem como a modelagem de seus padrões espaciais; c) consequentemente, a possibilidade de elaboração de modelos matemáticos nos quais a determinação dos pesos atribuídos aos indicadores ambientais, calculados pela matriz de comparação e pareação, será o principal caminho para a elaboração de cenários gráficos (mapas) que avaliam os graus de potencialidades e/ou fragilidades, mais próximos da realidade (ZACHARIAS; VENTORINI, 2021a, p. 137-138).

Assim, a partir do método de atribuição de pesos hierárquicos a uma matriz de comparação e correção, os valores numéricos passam a ser avaliados pelo grau de importância de uma característica sobre a outra. São essas análises combinatórias entre os indicadores,

geradas por meio de uma ponderação de valores (pesos) e baseada em álgebra de mapas que indicam as políticas de sustentabilidade na ordenação territorial, “além de fundamentar o estabelecimento de legislações específicas que promovam a proteção e a recuperação da qualidade ambiental do espaço físico e territorial” (ZACHARIAS; GUERRA, 2019, p. 35).

Neste sentido, a metodologia da pesquisa apresentada por Guerra (2020) se baseou na análise multicritério, com base na AHP, a partir da integração dos dados, seleção e coleta de dados do censo demográfico do IBGE, além da elaboração de mapas temáticos analíticos e de síntese, onde a:

(a) elaboração da **Carta de Declividade** objetivou analisar a suscetibilidade do terreno. Com este propósito, o mapa de declividade foi elaborado digitalmente na plataforma SIG, por meio do *software* ArcGIS 10.5. No entanto, suas classes foram definidas com base nas características da área e nas disposições legais, a fim de dialogar com as leis municipal (nº 534/2007) e federal (nº 6766/79), sendo que a última ao dispor sobre o parcelamento do solo, veta a ocupação em terrenos com declividade igual ou superior a 30%, salvo se atendidas as exigências específicas das autoridades competentes (GUERRA, 2020, p. 68). Deste modo, a carta de declividade foi composta pelas 6 (seis) classes observadas no Quadro 1.

**Quadro 1.** Descrição das classes de declividade utilizadas.

Classes de Declividade	Cor da Classe	Parâmetros de Análise
< 2%	Verde	Topos convexos com baixa declividade e planícies fluviais. Área sujeita à inundação.
2% – 5%	Amarelo	Instalação de Infraestrutura Urbana (De Biasi, 1992).
5% – 12%	Laranja	Instalação de Infraestrutura Urbana.
12% – 30%	Vermelho	Declividade intermediária – instalação de Infraestrutura Urbana.
30% – 45 %	Marrom	Declividade intermediária – área de atenção para o IPT.
> 45%	Preto	Uso restrito ao parcelamento do solo urbano (Lei Federal 6.766/79) – área de atenção para o IPT.

Fonte: Guerra (2020).

(b) elaboração e classificação do **Mapa de Uso e Cobertura da Terra (UCT)**, foi realizada através da imagem de satélite proveniente do Sentinel-2, referente à data de 09/09/2019, com resolução espacial de 10 metros, considerando as bandas do espectro do visível (bandas 2, 3 e 4) e do infravermelho próximo (banda 8). A classificação utilizada foi a do tipo supervisionada, por permitir a tomada de amostras representativas de cada classe de uso por meio da digitalização de polígono, onde 4 (quatro) de UCT foram mapeadas: (1) cobertura impermeável, (2) solo exposto e vegetação rasteira, (3) corpos d’água e (4) mata nativa e de reflorestamento. As classes foram escolhidas considerando os processos de inundações sobre a população exposta (GUERRA, 2020, p. 69);

(c) **coleta e seleção de dados do censo demográfico IBGE (2010)**, considerou as variáveis ponderadas a partir dos critérios de Criticidade (C) e Capacidade de Suporte (CS) na análise da vulnerabilidade social, a partir da aplicação da Análise Fatorial Exploratória

(AFE) proposta por Cutter (2003), que se trata de uma organização estatística dos dados de forma a permitir que as variáveis que mais contribuem para o objeto de estudo apareçam, destacando-se das demais. Todavia, como qualquer procedimento estatístico, exige cuidado no tratamento dos dados para que esses expressem efetivamente informações confiáveis sobre a vulnerabilidade (GUERRA, 2020, p. 63).

De tal modo, como um meio de adaptação da técnica proposta por Cutter (2003), propôs-se para este trabalho a elaboração de um índice simplificado de vulnerabilidade social tendo como base a utilização de variáveis estatísticas que se mostraram relevantes para a compreensão da vulnerabilidade social - da criticidade e da capacidade de suporte -, apoiadas numa Análise Fatorial de Componentes Principais (ACP), composta por um conjunto de variáveis, que quando organizadas, expressaram 9 (nove) categorias: (1) Riqueza Econômica, material e bem-estar; (2) Saúde e Apoio Social; (3) Acessibilidade; (4) Demografia; (5) Condições do Edificado e Habitação; (6) Educação; (7) Justiça; (8) Proteção Civil; e (9) Investimento Ambiental. Estas ainda se desdobram em subcategorias que refletem as condições necessárias para a identificação das áreas de vulnerabilidade social e ambiental (GUERRA, 2020, p. 63);

(d) elaboração da **Carta de Susceptibilidade à Inundações**, foi organizada a partir dos registros de ocorrências da defesa civil e do mapeamento prévio da CPRM (2012). A análise de susceptibilidade se deu de acordo com a combinação entre os condicionantes naturais e antrópicos do ambiente, a fim de identificar a probabilidade de ocorrência dos processos de inundação, enchente e de alagamento, entendo: 1) Formas de relevo; 2) Características da rede de drenagem da bacia hidrográfica; 3) Presença ou ausência da cobertura vegetal; 4) Uso e ocupação irregular nas planícies e margens de cursos d'água; 5) Disposição irregular de lixo nas proximidades dos cursos d'água; 6) Alterações nas características da bacia hidrográfica e dos cursos d'água (vazão, retificação e canalização de cursos d'água, impermeabilização do solo, entre outras) e; 7) Intenso processo de erosão dos solos e de assoreamento dos cursos d'água (GUERRA, 2020, p. 113). Ao final foi possível definir duas classes quanto à susceptibilidade ao grau do risco hidrológico (Inundação): (1) muito alta e (2) alta;

(e) e por fim, o foco principal deste trabalho, **integração dos dados** aplicando o **método AHP** (*Analytic Hierarchy Process*), por compreender uma análise multicritério para priorização das informações para a **elaboração da cartografia de síntese**, sendo capaz de indicar as áreas com potencialidades e fragilidades da realidade espacial.

Nesta lógica, com base nos métodos associados à abordagem numérica disponível nos SIG, esta etapa teve como meta a elaboração de mapas sínteses, sendo:

- a) mapa síntese intermediário, resultante das justaposições dos componentes sociais, morfométricos e antrópicos;
- b) mapa síntese final da vulnerabilidade socioambiental, resultante da compilação das sínteses intermediárias.

A integração dos dados obtidos da defesa civil e do serviço geológico, mais a elaboração das cartografias intermediárias subsidiou a cartografia de síntese final, produzindo assim o cenário gráfico da vulnerabilidade socioambiental aos riscos de inundações.

Para a elaboração da carta de vulnerabilidade socioambiental ao risco de inundação, a metodologia consistiu na construção de um índice espacial com indicadores antrópicos, sociais e morfométricos, através da aplicação AHP. Este processo fundamenta-se na justaposição da informação selecionada e quantificada, tendo em vista a sua priorização hierárquica, por meio da modelagem ambiental (álgebra de mapa), atendendo à relevância atribuída a cada indicador considerado.

Para a elaboração da modelagem ambiental (álgebra de mapa), utilizou-se a ferramenta *Arctoolbox – Spatial Analyst Tools – Overlay – Weighted Overlay do ArcGIS*, onde para o processamento da análise multicritério foram considerados os indicadores de: (a) Susceptibilidade às inundações; (b) Cobertura Vegetal e Uso da Terra; (c) Declividade e (d) Vulnerabilidade Social.

As bases de dados cartográficos, compostas na forma de planos de informação, foram salvas nos formatos matriciais (*raster*). A questão se justifica pela relação de topologia implícita ao processo matricial, o que não só otimiza o cruzamento de dados, como também é condição *sine qua non* em alguns modelos (MOURA, 2007). A escolha da resolução espacial dos planos de informação foi de 10 metros, conforme a escolha da base de informações e, conseqüentemente, a resolução ou precisão espacial das análises geradas. A definição da resolução é a escolha do tamanho do pixel na composição dos mapas em formato *raster* e do número de linhas e colunas na matriz de representação.

Em seguida, foram atribuídos os pesos para a avaliação numa escala crescente de importância, baseando-se nos critérios organizados na Tabela 1, que define a intensidade do fenômeno espacial, entendendo-o com importância: (1) igual, (3) moderada, (5) essencial, (7) demonstrada, (9) extrema ou dentro de valores intermediários (2, 4, 6 e 8). Os pesos de cada componente de legenda das variáveis citadas foram atribuídos em função da maior influência como fator do aumento da vulnerabilidade a inundação, distribuídos de 1 a 9. As mais estáveis apresentam valores mais próximos a 1, as intermediárias similares a 5 e as mais vulneráveis estão próximas de 9, conforme sistematizado na Tabela 2.

**Tabela 1.** Escala de valores AHP para a comparação pareada.

Intensidade de Importância	Definição e Explicação
1	Importância igual – os dois fatores contribuem igualmente para o objetivo.
3	Importância moderada – um fator é ligeiramente mais importante que o outro
5	Importância essencial – um fator é claramente mais importante que o outro
7	Importância demonstrada – um fator é fortemente favorecido e sua maior relevância foi demonstrada na prática
9	Importância extrema – a evidência que diferencia os fatores é da maior ordem possível
2; 4; 6; 8	Valores intermediários – possibilidade de compromissos adicionais entre julgamentos

Fonte: Saaty (2008, p. 86). Adaptado por Guerra (2020).

A atribuição de pesos, ou ponderações a cada critério ou indicador tem por base o cálculo vetorial resultante da matriz original das sucessivas comparações efetuadas, por critério e por indicador. Decidiu-se por atribuir maior valor de influência à susceptibilidade (30%), seguido do uso e cobertura da terra (25%) e vulnerabilidade social (25%), e por último, à declividade (20%). A decisão se baseou no conhecimento especialista das condições e características próprias de Bragança Paulista/SP-Brasil.

A Equação 1 ilustra o procedimento em ambiente SIG e a Tabela 2 as influências e pesos adotados.

$$(SUS\_INUN*30) + (UCT* 20) + (VS*25) + (DEC*25) / 100 \quad (1)$$

**Tabela 2.** Integração dos dados para a aplicação do Processo de Análise Hierárquica (AHP).

VARIÁVEIS	INFLUÊNCIA	PESOS
<b>SUSCEPTIBILIDADE ÀS INUNDAÇÕES (SUS_INUN)</b>	30%	
NÃO CLASSIFICADO (Buffer 250m)		3
ALTO		7
MUITO ALTO		9
<b>USO E COBERTUA DA TERRA (UCT)</b>	25%	
ÁREA CONSTRUÍDA		9
GRAMÍNEA/SOLO EXPOSTO		7
CORPOS D' ÁGUA		1
MATA		1
<b>DECLIVIDADE (DEC)</b>	20%	
0 – 2%		9
2 -5%		9
5 – 12%		5
12 – 30%		1
30 – 45%		1
> 45%		1
<b>VULNERABILIDADE SOCIAL (VS)</b>	25%	
MUITO BAIXA		1
BAIXA		3
MODERADA		5
ALTA		7
MUITO ALTA		9

Fonte: Guerra (2020).

Através do cálculo e definição das escalas taxonômicas que representariam as classes de vulnerabilidade social, o Mapa Síntese da Vulnerabilidade Socioambiental foi elaborado respeitando a ordenação gradativa de cores inseridas na legenda, onde atribuiu valores numéricos de 1 a 4 para as classes do mapa, conforme suas importâncias no fenômeno ambiental modelado, assim como os pesos (influências) encontrados na matriz normalizada para cada mapa, associando: (1) baixa influência - verde claro; (2) média influência - amarelo; (3) alta influência - laranja e (4) muito alta influência - vermelho, conforme Quadro 1. As áreas que distanciam mais de 250 metros das drenagens são consideradas áreas de muito baixa vulnerabilidade socioambiental às inundações e, assim, não foram classificadas em cores.

**Quadro 1.** Classifica o, Intervalo e Legenda da Vulnerabilidade Socioambiental.

Classifica�o	Intervalo da classe	Legenda
(1) Baixa	1 – 2	
(2) Média	3 – 4	
(3) Alta	5 – 6	
(4) Muito alta	7 – 9	

Guerra (2020).

A partir do conhecimento sobre a área, o modelo foi validado e aferido a partir de dados primários coletados em trabalhos de campo e, também, utilizando dados secundários como as imagens de satélites e as informa es obtidas no Plano de Contingência Municipal elaborado pela Defesa Civil.

## Resultados e Discussões

A análise dos resultados possibilitou uma visão integrada da paisagem com vistas   tomada de medidas mitigadoras por parte do poder público para a gestão municipal (GUERRA, 2020). E, com o objetivo de desenvolver essa análise de maneira integrada, a partir da modelagem do ambiente, recorreu-se aos métodos associados   abordagem numérica disponíveis no Sistema de Informa o Geográfica, viabilizadas pela AHP, que compreende uma análise multicritério para a prioriza o das informa es.

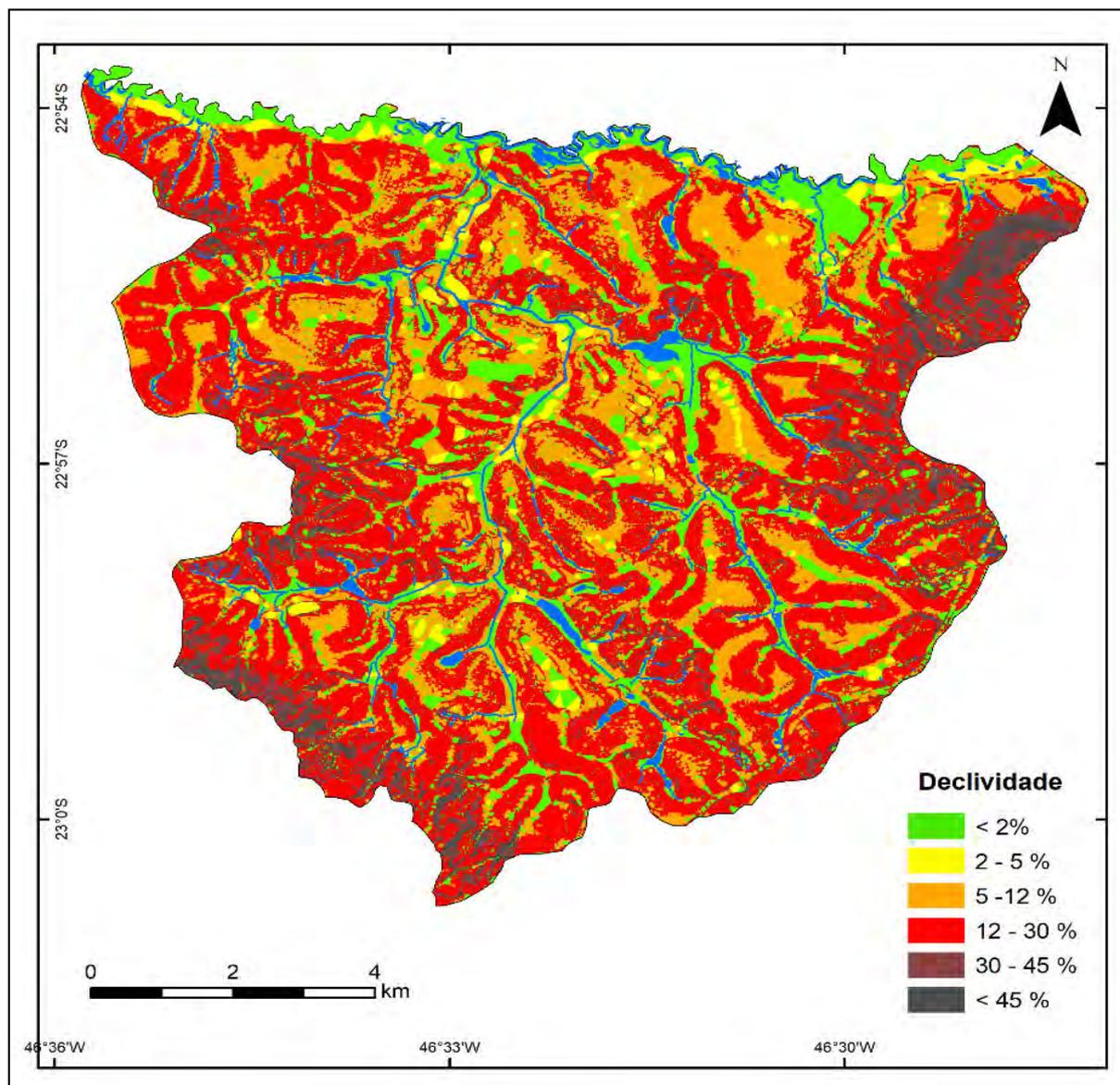
Ao permitir integrar os indicadores sociais e ambientais, foi possível cartografias intermediárias – Mapa de Declividade, Mapa de Uso e Cobertura da Terra (UCT); Mapa Susceptibilidade   Inunda o; Mapa de Vulnerabilidade Social -, como também, cartografia de síntese – Mapa de Vulnerabilidade Socioambiental aos Riscos Hidrológicos (inunda es)-, que caracterizam a área de estudo no município de Bragança Paulista (Figuras 3, 4, 5 e 6).

O Mapa de Declividade (Figura 3)   uma análise morfométrica importante que, na temática, indica a suscetibilidade dos terrenos ao desenvolvimento de processos geomorfológicos. Assim, neste estudo, sua leitura está diretamente relacionada ao volume e a velocidade das águas pluviais que fluem pelas vertentes, uma vez que a declividade representa a inclina o ao plano horizontal (GUERRA, 2020, p. 68).

Para Guerra (2020) a análise dos locais de inunda o na cidade de Bragança Paulista revela que: a) a quase totalidade das inunda es ocorrem em áreas de declives muito baixos (inferiores a 2%), correspondentes   planície aluvial dos corpos d'água; b) nas faixas com declividades de 2% a 5%, também,   comum as maiores concentra es nos registros de inunda es, principalmente nos interflúvios; c) já a faixa de declividade entre 5 e 12%, por representar as encostas coletoras,   caracterizada pelo escoamento superficial concentrado e, assim potencializar áreas com predomin o de enxurradas; d) as declividades intermediárias, entre 12% e 30%, são de muita predominância na região e encontram-se mais concentradas a montante dos córregos urbanos, sendo que a jusante, a faixa   marcada pelos equipamentos da infraestrutura urbana; e) as faixas com declividades entre 30% e 45% são majoritariamente identificadas como áreas de aten o para o IPT, por representarem áreas que possuem seus usos restritos pela Lei de Parcelamento do Solo Urbano e; f) nos maiores declives, superiores a

40%, encontram-se áreas com resultados do processo erosivo, além de movimentos de massa, como os deslizamentos, que comumente impactam o município (GUERRA, 2020, p. 93-94).

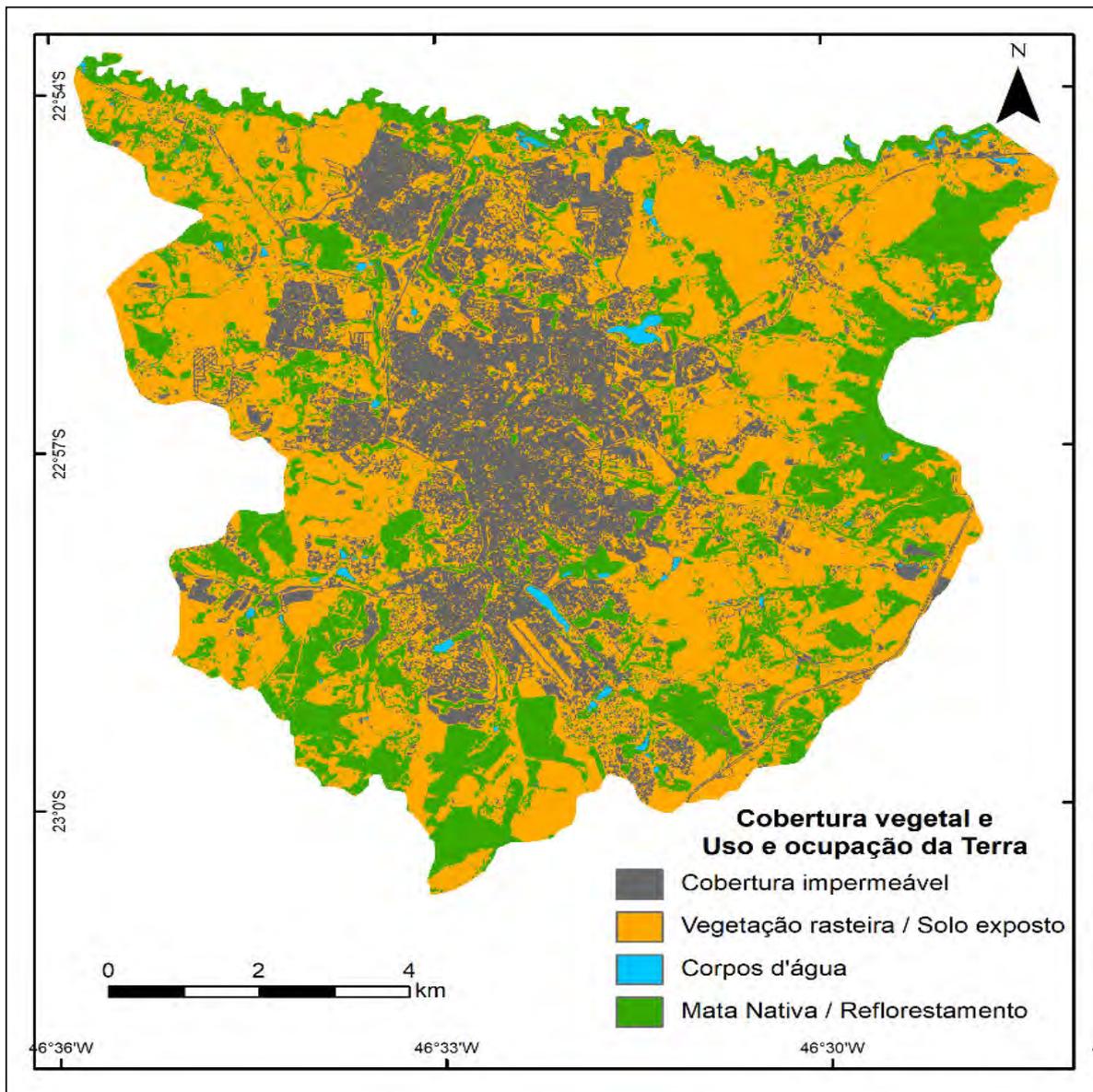
**Figura 3.** Mapa de Declividade.



Guerra (2020).

As variações e distribuição espacial observadas pelo Mapa Uso e Cobertura da Terra (UCT) – Figura 4 - são aspectos preponderantes para o entendimento da dinâmica urbana e consequente análise da dinâmica hidrológica local. Para uma análise coerente relativa à hidrodinâmica de inundações, alguns aspectos de uso e ocupação se destacam, como a cobertura vegetal e a distribuição das áreas impermeáveis, especialmente importantes no cenário urbano. (GUERRA, 2020, p. 69).

**Figura 4.** Mapa de Uso e Cobertura da Terra - UCT.



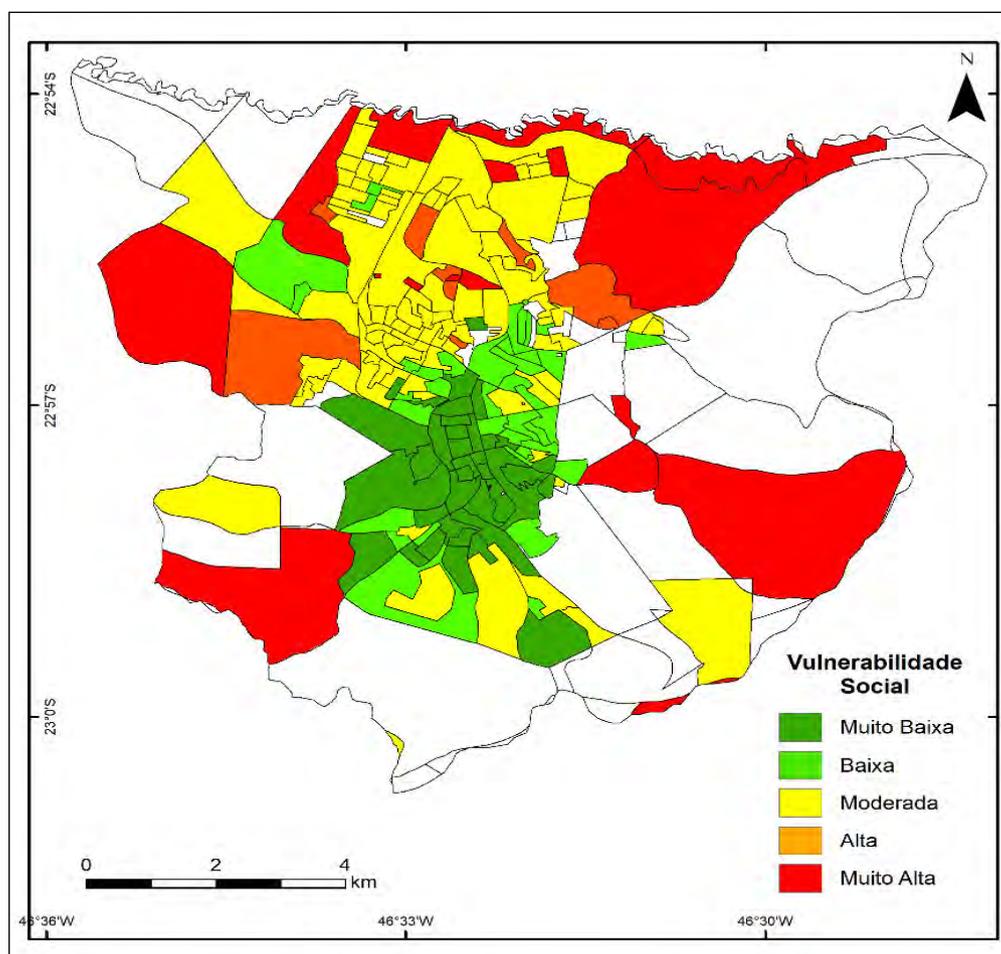
Guerra (2020).

Assim, no cenário atual, Guerra (2020), destaca que: a) a UCT com predomínio de vegetação rasteira e solo exposto, totaliza em 51%, na área periférica da Região Administrativa do Lavapés, onde se concentra a macrozona de expansão urbana e, também, a macrozona urbana; b) a UCT com mata nativa e de reflorestamento representa 25,7% da área, tendo suas predominâncias em áreas de maiores declives e nas macrozonas de proteção ambiental (localizadas ao oeste). Ao passo que na região norte da área (margens do rio Jaguari), a vegetação se concentra no entorno dos corpos d'água e, em áreas mais periféricas e permeáveis e; c) a UCT com cobertura impermeável representa 22,6% da área total em estudo, onde tem-se as edificações situadas na macrozona urbana. Nesta, os córregos situados na área mais densa da malha urbana apresentam-se quase que sem vegetação, com APPs claramente ignoradas, especialmente ao longo do Ribeirão do Lavapés, o mais afetado pela intensa urbanização (GUERRA, 2020, p. 88-89).

Pelo Mapa de Vulnerabilidade Social (Figura 5), Guerra (2020) explicita que o município de Bragança Paulista/São Paulo (Brasil), embora as áreas periféricas sejam marcadas pela expansão urbana, também são as mais expostas pela vulnerabilidade social, resultado das políticas de segregação socioeconômica, que é representada pela baixa renda da população. Destaca a autora (op. Cit.) que a:

[...] espacialização da vulnerabilidade social mostra que as áreas centrais da cidade são menos vulneráveis, apresentando muito baixa e baixa vulnerabilidade social. As áreas periféricas retratam alta e muito alta vulnerabilidade social, que aparenta ser um padrão entre outras cidades onde existe a dispersão e/ou exclusão centro-periferia (GUERRA, 2020, p. 105).

**Figura 5.** Mapa de Vulnerabilidade Social.



Guerra (2020).

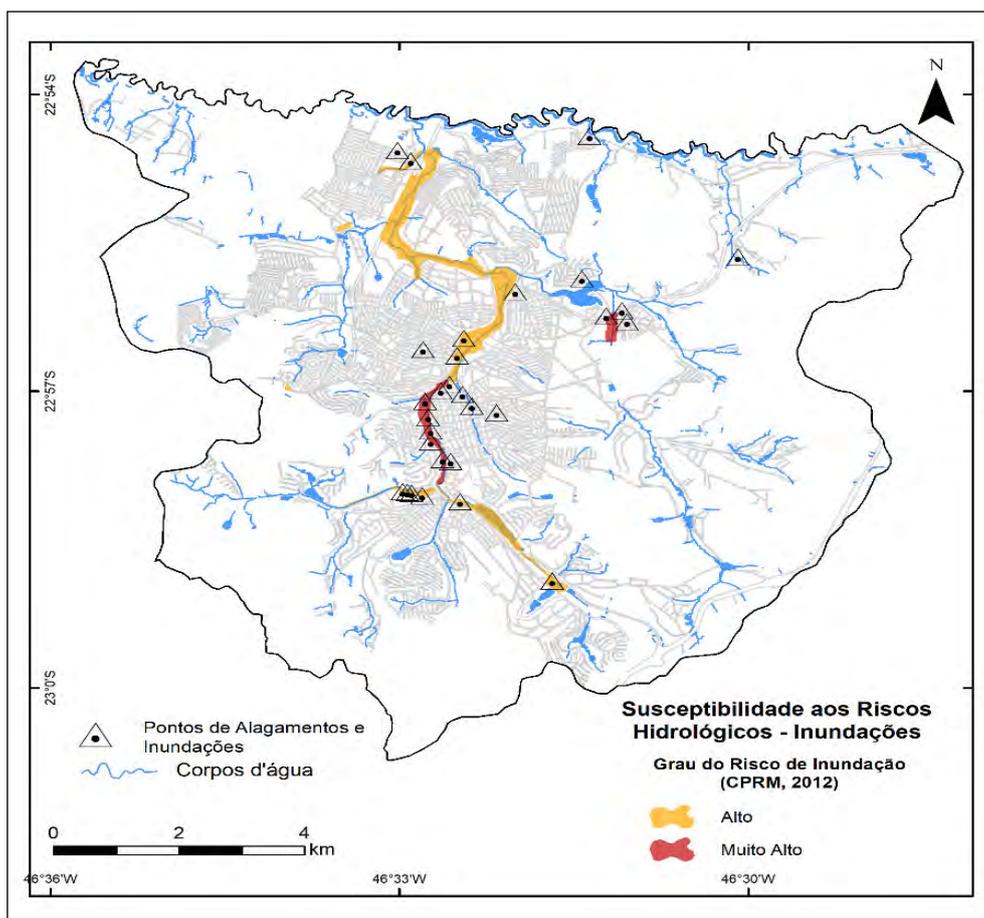
Assim, conforme é apresentado na Figura 5, à medida em que se afasta da área central é possível perceber o aumento dos níveis de vulnerabilidade, marcados pela infraestrutura urbana mais deficitária e a presença da população com menor capacidade de resposta na ocorrência de desastres. Neste sentido, são identificadas duas áreas concêntricas na lógica da vulnerabilidade no município (ZUCHERATO; GUERRA, 2019).

Apesar das distintas formas de avaliação dos riscos, vulnerabilidades e resiliência, Guerra (2020) esclarece que:

[...] a Defesa Civil classifica os desastres causados por inundações em função da magnitude (excepcionais, de grande magnitude, normais ou regulares e de pequena magnitude); e em função do padrão evolutivo (inundações graduais, inundações bruscas, alagamentos e inundações litorâneas provocadas pela brusca invasão do mar), (GUERRA, 2020, p. 105).

Nesta lógica, a partir da identificação das áreas de risco no município, representada pelo Mapa de Susceptibilidade (Figura 6), nota-se as interferências da expansão urbana nas áreas periféricas (regiões norte, leste e oeste), por agregarem áreas com maior contingente populacional decorrente da rápida urbanização, expostas às maiores interferências no meio natural, pelos loteamentos e programas habitacionais (GUERRA, 2020, p. 105).

**Figura 6.** Mapa de Susceptibilidade a Inundação.

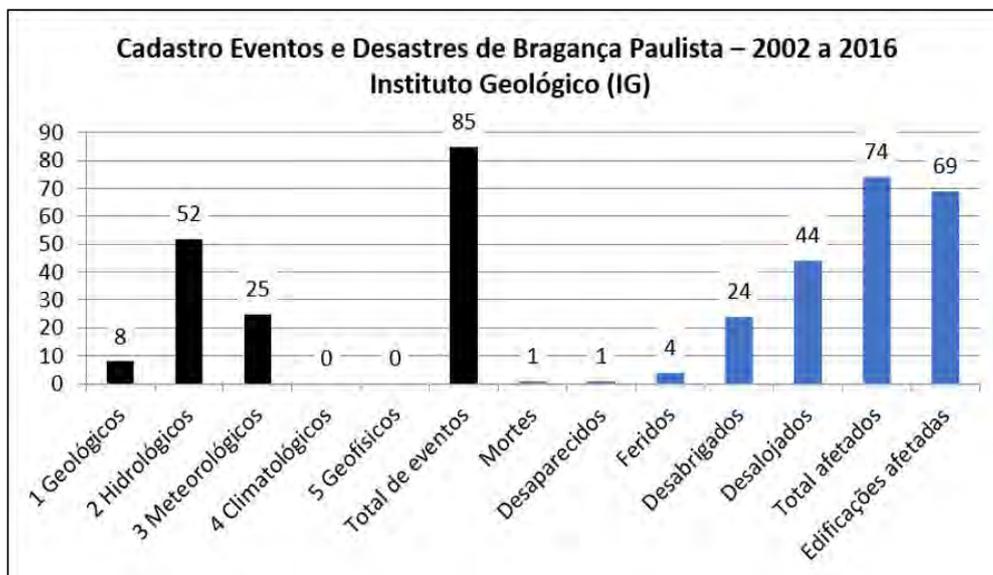


Guerra (2020).

Ainda, segundo levantamento feito pelo Instituto Geológico entre os anos de 2002 e 2016 foram registrados em Bragança Paulista 52 (cinquenta e dois) eventos hidrológicos perigosos, somando um total de 69 (sessenta e nove) edificações afetadas por eventos

de desastres cadastrados (Figura 7), (GUERRA, 2020, p. 110). O município apresenta 1.200 domicílios e 3.934 habitantes em risco de acordo com a população de 146.744 do censo demográfico de 2010 (IBGE, 2018).

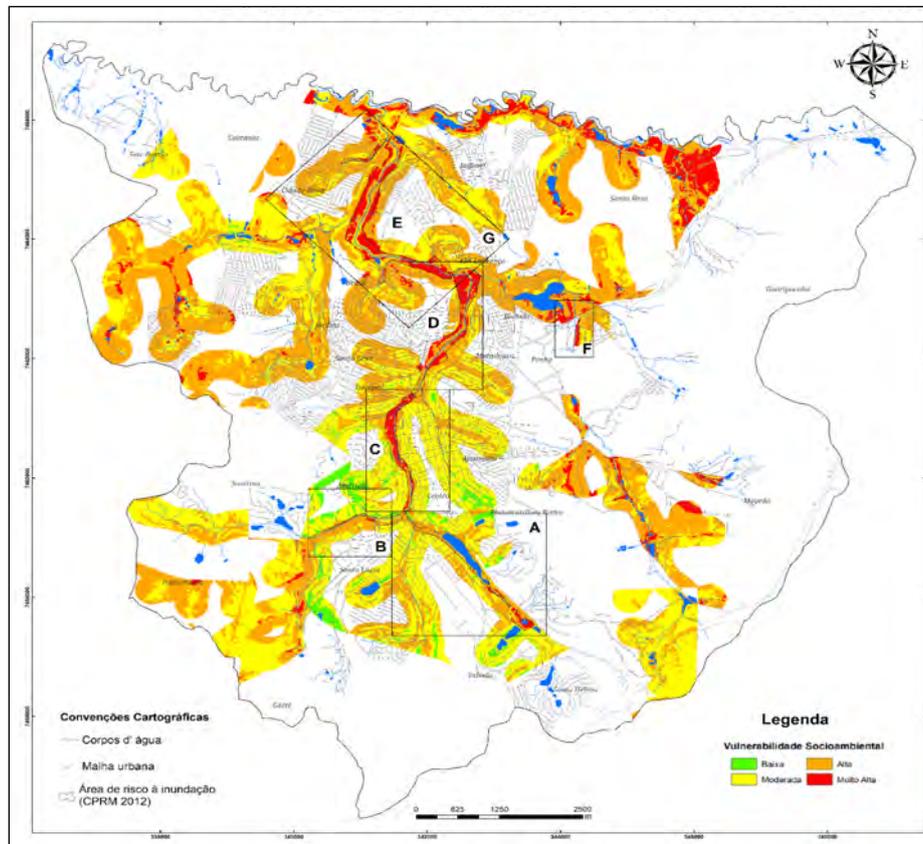
**Figura 7.** Cadastro do número de eventos de acordo com o grupo de riscos (preto) / Número de desastres e pessoas afetadas (azul)- 2002 a 2016 - Bragança Paulista/SP.



Fonte: Instituto Geológico (2016), adaptado por Guerra (2020).

A partir dos resultados da álgebra de mapas pela análise multicritério, baseada na AHP, obteve-se o Mapa da Vulnerabilidade Socioambiental aos Riscos Hidrológicos (Inundações) - (Figura 8). Através da elaboração e análise da espacialidade da vulnerabilidade socioambiental pela sua Cartografia de Síntese foi possível identificar, através de 7 setores (A, B, C, D, E, F e G), as áreas mais (e menos) vulneráveis às inundações, o que permitiu indicar os padrões de urbanização que impulsionaram e frearam esses processos (ZACHARIAS; VENTORINI, 2010, p. 167). Assim, considera-se esta carta um material cartográfico expressivo para se analisar a área como um todo, de maneira holística. Destaca-se na carta os setores com alta a muito alta susceptibilidade a inundações, tomando como base de discussão os setores mapeados pela CPRM (2012) – (GUERRA, 2020, p. 118).

**Figura 8.** Carta da Vulnerabilidade Socioambiental.



Guerra (2020).

Observadas as informa es (Figura 8), o **Setor A** compreende, a Sul, uma região onde a Vulnerabilidade Socioambiental (VSA)   muito alta e l  encontram-se pontos de alagamento conhecidos no bairro Santa Helena. Neste setor a Vulnerabilidade Social (VS)   moderada. Já a região onde fica o Centro e o Jd. América, presentes na porão Norte do Setor A, possui VS muito baixa, o que caracteriza como uma região com muitos alagamentos, uma VSA moderada a alta (e não muito alta, como esperado). Ou seja, ali há maior capacidade de suporte, e mesmo com risco ambiental marcadamente presente, apresenta baixa vulnerabilidade social como contraponto.

A região do Taboão, localizada na região central do Setor A, apresenta predomin o de VSA alta, enquanto o bairro Santa Helena   marcado pela VSA muito alta. Ambos os bairros possuem repetidos registros de inunda o, no entanto a VS   moderada a muito baixa, devido   maior capacidade de suporte. No outro extremo, as regiões de baixa VSA se apresentam em locais caracterizados por VS baixa a muito baixa (bairros com melhor infraestrutura) e com cobertura de mata (nativa ou reflorestada), mais comuns na região Norte e central.

No **Setor B** observa-se o Jardim América, bairro de classe social m dia, que apresenta VS muito baixa como predominante. Os locais que apresentam a VSA baixa são característicos áreas verdes (permeáveis) presentes no bairro, especialmente as muito declivosas. As unidades de maior abrangência nesta região apresentam VSA moderada a alta. No entorno do córrego jardim américa, local de maior susceptibilidade às inunda es da região, os setores com áreas verdes possuem VSA moderada, enquanto as áreas com solo exposto / vegeta o rasteira e coberturas impermeáveis são dominadas por VSA alta a muito alta.

O bairro de Santa Luzia é caracterizado por terrenos planos e extensa cobertura impermeável, com várias ocorrências de alagamentos próximo ao córrego. Seu setor oeste é mais problemático por possuir maior vulnerabilidade social do que o Leste (baixa e muito baixa, respectivamente), por isso a VSA alta domina o oeste enquanto à leste temos VSA moderada. Na porção relativa ao Centro da cidade, apesar de possuir muito baixa vulnerabilidade social devido ao poder aquisitivo e infraestrutura característica dessa área, a alta taxa de impermeabilização aliada à topografia plana típica de várzea de rio corroboram para uma vulnerabilidade socioambiental muito alta.

O **Setor C** abrange a região central, que se destaca pela VSA moderada nas áreas de maior declive e VSA preocupantemente muito alta nas áreas planas no entorno do córrego Lavapés. Quando analisada a vulnerabilidade social nesta região, apresenta-se quase que em sua totalidade como muito baixa, variando apenas no bairro Lavapés de baixa a moderada. O cenário visto relativo à vulnerabilidade socioambiental muito alta reflete o fundo de vale da bacia do córrego Lavapés, região plana muito bem-marcada conforme analisada a carta de declividade.

Por ser a região central um local de muito adensamento urbano e aglomeração de edificações, em uma área de alto a muito alto risco de inundação, necessita de uma atenção especial por parte do poder público. Devido a insistência do modelo de urbanização com canalização das drenagens e edificações em áreas de APP, alterando em demasia a situação natural do leito do rio, as inundações são iminentes e, infelizmente, frequentes na região. A baixa VSA é encontrada nos poucos locais que existe arborização em meio às extensas coberturas impermeáveis.

O **Setor D**, a Norte do bairro Lavapés, é bem-marcada pelo predomínio de VSA alta a muito alta. Trata-se de um cenário muito semelhante ao anterior, de adensamento urbano e alta susceptibilidade a inundação. Em geral, o local apresenta-se bastante crítico pela ótica da VSA. Quando analisada a vulnerabilidade social, temos um aumento significativo no sentido norte, desde muito baixa (Lavapés) e baixa (Matadouro e Bianchi), até alta e muito alta nos bairros ao norte.

Por ser uma área plana de fundo de vale altamente impermeabilizada é constantemente marcada por muitos registros de inundação. Estas características ambientais desfavoráveis, aliadas à crescente vulnerabilidade social no sentido norte, tornam esta região altamente vulnerável aos riscos hidrológicos.

Analisando a parte Norte da cidade propriamente dita, no **Setor E** tem-se a predominância da VSA alta a muito alta, com manchas de VSA moderada em locais arborizados ou de grande declive. A vulnerabilidade social moderada é predominante na região, apresentando alguns setores classificados como alta e muito alta (São Lourenço), localizadas principalmente no fundo de vale.

Como pode ser observado na carta de declividade, devido a presença de terrenos íngremes a água escoar rapidamente e se concentra no fundo de vale, causando constantes alagamentos. Importante pontuar que nesta região o córrego não é canalizado e possui vegetação nas áreas de várzea.

Mais especificamente, analisando o sentido Leste do município, região dos bairros Penha e Bianchi, no **Setor F** observou-se predominância da VSA muito alta e alta, com vulnerabilidade social moderada a alta em sua maior parte. Os bairros citados, Penha e Bianchi, estão situados em área de expansão urbana na ampla planície de inundação do Ribeirão Toró, possuindo histórico de sucessivos eventos de inundação.

Nesta região em específico, é necessário destacar uma informação importante a respeito do setor mapeado pela CPRM (2012) e a respectiva falta de informação que consta na modelagem da VSA (como visto na Figura F): os dados sociais do IBGE são de 2010 e não há dados registrados em parte dos setores desta região, o que impossibilitou o cálculo do índice de VSA. Por ser uma área de expansão urbana, esta compreende um espaço muito crítico e que deve ser olhado com cautela e planejamento pelo poder público, a fim de se evitar novas edificações por se tratar de um local de planície de inundação.

E, por fim, o **Setor G** trata-se de um pequeno córrego que deságua no Rio Jaguari e possui alto risco de inundação, conforme mapeado pela CPRM (2012). As ocorrências de inundação registradas na área ocorrem quando há elevação do nível do Rio Jaguari, e além deste problema de inundação, ao abaixar o nível da água ocorrem enxurradas de alto potencial erosivo-destrutivo. A vulnerabilidade social apresentada no bairro Curitibanos é de muito alta e moderada.

A Figura 9, mostra a Cartografia de Síntese Final da Carta de Vulnerabilidade Socioambiental aos riscos hidrológicos (inundações), elaborada para a Gestão Territorial Municipal, onde Zacharias; Ventorini (2021b, p. 167-168), destacam pelo menos 3 (três) vantagens, em seu método de representação espacial, enquanto instrumento essencial para uma melhoria clara nas práticas de planejamento municipal e gestão do território, o método de representação espacial, a saber: [...] 1) aumenta a eficácia das políticas públicas relacionadas ao ordenamento do território, delineadas pelas indicações e medidas mitigadoras compiladas nas legendas explicativas, individualmente, para os 7 (sete) setores [...]; 2) a inserção da leitura iconográfica, representada pelas imagens de satélites, associadas em cada uma dos setores; uma vez que permitem analisar o ambiente na paisagem de uma área de forma visível, como na realidade, onde é possível identificar, os lugares com as áreas que se apresentam mais e menos vulneráveis a inundação [...]; 3) a disposição dos mapas analíticos, que foram utilizados durante a modelagem ambiental, acompanhados da matriz de correção com os pesos hierárquicos atribuídos durante o processo da análise multicritério – AHP, para a integração dos dados e indicadores ambientais, o que facilita no entendimento das variáveis utilizadas para a legenda propositiva composta das informações como instrumento de orientação para as tomadas de decisões (ZACHARIAS; VENTORINI, 2021b).



## **Considerações finais**

Tais resultados possibilitaram uma visão integrada da paisagem com vistas à tomada de medidas mitigadoras por parte do poder público para a gestão municipal. Através da elaboração e análise da vulnerabilidade socioambiental, observam-se áreas mais (e menos) vulneráveis às inundações, o que permitiu estabelecer os padrões de urbanização que impulsionaram e frearam esses processos. A espacialização da vulnerabilidade social apresenta uma tendência de áreas periféricas com alta vulnerabilidade, obedecendo ao padrão de oposição centro-periferia. Por fim, a compreensão acerca do papel da vulnerabilidade socioambiental no âmbito municipal é um recurso fundamental ao poder público para adoção e estabelecimento de políticas e ações de prevenção, alerta, mitigação e recuperação das áreas com população mais vulnerável.

Importante ressaltar que a metodologia aplicada AHP foi bastante simplificada, mas que os resultados foram condizentes com a realidade de Bragança Paulista, São Paulo, Brasil. Todavia, para os próximos trabalhos faz-se necessário o procedimento de normalização e ponderação das matrizes de consistências dos julgamentos, referente à quantidade de variáveis determinadas e organizadas em ordem de linhas (i) e colunas (j), a partir dos critérios da AHP, implementados em planilhas no Excel®, a fim de dar peso ao trabalho para uma avaliação de pares.

## **Agradecimento**

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP, por meio de uma Bolsa de Mestrado (processo nº 17/00564-2), mais um Estágio de Pesquisa no Exterior (BEPE/FAPESP – processo nº 18/11369-9).

## **Referências**

- Barbosa, C. C. F. **Álgebra de mapas e suas aplicações em sensoriamento remoto e geoprocessamento**. 1999. 179f. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto). Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE/São José dos Campos/SP. 1999.
- Câmara, G; Moreira, F. R.; Barbosa, C.; Almeida-Filho, R.; Bönisch, S. **Inferência Geográfica e Suporte à Decisão**. In: Câmara, G.; Davis, C.; Monteiro, A. M. V. (Org.) - Introdução à Ciência da Geoinformação. INPE. São José dos Campos/SP. 2001. Disponível em: <<http://mtc-m12.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/sergio/2004/04.22.07.43/doc/publicacao.pdf>>
- Christofolletti, A. **Modelagem de sistemas ambientais**. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 1999.
- Cross, M.; Moscardini, A. O. **Learning the art of mathematical modeling**. New York, Halsted Press, 1985.
- CPRM. (2012). **Ação emergencial para delimitação de áreas em alto e muito alto risco a enchentes, inundações e movimentos de massa**: Bragança Paulista, São Paulo. Brasília: Ministério de Minas e Energia.
- Cutter, S. L., Boruff, B. J.; Shirley, W. L. Social Vulnerability to Environmental Hazards. n. **Social Science Quarterly**, 84(2), p. 242–261, 2003. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/1540-6237.8402002>>

- Cunha, R.; Dupas, F.; Pons, N. et. al. Análise da Influência das Variáveis Ambientais utilizando Inferência Fuzzy e Zoneamento das Vulnerabilidades. estudo do caso da bacia hidrográfica do Ribeirão do Feijão, São Carlos –SP. São Paulo. **Geociências**, v. 30, n. 3, p. 399-414, 2011.
- Cunha, L. Vulnerabilidade: a face menos visível do estudo dos riscos naturais. **Riscos naturais, antrópicos e mistos. Homenagem ao Professor Fernando Rebelo**, n. November, p. 153–165, 2013.
- Craveiro, J. L.; Antunes, Ó.; Freire, P. et al. **Comunidades Urbanas Na Orla Costeira: a Metodologia Multicritério AHP (Analytic Hierarchy Process) Para a Construção De Um Índice De Vulnerabilidade Social Face À Ação Marítima**. 2º Cong. Ibero Amer. de Responsabilidade Social, ISEG, 2012.
- Figueiredo, R. F. **Modelação cartográfica em ambiente SIG para apoio à decisão**: aplicação ao estudo da afectação potencial de usos do solo no sector Norte do Maciço Marginal de Coimbra. Dissertação de Mestrado. Univ. Coimbra. 204p. 2001.
- Gameiro, M. S. Problemas geoambientais provocados pela expansão urbana no município de Bragança Paulista, SP. **Revista UnG – Geociências**, v.7, n. 1, p. 48-63, 2008. Disponível em: <<http://revistas.ung.br/index.php/geociencias/article/view/377/466>>
- Gonçalves, N. M. S. **Impactos pluviais e desorganização do espaço urbano em Salvador**. In: Monteiro. C. A. F.; Mendonça, F. (Org.) - *Clima Urbano*. 1.ed., São Paulo: Contexto, p.69-91, 2009.
- Guerra, A. J. T., **Geomorfologia Urbana** – Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011.
- Guerra, F. C. **Mapeamento das áreas de vulnerabilidades socioambientais aos riscos hidrológicos: inundações em Bragança Paulista/SP**. 136f. Dissertação (Mestrado em Geografia), Instituto de Geociências e Ciências Exatas – IGCE, Universidade Estadual Paulista/Unesp- Câmpus de Rio Claro/SP. Rio Claro. 2020.
- IBGE. **IBGE: Resultados do censo 2010**. IBGE, 2011.
- IBGE. **População em Áreas de Risco no Brasil**. Coordenação de Geografia. Rio de Janeiro, 2018.
- Lombardo, M. A. **Ilha de Calor nas Metrôpoles: O Exemplo de São Paulo**. São Paulo: Hucitec, 1985. 244p.
- Materano, L. S.; Brito, J. L. S. Fragilidade ambiental potencial da bacia hidrográfica do Rio Castán, estado Trujillo -Venezuela. **Caminhos de Geografia**, v.21, n.73, p. 86-97, 2020. <http://dx.doi.org/10.14393/rcg217347216>.
- Mendonça, F. Aspectos da interação clima – ambiente – saúde humana: da relação sociedade-natureza à (in)sustentabilidade ambiental. **R. RA'E GA – O espaço geográfico em análise**. Editora UFPR. Curitiba, n. 4, 2000., p. 85-99. Disponível em: <http://revistas.ufpr.br/raega/article/view/3341/2677>.
- Monteiro, C. A. de F. **Teoria e clima urbano**. Série “Teses e Monografias nº 25”. São Paulo: IGEOG/USP, 1976. 181p.
- Moura, A. C. M. **Reflexões metodológicas como subsídio para estudos ambientais base dados em Análise de Multicritérios**. 2007.
- Ogato, G. S. et al. Geographic information system (GIS)-Based multicriteria analysis of flooding hazard and risk in Ambo Town and its watershed, West shoa zone, oromia regional State, **Ethiopia. Journal Of Hydrology: Regional Studies**, v. 27, p. 1-18, 2020. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.ejrh.2019.100659>>

- Ramos, A. et al. Application de la Méthode de l'Analyse Multicritère Hiérarchique à l'étude des glissements de terrain dans la région littorale du centre du Portugal: Figueira da Foz – Nazaré, **Geo-Eco-Trop**, Liège, Tome 1, pp. 33-44. 2014
- Rampazzo, C. R. **Clima Urbano, Risco Climático e Vulnerabilidade Socioespacial mediados pela Produção do Espaço Urbano em Cidades Paulistas (São Carlos, Marília e Presidente Prudente)**. 2019. 280 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Programa de Pós- Graduação em Geografia - Faculdade de Ciências e Tecnologia – FCT, Universidade Estadual Paulista/Unesp- Câmpus de Presidente Prudente/SP. 2019.
- Rodrigues, j. et al. **Aplicação do processo de análise hierárquica (AHP) na avaliação das consequências de galgamento em zonas portuárias** – caso de Ponta Delgada, Açores. 2014.
- Sant'anna Neto, J. L. Da climatologia geográfica à geografia do clima: gênese, paradigmas e aplicações clima como fenômeno geográfico. **Revista da ANPEGE**, v. 4, 1-18 p. 2008. Disponível em: <http://www.anpege.org.br/revista/ojs-2.4.6/index.php/anpege08/article/download/11/pdf4B>
- Saaty, T. L. **Analytic Hierarchy Process. Encyclopedia Of Biostatistics**, [s.l.], p. 1-9, 15 jul. 2005. John Wiley & Sons, Ltd. <http://dx.doi.org/10.1002/0470011815.b2a4a002>. Disponível em: <[http://www.colorado.edu/geography/leyk/geog\\_5113/readings/saaty\\_2008.pdf](http://www.colorado.edu/geography/leyk/geog_5113/readings/saaty_2008.pdf)>
- Saaty, T. L. The Analytic Network Process. **Decision Making With The Analytic Network Process**, [s.l.], p. 1-26, 2006. Springer US. Disponível em: <[http://dx.doi.org/10.1007/0-387-33987-6\\_1](http://dx.doi.org/10.1007/0-387-33987-6_1)>
- Santos, T. G.; Ventrini, S. E. Análise Multicritério: modelos de interesse ambiental e de áreas propícias à expansão urbana na bacia do Córrego do Lenheiro. **Caminhos da Geografia**, Uberlândia, v. 9, n. 64, p. 1-18, dez. 2017. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/40912/21635>>
- Zacharias, A. A.; Guerra, F. C. **Cartografia de paisagens em áreas com vulnerabilidades aos riscos ambientais: reflexões e estudo de caso** In: Dias, L. S.; Chávez, E. S. (Org.) - Cartografia Biogeográfica e da Paisagem. 1. ed. Tupã/SP: ANAP, 2019. v. II, p. 1-25.
- Zacharias, A. A. et. al. A cartografia de síntese e as estruturas verticais e horizontais da paisagem em ambientes urbanos suscetíveis à inundação. **Revista Do Departamento De Geografia**, 41(1), e177185. 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.11606/eISSN.2236-2878.rdg.2021.177185>>
- Zacharias, A. A.; Ventrini, S. E. A Cartografia de síntese, o ambiente e a paisagem: caminhos, desafios, perspectivas e proposta metodológica. **Publicações Avulsas: Geografia**, UFPI, Teresina/PI, vol. 22, n. 3, p. 120-157. 2021a. Disponível em: <<https://revistas.ufpi.br/index.php/geografia/article/view/12022>>
- Zacharias, A. A.; Ventrini, S. E. A Cartografia de síntese na práxis: estudos de casos na representação e modelagem do ambiente na paisagem. **PUBLICAÇÕES AVULSAS: Geografia**, UFPI, Teresina/PI, vol. 22, n. 3, p. 145-173. 2021b. Disponível em: <<https://revistas.ufpi.br/index.php/geografia/article/view/11275>>

# 5

**PAISAGENS  
URBANO-CULTURAIS,  
QUALIDADE AMBIENTAL, RISCOS  
E JUSTIÇA AMBIENTAL**

# QUALIDADE AMBIENTAL URBANA: ANÁLISE E MÚLTIPLOS RECORTES ESPACIAIS EM RIO CLARO, SÃO PAULO, BRASIL

Marcos Paulo Almeida Fornazieiro<sup>1</sup>

Andréia Medinilha Pancher<sup>2</sup>

**RESUMO:** A qualidade ambiental urbana é um indicador importante de sustentabilidade das cidades, relacionando-se diretamente com as condições de bem estar e sadia qualidade de vida da população. Para a análise espacial integrada dos indicadores ambientais que atestem a qualidade do meio urbano, foi proposto a geração de um Índice de Qualidade Ambiental Urbana (IQUA), utilizando como estudo de caso a cidade de Rio Claro-SP. Para a área de estudo, foram selecionados os seguintes indicadores ambientais: cobertura vegetal, uso do solo urbano, poluição ambiental, vulnerabilidade a alagamento e inundação e temperatura de superfície, os quais foram selecionados após ampla pesquisa bibliográfica e caracterização detalhada da área de estudo. Os referidos indicadores foram gerados e organizados em ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG), sendo posteriormente integrados por meio da análise de pesos de evidências para a qual se adotou o método Processo Analítico Hierárquico (AHP – Analytic Hierarchy Process). Como resultado, foi gerado o IQUA com valores entre 1 (muito baixo) e 5 (muito alto). Os valores foram representados em diferentes recortes espaciais, tais como a mancha urbana, os limites dos bairros e as quadras. Desse modo, foi possível realizar uma análise da qualidade ambiental urbana em diferentes escalas, reconhecendo desigualdades intra-urbanas. Verificou-se, por exemplo, uma variação do IQUA entre os bairros e as quadras urbanas, sobretudo devido as diferenças entre os tipos de uso do solo e os índices de cobertura vegetal. Os resultados alcançados revelam a potencialidade das ferramentas de geoprocessamento para a integração e síntese de dados geoespaciais, permitindo-se obter produtos de grande aplicabilidade para a tomada de decisões no âmbito do planejamento urbano e ambiental das cidades.

---

1 Mestre em Geografia, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Unesp – Campus Rio Claro.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2204-3960>. E-mail: marcos.fornazieiro@gmail.com

2 Livre Docente, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Unesp – Campus Rio Claro.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1760-2078>. E-mail: am.pancher@unesp.br

## Introdução

A população urbana corresponde a mais da metade da população mundial, atingindo 84% da população brasileira, segundo dados do último censo demográfico realizado em 2010 (IBGE, 2010). Em 2020, a estimativa era de que 90% da população brasileira residiam nas cidades (ONU-HABITAT, 2020).

Com a rápida urbanização, sobretudo nos países em desenvolvimento, os conflitos ambientais dentro do espaço urbano tornaram-se mais evidentes e de maior complexidade. O resultado são cidades com alto grau de artificialização, onde os aspectos naturais da paisagem são transformados, quando não eliminados do contexto urbano.

O modo como o espaço nas cidades é organizado e as desigualdades distribuídas são resultados de processos históricos e sociais diversos. Para Acsegrad, Mello e Bezerra (2009), não existem condições naturais ou determinação geográfica que justifiquem essa organização, mas processos sociais e políticos que reservam maiores problemas ambientais à população mais carente, bem como acesso limitado aos recursos naturais, o que impacta diretamente a percepção de bem-estar dessa população.

Nesse sentido, a qualidade ambiental urbana é um indicador importante de sustentabilidade das cidades, relacionando-se diretamente com as condições de bem estar e sadia qualidade de vida da população. Esse indicador é capaz de apontar aspectos minimamente indispensáveis à vivência mais sadia dos cidadãos e revelar onde e para quem há qualidade, contribuindo para a promoção da justiça ambiental.

Para a análise da qualidade ambiental urbana, é fundamental uma adequada definição e integração dos indicadores ambientais, o que vem sendo facilitado e aperfeiçoado com os recursos oferecidos pelas geotecnologias.

Diante do exposto, para este estudo, foi selecionada a cidade de Rio Claro-SP como estudo de caso, propondo-se a geração de um Índice de Qualidade Ambiental Urbana (IQUAU), com valores entre 1 (muito baixo) e 5 (muito alto). Os valores foram representados em diferentes recortes espaciais, tais como a mancha urbana, os limites dos bairros e das quadras urbanas. Desse modo, foi possível realizar uma análise da qualidade ambiental urbana em diferentes escalas, identificando-se desigualdades intra-urbanas.

## Desenvolvimento

A qualidade ambiental urbana é compreendida como um conceito amplo, controverso e subjetivo, uma vez que engloba fatores de ordem quanti-qualitativas, provenientes da relação sociedade-natureza expressa no ambiente urbano.

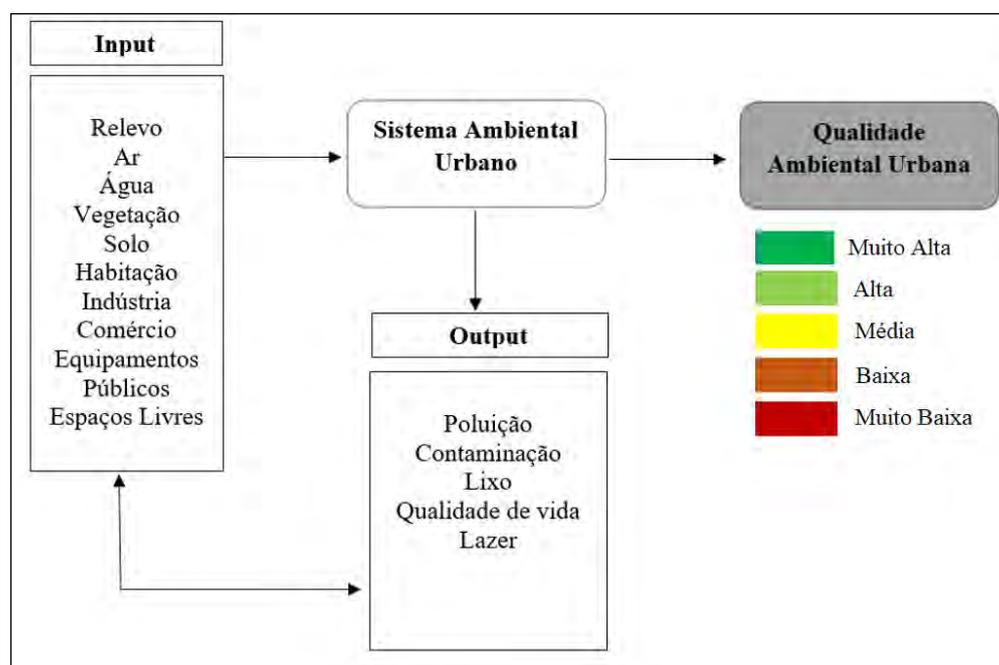
Conforme argumentou Oliveira (1983), definir qualidade ambiental envolve subjetivismos inerentes ao ato de qualificar, pois depende de posições filosóficas, ideológicas e políticas dos indivíduos ou grupos. Logo, não há como conceituar qualidade sem tender a uma ou outra direção.

Neste trabalho, entendeu-se por qualidade ambiental urbana o conjunto de elementos físico-naturais e socialmente construídos que integram, numa relação sistêmica e dialética, o Sistema Ambiental Urbano (S.A.U.), conferindo ao cidadão melhores possibilidades de sobrevivência e bem-estar. Esse conceito é resultado de uma profunda reflexão baseada no referencial teórico.

O conceito de S.A.U foi proposto por Mendonça (2004), a partir das propostas de Monteiro (1976) e do PNUD/UNPOS para o Sistema Clima Urbano e o Sistema Ecológico Urbano, respectivamente. A concepção de Mendonça (2004) confere um tratamento integrado, holístico e conjuntivo dos elementos e dos problemas urbanos. Assim, o ambiente urbano é o resultado mais aparente da relação sociedade-natureza e constitui-se de aspectos naturais e sociais, os quais são essenciais para a sobrevivência humana.

Partindo-se dessa definição de Mendonça (2004), a qualidade ambiental urbana é o que confere estado de equilíbrio ou desequilíbrio ao S.A.U., reflexo da interação que há entre os aspectos físico-naturais do sítio urbano e aqueles construídos pelo homem (Figura 1).

**Figura 1.** Modelo Conceitual de Qualidade Ambiental Urbana na proposta de S.A.U.



Fonte: Fornazieiro (2020, p. 66).

Uma vez delimitada a amplitude do conceito de qualidade ambiental urbana adotado, é imprescindível selecionar indicadores representativos da área de estudo e, posteriormente, a integração desses, finalizando com uma cartografia de síntese. Desse modo, a metodologia adotada envolveu a seleção crítica dos indicadores ambientais de Rio Claro, a posterior espacialização e representação cartográfica, bem como a integração desses indicadores.

Para tanto, as geotecnologias foram utilizadas como ferramentas de trabalho, por meio das quais foi possível mapear, integrar e analisar os dados e informações espaciais coletadas e produzidas durante a realização da pesquisa. Dentre as geotecnologias disponíveis, este trabalho apoiou-se no uso do Sistema de Informações Geográficas (SIG) de código livre e aberto, tais como: o QGIS e o Spring, além de recursos do Sensoriamento Remoto e do Sistema de Posicionamento Global (GPS), sendo este último como apoio ao trabalho de campo.

## Métodos e Técnicas de Pesquisa

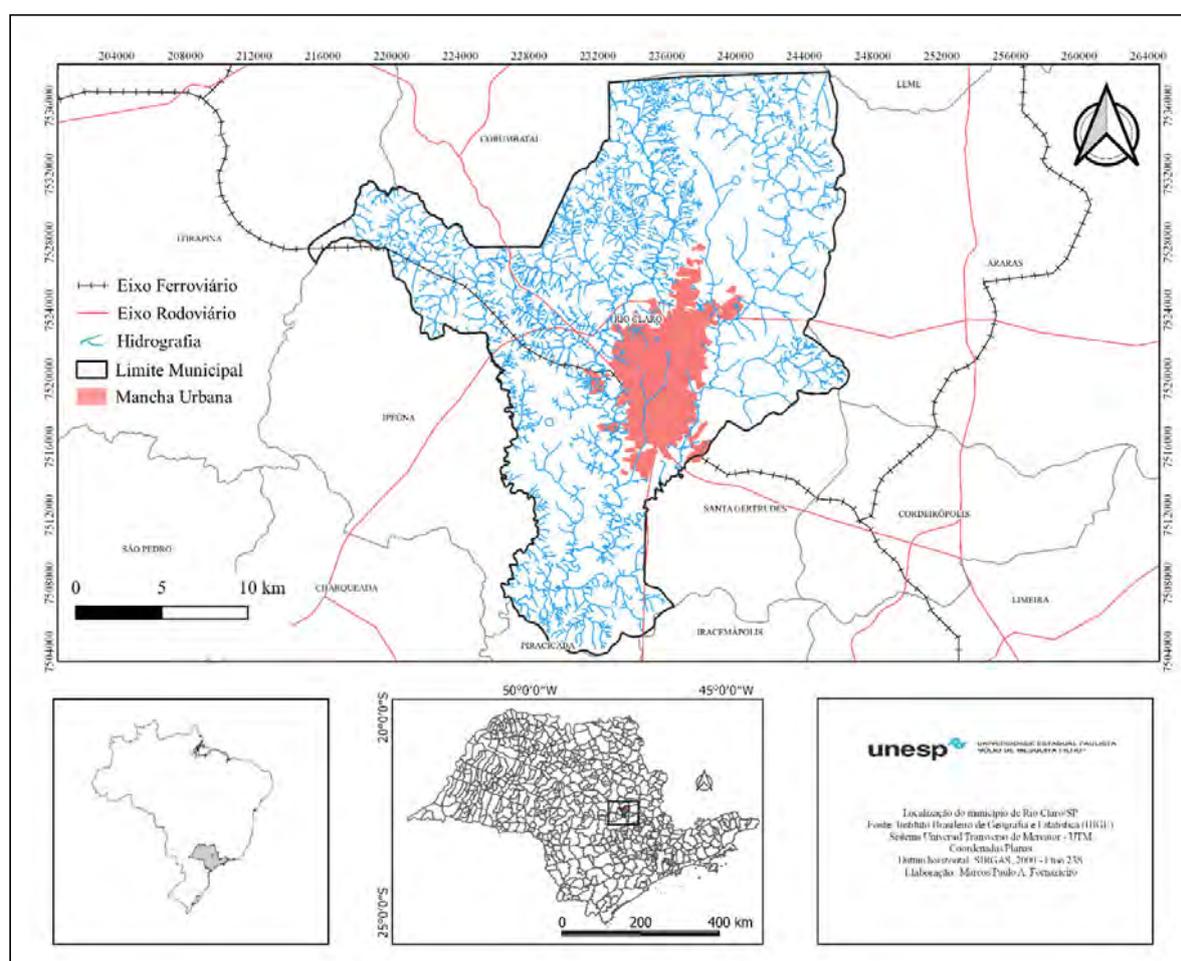
O problema metodológico da qualidade ambiental urbana perpassa pelas questões relativas ao conceito, a escolha dos indicadores ambientais e pelos procedimentos de integração e síntese desses indicadores.

O conhecimento aprimorado das características do ambiente urbano é fundamental para romper parte desse problema, sobretudo no que se refere à definição dos indicadores ambientais mais relevantes para o objetivo fundamental da pesquisa.

Desse modo, o diagnóstico das características físico-naturais e socioeconômicas da área de estudo servem para subsidiar a escolha dos indicadores mais relevantes para a qualidade ambiental urbana. A partir dessa caracterização, busca-se entender a forma de organização do espaço urbano, considerando que este é resultado da interação entre os diferentes elementos do ambiente urbano, num determinado contexto histórico.

No caso, o recorte espacial abarcou a área urbana do município de Rio Claro, localizado no interior do estado de São Paulo, entre as latitudes 22°24'S e 22°33'S e longitudes 47°25'O e 47°35'O, compreendendo uma área territorial de 498,42 km<sup>2</sup>. (Figura 2).

Figura 2. Mapa de localização do município de Rio Claro/SP.



Fonte: Elaborado por Fornazieiro (2020, p. 41).

Rio Claro se desenvolveu, a princípio, em função da cana-de-açúcar e prosperou devido ao café, em conjunto com as atividades pecuárias. Vale destacar, que a força de trabalho escrava foi essencial para essas atividades e através das políticas de abolição da escravatura a partir de 1850, passou a contar com o tráfico interprovincial de escravos de regiões decadentes do norte e nordeste. Mais tarde, essa mão de obra foi sendo substituída pela força de trabalho imigrante, principalmente, de alemães e italianos, os quais ocasionaram pequenas mudanças de costumes e estimularam o estabelecimento de pequenas indústrias (COTTAS, 1983; SANTOS, 2002; TROPPIAIR, 2008).

Sampaio (1987) denominou de fase pioneira o estabelecimento desses empreendimentos industriais em Rio Claro entre os anos de 1873 e 1928. A fase denominada tradicional correspondeu ao período de 1930 a 1970, tendo início com a quebra da Bolsa de Nova York e com as consequentes mudanças no modelo agrícola exportador, o que impulsionou o desenvolvimento de uma industrialização nacional e local. Rio Claro, porém, beneficiou-se pouco desse período, apresentando, aliás, um período considerável de estagnação econômica e até demográfica, o que, segundo a autora, justifica-se pela pequena capacidade de acumulação de capital no município, a pouca iniciativa da classe empresarial local, o reduzido número de estabelecimentos motrizes que impulsionaram a expansão de outras unidades industriais, a presença das oficinas da Companhia Paulista, que empregou e estabilizou grande número de funcionários, além das precárias condições de abastecimento de água e energia.

A partir de 1970, a industrialização de Rio Claro passou por uma fase mais dinâmica e de consolidação com a criação de um Distrito Industrial no setor norte do perímetro urbano, entre os rios Corumbataí e ribeirão Claro, totalizando 2 milhões de metros quadrados, o que se somou à política de incentivos e isenções fiscais. Beneficiando-se dessa infraestrutura, das facilidades econômicas e também da localização geográfica privilegiada e da facilidade de acesso à capital pelos modais rodoviários e ferroviários, instalaram-se grandes representantes industriais do ramo de materiais plásticos, como a Tigre, Ladal e Ancel; de mecânica, como a Alfa e John Crane do Brasil; e química, como a Uniroyal, Pennwalt, Aldoro, Nheel e Quarex (SAMPAIO, 1987).

Assim como no nível nacional, a industrialização do município impulsionou a urbanização e, conseqüentemente, o setor de serviços e comércio.

A população rio-clarense cresceu de maneira acentuada desde sua fundação até meados de 1920 devido à prosperidade econômica da era cafeeira. Entre 1920 e 1960 a economia do município não avançou devido à crise internacional, impactando no baixo crescimento demográfico. Contudo, a partir de 1970 a nova fase de industrialização e abertura econômica brasileira refletiu também em nível local, tornando Rio Claro atrativo de um número considerável de indústrias, refletindo num novo dinamismo econômico ao município, o que contribuiu, conseqüentemente, para um incremento populacional, de perfil predominantemente urbano.

Mais recentemente, a população rio-clarense vem apresentando um dinamismo moderado, com taxa geométrica de crescimento anual de 0,8% ao ano (SEADE, 2018). De acordo com o último censo demográfico (IBGE, 2010), o município de Rio Claro comportava uma população de 186.253 habitantes e a densidade demográfica era de 373,69 hab/km<sup>2</sup>. O município apresenta população predominantemente urbana, atingindo índices de 97,77% de urbanização (SEADE, 2018). As principais características socioeconômicas do município estão resumidas no Quadro 1.

**Quadro 1.** Estatísticas socioeconômicas do município de Rio Claro/SP.

Ano	Estimativa Populacional	Dens. Demog. (hab/km <sup>2</sup> )	Taxa de Urbanização (%)	PIB per capita (R\$)	Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM)
2010	186.253 <sup>1</sup>	373,69 <sup>1</sup>	97,57 <sup>1</sup>	42.613,74 <sup>1</sup>	0,803 <sup>1</sup>
2020	208.008 <sup>2</sup>	417,33 <sup>1</sup>	97,84 <sup>2</sup>	49.411,87 <sup>2</sup> (2018)	0,803 <sup>2</sup>

Organização: Fornazieiro (2021)

<sup>1</sup>Censo demográfico. Fonte: IBGE, 2010. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/v4/brasil/sp/rio-claro/panorama>>. Acesso em 23/08/2021.

<sup>2</sup>Informações dos Municípios Paulistas. Fonte: SEADE, 2021. Disponível em: <<http://www.imp.seade.gov.br/frontend/#/perfil>>. Acesso em 23/08/2021.

Com o crescimento urbano e as políticas de planejamento pouco valorizadas e implementadas pelas gestões públicas e privadas, é evidente o surgimento de problemas ambientais, sobretudo em áreas menos adequadas à ocupação. Dentre esses problemas, os alagamentos são um dos mais marcantes na área de estudo. Penteado (1981), por exemplo, já alertava em relação ao deficitário escoamento das águas pluviais de Rio Claro. Segundo a autora, apesar de o relevo plano favorecer o assentamento e a expansão da cidade, por outro lado, prejudica a capacidade de escoamento natural, que somado a um deficitário escoamento subterrâneo através de bueiros, resulta em inúmeras ruas alagadas nos dias de chuvas mais intensas.

Outro aspecto se refere à expansão da mancha urbana em direção às áreas menos favoráveis à urbanização, que partiu das altitudes mais elevadas da morfologia de superfície sub-tabular em direção às áreas de fundo de vale, onde há naturalmente susceptibilidade à inundação, bem como em direção às bordas dissecadas do interflúvio, marcadas por anfiteatros bem desenvolvidos em virtude dos inúmeros afluentes do rio Corumbataí e ribeirão Claro, ocasionando processos erosivos acelerados em forma de ravinas e voçorocas (CUNHA; MORUZZI; BRAGA, 2009).

A impermeabilização do solo também foi acompanhada de uma diminuição drástica da cobertura vegetal. Rossetti (2007) verificou um decréscimo de 37,4% da cobertura vegetal intra-urbana entre os anos de 1962 e 2006. O resultado disso é a alteração no balanço de radiação no interior da cidade, ocasionando no aumento da temperatura ambiente. Em áreas onde predominam o asfalto e o concreto há uma maior absorção da energia solar, produzindo ilhas de calor e criando condições de movimento de ar ascendente que pode levar a precipitações mais intensas (TUCCI, BERTONI, 2003).

Vale mencionar também que as atividades econômicas desenvolvidas na cidade desencadeiam poluições ambientais que comprometem a qualidade de vida dos habitantes, destacando-se a poluição do ar, que é a mais crítica. O município se configura como a terceira pior cidade em termos de qualidade do ar no estado de São Paulo, sobretudo em função da grande quantidade de material particulado (MP<sub>10</sub>), proveniente de fontes diversas, com destaque para os automóveis, queima de biomassa vegetal e impactos diretos e indiretos decorrentes das atividades cerâmicas (CETESB, 2016, MMA, 2019).

De modo geral, a maior parte dos problemas ambientais urbanos está relacionada à ineficiente gestão do uso e ocupação do solo, tornando este o indicador de melhor representatividade da qualidade ambiental urbana, juntamente com a cobertura vegetal urbana.

A partir da revisão bibliográfica e da caracterização geral de Rio Claro/SP, bem como do seu processo de urbanização, problemas ambientais urbanos e perspectivas futuras para o desenvolvimento da cidade, foi possível reconhecer indicadores que representam mais precisamente a qualidade desse ambiente urbano. De acordo com a proposta de Nucci (2001), é recomendável cartografar o maior número possível de atributos ambientais, no entanto, mais importante do que isso é levar em conta quais desses atributos são realmente determinantes para uma ou outra área de estudo, uma vez que o Brasil possui uma grande geodiversidade, conforme destacou Troppmair (2004).

Nesse sentido, foram definidos os seguintes indicadores para a cidade de Rio Claro:

- Uso do solo urbano;
- Cobertura vegetal urbana;
- Poluição ambiental;
- Vulnerabilidade à inundação e alagamento;
- Temperatura de Superfície.

Esses indicadores foram produzidos, organizados e integrados a partir de recursos oferecidos pelas Geotecnologias, em especial pelo Sistema de Informações Geográficas (SIG), QGIS, software livre e de código aberto.

A cobertura vegetal urbana foi caracterizada em cobertura arbórea densa, arbustiva densa, herbácea-arbustiva, herbácea e sem cobertura vegetal (área construída). As classes foram definidas através da segmentação e da classificação da Ortofoto de 2010/2011. A atualização das informações foi realizada com base na imagem Google Earth de 2019, bem como por meio da extração do NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), da imagem Sentinel-2A de 2019.

A poluição ambiental consistiu no mapeamento de 308 pontos correspondentes às indústrias potencialmente poluidoras, as indústrias não poluidoras ou com baixo potencial poluidor, os postos de combustíveis, os pontos contaminados e os pontos de descarte irregular de lixo. Os dados foram coletados na Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (Cetesb), Secretaria de Meio Ambiente de Rio Claro (Sema) e Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), além de fotointerpretação.

Esses pontos constituíram a base para a geração de um mapa de calor (densidade de Kernel), o qual determinou locais de alta e baixa concentração de fontes poluidoras.

Os indicadores de vulnerabilidade à inundação e alagamento foram compilados do trabalho de Soares (2018), o qual definiu zonas de muito alta a muito baixa vulnerabilidade.

Para o mapeamento do uso do solo urbano foram definidas 13 classes e 33 subclasses, classificadas no nível das quadras urbanas, de acordo com análise visual da Ortofoto 2010/2011 e da imagem orbital mais atual da plataforma *Google* Satélite disponível no QGIS (2019). Como material de referência para a identificação dos usos, foram utilizadas a base cartográfica municipal contendo a localização das praças, parques, instituições de saúde e educação; o mapeamento pontual das indústrias potencialmente poluidoras; o *site* oficial da prefeitura e o *Google Maps*.

O mapeamento da Temperatura de Superfície da área urbana foi gerado a partir da banda 10 do sensor TIRS/Landsat-8, a qual corresponde a faixa espectral do infravermelho termal (10.6 - 11.19  $\mu\text{m}$ ), com 30 metros de resolução espacial e referente à janeiro de 2019.

A metodologia adotada para o referido mapeamento foi proposta por Coelho e Correia (2013), que consiste em aplicar as equações fornecidas pelo Serviço Geológico Americano para a conversão dos níveis de cinza da imagem em radiância e posteriormente para temperatura Kelvin. Na sequência, os valores obtidos em Kelvin foram subtraídos pelo valor absoluto 273,15 para se gerar o *raster* de temperatura de superfície em graus Celsius (°C). Para isso foi aplicada a Equação 1 por meio da calculadora *raster* do QGIS.

**Equação 1.** Temperatura de Superfície Celsius.

$$TC = (1321.08 / L_{\lambda} (774.89 / (3.3420E-04 * "banda10.tif" + 0.10000) + 1)) - 273.15$$

O produto gerado revelou que a temperatura de superfície em Rio Claro variou entre 26°C e 39°C. Logo, definiu-se o intervalo entre 26°C e 30°C como sendo a faixa de temperatura mais adequada para o corpo humano, portanto, a de melhor qualidade ambiental, segundo as considerações de Thom (1959).

Após o mapeamento temático dos indicadores ambientais, as classes de legenda de cada indicador foram reclassificadas de acordo com um Índice de Qualidade Ambiental Urbana (IQUA), conforme demonstrado no Quadro 2.

**Quadro 2.** IQUA definido para as classes dos indicadores ambientais.

Indicador	Classe	IQUA
<b>Cobertura Vegetal Urbana</b>	Sem cobertura	Muito baixo (1)
	Cobertura herbácea	Baixo (2)
	Cobertura herbácea-arbustiva	Médio (3)
	Cobertura arbustiva densa	Alto (4)
	Cobertura arbórea densa	Muito Alto (5)
<b>Concentração da Poluição Ambiental (Densidade de Kernel)</b>	25,35 – 41,17	Muito baixa (1)
	15,34 – 25,35	Baixa (2)
	8,23 – 15,34	Média (3)
	2,9 – 8,23	Alta (4)
	0 – 2,9	Muito Alta (5)
<b>Vulnerabilidade à inundação e ao alagamento</b>	Muito baixa	Muito alto (5)
	Baixa	Alto (4)
	Média	Médio (3)
	Alta	Baixo (2)
	Muito alta	Muito baixo (1)

continua

continuação

Indicador	Classe	IQAU
<b>Uso do Solo Urbano</b>	Residencial muito alto padrão Chácara Uso restrito Praça Parque	Muito alto (5)
	Residencial alto padrão Área de Lazer Equipamentos de saúde, educação, segurança, de governo e religioso Estação Ferroviária Terminal Urbano e Interurbano Jardim	Alto (4)
	Residencial médio padrão Acompanhamento e sobras do sistema viário Vazio urbano (em áreas residenciais de médio, alto e muito alto padrão) Residencial e Comercial Aeródromo Comercial Shopping Ferrovia	Médio (3)
	Residencial baixo padrão Vazio urbano (em áreas residenciais de baixo padrão) Posto de Combustível Indústria não poluidora Ecoponto	Baixo (2)
	Ocupação precária Vazio urbano (em áreas residenciais de muito baixo padrão) Áreas de descarte irregular de lixo Indústria poluidora Cemitério	Muito Baixo (1)
<b>Temperatura de Superfície</b>	Até 30°C	Muito alto (5)
	30°C – 32°C	Alto (4)
	32°C – 34°C	Médio (3)
	34°C – 36°C	Baixo (2)
	Acima de 36°C	Muito baixo (1)

Fonte: Fornazieiro, 2020, p. 75 a 81.

A síntese dos referidos indicadores ambientais foi realizada adotando-se o método de análise multicritério por peso de evidências, o qual resultou num produto cartográfico com um ranqueamento das classes de muito alta a muito baixa Qualidade Ambiental Urbana. Dentre os métodos disponíveis, optou-se pelo Processo Analítico Hierárquico (AHP – *Analytic Hierarchy Process*), pois ele facilita o julgamento dos indicadores através de uma análise aos pares, resultando numa matriz de decisão de fácil interpretação e aplicabilidade.

Para isso, buscou-se a opinião de especialistas das áreas de geografia, arquitetura, ecologia e engenharia ambiental, atribuindo um caráter multidisciplinar à pesquisa. Assim,

cada profissional elaborou uma matriz de decisão, na qual foram atribuídos pesos de influência para os indicadores ambientais.

No final, adotou-se a média aritmética entre os pesos atribuídos, definindo-se a seguinte ordem hierárquica: cobertura vegetal, uso do solo urbano, vulnerabilidade a alagamento, vulnerabilidade à inundação, poluição ambiental e temperatura de superfície.

Logo, na calculadora *raster* do QGIS, foi aplicada a Equação 2, que gerou uma síntese de qualidade ambiental em formato matricial, com 10 metros de resolução espacial, cujos níveis de cinza corresponderam aos índices de qualidade ambiental urbana.

**Equação 2.** Pesos dos fatores para o mapa síntese.

$$\text{Síntese} = (\text{Cobertura Vegetal} * 0.35) + (\text{"Uso do Solo Urbano"} * 0.24) + (\text{Vulnerabilidade a Alagamento} * 0.12) + (\text{Vulnerabilidade à Inundação} * 0.11) + (\text{Poluição Ambiental} * 0.11) + (\text{Temperatura de Superfície} * 0.06)$$

Como resultado, foi elaborada a Carta Síntese de Qualidade Ambiental Urbana de Rio Claro (Figura 2), cujo IQAU variou entre 1,32 e 4,95, sendo a qualidade ambiental urbana mais elevada quanto mais próximo do valor 5.

Na sequência, foi aplicado o comando de “estatísticas zonais” à carta síntese, a fim de atribuir o valor médio dos *pixels* à camada vetorial das quadras e dos bairros, de modo a obter um IQAU para o nível das quadras urbanas e também para os bairros.

Os dados de IQAU das quadras e dos bairros foram classificados em cinco classes de qualidade ambiental urbana, de muito baixa a muito alta, adotando-se o método de quebras naturais (*jenks*) para se definir o agrupamento das classes. Após alguns testes, entendeu-se que esse método ofereceu maior representatividade e coerência com os resultados, já que este concilia a menor variância intra-classe com a maior variância entre as classes. As referidas classificações adotadas podem ser visualizadas nos Quadros 3 e 4.

**Quadro 3.** Classes definidas para os Índices de Qualidade Ambiental Urbana (IQAU) dos bairros.

<b>IQAU</b>	<b>Classe</b>
Até 2,37	Muito baixa
2,34 a 2,61	Baixa
2,61 a 2,81	Média
2,81 a 3,14	Alta
Maior que 3,14	Muito Alta

Fonte: Elaborado por Fornazieiro (2020, p. 86 e 87).

**Quadro 4.** Classes definidas para os Índices de Qualidade Ambiental Urbana (IQUA) das quadras.

IQUA	Classe
Até 2,34	Muito baixa
2,34 a 2,62	Baixa
2,62 a 2,94	Média
2,94 a 3,40	Alta
Maior que 3,40	Muito Alta

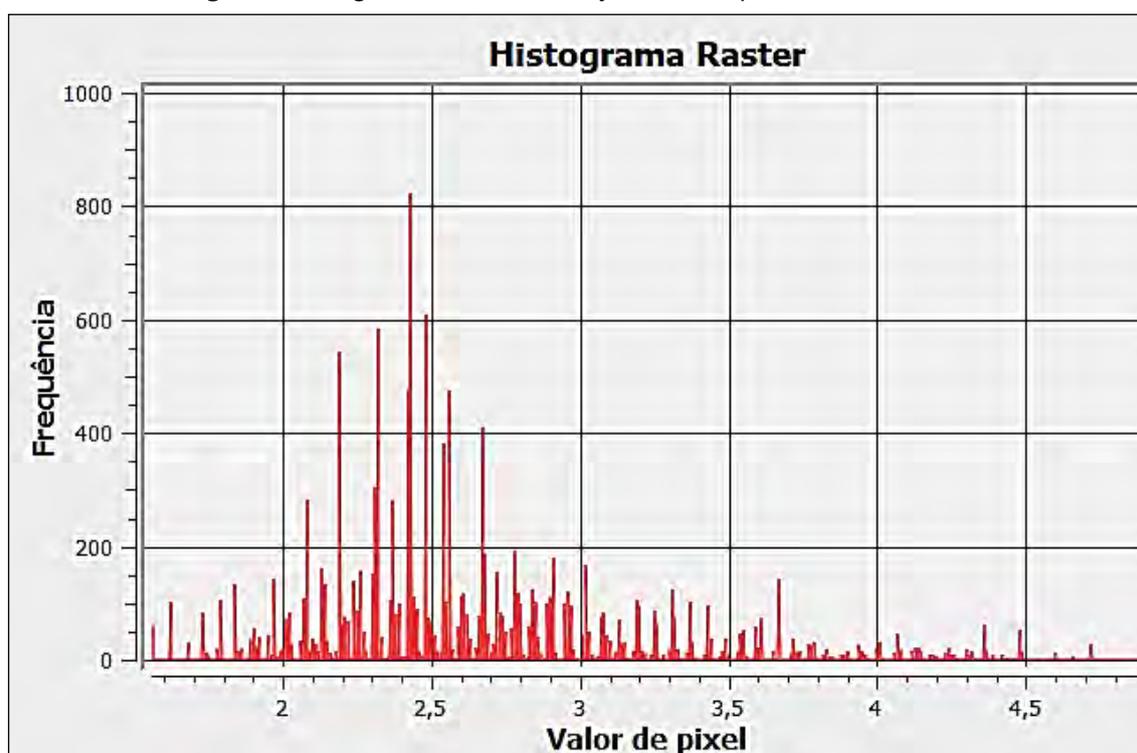
Fonte: Elaborado por Fornazieiro (2020, p. 87).

## Resultados Obtidos

A Carta Síntese de Qualidade Ambiental Urbana (CSQAU) foi representada na escala da mancha urbana de Rio Claro, conferindo um panorama no nível de cidade, na qual os índices variaram entre 1,32 e 4,95, o que revela uma grande amplitude (3,63) e, conseqüentemente, ampla variabilidade dos dados.

No entanto, conforme pode ser constatado no histograma representado na Figura 2, há uma significativa concentração dos *pixels* no intervalo entre 1,32 e 2,50 e uma concentração ainda maior entre 2 e 2,7, com pequena representação na faixa acima de 3,70. Isso sugere que a cidade possui uma grande desigualdade de condições ambientais, predominando regiões com baixa e muito baixa qualidade ambiental.

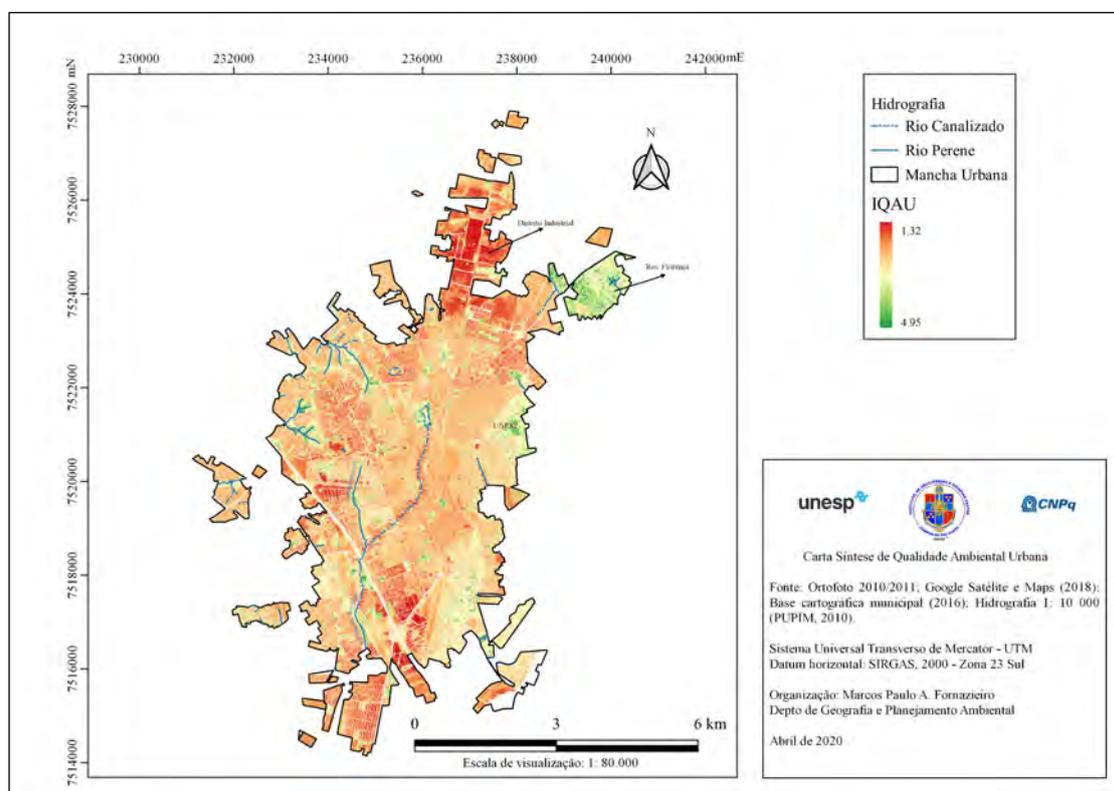
**Figura 2.** Histograma com a distribuição do IQUA pela mancha urbana.



Fonte: Elaborado por Fornazieiro (2020, p. 103).

Em suma, aproximadamente 53% dos *pixels* apresentam índices inferiores a 2,50 e apenas 4% deles correspondem a índices maiores que 4,00. Isso significa que na área de estudo há um predomínio absoluto de índices baixos de qualidade ambiental urbana, os quais se concentram especialmente ao norte da mancha urbana, onde se situa o distrito industrial, seguido pelo setor Sul e, em pequena proporção, na porção oeste da cidade. Por outro lado, as áreas com índices mais elevados, são encontradas predominantemente na região nordeste e, de modo mais discreto, na porção sudeste, onde se concentram condomínios residenciais de alto padrão, além da área da Universidade Estadual Paulista (UNESP) e entorno próximo (Figura 3).

**Figura 3.** IQAU da mancha urbana de Rio Claro – Carta Síntese.



Fonte: Elaborado por Fornazieiro (2020, p. 104).

Quando esses dados são representados em outro recorte espacial, como os bairros e as quadras urbanas, evidenciam-se desigualdades intra-urbanas, as quais são de suma importância para o planejamento do uso do solo urbano.

No nível dos bairros, o IQAU sofreu uma significativa redução da amplitude (1,97), variando de 1,93 a 3,90, isso porque os índices passaram a ser calculados em função da média dos IQAU pela área dos bairros. O índice médio verificado foi de 2,66 e o desvio padrão foi de 0,37, ou seja, consideravelmente baixo, indicando, de modo geral, que os índices não se distanciam muito da média observada.

Porém, quando adotado o método de quebras naturais (*jenks*) para classificação dos IQAU entre muito baixo e muito alto, as desigualdades tornam-se mais visíveis, conforme pode ser observado no Quadro 5.

**Quadro 5.** Distribuição dos bairros por classe de Qualidade Ambiental Urbana – Método Jenks.

Classe	Quantidade de Bairro	%
Muito Baixa (até 2,37)	24	13
Baixa (2,34 – 2,61)	52	27
Média (2,61 – 2,81)	66	34
Alta (2,81 – 3,14)	35	18
Muito Alta (maior que 3,14)	15	8

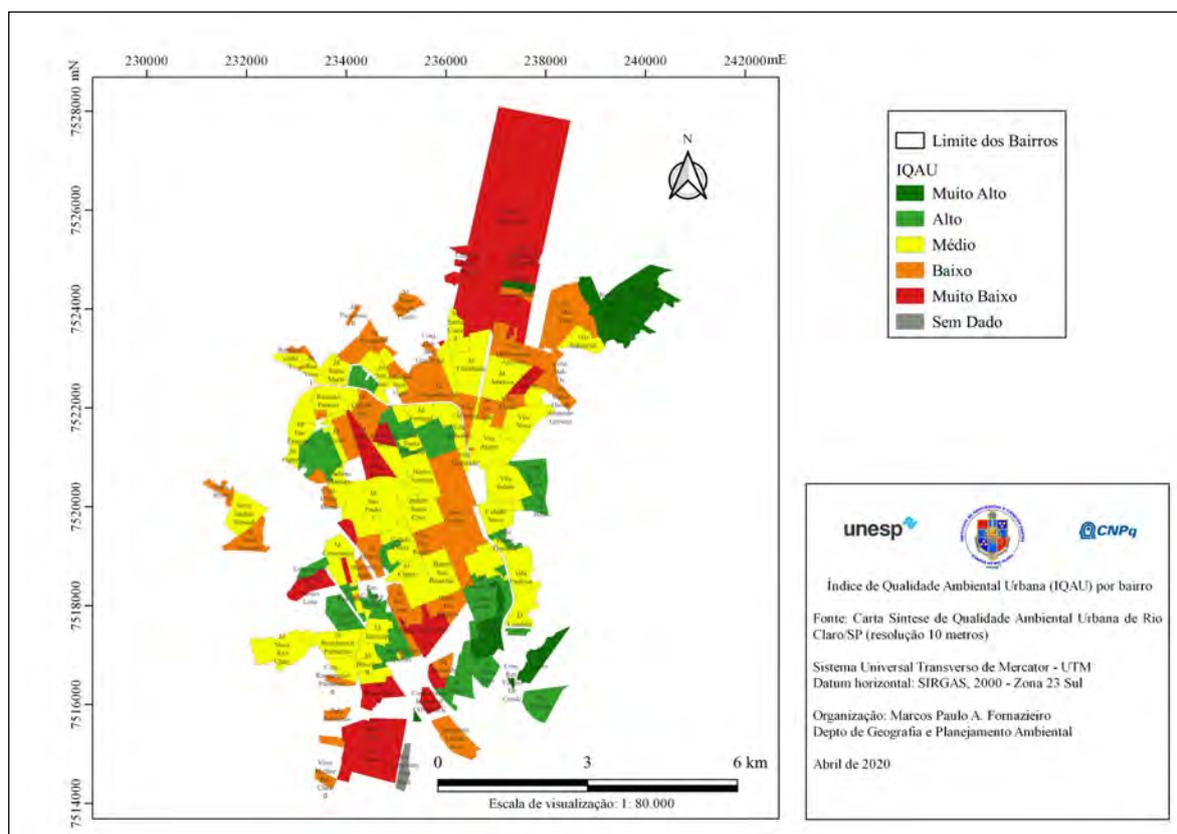
Fonte: Elaborado por Fornazieiro (2020, p. 105).

Uma parte expressiva dos bairros (34%) possui índices intermediários de qualidade ambiental urbana (entre 2,56 e 2,80), enquanto que 13% apresentam IQAU muito baixo (1,93 a 2,34), como em bairros industriais e residenciais de baixo padrão, com lotes muito parcelados e índices de cobertura vegetal muito baixos.

Por outro lado, apenas 8% dos bairros possuem IQAU mais elevados (acima de 3,14) e estão relacionados a condomínios residenciais de alto padrão, sobretudo aqueles situados na região nordeste e sudeste da mancha urbana.

A distribuição dos bairros por classes de qualidade ambiental urbana está representada no mapa da Figura 4.

**Figura 4.** Mapa de Índice de Qualidade Ambiental Urbana (IQAU) por bairros de Rio Claro/SP.



Fonte: Elaborado por Fornazieiro (2020, p. 106).

O Bairro denominado Condomínio Industrial Conpark, no extremo sul da área urbana, possui o menor IQAU (1,93), em razão do seu alto nível de industrialização e, portanto, com alta concentração de atividades poluidoras, além da baixa cobertura vegetal. O Jardim Quitandinha, no centro-sul da mancha urbana, apresenta o segundo pior IQAU (1,98), o qual juntamente com os bairros do entorno, como Município, Olímpico, Jardim do Trevo e Jardim Valéria, ocupam uma área de concentração industrial que resulta em IQAU muito baixos, determinados pela intensa poluição ambiental, uso do solo industrial e uso misto, bem como carência de cobertura vegetal.

A alta concentração de atividades industriais no extremo norte da mancha urbana também explica os IQAU muito baixos, abrangendo o Distrito Industrial e os bairros contíguos: Parque Industrial Margarete, Industrial Expresso e Chácara Bela Vista.

Já na região sul, os bairros Jardim Novo I, Jardim Novo II, Residencial Vila Rosa e Jardim Guanabara II os IQAU também são igualmente baixos. Embora os indicadores de vulnerabilidade a alagamento, inundação e poluição ambiental sejam satisfatórios. Nesses bairros predominam usos residenciais de muito baixo padrão, com elevado parcelamento do solo, ausência de áreas de lazer e escassez de cobertura vegetal. Esses mesmos fatores explicam os IQAU muito baixos no caso dos bairros Jardim Bela Vista, Vila Santa Cruz e Vila Elizabeth BNH na região centro-oeste, além da Vila Cristina na região centro-leste.

Os bairros com IQAU baixos estão esparsos pela mancha urbana, com leve concentração nas regiões noroeste e nordeste, onde há residências de baixo padrão e pouca cobertura vegetal e também na zona central, caracterizada pela presença de estabelecimentos comerciais, alta densidade de construções e baixo índice de cobertura vegetal (1,20). Nessa classe de IQAU, também se destacam bairros populosos como o Jardim Chervezon, Parque das Indústrias, Jardim Independência, Jardim Bom Sucesso e Jardim Progresso I.

Uma parte expressiva dos bairros de Rio Claro (34%) se enquadra no nível médio de qualidade ambiental urbana e está situada no entorno da zona central e também na área periférica na porção leste. Nesses locais, predominam residências de baixo e médio padrão, com índices de cobertura vegetal mais baixos nos bairros mais centrais e índices mais elevados nos bairros periféricos, sobretudo onde há grandes vazios urbanos.

Vale destacar que nos bairros mais periféricos, onde os índices de cobertura vegetal são maiores, essa característica favorável é explicada pela presença de fragmentos arbóreos e arbustivos em grandes espaços vazios, geralmente entre loteamentos, o que não ocorre nos bairros mais centrais. Entretanto, a arborização das vias públicas ainda é bastante ausente, como é o caso do Novo Jardim Wenzel, Jardim Nova Rio Claro e Jardim Residencial Palmeiras.

O conjunto de condomínios residenciais de alto padrão localizado na região sudeste da mancha urbana, juntamente com alguns bairros de chácara ou com grandes vazios urbanos cobertos por fragmentos arbóreos, responde pelo IQAU alto identificado na área urbana de Rio Claro.

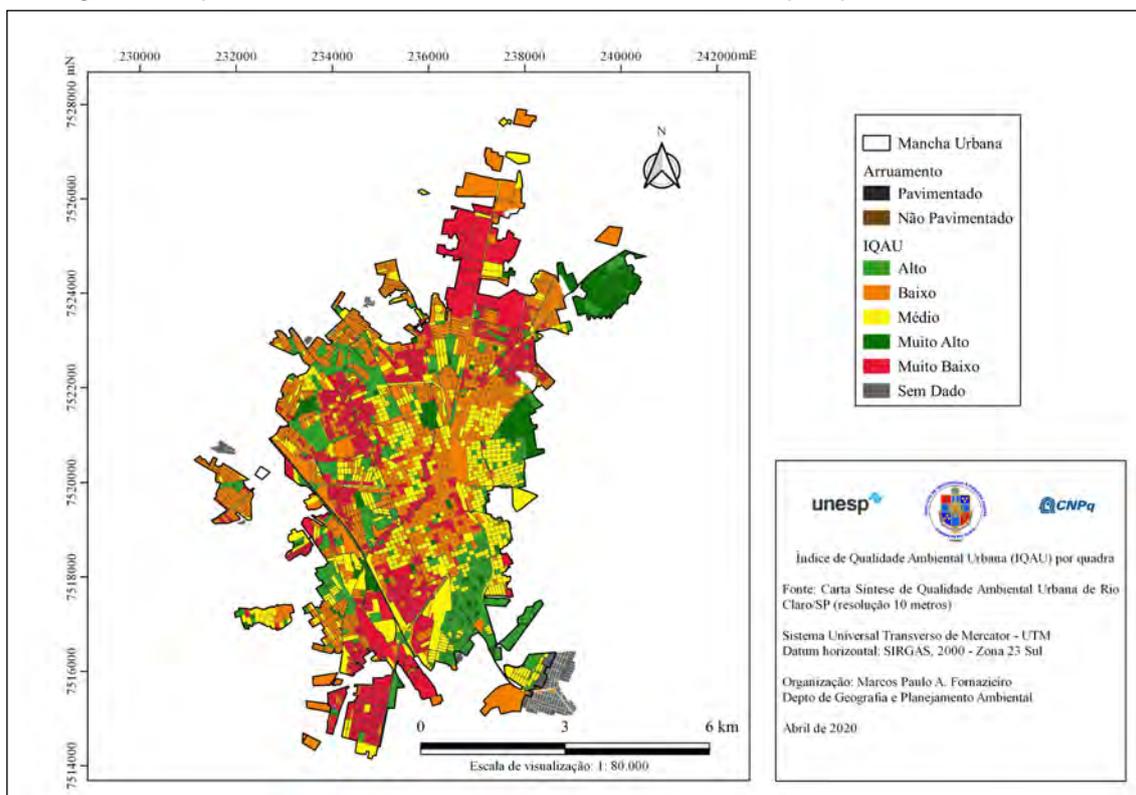
Já os bairros com IQAU muito altos são restritos a poucos bairros residenciais de muito alto padrão e com expressivo índice de cobertura vegetal, sobretudo na região nordeste, onde se encontra o Bairro Recanto das Águas Claras, o qual possui o maior IQAU (3,90) e também o maior índice de cobertura vegetal (2,82).

A análise da qualidade ambiental urbana por bairro permitiu identificar disparidades ambientais intra-urbanas, contribuindo para uma visão estratégica sobre o planejamento urbano. Ainda assim,

durante as análises e as observações realizadas *in loco*, identificaram-se heterogeneidades dentro dos próprios bairros, as quais poderiam ser melhor evidenciadas a nível de quadra urbana.

Desse modo, apresenta-se o mapa da Figura 5, onde as quadras urbanas foram classificadas de acordo com o IQAU correspondente.

**Figura 5.** Mapa de Índice de Qualidade Ambiental Urbana (IQAU) por quadras de Rio Claro/SP.



Fonte: Elaborado por Fornazieiro (2020, p. 117).

A partir desse nível de análise, confirmou-se que além das desigualdades regionais e de bairros, também houve uma grande desigualdade entre as quadras urbanas. O IQAU médio das quadras foi de 2,61 e desvio padrão de 0,38, contudo, foi a amplitude que mais mereceu destaque, pois correspondeu a 2,93, reforçando a ideia de grande desigualdade entre as quadras.

A partir da classificação dos IQAU das quadras segundo o método *jenks*, estimou-se que 20% das quadras estão situadas na classe muito baixa de qualidade ambiental, enquanto apenas 4% apresentam IQAU muito alto.

A maioria das quadras (55%) foi classificada como baixa e muito baixa qualidade ambiental, sendo a classe “baixa” a mais representativa na área de estudo (35%).

Os bairros com IQAU muito baixo e muito alto apresentaram maior homogeneidade interna, isto é, com pouca variação do IQAU entre as quadras urbanas que compõem os respectivos bairros. A maior variabilidade ocorreu nos bairros com IQAU baixo e médio, nos quais podem ser encontradas quadras com IQAU desde muito baixo a muito alto, como, por exemplo, no Jardim Nova Rio Claro (IQAU médio), onde há vazios urbanos cobertos por vegetação, ausência de atividades poluidoras e áreas residenciais com diferentes intensidades de parcelamento do solo, além de ocupações precárias.

O bairro Jardim Residencial Santa Eliza (IQUAU alto) também apresentou grande desigualdade interna no nível das quadras, as quais estão majoritariamente em classes de qualidade ambiental baixa e muito baixa, com exceção de um extenso espaço livre com densa cobertura vegetal em Área de Preservação Permanente (APP), com IQUAU muito alto, contribuindo para que, na média, o bairro se mantivesse na categoria alta de qualidade ambiental.

Pelo cálculo da PCA (Análise de Componentes Principais) pôde-se perceber que os indicadores uso do solo urbano e cobertura vegetal responderam por 51,4% e 31,2% da variação do IQUAU das quadras urbanas, respectivamente (Quadro 6).

**Quadro 6.** Indicador ambiental por variância da PCA.

Componente Principal	Variância
Uso do Solo Urbano	51,4%
Cobertura Vegetal	31,2%
Poluição Ambiental	10,1%
Vulnerabilidade a alagamento	4,0%
Vulnerabilidade à inundação	2,5%
Temperatura	0,8%

Fonte: Elaborado por Fornazieiro (2020, p. 119).

A partir desta análise, verificou-se que as quadras com IQUAU alto e médio estão associadas a altos índices de uso do solo urbano (acima de 4 – residencial alto e muito alto padrão, espaços livres públicos e institucionais, por exemplo) e associados a índices mais elevados de cobertura vegetal. Já os IQUAU muito alto são explicados mais efetivamente pelos altos índices de cobertura vegetal.

Diante dessas constatações, pode-se afirmar que o indicador cobertura vegetal torna-se estratégico para minimizar as desigualdades internas da cidade, o que justifica a adoção de políticas públicas mais efetivas para se arborizar logradouros públicos, praças, parques e espaços livres.

Para atingir o índice recomendável de 30% de cobertura vegetal na área urbana, Rio Claro teria mais do que triplicar seus atuais 308,6 hectares de vegetação, meta esta que só poderá ser alcançada com um estímulo intenso e constante para aumentar a arborização nos logradouros públicos da cidade. Esse estímulo, a princípio, de competência do poder público, poderia ser planejado em parceria com a UNESP, que conta com 5 cursos de graduação relacionados a temática ambiental.

Recomenda-se investir na capacidade do viveiro municipal em cultivar plantas de maior porte, o que surtiria efeito mais rápido no incremento da vegetação, na medida em que as árvores já seriam plantadas com capacidade maior de gerar sombra.

A administração poderia prover a arborização de canteiros, rotatórias e demais tipos de sobras do sistema viário, bem como aumentar a quantidade de árvores nas praças do município. No primeiro caso, são espaços ociosos que contam com apenas 36% de cobertura vegetal, o que poderia facilmente ser aumentado, assim como as praças que têm apenas 60% da área coberta por vegetação. Desse modo, esses espaços teriam capacidade para acomodar aproximadamente 90,7 ha de vegetação, o que poderia elevar o índice de cobertura vegetal para 9,2%.

Além de melhorar a qualidade do ar e proporcionar o embelezamento da paisagem urbana, ampliar a arborização, comprovadamente, permitirá amenizar as ilhas de calor ao diminuir a temperatura de superfície, que é outro indicador crítico para a qualidade ambiental urbana em Rio Claro.

É recomendável também que o município prese pelo adequado planejamento do uso do solo urbano, já que o indicador uso do solo explicou a maior variância do IQAU na área de estudo. É imprescindível que a administração municipal coloque em prática as diretrizes definidas no plano diretor, como conter o espraiamento, evitar a expansão urbana em áreas frágeis ambientalmente, impedindo o agravamento dos processos erosivos, alagamentos e inundações, bem como controlar a impermeabilização excessiva do solo, sobretudo nos novos loteamentos, nos quais a definição dos padrões urbanísticos pode ser previamente negociada.

Destaca-se a necessidade de prover as áreas de expansão urbana com áreas verdes, sobretudo aquelas situadas na região oeste da mancha urbana, uma vez que boa parte dos bairros situados nessa região da cidade não apresentou nenhum tipo de área verde (praças e parques, por exemplos).

Existe uma tendência mundial para a adoção de infraestruturas verdes nas cidades, as quais representam ganhos elevados de qualidade ambiental e de vida e, portanto, podem contribuir para trazer novas ferramentas de gestão e planejamento urbano. Nesse sentido, poderiam ser incentivados pisos porosos em calçamentos, pátios e estacionamentos, muros e telhados verdes e biovaletas, que são valas vegetadas em cotas mais baixas de ruas e avenidas. Citam-se ainda as hortas comunitárias urbanas, já adotadas pelo município em colaboração com escolas públicas. Portanto, a ideia aqui proposta seria ampliar o programa, englobando também as escolas privadas, universidades e demais estabelecimentos de interesse.

Percebeu-se que o parcelamento do solo, muitas vezes, inviabiliza a arborização das calçadas, o que acontece em virtude dos poucos metros de frente dos terrenos em loteamentos com padrão de 125m<sup>2</sup>. Nesses casos, os cinco metros frontais das casas mostraram-se insuficientes para comportar uma árvore. Logo, o aumento dessa dimensão pode ser uma ação fundamental para ampliar a arborização das calçadas.

Por fim, não se pode deixar de mencionar a importância da participação e cooperação dos diferentes atores na construção de um ambiente urbano de maior qualidade para todos, de modo que a natureza não seja vista como um empecilho, mas como uma forte aliada para amenizar danos e solucionar problemas. Para isso, há que se trabalhar com a conscientização social e empresarial, pois somente com uma opinião pública formada sobre padrões de qualidade e a noção de que um ambiente com qualidade é um direito de todos é que será possível equacionar os problemas ambientais, como argumentou Oliveira (1983).

### **Considerações finais**

Os estudos de análise da qualidade ambiental das cidades são instrumentos precisos e indispensáveis para o planejamento e gestão urbana, contribuindo para medir níveis de melhor ou pior condições de sobrevivência e bem estar da população urbana, bem como para reconhecer as injustiças ambientais.

Nesse sentido, as Geotecnologias demonstraram possuir os recursos necessários para o mapeamento e a análise da qualidade ambiental urbana, permitindo-se sintetizar com precisão inúmeros indicadores essenciais sobre o ambiente urbano.

Em Rio Claro, o estudo de caso permitiu concluir que sua qualidade ambiental urbana é pouco satisfatória em diferentes níveis escalares, seja a mancha urbana, os bairros ou as quadras urbanas. Assim, a análise mais detalhada da qualidade ambiental ressaltou desigualdades expressivas, nas quais as condições ambientais das quadras urbanas podem variar muito dentro ou fora de um mesmo bairro.

De modo geral, a qualidade ambiental urbana em Rio Claro está bastante comprometida pela carência de cobertura vegetal, tanto no que se refere às poucas áreas verdes, quanto na escassa vegetação nos logradouros públicos. Esse déficit arbóreo tem se intensificado cada vez mais com o crescimento e adensamento urbano. As consequências são muitas e devem ser tratadas de modo holístico, pois interferem direta e indiretamente em outros fatores, como na temperatura de superfície, qualidade do ar, das águas e no bem-estar da população.

Alguns tipos de uso do solo também comprometeram a qualidade do ambiente urbano, seja pelo potencial poluidor do uso industrial e das áreas de descarte irregular de lixo ou então pelo padrão de utilização do solo, o qual tende a ser bastante aproveitado no caso de usos residenciais de baixo padrão, onde o tamanho médio do lote entre 125 e 150 m<sup>2</sup> não oferece muitas possibilidades para áreas permeáveis, ventilação natural e arborização. A pouca vegetação, o parcelamento e a impermeabilização do solo urbano em Rio Claro refletiram em outros problemas ambientais que comprometeram ainda mais a qualidade ambiental urbana, ou seja, as áreas de alta vulnerabilidade à inundação e ao alagamento.

O relevo predominantemente plano e a ocupação dos fundos de vale formam os condicionantes suficientes para o agravamento dos problemas envolvendo eventos hídricos. Além disso, foi possível identificar 308 fontes de poluição ambiental, número que sugere atenção por parte do poder público e da sociedade quanto ao potencial existente para a degradação do ambiente e da saúde humana.

## Referências

- Acselrad, H.; Mello, C. C. A.; Bezerra, G. N. **O que é justiça ambiental**. Rio de Janeiro: Garamond, 2009. 160 p.
- CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Classificação de Municípios do Estado de São Paulo relativa à qualidade do ar observada**. 2016. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/ar/wp-content/uploads/sites/28/2013/12/Classifica%C3%A7%C3%A3o-de-Munic%C3%ADpios-2016-1.pdf>>. Acesso em: 08/03/2019.
- Coelho, A. L. N.; Correa, W. S. C. Temperatura de Superfície Celsius do Sensor TIRS/Landsat-8: metodologia e aplicações. **Revista Geográfica Acadêmica**, v. 7, n. 1, p. 31-45, 2013.
- Cottas, L. R. **Estudos geológico-geotécnicos aplicados ao planejamento urbano de Rio Claro-SP**. 1983. Tese de Doutorado. Tese (Doutorado em Geologia), Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 1983.
- Cunha, C. M. L.; Moruzzi, R. B.; Braga, R. Diagnóstico dos elementos de drenagem da área urbana de Rio Claro-SP: subsídios para o plano diretor. **Revista de Estudos**

- Ambientais**, v. 11, n. 2, p. 88-100, 2010.
- Fornazieiro, M. P. A. **Qualidade Ambiental Urbana**: proposta de um índice para a cidade de Rio Claro/SP. 2020. 178p. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Unesp, Rio Claro.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico**. 2010. Disponível em: <<https://censo2010.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 12/12/2018.
- Mendonça, F. SAU–Sistema Ambiental Urbano: uma abordagem dos problemas socioambientais da cidade. In: MENDONÇA, Francisco. **Impactos Socioambientais Urbanos**. Curitiba: Editora da UFPR, 2004.
- MMA. Ministério do Meio Ambiente. **Poluentes Atmosféricos**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/qualidade-do-ar/poluentes-atmosf%C3%A9ricos.html>>. Acesso em: 08/03/2019.
- Monteiro, C.A. F. **Qualidade ambiental**: recôncavo e regiões limítrofes. Salvador, Centro de Estatísticas e Informações, 1987, 48p.
- Nucci, J. C. Qualidade ambiental e adensamento urbano. **São Paulo: Humanitas/FAPESP**, 2001.
- Oliveira, L. **A percepção da qualidade ambiental**. A ação do homem e a qualidade ambiental. Rio Claro: Associação dos Geógrafos/Câmara Municipal, 1983.
- Organização das Nações Unidas - ONU-HABITAT. **Programa das Nações Unidas para Assentamentos Humanos**. 2020. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/agencia/onuhabitat/>>. Acesso em: 22/08/2020.
- Penteadó, M. M. Estudo geomorfológico do sítio urbano de Rio Claro-SP. **Notícia geomorfologia**, Campinas, v. 21, p. 23-56, 1981.
- Rossetti, L. A. F. G. **Geotecnologias aplicadas à caracterização e mapeamento das alterações da cobertura vegetal intra-urbana e da expansão urbana da cidade de Rio Claro (SP)**. 2007. 115f. Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 2007.
- Sampaio, S. S. A industrialização de Rio Claro: contribuição ao estudo da desconcentração espacial da indústria no Estado de São Paulo. **Geografia**, v. 12, n. 24, p. 1-60, 1987.
- Santos, F. A. **Rio Claro: uma cidade em transformação, 1850-1906**. Annablume, 2002.
- SEADE. Fundação Sistema Estadual De Análise De Dados. Informações dos municípios paulistas. Disponível em: <<http://www.imp.seade.gov.br/frontend/#/>>. Acesso em 13/12/2018.
- Soares, C. J. M. **Zoneamento de áreas vulneráveis a inundação e alagamento em Rio Claro - SP, pelo método AHP**. 2018. 59 f. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Ambiental) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, 2018. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/157005>>. Acesso em: 15/01/2019.
- Thom, E. C. The discomfort index. **Weatherwise**, v. 12, n. 2, p. 57-61, 1959.
- Troppmair, H. **Rio Claro: ontem e hoje**. Secretaria Municipal de Educação, p. 105, 2008.
- Troppmair, H. **Sistemas, geossistemas, geossistemas paulistas, ecologia da paisagem**. Rio Claro: Edição do autor, 2004.
- Tucci, C. E. M.; Bertoni, J. C. **Inundações urbanas na América do Sul**. Porto Alegre: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2003, 150p.

# DESAFIOS E PERSPECTIVAS NO MAPEAMENTO DA JUSTIÇA AMBIENTAL NO BRASIL

Rúbia Gomes Morato<sup>1</sup>

Fernando Shinji Kawakubo<sup>2</sup>

Marcos Roberto Martines<sup>3</sup>

**RESUMO:** As metodologias de mapeamento da justiça ambiental e questões semelhantes como o racismo ambiental, a justiça ambiental, e a desigualdade ambiental tem em comum a análise de como o acesso ao meio ambiente seguro está distribuído nas populações analisadas. O meio ambiente, seja urbano ou rural, pode ser considerado seguro quando as populações que o habitam podem desfrutar dos benefícios da boa qualidade do ar, ausência de ruídos excessivos, de contaminações por atividades agrícolas, industriais ou comerciais, que exista proteção em relação à escorregamentos, inundações e que a infraestrutura sanitária seja adequada, por exemplo. O que diferencia as metodologias de mapeamento da justiça ambiental de outras que avaliam a qualidade ambiental é consideração do acesso aos benefícios de uma boa qualidade ambiental e a proteção em relação aos danos decorrentes de problemas ambientais pelos diferentes segmentos da população. Neste capítulo trataremos dos principais desafios para a realização de mapeamentos da justiça ambiental tanto em trabalhos de cunho técnico e acadêmico como na Cartografia Social. Os mapeamentos de cunho técnico incluem os mapeamentos oficiais realizados pelos órgãos governamentais, que no caso brasileiro praticamente não consideram a perspectivas da justiça ambiental diretamente, mas se constituem em fontes de dados para a realização de trabalhos acadêmicos, desenvolvidos principalmente nas universidades e mapeamentos realizados por órgãos não governamentais. Os desafios vão desde a disponibilidade de dados, a escala e nível de agregação dos dados, as implicações das escolhas metodológicas adotadas na formulação de índices sintéticos de justiça ambiental, e na representação cartográfica dos mapas finais. A contribuição da Cartografia Social é a inclusão de populações tradicionais, indígenas, negras e moradores das periferias urbanas no processo de produção dos mapas, considerando a perspectivas de grupos que rotineiramente são marginalizados nos processos decisórios em geral, na produção cartográfica, apesar de serem os mais atingidos pelos problemas associados à injustiça ambiental.

---

1 Doutora em Geografia Humana. Professora doutora da Universidade de São Paulo. E-mail: rubiagm@usp.br

2 Doutor em Geografia Física. Professor doutor da Universidade de São Paulo. E-mail: fsk@usp.br

3 Doutor em Geografia Física. Professor associado da Universidade Federal de São Carlos. E-mails: rubiagm@usp.br - mmartines@ufscar.br

## **Introdução**

As metodologias de mapeamento da justiça ambiental e questões semelhantes como o racismo ambiental, a justiça ambiental, e a desigualdade ambiental tem em comum a análise de como o acesso ao meio ambiente seguro está distribuído nas populações analisadas.

O meio ambiente, seja urbano ou rural, pode ser considerado seguro quando as populações que o habitam podem desfrutar dos benefícios da boa qualidade do ar, ausência de ruídos excessivos, de contaminações por atividades agrícolas, industriais ou comerciais, que exista proteção em relação à escorregamentos, inundações e que a infraestrutura sanitária seja adequada, por exemplo.

O que diferencia as metodologias de mapeamento da justiça ambiental de outras que avaliam a qualidade ambiental é a consideração do acesso aos benefícios de uma boa qualidade ambiental e a proteção em relação aos danos decorrentes de problemas ambientais pelos diferentes segmentos da população.

Neste capítulo trataremos dos principais desafios para a realização de mapeamentos da justiça ambiental tanto em trabalhos de cunho técnico e acadêmico como na Cartografia Social.

Os mapeamentos de cunho técnico incluem os mapeamentos oficiais realizados pelos órgãos governamentais, que no caso brasileiro praticamente não consideram as perspectivas da justiça ambiental diretamente, mas se constituem em fontes de dados para a realização de trabalhos acadêmicos, desenvolvidos principalmente nas universidades e mapeamentos realizados por órgãos não governamentais.

Os desafios vão desde a disponibilidade de dados, a escala e nível de agregação dos dados, as implicações das escolhas metodológicas adotadas na formulação de índices sintéticos de justiça ambiental, e na representação cartográfica dos mapas finais.

A contribuição da Cartografia Social é a inclusão de populações tradicionais, indígenas, negras e moradores das periferias urbanas no processo de produção dos mapas, considerando a perspectivas de grupos que rotineiramente são marginalizados nos processos decisórios em geral, na produção cartográfica, apesar de serem os mais atingidos pelos problemas associados à injustiça ambiental.

## **Justiça ambiental, desigualdade ambiental e racismo ambiental**

O conceito de justiça ambiental nasceu na década de 1980, nos Estados Unidos, em movimentos sociais de negros, índios, latinos e populações de baixa renda, vizinhos de depósitos de lixo químicos e radioativos e de indústrias com efluentes poluentes.

A inserção da justiça ambiental no meio acadêmico vem proporcionando um enriquecimento de seu arcabouço conceitual e uma grande ramificação de terminologias correlatas, ora utilizadas como sinônimos da desigualdade ambiental, ora estabelecendo novos paradigmas.

A Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (Environmental Protection Agency – EPA) define como justiça ambiental o conjunto de princípios que asseguram que nenhum grupo de pessoas, sejam grupos étnicos, raciais ou de classe, suporte uma parcela desproporcional das consequências ambientais negativas de operações econômicas, de políticas e programas federais, estaduais e locais, bem como resultantes da ausência ou omissão de tais políticas.

Para Acserald (2019), a noção de “justiça ambiental” exprime um movimento de ressignificação da questão ambiental; ela resulta de uma apropriação singular da temática do meio ambiente por dinâmicas sociopolíticas tradicionalmente envolvidas com a construção da justiça social.

A desigualdade ambiental pode ser definida como a exposição diferenciada de indivíduos e grupos sociais a amenidades e riscos ambientais. Ou seja, os indivíduos não são iguais do ponto de vista do acesso a bens e amenidades ambientais (tais como ar puro, áreas verdes e água limpa), assim como em relação à sua exposição a riscos ambientais (enchentes, deslizamentos e poluição). Dessa forma, fatores como localização do domicílio, qualidade da moradia e disponibilidade de meios de transporte podem limitar o acesso a bens ambientais, bem como aumentar a exposição a riscos ambientais (TORRES, 1997; ALVES, 2007).

Podemos apontar como uma diferença entre desigualdade ambiental e justiça ambiental o reconhecimento do peso das políticas públicas e de regulamentações que possam amparar as populações mais vulneráveis, pela última. A justiça ambiental não apenas identifica as desigualdades existentes, mas também as apresentam como injustas.

Para Ribeiro (2017), o termo justiça socioambiental é utilizado como uma ferramenta analítica que nutre a luta política pelo combate à desigualdade social. Ela pode ser usada para indicar quem e como é afetado de modo diferencial pelo emprego de energia para a transformação de materiais, mas também para indicar quem tem acesso aos produtos que resultam desse processo. Portanto, pode ser uma medida que permita avaliar como vive uma comunidade. As condições de saúde estão diretamente relacionadas à situação da comunidade, ao seu entorno, à exposição ou não a efluentes industriais, à poluição visual, sonora e do ar.

Outro termo mais utilizado atualmente é a justiça espacial, que expressa, em especial nas áreas urbanas, como os agentes de produção do espaço geográfico o projetaram, de acordo com seus interesses, o que ajuda a desvendar a valorização do espaço, bem como, e principalmente, as desigualdades sociais inerentes ao processo de produção do espaço urbano capitalista (RIBEIRO, 2017).

Do ponto de vista histórico, Herculano (2002) aponta a coleção intitulada “Sindicalismo e Justiça Ambiental”, publicada pela Central Única dos Trabalhadores (CUT/RJ), em conjunto com o Instituto de Pesquisas e Planejamento Urbano (Ibase) em 2000 como o marco inicial da sistematização e divulgação da problemática no Brasil. O objetivo foi estimular a discussão sobre a responsabilidade e o papel dos trabalhadores e suas entidades representativas na defesa de um meio ambiente urbano sustentável e com qualidade de vida acessível a todos os seus moradores.

Para Acselrad et al (2004, p.10-11), os movimentos dos atingidos por barragens, os movimentos de resistência de trabalhadores extrativistas, como os seringueiros no Acre e as quebradeiras de frutos babaçu no Maranhão, contra o avanço das relações capitalistas nas fronteiras florestais e de inúmeras ações locais contra a contaminação e degradação de espaços de vida e trabalho nos bairros e regiões pobres marginalizados configuram-se como movimentos por justiça ambiental, apesar de não utilizarem a própria expressão “justiça ambiental”.

Em setembro de 2001, foi realizado na Universidade Federal Fluminense, em Niterói (RJ), o Colóquio Internacional sobre Justiça Ambiental, Trabalho e Cidadania, quando foi criada a Rede Brasileira de Justiça Ambiental (RBJA).

Esta foi, senão a primeira, uma das primeiras iniciativas de cunho acadêmico e político no Brasil, feita para discutir enfoques teóricos e implicações políticas da proposta de Justiça Ambiental (HERCULANO, 2002).

Essa rede é uma articulação formada por representantes de vários movimentos sociais, Ong's, entidades ambientalistas, sindicatos, pesquisadores, organizações afrodescendentes e indígenas de todo o Brasil. A rede foi criada logo após a realização do Colóquio Internacional sobre Justiça Ambiental, Trabalho e Cidadania, organizado por uma iniciativa conjunta de várias entidades (Fase, UFF, UFRJ, Fiocruz e CUT) . O colóquio reuniu cerca de 120 pessoas, incluindo convidados dos EUA, Chile e Uruguai, e seu principal resultado pode ser visualizado no Manifesto de Lançamento da Rede Brasileira de Justiça Ambiental, construído coletivamente por vários movimentos sociais e apresentado publicamente no Fórum Social Mundial de Porto Alegre em 2002.

Neste manifesto, é designado o conjunto de princípios e práticas que:

- 1) *Asseguram que nenhum grupo social, seja ele étnico, racial ou de classe, suporte uma parcela desproporcional das consequências ambientais negativas de operações econômicas, de decisões de políticas e de programas federais, estaduais, locais, assim como da ausência ou omissão de tais políticas;*
- 2) *Asseguram acesso justo e equitativo, direto e indireto, aos recursos ambientais do país;*
- 3) *Asseguram amplo acesso às informações relevantes sobre o uso dos recursos ambientais e a destinação de rejeitos e localização de fontes de riscos ambientais, bem como processos democráticos e participativos na definição de políticas, planos, programas e projetos que lhes dizem respeito;*
- 4) *Favorecem a constituição de sujeitos coletivos de direitos, movimentos sociais e organizações populares para serem protagonistas na construção de modelos alternativos de desenvolvimento, que assegurem a democratização do acesso aos recursos ambientais e a sustentabilidade do seu uso.*

O racismo ambiental diz respeito às injustiças sociais e ambientais que recaem de forma desproporcional sobre etnias vulnerabilizadas (HERCULANO; PACHECO, 2006).

Esse racismo não está restrito apenas a práticas e ações que tenham tido intenção racista, mas engloba as que igualmente causem impacto racial, não importando a intenção que as originou. Assim, o estudo e a pesquisa sobre racismo ambiental, no Brasil e no mundo, envolvem não apenas grupos negros ou indígenas, mas também outras identidades culturais, tais como pescadores, caiçaras, caipiras, jangadeiros, populações ribeirinhas, marisqueiros, catadores de coco de babaçu, camponeses, catadores de sementes, extrativistas (MOUTINHO-DA-COSTA, 2011).

Segundo Bullard (2004), o racismo é um potente fator de distribuição seletiva das pessoas no seu ambiente físico; influencia o uso do solo, os padrões de habitação e o desenvolvimento de infraestrutura. Esse é especialmente o caso das favelas no Brasil, dos subúrbios da África do Sul e dos guetos nos EUA. O racismo é ainda um importante fator para explicar a iniquidade social, a exploração política, o isolamento social, a falta de saúde e bem estar de negros seja no Brasil, na África do Sul ou nos EUA.

## Uso de índices e indicadores

A formulação de índices e indicadores é eficiente de avaliação da justiça ambiental em diferentes escalas cartográficas e temporais, realizando a intermediação entre os conceitos e os dados empíricos, e permitindo o acompanhamento dos processos no tempo, a partir de dados mensuráveis.

O termo “indicador” é originário do latim *indicare*, que significa descobrir, apontar, anunciar, estimar. O indicador comunica ou informa sobre o progresso em direção a uma determinada meta, e é utilizado como um recurso para deixar mais perceptível uma tendência ou fenômeno não imediatamente detectável por meio dos dados isolados (BELLEN, 2005).

Um indicador social é uma medida em geral quantitativa dotada de um significado social substantivo, usado para substituir, quantificar ou operacionalizar um conceito social abstrato, de interesse teórico (para pesquisa acadêmica) ou programático (para formulação de políticas). É um recurso metodológico, empiricamente referido, que informa algo sobre um aspecto da realidade social ou sobre mudanças que estão se processando na mesma (JANNUZZI, 2009).

Um indicador pode ser um dado individual ou um agregado de informações, sendo que um bom indicador deve conter os seguintes atributos: simples de entender; quantificação estatística e lógica coerente; e comunicar eficientemente o estado do fenômeno observado (MUELLER et al., 1997).

A construção de índices é uma das principais estratégias para agrupar e resumir as informações presentes em um grande número de indicadores, que, isoladas, seriam de difícil interpretação. De modo geral, essas construções utilizam algum processo sistemático para assumir pesos relativos, escalas e agregações de variáveis em uma única medida-síntese que se converte em valores de base e referência (FUNTOWICZ, 1999; OCDE, 2003).

Várias unidades geográficas, variáveis demográficas, testes estatísticos e indicadores de riscos têm sido utilizados para avaliar a magnitude das disparidades na distribuição dos problemas ambientais.

As unidades geográficas incluem estados, países, códigos postais e setores censitários. As variáveis demográficas abrangem a renda familiar média, a proporção de população não-branca, a porcentagem da população abaixo de determinado nível de pobreza. Os testes estatísticos envolvem Qui-Quadrado, Regressão Múltipla, Teste t, etc. (HARNER, 2002, p.318-319).

A formulação de bons índices é mais complexa do que aparenta para profissionais que tem o domínio na manipulação de dados, mas nem sempre com rigor conceitual esperado para decidir quais dados selecionar, como combiná-los, como atribuir os pesos de modo coerente, entre outras escolhas que influenciam na qualidade final dos índices.

Os dados brutos costumam ser absolutos e para utilizá-los é necessário realizar alguns tratamentos para a construção dos indicadores/índices. Ao integrar indicadores distintos é necessário primeiramente normalizá-los, convertendo-os para uma escala única (0 a 1, por exemplo). Para alguns indicadores, valores mais elevados são positivos (como a proporção de pessoas atendidas por serviço de coleta de lixo, por exemplo). Já para outros, valores elevados são negativos (como a proporção de pessoas analfabetas, por exemplo). Nestes casos, a normalização deve também incluir a inversão dos dados, para permitir a integração de forma lógica.

Na integração de dados para a formulação de índices, é comum haver a possibilidade de combinar dados de diversas fontes, com diferença nas unidades de agregação, nas unidades de medidas, nas metodologias de coleta, na precisão, escala cartográfica, nas datas, por exemplo. Decidir o que pode ser integrado de maneira adequada requer experiência e conhecimento das potencialidades e limites dos dados. A integração deve ser realizada sempre com indicadores que apresentem complementaridade, evitando-se as redundâncias na escolha das variáveis/indicadores básicos. Assim é possível manter o equilíbrio do indicador/índice composto.

### **Disponibilidade dados espaciais para mapeamento da justiça ambiental no Brasil**

O Brasil é um país conhecido por sua desigualdade, em diversas áreas. Em relação à disponibilidade de dados, há consideráveis diferenças na qualidade, quantidade dos dados e regularidade de atualização de acordo com a realidade de cada localidade. As unidades da federação mais ricas, possuem condições privilegiadas em comparação com às que dispõem de menos recursos. Mesmo dentro das principais metrópoles, também há diferença na quantidade e qualidade de alguns dados entre as áreas centrais e áreas mais periféricas.

O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) tem papel central na amenização dessas desigualdades, pois realiza importantes levantamentos estatísticos em escala nacional, assim como os mapeamentos temáticos e sistemáticos. No caso dos mapeamentos sistemáticos, é responsabilidade do IBGE os mapeamentos nas escalas até 1:25.000. Na prática, muitas regiões dispõem de cartas 1:50.000 e 1:100.000. Em escalas mais detalhadas, a responsabilidade é dos governos locais.

O IBGE tem realizado os levantamentos censitários a cada dez anos, desde 1940. Os dados levantados cobrem todo o território brasileiro com nível de detalhamento do setor censitário, que tem aproximadamente 1000 pessoas residentes e por volta de 250 domicílios. A área do setor é variável de acordo com a densidade demográfica da área. Em áreas urbanas densas, um prédio pode ser um setor censitário e em outras de baixa densidade demográfica, o setor censitário pode ter grande dimensão.

Os dados censitários fornecem informações acerca da infraestrutura urbana, da educação, da estrutura etária e dos rendimentos da população, principalmente. Nos levantamentos censitários mais recentes, como em 2010, houve a incorporação de novos dados, como sobre a presença de arborização urbana, rampas de acesso para cadeirantes nas calçadas, por exemplo, mas também houve a supressão informações relevantes, como o número de anos de estudos dos responsáveis pelos domicílios, que havia no censo de 2000. Nos dados censitários de 2010, há apenas a informação se as pessoas são alfabetizadas

ou não. Essa limitação traz grandes prejuízos para o acompanhamento da evolução das condições educacionais ao longo do tempo.

A maioria dos censos foi realizada no período esperado, mas em 1990 e 2020 não houve censo. O censo previsto para 1990 foi realizado apenas em 1991. Para essa operação, o IBGE precisava contratar mais de 180 mil pessoas em caráter temporário. Entretanto, a autorização da contratação desse contingente foi sendo protelada, visto que o governo tinha a diretriz de reduzir o quadro de servidores públicos. Quando a contratação foi autorizada, em julho de 1990, não havia mais tempo hábil para se realizar o processo seletivo público para contratação dos recursos humanos destinados ao censo, cuja coleta de dados estava programada para se iniciar no mês de setembro. Por tal motivo, o IBGE decidiu realizar o censo em 1991 (IBGE, 2021).

Em 2020, durante a gestão de Jair Bolsonaro, novamente não houve a disponibilidade de recursos pelo governo federal em tempo hábil para a realização do censo, apesar dos protestos e cobranças da sociedade e pesquisadores que lidam diretamente com esses dados. A pandemia de COVID-19, que afeta duramente o país.

O Supremo Tribunal Federal (STF) determinou que a União adote as medidas administrativas e legislativas necessárias para a realização do censo demográfico pelo IBGE em 2022 (STF, 2021). Após a realização da pesquisa em campo, o IBGE divulgou os dados após dois anos para o Censo de 2000 e de 2010. Assim, mesmo com a realização do Censo em 2020, a expectativa é que os dados estejam disponíveis a partir de 2024. É um período intercensitário muito longo, com grande prejuízo para a realização de pesquisa e formulação de políticas públicas.

Em 2019, o estado de São Paulo, o mais rico da federação, durante o governo de João Dória, extinguiu a Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano (Emplasa), fundada em 1975 e que foi responsável por realizar levantamentos e assessorar ações de planejamento inicialmente para Região Metropolitana de São Paulo e depois para as demais regiões metropolitanas do estado. A Emplasa foi responsável pela elaboração, organização e disseminação de produtos cartográficos de alta qualidade, tendo sido

responsável pelo Sistema Cartográfico Metropolitano desde 1977 (artigo 93 do Decreto n. 10.951), em 2015, o governo ampliou as atribuições da Emplasa, que passou a coordenar e executar as ações relativas ao Sistema Cartográfico do Estado de São Paulo (SCE-SP) e ao Programa de Infraestrutura de Dados Espaciais do Estado de São Paulo (IDE-SP). Esses sistemas da Emplasa disponibilizavam uma grande produção de dados geoespaciais fundamentais para as atividades de pesquisa e planejamento, (MAGLIO, 2019).

Como resalta Maglio (2019), a Emplasa foi reconhecida nacional e internacionalmente, dispunha de um corpo técnico multidisciplinar, que desenvolvia bases de dados espaciais de uso comum ao Estado e deteve uma infraestrutura de geoprocessamento implantada com investimentos do Governo do Estado, ao longo de 45 anos.

O destino do acervo da Emplasa esteve incerto por um período, e depois foi repassado para outros órgãos do governo do estado, como o Instituto Geográfico e Cartográfico de São Paulo, que tem como missão:

promover o conhecimento do território paulista por meio da produção cartográfica de detalhe e precisão, dos estudos geográficos relacionados à divisão administrativa e territorial do Estado de São Paulo e manter em caráter permanente a Memória Geográfica do Estado de São Paulo, registrada em mapas, cartas, cadernetas de campo, aerofotos oblíquas e verticais e fotografia de registro de trabalho (IGCSP, 2021).

Alguns estados brasileiros possuem Infraestruturas de Dados Espaciais (IDE) com boa disponibilidade de dados que podem ser utilizados para a construção de índices de justiça ambiental, com metadados padronizados e acesso aberto. Essa ação tem crescido entre as prefeituras, para a obtenção de dados municipais. Entretanto, a manutenção e atualização dos dados depende do comprometimento das gestões com produção, manutenção e difusão dos dados. Assim, é possível observar avanços e retrocessos na gestão das informações espaciais.

A Infraestrutura Nacional de Dados Espaciais (INDE) foi instituída pelo Decreto Nº 6.666 de 27 de novembro de 2008 com três objetivos principais: promover o adequado ordenamento na geração, armazenamento, acesso, compartilhamento, disseminação e uso dos dados geoespaciais; promover a utilização, na produção dos dados geoespaciais pelos órgãos públicos das esferas federal, estadual, distrital e municipal, dos padrões e normas homologados pela Comissão Nacional de Cartografia – CONCAR; evitar a duplicidade de ações e o desperdício de recursos na obtenção de dados geoespaciais, por meio da divulgação da documentação (metadados) dos dados disponíveis nas entidades e nos órgãos públicos das esferas federal, estadual, distrital e municipal.

A INDE exerceu papel importante no fornecimento de parâmetros de referência para a formulação de IDE em outros níveis governamentais, e outro marco brasileiro importante foi a Lei de acesso à informação (Lei número 12.527), de 18 de novembro de 2011, que regulamenta o direito constitucional de acesso dos cidadãos às informações públicas, que é aplicável aos três poderes da União, unidades da federação e municípios.

A partir da Lei de acesso à informação, houve a necessidade de organização para a disponibilização dos dados por parte dos governos federal, estaduais e municipais. Este processo está em curso e as IDE estão sendo implementadas em diferentes ritmos, de acordo com a disponibilidade de recursos e interesses políticos envolvidos em cada esfera governamental.

Kanil *et. al.* (2021) integraram mapas das áreas de suscetibilidade a processos geodinâmicos (deslizamentos e processos correlatos), da vulnerabilidade social e analisaram os aspectos do saneamento (taxas de abastecimento de água, coleta e tratamento de esgoto) da macrometrópole paulistana (MMP) e ressaltam a necessidade de se compreender o risco como uma construção social atrelada a processo de injustiça ambiental e segregação socioespacial. A situação é complexa, pois no contexto da MMP, a vulnerabilidade fica muito evidente quando se abordam os territórios periféricos que, do ponto de vista do meio físico, são mais frágeis, suscetíveis a processos de deslizamentos e inundações, e do ponto de vista ambiental, são responsáveis pela manutenção dos serviços ecossistêmicos, resguardados pelas leis de proteção ambiental, construindo um conflito entre proteção ambiental e direito à moradia e à cidade.

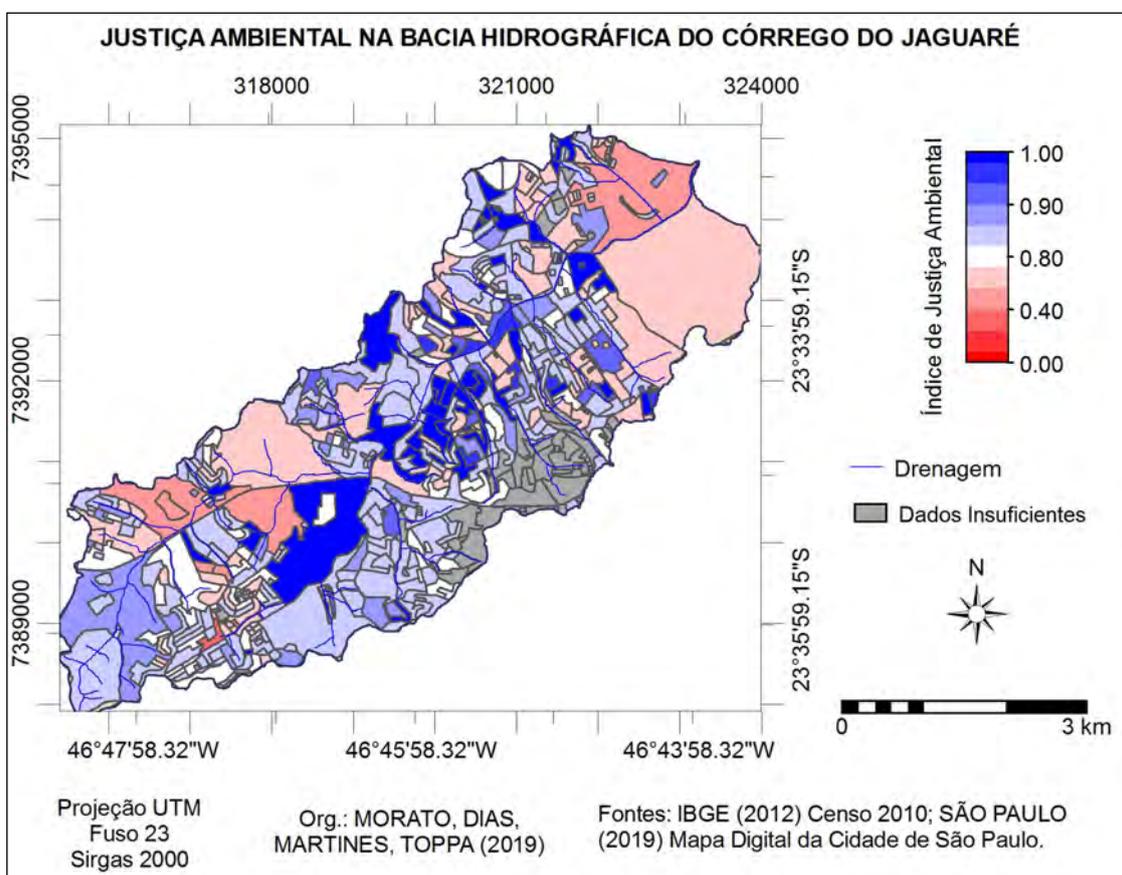
Sewaybricker e Silva (2021) avaliaram a justiça ambiental no município de Sorocaba, no interior do estado de São Paulo a partir de dados do censo realizado pelo IBGE e por meio da construção de índices. Os resultados mostraram uma grande desigualdade ambiental,

posto que apenas 8,4% da população se localiza na faixa dos melhores índices. Os setores mais privilegiados, no quesito de justiça ambiental, são compostos por pessoas brancas e com renda bem acima da média.

A Figura 1 exemplifica a construção de um índice de justiça ambiental da bacia hidrográfica do Córrego do Jaguaré, no município de São Paulo, a maior cidade brasileira. Foram consideradas as condições de abastecimento de água, o destino da água servida e do lixo, a disposição de energia elétrica, a arborização e a presença de rampas de acessibilidade e os riscos (MORATO *et. al.*, 2019)

As áreas em branco estão próximas da média do índice na bacia, que foi 0,790, as áreas em tons de azul são áreas privilegiadas com índices superiores à média e as áreas em tons de vermelho com índices abaixo da média. As áreas em cinza não puderam ter o índice calculado por ausência de um ou mais dados.

Figura 1. Índice de justiça ambiental.



Fonte: Morato *et. al.* (2019).

A população foi dividida em cinco grupos, de acordo com o índice de justiça ambiental, utilizando as quebras naturais para minimizar a variância dentro de cada classe e maximizar a variância entre as classes diferentes. Para cada grupo foi obtida a composição racial e a renda, conforme a Tabela 1.

**Tabela 1.** Relação entre o índice de justiça ambiental, o rendimento mensal domiciliar e a raça.

Índice de Justiça Ambiental	No. de setores	População (pessoas)	Renda média (R\$)	Branco (%)	Negro (%)	Pardo (%)	Indígena (%)	Amarelo (%)
0,93 a 1,00	63	30.577	5.409,97	79,4	4	13,3	0,1	3
0,80 a 0,92	310	166.205	4.346,90	70,2	5	21	0,1	4
0,68 a 0,79	116	87.943	2736,46	62,8	7	28,2	0,1	2
0,57 a 0,67	44	41.371	1716,02	47,1	7	42,9	2,1	1
0,36 a 0,55	11	4.522	1436,44	44	8	46,8	0,2	1

É possível observar claramente o viés racial na questão da justiça ambiental, ou o racismo ambiental. A proporção de brancos aumenta na medida em que o índice de justiça ambiental sobe. Em contrapartida, há menor proporção de negros, pardos e indígenas quando o índice de justiça ambiental é mais elevado. No estrato com o pior índice de justiça ambiental, há 44% de brancos e 55% de negros, pardos e indígenas somados. Já no estrato com os melhores índices de justiça ambiental a proporção de brancos é de 79,4%, enquanto a soma de negros, pardos e indígenas que atinge apenas 13,3%. Os amarelos, apesar da menor presença, têm relação semelhante aos brancos. Com os rendimentos mensais, o comportamento é análogo.

Essa situação mostra que os segmentos mais vulneráveis da população, com rendimentos menores e maior proporção de negros, pardos e indígenas, estão expostos a maior carga de problemas decorrentes da falta de infraestrutura urbana e qualidade ambiental, afetando a qualidade de vida destes moradores. Os brancos, ao contrário, estão em proporção cada vez maior quando os índices de justiça ambiental são melhores, e possuem os maiores rendimentos. Os amarelos, apesar da menor proporção em termos populacionais, também estão em situação privilegiada, semelhante aos brancos.

### Mapeamento colaborativo e Cartografia social

Os mapas são sempre modelos simplificados da realidade com a seleção das informações consideradas mais relevantes por quem realiza o mapeamento. Essa seleção é necessária para reduzir a complexidade. O autor do mapa pode valorizar alguns elementos e desconsiderar outros. O que o mapa destaca ou não revela a visão de mundo de quem o elaborou e os interesses envolvidos, podendo incluir preconceitos e a omissão de informações inconvenientes. Os mapas também são uma forma de legitimar uma visão de mundo. Isso acontece tanto em mapas oficiais, elaborados por órgãos governamentais, e bases cartográficas desenvolvidos por empresas, como o Google Maps.

A quantidade e a qualidade das informações são variáveis de acordo com o poder econômico das áreas. Há informações mais precisas e em maior quantidade em bairros mais valorizados economicamente. Nesses bairros, a velocidade de atualização é maior. Ao mesmo tempo, falta informação sobre as periferias urbanas, pequenas cidades do interior e comunidades.

Para compensar essa situação, há iniciativas colaborativas, como o Openstreetmap e o YouthMappers, que contam com voluntários que vivem e conhecem áreas onde os mapeamentos oficiais são deficitários. Esses grupos realizam ações de mapeamento voltadas para enfrentar problemas locais, frequentemente com o uso de softwares livres em smartphones.

Apesar de suas distinções conceituais e metodológicas, a cartografia social pode ser entendida como a apropriação de técnicas e modos de representação cartográficos modernos por grupos sociais historicamente excluídos dos processos de tomada de decisão. Essa apropriação acontece como resultado de um processo paradoxal, em que o avanço do capitalismo, ao seguir sua lógica de produção e acumulação privada de riquezas, acaba por desenvolver novas tecnologias que vão revolucionar o acesso às técnicas cartográficas, criando possibilidades para a popularização e a utilização dessas técnicas em experiências e projetos políticos que questionam muitas vezes as próprias bases do privatismo desse sistema político-econômico. Desse modo, é de acordo com o contexto, os propósitos e os usos que esses grupos fazem da cartografia, bem como da capacidade da mesma de desestabilizar o campo de forças dentro do qual esses grupos se encontram subalternizados ou ainda de problematizar as relações de dominação presentes em cada situação social, que se torna possível definir o alcance de tais experiências e caracterizá-las segundo suas finalidades (ACSELRAD e VIÉGAS, 2008).

A proposta da Cartografia social é a inclusão de populações locais nos processos de produção de mapas, quando historicamente estiveram envolvidas diferentes instituições, principalmente: agências governamentais, ONGs, organizações indígenas, organismos multilaterais e de cooperação internacional, fundações privadas e universidades (ACSELRAD e COLI, 2008).

Com a Cartografia social

tornam-se claras as implicações políticas dos mapas, podemos falar, por outro lado, da emergência de políticas cartográficas, em que os mapeamentos são eles próprios objeto da ação política. E se ação política diz especificamente respeito à divisão do mundo social, podemos considerar que na política dos mapeamentos estabelece-se uma disputa entre distintas representações do espaço, ou seja, uma disputa cartográfica que se articula às próprias disputas territoriais (ACSELRAD e COLI, 2008, p.14).

Há iniciativas de mapeamentos colaborativos que produzem inventários dos conflitos ambientais, organizando os casos de acordo com as populações atingidas, especificando as atividades econômicas geradoras dos problemas, os impactos socioambientais e os danos à saúde das populações, como o Mapa de conflitos envolvendo injustiça ambiental e Saúde no Brasil, da Escola Nacional de Saúde Pública (Ensp/Fiocruz), que em agosto de 2021, tinha 610 conflitos registrados no Brasil, conforme a Figura 2.

Figura 2. Mapa de conflitos envolvendo injustiça ambiental e Saúde no Brasil.



Fonte: Escola Nacional de Saúde Pública (Ensp/Fiocruz) (2021).

Disponível em: <<http://mapadeconflitos.ensp.fiocruz.br>>

Outra iniciativa é o Atlas Global da Justiça Ambiental (EJAtlas), uma ferramenta de mapeamento colaborativo criada para sistematizar informações sobre conflitos por justiça ambiental para ativistas, acadêmicos e organizações ambientalistas. Como ressaltam Temper *et. al.* (2015),

apenas em alguns casos, os bancos de dados referenciados foram realmente abertos para a participação interativa do público. O EJAtlas visa preencher esta lacuna e fornecer uma ferramenta para ativismo e defesa:

- ajudar a denunciar casos de injustiça ambiental;
- estimular o diálogo e a troca de experiências, ideias, dados e estratégias de ação;
- fornecer um recurso com relatórios de casos concretos, disputas legais e outros assuntos;
- sensibilizar a mídia, formadores de opinião e opinião pública;
- exercer pressão sobre os políticos e formuladores de políticas para implementar políticas públicas conducentes a justiça ambiental;
- desenvolver e fortalecer estratégias de articulação internacional em EJ,
- ... e contribuir para novos processos de criação de conhecimento com uma perspectiva de justiça ambiental.

Em agosto de 2021, existiam 173 casos de conflitos relatados para o Brasil, conforme a Figura 3. Os casos podem ser consultados em escalas diferentes, permitindo uma interface entre as ciências naturais e sociais, revelando características do território e processos sociais, institucionais e culturais.

Figura 3. Atlas Global da Justiça Ambiental (EJAtlas).



Fonte: Temper *et. al.* (2015).

Disponível em: <<https://www.ejatl.org>>

Como ressalta Malagodi (2012), a abordagem das cartografias sociais que colaboram para o fortalecimento dos movimentos sociais e para a democratização da produção socioespacial, pois

os sujeitos coletivos desenvolvem variadas formas de resistência à ação de projetos representantes das dinâmicas hegemônicas de reprodução do capital, resistência à mercantilização da vida, integrada a formas de resistência territorial. E embora tenham geralmente prejudicadas suas variadas formas de existência cultural, social e política, vêm conquistando novos recursos simbólicos relevantes para a disputa pela legitimação de sua existência, e deslegitimação do caráter policial das políticas desenvolvimentistas (MALAGODI, 2012).

A contribuição da cartografia social é muito relevante, e para sua efetividade, o treinamento dos voluntários é um ponto central, pois o ideal é que as pessoas envolvidas participem da definição das estratégias e se tornem autônomos para a realização dos mapeamentos. Essa capacitação deve chegar até as mulheres, indígenas, negros e outros grupos vulneráveis.

## **Apresentação dos mapas**

A apresentação dos resultados na forma dos mapas é outra etapa que necessita ser feita cuidadosamente, valendo-se dos recursos da Cartografia Temática, que privilegiam a comunicação eficiente e clara, com base nos princípios da semiologia gráfica.

A escolha dos métodos adequados para representação, de acordo com o tipo de dado e seus objetivos também é muito importante. Não é raro, em algumas situações encontrar mapas feitos com dados absolutos utilizando o método coroplético, que é um método desenvolvido para dados relativos, como as taxas.

Outros problemas que podem ser citados é a resolução inadequada, a falta de toponímia, que dificulta o reconhecimento das localidades ou o uso inadequado das cores, que pode confundir elementos da legenda.

Cada mapa precisa ser planejado de acordo com o formato e tamanho do espaço em que será apresentado. A reutilização de mapas projetados para situações diferentes, pode levar à tamanhos inadequados das fontes, ora muito grandes, ora muito pequenas, prejudicando a leitura.

## **Considerações finais**

A intenção deste capítulo foi fornecer um arcabouço que permita entender os desafios enfrentados na Cartografia da justiça ambiental no contexto brasileiro, que envolve desde as concepções teóricas que embasam as estratégias de formulação de índices, no caso das cartografias executadas por acadêmicos e profissionais técnicos e nos mapeamentos participativos, realizados por pessoas diretamente afetada pelos problemas ambientais.

Tradicionalmente, o IBGE tem sido um órgão que tem fornecido informações valiosas para diversos tipos de pesquisa, incluindo tanto dados estatísticos como cartográficos, em âmbito nacional. Entretanto, atualmente atrasado para a realização do censo demográfico, que deveria ter sido realizado em 2020, por conta das prioridades do atual governo. E está programado apenas para 2022. A disponibilidade dos dados completos para pesquisadores nos censos anteriores demorou dois anos. Assim, se for mantido o ritmo, apenas em 2024 espera-se ter dados mais detalhados sobre a população brasileira.

Algumas iniciativas voltadas para a implementação de infraestruturas de dados espaciais são valiosas, pois facilitam o acesso e organizam os dados, com a disponibilização dos metadados. Entretanto, essas iniciativas nem sempre contam com recursos e pessoal capacitado para assegurar sua continuidade.

Essa situação traz incerteza e limita a possibilidade de realização de acompanhamento de alguns processos ao longo do tempo, pois nem sempre os levantamentos são realizados quando deveriam acontecer. Outro problema são as alterações nas metodologias de pesquisa, que em alguns anos levantam determinado dado, em outros anos, o mesmo dado deixa de ser levantado.

## Referências

- Acselrad, H.; Viégas, R. N. Cartografia sociais e território – um diálogo latino americano. In: Acselrad, H. (Org). **Cartografias Sociais e Território**. Rio de Janeiro: UFRJ/IPPUR, 2008.
- Acselrad, H. Ambientalização das lutas sociais. **Revista estudos avançados**, São Paulo, v. 24, n. 68, p. 103-119, 2010. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/ea/a/hSdks4fkGYGb4fDVhmb6yxk/?lang=pt>>
- Acselrad, H.; Coli, L. R. Disputas territoriais e disputas cartográficas. In: Acselrad, H. (Org). **Cartografias Sociais e Território**. Rio de Janeiro: UFRJ/IPPUR, 2008.
- Alves, H. P. F. Desigualdade ambiental no município de São Paulo: análise da exposição diferenciada de grupos sociais a situações de risco ambiental através do uso de metodologias de geoprocessamento. **Revista Brasileira de Estudos Populacionais**, São Paulo, v. 24, n.2, p. 301-316, Jul/Dez. 2007.
- Bellen, H. M. **Indicadores de sustentabilidade: uma análise comparativa**. Rio de Janeiro: FGV, 2005.
- Bullard, R. Enfrentando o racismo ambiental no século XXI. In: Acselrad, H.; Herculano, S., Pádua, J. A. **Justiça Ambiental e Cidadania**. Rio de Janeiro: Ed. Relume-Dumará, p. 41-66, 2004.
- Canil, K. ; Moura, R. B. ; Sulaiman, S. N. ; Torres, P. H. C.; Abreu Netto, A. L.; Jacobi, P. R. . **Vulnerabilidades, riscos e justiça ambiental em escala macro metropolitana**. Mercator (UFC), v. 20, p. 1-15, 2021. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/mercator/a/zbBrtd9Fx963k7WCf8TwLRy/abstract/?lang=pt#>>
- ESCOLA NACIONAL DE SAÚDE PÚBLICA (Ensp/Fiocruz). **Mapa de conflitos envolvendo injustiça ambiental e Saúde no Brasil**. Disponível em: <<http://mapadeconflitos.ensp.fiocruz.br>>
- Esty, D. C. Pilot 2006 Environmental Performance Index. **New Haven**: Yale Center for Environmental Law & Policy, 2006.
- Funtowicz, S. O. Information tools for environmental policy under conditions of complexity. **Copenhagen**: European Environment Agency, 1999 (Environmental Issues Series, 9)
- Harner, J.; Warner, K.; Pierce, J.; Huber, T. Urban Environmental Justice Indices. **The Professional Geographer**, Malden, v. 54, n.3, p.318–331, 2002.
- Herculano, S.; Pacheco, T. (Org.). Racismo Ambiental. **I Seminário brasileiro contra o racismo ambiental**. Rio de Janeiro: FASE, 2006. Disponível em: <<https://portal.stf.jus.br/noticias/verNoticiaDetalhe.asp?idConteudo=466012&ori=1>>
- IBGE. **Base de informações do Censo Demográfico 2010**: Resultados do Universo por setor censitário - Documentação do Arquivo. Rio de Janeiro: IBGE, 2011.
- IBGE. **Base de Informações por Setor Censitário**: Censo Demográfico 2010 – Resultados do Universo (São Paulo/SP). Rio de Janeiro: IBGE, 2012.
- IBGE. **Memória IBGE**. Disponível em: <https://memoria.ibge.gov.br/historia-do-ibge/historico-dos-censos/censos-demograficos.html>
- IGCSP. **IGC-SP Missão e Histórico**». Disponível em: <http://www.igc.sp.gov.br/institucional/missao.html>
- Jannuzzi, P. M. **Indicadores sociais no Brasil**: conceitos, fontes de dados e aplicações. Campinas, SP: Alínea; 2009. 141p.

- Magalhães Júnior, A. P. **Indicadores ambientais e recursos hídricos: realidade e perspectivas para o Brasil a partir da experiência francesa.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007.
- Maglio, I. Por que desmontar a estrutura da Emplasa? **Jornal da USP.** 2019. Disponível em: <https://jornal.usp.br/?p=251936>
- Malagodi, M. A. S. **Geografias do dissenso: sobre conflitos, justiça ambiental e cartografia social no Brasil.** Espaço e Economia [Online], 1 | 2012. Disponível em: <<https://doi.org/10.4000/espacoeconomia.136>>
- Ministério da Saúde. **Secretaria de Vigilância em Saúde ambiental: guia básico para construção de indicadores.** Brasília: Ministério da Saúde, 2011. Disponível em: <[http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/saude\\_ambiental\\_guia\\_basico.pdf](http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/saude_ambiental_guia_basico.pdf)>
- Morato, R. G. **Análise espacial e desigualdade ambiental no Município de São Paulo.** 2008. Tese (Doutorado em Geografia Humana) - FFLCH/USP. São Paulo, 2008.
- Morato, R. G.; Dias, F. A.; Kawakubo, F. S.; Martines, M.; Luchiar, A. Justiça ambiental e racismo ambiental na Bacia hidrográfica do córrego do Jaguaré, São Paulo/SP. In: Morato, R. G.; Galvani, E.; Kawakubo, F. S.; Ross, J. L. S. (Org.). **Análise integrada em bacias hidrográficas: estudos comparativos com distintos usos e ocupação do solo.** 1ed. São Paulo: FFLCH/USP, 2019, v. 1, p. 845-860. Disponível em: <https://doi.org/10.11606/9788575063781>
- Morato, R. G.; Machado, R. P. P. Análise Espacial da Justiça Ambiental no Distrito da Vila Andrade - São Paulo/SP. In: Seminário Internacional Justiça Espacial e Direito à Cidade, 2015, São Paulo. **Anais.** São Paulo: GESP/USP, 2015. v. 1. p. 1-21.
- Morato, R. G.; Machado, R. P. P. Análise Espacial da Justiça Ambiental no Distrito da Vila Andrade - São Paulo/SP. In: Seminário Internacional Justiça Espacial e Direito à Cidade, 2015, São Paulo. **Anais.** São Paulo: GESP/USP, 2015. v. 1. p. 1-21. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.1.3461.8645>>
- Moutinho-da-Costa, L. Territorialidade e racismo ambiental: elementos para se pensar a educação ambiental crítica em unidades de conservação. **Pesquisa em Educação Ambiental,** v.6, n.1 p.101-122, 2011.
- Porto, M. F.; Pacheco, T.; Leroy, J.-P. **Injustiça Ambiental e Saúde no Brasil: o Mapa de Conflitos.** Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 2013.
- Rocha, D. Mapa da Injustiça Ambiental e Saúde no Brasil: ferramenta dos movimentos sociais nas lutas territoriais. **Agriculturas,** v. 8. n. 4, pp. 46-47, dezembro de 2011.
- SÃO PAULO (Prefeitura). **Mapa Digital da Cidade de São Paulo.** Disponível em: <<http://geosampa.prefeitura.sp.gov.br>>. 2019.
- STF. **STF determina que governo realize censo demográfico em 2022.** 17 de maio de 2021. Disponível em: <<http://portal.stf.jus.br/noticias/verNoticiaDetalhe.asp?idConteudo=466012&ori=1>>
- Temper, L.; Bene, D.; Martinez-Alier, J. Mapping the frontiers and front lines of global environmental justice: the EJAtlas. **Journal of Political Ecology.** 2015. 22: 255-278. Disponível em: <<https://doi.org/10.2458/v22i1.21108>>
- Torres, H. **Desigualdade ambiental em São Paulo.** Tese (Doutorado em Ciências Sociais). Campinas: IFCH-Unicamp, 1997. 255 p.

# VALORIZAÇÃO DE PAISAGENS CULTURAIS RURAIS: ESTUDO DA VILA SARNEY NA ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DE MARACANÃ (SÃO LUÍS, MARANHÃO, BRASIL)

Fabiana Pereira Correia<sup>1</sup>

Luciene Cristina Risso<sup>2</sup>

**RESUMO:** As sociedades modificaram suas paisagens naturais, compondo sobre elas as formas sociais, envoltas em imaterialidades, formando paisagens culturais singulares. Uma dessas paisagens está na Área de Proteção Ambiental (APA) Maracanã, em São Luís (Maranhão, Brasil), apresentando áreas úmidas (brejos) de importância ecológica e cultural ímpar. Todavia, essas paisagens e territórios estão ameaçados devido às consequências negativas de ações e atividades econômicas, que acabam por afetar a área. Diante dessas ameaças, estudar comunidades presentes no Brasil, em paisagens e territórios singulares, é importante para decodificar significados do vivido, servindo de base para o poder público planejar, gerenciar e proteger esses territórios. Outros objetivos específicos estão associados à discussão da valorização e proteção de paisagens e territórios culturais. A pesquisa constou de leitura e organização de fontes bibliográficas, aplicação de entrevistas e observação participante. Na fase de interpretação dos relatos, a análise do conteúdo foi realizada à luz de teorias da Geografia Humanista Cultural, bem como do uso do *software* livre Iramuteq, para a análise léxica. Como principais resultados, as paisagens analisadas no estudo revelaram o significado profundo de lugar, expresso em fortes laços afetivos tanto pelas relações sociais como pelas relações com o natural. O rio, a água, o brejo, dentre outras palavras de maior frequência na análise do corpo textual, revelaram, junto à análise de conteúdo, as paisagens mais valorizadas pela comunidade. O ecossistema de brejo foi o mais valorizado pela comunidade, tanto economicamente, como também por tudo que proporciona à qualidade ambiental e de vida para as pessoas. Por outro lado, os entrevistados mostraram preocupação com a degradação ambiental de suas paisagens, vislumbrando ações do poder público envolvido. Espera-se que a pesquisa contribua com a temática geográfica e seja um instrumento de fortalecimento da luta em prol da conservação ambiental da Vila e, conseqüentemente, da cultura.

**Palavras-chave:** Topofilia; Geograficidade; Lugar; Brejo; Bioma Amazônico.

---

1 Doutora em Geografia. Docente da Universidade Federal do Maranhão. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0902-8144>. E-mail: fp.correia@ufma.br

2 Doutora em Geografia. Docente da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6238-356X>. E-mail: luciene.risso@unesp.br

## **Introdução**

No Brasil, pressões capitalistas sobre paisagens e territórios protegidos estão aumentando, principalmente após 2019, quando um governo autoritário de extrema-direita assumiu o poder em nível federal. A situação política tem causado o aumento da substituição de florestas nativas por monoculturas e pastagens, bem como facilitado a implantação de projetos desenvolvimentistas que desencadeiam inúmeros conflitos fundiários e ambientais. Problemas dessa natureza têm se multiplicado durante a pandemia de Covid-19, causada pelo coronavírus (SARS - CoV-2).

O posicionamento do governo federal, quanto às questões ambientais, tornou-se claro na fala do dirigente do Ministério do Meio Ambiente, durante a reunião ministerial de 22 de abril de 2020, quando ele recomendou “passar a boiada e mudar as regras” enquanto a atenção da mídia estava voltada para a pandemia.

Perante essas ameaças, há necessidade de aguçar o olhar geográfico para investigar os múltiplos significados do mundo vivido em comunidades plurais presentes no Brasil, onde se destacam paisagens e territórios singulares. Pesquisas como a que ensejou este capítulo podem fornecer subsídios para compreensão da complexa relação intersubjetiva entre o ser humano e tudo que o cerca. Ademais, podem revelar experiências de vida desafiadoras e únicas.

Este capítulo apresenta parte da realidade vivida na comunidade Vila Sarney - Maracanã, localizada na zona rural de São Luís, estado do Maranhão, Brasil. A amostra foi suficiente para trilhar um caminho de valorização cultural e ambiental.

A área de estudo constitui um dos tipos de territórios protegidos presentes no Brasil. Trata-se da Área de Proteção Ambiental (APA) de Maracanã. Convém lembrar que APAs integram a categoria V da International Union for Conservation of Nature (IUCN), que inclui paisagens e costa protegidas.

Segundo a lei federal 9985/2000, APA é uma categoria de unidade de conservação (UC) pertencente ao grupo de Uso Sustentável (US), que visa compatibilizar proteção ambiental com diversas atividades humanas realizadas em territórios culturais. Ainda que a APA tenha sido legalmente instituída no ano de 1991, há diversos conflitos e contradições no território, o que será evidenciado ao longo do texto em tela.

O objetivo geral foi investigar percepções, experiências, valores e sentimentos dessa comunidade, interpretando o que paisagens e lugares ligados ao cotidiano significam para moradores, o que foi possível por meio das lentes da Geografia Humanista Cultural. Os objetivos específicos estão ligados à discussão sobre valorização de paisagens e territórios culturais.

## **Metodologia**

A pesquisa constou de leitura e organização de fontes bibliográficas, aplicação de entrevistas junto a pessoas, cujo critério era de que vivessem no território da APA há, pelo menos, cinquenta anos, ou que fossem pessoas reconhecidas em suas comunidades por sua atuação em prol da comunidade. Foram entrevistadas onze pessoas, dentre as quais somente uma não é nascida em São Luís. A pessoa não natural do lugar nasceu no município de Turiaçu - MA e disse ter ido viver ali por conta dos desígnios da vida. A fase de entrevistas foi uma

fase essencial, utilizando a observação participante e a rotina das entrevistas, conversando, anotando e gravando as informações necessárias, seguindo um roteiro flexível, obedecendo à questão ética. Portanto, todos os entrevistados, aqui apresentados, assinaram um termo de consentimento para a publicação de suas falas e de seus nomes.

Após essa fase, houve a leitura das narrativas e análise do conteúdo das falas, às quais organizamos em temáticas. A análise de conteúdos aconteceu à luz de teorias da Geografia Humanista Cultural, com suporte do *software* livre Iramuteq, desenvolvido pelo Laboratoire d'Études et de Recherches Appliquées en Sciences Sociales, da Universidade de Toulouse (Paris), para as análises léxicas de corpo textual, usando o pacote R estatístico. O recurso possibilitou análise de nuvem de palavras e de similitude.

A análise de similitude “possibilita identificar as coocorrências entre as palavras e seu resultado traz indicações da conexão entre as palavras, auxiliando na identificação da estrutura da representação”, e a nuvem de palavras “agrupa as palavras e as organiza graficamente em função da sua frequência. É uma análise lexical mais simples, porém graficamente interessante” (CAMARGO e JUSTO, 2013).

## 1 Paisagens, lugares e geograficidades

As sociedades foram modificando suas paisagens naturais, compondo sobre elas formas sociais envoltas em imaterialidades, o que favoreceu a formação de paisagens culturais singulares. Como tais fenômenos geográficos são produtos da interação entre processos naturais e históricos, os denominamos paisagem, não havendo necessidade de adjetivação, uma vez que elementos naturais e culturais estão hibridizados.

Mais que resultado dos processos citados, paisagens representam nossa totalidade de existir (FERRIOLO, 2008), nossas vivências, experiências, memórias, representações e o que pensamos e sentimos a respeito delas.

Compreender relações entre comunidades, paisagens e lugares, através das lentes da Geografia Humanista Cultural, remete à interpretação de experiências visando apreender significados das paisagens.

Para Merleau-Ponty (1999), a experiência perceptiva intermedia o ser humano no entendimento do mundo. Em outras palavras, a fenomenologia perceptiva acontece por meio da relação entre corpo-mundo, ao contrário da visão racional cartesiana.

Podemos dizer, com base em Merleau-Ponty (1999), que paisagem é a relação intrínseca entre o corpo-mente-mundo e revela diversos modos de existir (RISSO, 2020).

Entender geografias existenciais requer inserir a dimensão subjetiva, imaterial que envolve as materialidades das paisagens e lugares. Como diz Nogué (2008, p.19) “El paisaje, a partir de ahora, se concebirá como una forma, pero también como una metáfora y como un sistema de signos y de símbolos”. Assim, “paisagem é uma construção social, não deve ser reduzida à morfologia, nem ser reduzida a subjetividades, e nem é sinônimo de natureza e meio ambiente. Ela interliga esses mundos” (RISSO, 2020, p.314).

As paisagens são constituídas de espaços e lugares que se movimentam dialeticamente, ou seja, conforme Tuan (1983, p.6), “o espaço indiferenciado transforma-se em lugar à medida que o conhecemos melhor e o dotamos de valor”. Dessa forma, quando o lugar

reporta a significados positivos, trata-se de topofilia (termo de Bachelard), entendida como “elo afetivo entre a pessoa e o lugar ou ambiente físico” (TUAN, 1980, p.5), ao passo que se estabelece topofobia quando o lugar adquire sentidos como medo, repulsa e aversão.

Se, para Tuan (1979), a noção de lugar, assim como a de espaço, define a natureza da Geografia, para Dardel ([1952] 2015) o lugar é o ponto de partida da experiência geográfica, pois nele são estabelecidas as bases da existência e da condição humana, conforme ratificado por Correia (2020, p. 50).

A essência do espaço vivido é apreendida por meio da geograficidade, noção central da obra de Dardel ([1952] 2015, p. 01-02). Para ele o fenômeno constitui a “relação concreta que liga o homem à Terra”, que se expressa como “modo de sua existência e seu destino”.

Isso quer dizer que as relações estabelecidas nos diferentes espaços geográficos irão refletir no modo de existir das comunidades, ou melhor, em suas maneiras de viver, seus valores, seus imaginários e nas formas como experienciam geograficamente suas paisagens e territórios. Dardel ([1952] 2015, p.31) entende paisagem como conjunto formado por espaços geográficos e as relações humanas neles presentes: “ela coloca em questão a totalidade do ser humano, suas ligações existenciais com a Terra como lugar, base e meio de sua realização”.

Para Relph (1979, p. 18), geograficidade se refere “às várias maneiras pelas quais sentimos e conhecemos ambientes em todas as suas formas, e [...] ao relacionamento com os espaços e as paisagens, construídas e naturais”. O geógrafo reforça a relevância desse aspecto no contexto da estruturação de uma geografia essencialmente fenomenológica que, de alguma forma, fixa o lugar da existência.

Nesses termos, nota-se conectividade essencial entre paisagens, lugares e geograficidades, haja vista, por exemplo, que vínculos existenciais entre pessoas e lugares conferem formas e sentidos às paisagens.

## **2 APA de Maracanã no contexto da Vila Sarney**

A Vila Sarney é um dos bairros rurais localizados no interior da APA de Maracanã, UC criada pelo estado do Maranhão por meio do decreto nº 12.103/1991, com área de 1831 hectares. Conforme o referido instrumento jurídico, o território protegido limita-se, ao Norte, pelo rio Maracanã e Parque Estadual do Bacanga, inclusive com áreas sobrepostas; a Leste, pela rodovia BR-135; a Oeste, pelo módulo 9 do Distrito Industrial de São Luís e, ao Sul, pela comunidade Rio Grande.

O próprio decreto explicita que o Distrito Industrial faz fronteira com praticamente todos os limites da APA, situação denotativa de pressões intensas sobre a qualidade ambiental do território “protegido”. A APA está localizada na zona rural de São Luís, distando cerca de 23 km do centro da cidade. A principal via de acesso à comunidade é a rodovia BR-135, porém existem sérios problemas inerentes à mobilidade, a exemplo da precariedade dos serviços de transporte público (CORREIA, 2020).

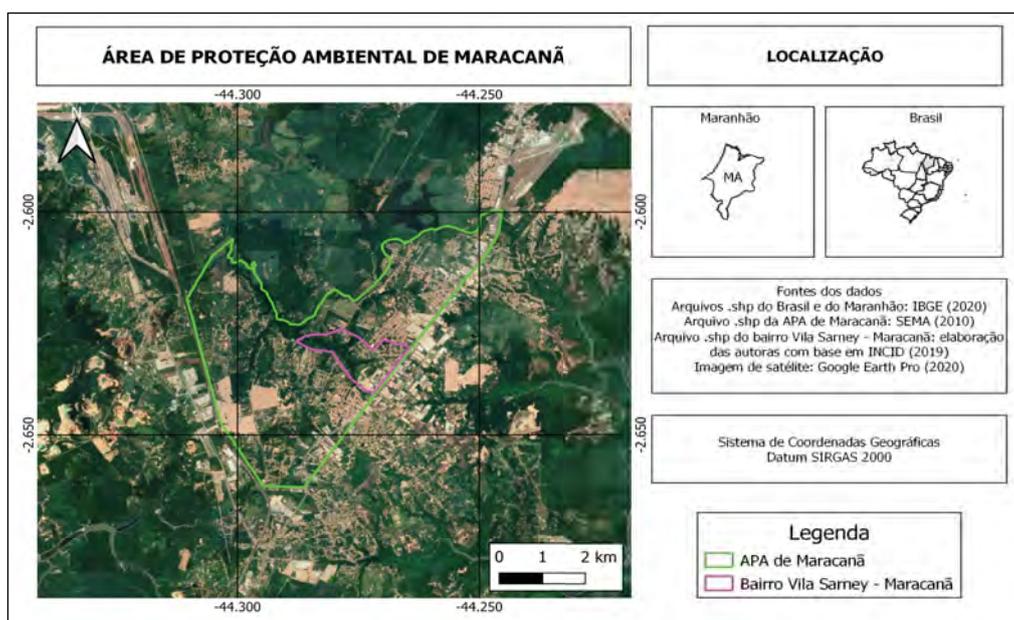
Em relação às características naturais, Farias Filho (2010) indica que a APA se encontra sob influência do clima tropical quente e úmido, com duas estações bem definidas, uma seca (julho a novembro) e uma chuvosa (dezembro a junho), com precipitações concentradas nos meses de abril e pluviosidade superior a 2.000 milímetros por ano.

Quanto ao relevo, a área se insere na zona costeira maranhense, com planícies sedimentares cuja altimetria é inferior a 200 metros. Sobre esse relevo sedimentar de altitudes sutis e formas suavizadas, se realizam as existências na APA de Maracanã.

De acordo com AB'Saber (2003) o bioma amazônico enquadra-se no domínio morfoclimático das terras baixas florestadas, onde se encontram várzeas e igapós. Segundo Guerra e Guerra (2005), várzeas são “terrenos baixos e mais ou menos planos que se encontram junto às margens dos rios” (GUERRA; GUERRA, 2005, p.633) e igapó é a “denominação regional da Amazônia para os terrenos que ficam alagados por ocasião do transbordamento dos rios, e onde existe cobertura florestal” (GUERRA; GUERRA, 2005, p.348). É interessante destacar que em tupi, igapó significa “raiz de água”.

No que tange à rede fluvial, a área de estudo é drenada por rios integrantes da bacia do Bacanga, com destaque para o rio Maracanã e para o rio Grande e seus afluentes, que representam parte significativa das geografias vividas da APA. Além dos rios, na comunidade se destacam áreas alagadiças, conhecidas como brejos, cujas dinâmicas estão ligadas aos corpos hídricos e às vivências locais. A Figura 1 traz o mapa representativo da localização da área.

**Figura 1.** Mapa da Área de Proteção Ambiental de Maracanã.



Fonte: Elaborado pelas autoras com auxílio do *software* QGIS 3.18.2.

Segundo Guerra e Guerra (2005, p. 95-96), brejo pode ser entendido como “terreno plano, encharcado, que aparece nas regiões de cabeceira ou em zonas de transbordamento de rios”. Para quem vive ali, significados de brejo compõem a essência da natureza do Maracanã, o que transcende conceitos científicos tradicionais.

Conforme Farias Filho et al. (2015, p. 106), a flora constitui-se, predominantemente, de juçarais e buritizais, mata secundária e árvores frutíferas de sítios e chácaras. Dentre as espécies nativas se destacam: paparaúba (*Simarouba amara*), andiroba (*Carapa guianenses*), anjelim vermelho (*Dinizia excelsa*), pau-d’arco amarelo (*Tecoma serratifolia*), guanandi (*Symphoni globulifera*), açoita-cavalo (*Luhea grandifolia*) e pau-ferro (*Caesalpinia paraguariensis*). Essas e outras espécies podem ser encontradas na comunidade.

A APA protege remanescentes florestais e ecossistemas relacionados ao domínio de natureza amazônico. Na várzea e no ambiente de brejo, encontramos os buritizais e juçarais. Nas áreas de contato entre várzea e terra firme é comum a existência de babaçu (*Orbignya speciosa*). Já na terra firme se encontram árvores frutíferas como “pés” de bacuri (*Platonia insignis*), cupuaçu (*Theobroma grandiflorum*), abricó (*Mammea americana*), caju (*Anacardium occidentale*), jaca (*Artocarpus heterophyllus*), pitomba (*Talisia esculenta*), entre outras.

A Vila Sarney pode ser entendida como bairro rural situado na porção centro-leste da APA, a oeste do bairro Maracanã. Por bairro rural entende-se, conforme Lecocq-Müller (1946), células comunitárias sociais não morfológicas, formadas por residências dispersas razoavelmente próximas, corporificadas por certas relações sociais, a exemplo de laços de parentesco e vizinhança, geralmente reforçados pela existência de pequenos comércios, capelas ou escolas cuja zona de confluência frequentemente delimita o bairro.

Caracterizando os entrevistados, notou-se que parcela significativa das pessoas possui baixo nível de escolaridade, tendo em vista que quatro não concluíram o Ensino Fundamental, duas concluíram esse nível de ensino, três possuem Ensino Médio e duas concluíram o Ensino Superior.

Em relação às profissões ou ocupações às quais estão atreladas as fontes de renda dessas pessoas, destacaram-se o exercício da docência e a execução de atividades domésticas.

A principal fonte de renda familiar é proveniente de aposentadorias e pensões, o que equivale ao percentual aproximado de 64% do total entrevistado. Mais de 80% das famílias não possuem renda complementar. Convém destacar a importância dos benefícios sociais para o público-alvo das entrevistas. Do total, apenas cerca de 27% não dispõem desse tipo de fonte de renda.

Na parte cultural, a APA se destaca pela diversidade de manifestações da cultura popular, a exemplo do Bumba-meu-Boi, Festejo de Reis, Festa do Divino Espírito Santo e Festa da Juçara.

No entorno da APA há atividades humanas que afetam, significativamente, os ecossistemas e bairros rurais, deixando-os em situação de vulnerabilidade. Essas atividades possuem relação com o Distrito Industrial de São Luís, onde se localizam empresas como ALUMAR (Consórcio de Alumínio do Maranhão) e Vale S.A., bem como condomínios residenciais vinculados ao programa Minha Casa Minha Vida (MCMV). O programa é uma das causas do violento e acelerado “inchaço” populacional no território da APA, ao longo da última década, fato que aumenta a complexidade da efetivação da gestão ambiental do território.

Destaca-se a indiscutível relevância social dos residenciais do MCMV, entretanto não se pode negar que o modo como eles foram implantados naquela realidade geográfica reflete profundas contradições e incoerências, dentre estas as que denotam negligência do poder público em relação às determinações do decreto de criação da APA.

### **3 Significados de lugar e de paisagem na visão de quem vive na Vila Sarney - Maracanã**

#### **3.1 Paisagem como lugar, enraizamento e laços familiares**

Nas entranhas do bairro, o conteúdo das falas remete ao entrelaçamento de acontecimentos significativos da vida com o sentido de enraizamento, pois se trata de lugar de nascimento, crescimento e amadurecimento humano, lugar onde se pretende permanecer até morrer. Para o Senhor Hamilton, entrevistado em 2019, “esse lugar significa minhas raízes, minha vida” (CORREIA, 2020, p. 212).

Também, a declaração de Alda Oliveira, coletada em 2018: “Aqui nasci, cresci, me desenvolvi. Esse pedacinho do Maracanã é tão importante que não tenho vontade de sair para lugar nenhum. Daqui só saio para o cemitério (CORREIA, 2020, p. 208).

O encontro com o vivenciar Vila Sarney na esteira do que se denomina “nossas raízes” possui o poder de conduzir o pensamento inclusive à esfera da morte, como ficou visível no depoimento anterior. Do seu lugar só se pretende sair por ocasião do falecimento. Não se trata de um lugar qualquer, mas do lugar da família, onde estão assentadas as bases da vida em comunidade. O sentido de enraizamento traz consigo sentimentos como o que Dona Alda expressa: “Sinto muita paixão por esse lugar. Aqui é nossa raiz” (CORREIA, 2020, p. 212).

Na mesma perspectiva, notou-se as boas relações com a vizinhança. No caso das ruas mais próximas ao Maracanã, se percebe que muitas são habitadas por familiares de moradores daquele bairro, que vivem ali há algumas gerações, o que facilita vínculos de amizade e solidariedade.

No âmbito dos lugares sociais significativos para a comunidade Vila Sarney, foi citado o campo do Juventude. Nele acontecem partidas de futebol que constituem momentos de grande animação e integração popular. Falar sobre o assunto suscitou reclamações acerca da necessidade de áreas de lazer na comunidade, visto que o campo é um dos raros equipamentos de lazer do lugar.

Percorrendo caminhos para conhecer aspectos que animam Vila Sarney, nos deparamos com a satisfação que aquelas pessoas sentem por viver ali. A totalidade das pessoas entrevistadas disse gostar de ser habitante do bairro. Dentre as razões para tal realidade, se destaca o fato de ser um lugar tradicional, onde estão fincadas raízes pessoais.

Tuan (1980, p. 130) explica esse enraizamento pelo fato de que “em qualquer lugar onde haja seres humanos, haverá o lar de alguém – com todo o significado afetivo da palavra”. Para Oliveira (2012, p. 12), “a pessoa se liga ao lugar quando este adquire um significado mais profundo ou mais íntimo”.

#### **3.2 Topofilias nas paisagens-lugares**

Ainda, no que tange ao sentido de enraizamento, topofilia ganhou contornos vivazes à medida que afloraram pensamentos sobre a vida ali desde a infância ou juventude, atribuindo-se ao lugar parte significativa do que se considera importante para uma existência feliz.

Nesse sentido, o amor à Vila Sarney é associado, por exemplo, às relações familiares, ao estabelecimento de amizades, ao suprimento da necessidade de moradia, ao trabalho, à

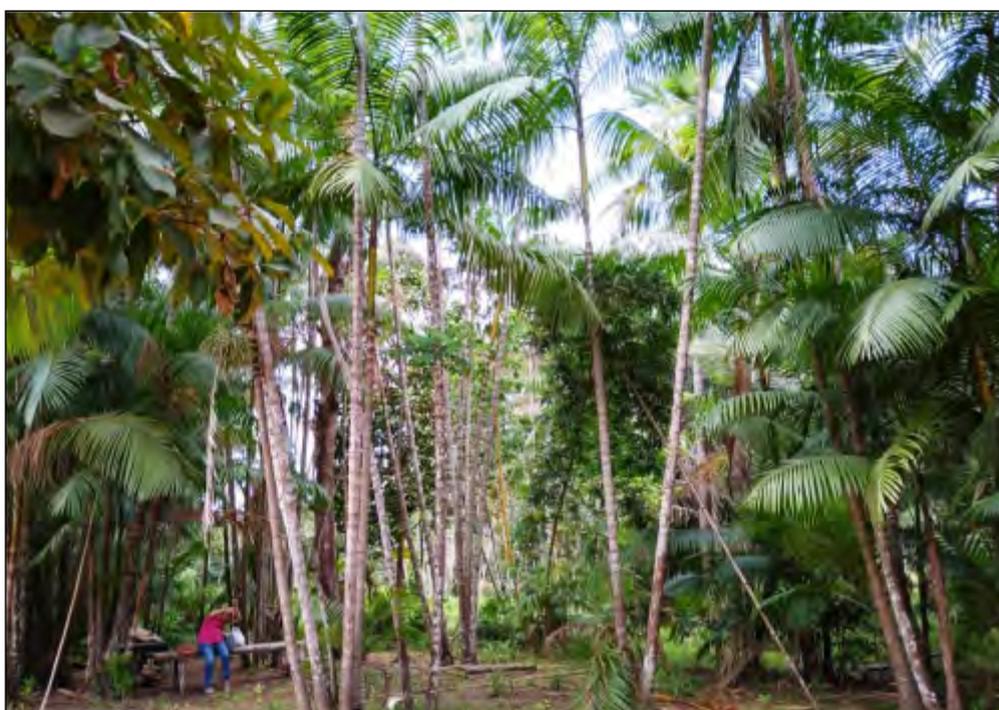
alimentação, às tradições, à fé, enfim, a elementos e dimensões essenciais à existência humana. Para o Senhor Ivan Souza, cujo depoimento foi coletado em 2018, o amor que sente pelo lugar está associado ao rio e à própria vida: “Sinto amor pelo meu lugar, pelo movimento dessa água aqui no meu sítio. Aqui está a minha vida” (CORREIA, 2020, p. 215). Traços de topofilias também estão presentes nas palavras do Senhor Aldenor Santos, entrevistado em 2018: “Não tenho nem palavras para dizer o que sinto pelo meu lugar. Por ele eu sinto tudo de bom. Não tem lugar melhor do que esse aqui. Mesmo com toda essa bandidagem, aqui é bom demais” (CORREIA, 2020, p.215).

À topofilia junta-se o sentido de pertencimento. Aí ganha forma o “orgulho de pertencer ao lugar” mencionado pelo Senhor Hamilton, que pretende habitar ali até o fim da vida, posto que na Vila Sarney vivencia o sentido de lar, assim como as sensações dele decorrentes, tais como acolhimento e segurança. É interessante notar que, diante de interrogações sobre o sentimento mais significativo nas relações intrínsecas que o vinculam ao lugar, o Senhor Cosmo Estevam Neto, cujo relato foi coletado em 2018, respondeu que se trata de algo muito intenso e inexplicável: “Sinto muito amor por aqui, que não tem nem como explicar” (CORREIA, 2020, p. 216).

### **3.3 Geograficidades**

Nos relatos analisados, a maioria das pessoas entrevistadas na Vila Sarney disse que os brejos (Figura 2) são os lugares mais significativos do lugar. Dos brejos emana uma energia vibrante, alimento para o corpo e para as forças que o animam. Pelos brejos, entes de valor inestimável para aquelas pessoas, são nutridos sentimentos topofílicos. Dos brejos brota a juçara, o buriti e outras árvores cuja existência ajuda a manter a água. É no brejo que se forma o frescor das brisas.

**Figura 2.** Brejo com juçaral na Vila Sarney.



Fonte: Correia (2020, p. 218).

Essencialmente ligada à relevância dos brejos para a comunidade em tela, emerge a importância do Parque da Juçara. Conexões intrínsecas se devem, por exemplo, à participação de moradores da Vila Sarney na tradicional Festa da Juçara, onde parte da produção de juçara daquele recanto de Maracanã é comercializada.

Apreender geografias da Vila Sarney exige atenção aos motivos pelos quais alguns lugares são tão significativos para a comunidade. Dos brejos e demais áreas arborizadas, por exemplo, são coletados alimentos, ademais, a existência desses entes e dos rios é associada ao conforto térmico.

Nos relatos seguintes, vicejam interações com o mundo natural, nas quais ganham expressividade características ambientais que fazem com que o lugar seja vivenciado enquanto fenômeno que faz bem ao ser, em sentido lato, seja em relação às necessidades físicas, seja nas concernentes à dimensão espiritual.

Com um sorriso largo, Dona Maria da Glória Prazeres (entrevistada em 2019) expõe o que sente pelo lugar: “Sinto tanta felicidade em viver aqui! Pelo clima me sinto confortável” (CORREIA, 2020, p. 212). “É onde me sinto bem, onde ainda temos natureza, onde sentimos paz. Olho para as folhas, todas alegres no brejo em frente à minha casa. Fico feliz com o canto dos maracanãs”, afirma o Sr. Hamilton Santos, cujo relato foi registrado em 2019 (CORREIA, 2020, p. 212).

Sobressai o fato de ali ainda existirem elementos naturais capazes de proporcionar certo conforto ambiental, a exemplo das árvores e dos brejos. À existência desses elementos se associam sensações de frescor, a impressão de respirar ar puro e a boa convivência com a vizinhança imediata, o que pode ser observado no posicionamento do Senhor Aldenor Santos (entrevistado em 2018): “O clima é muito bom, a irmandade muito mais ainda. Se a gente quer comer natural, a gente come. Aqui se criava tudo” (CORREIA, 2020, p. 213).

No mesmo cenário, estão inclusos pássaros muito significativos naquela parte de Maracanã: siricoras (*Aramides saracura*) e maracanãs (*Primolius maracana*). Embora bastante ameaçadas pela devastação dos lugares onde vivem, essas aves são percebidas como parte do que compõe o espírito da Vila Sarney. À tardinha, como diz Seu Hamilton Santos, “contemplamos a beleza da revoada dos maracanãs” (CORREIA, 2020, p. 218).

Na Vila Sarney a relação com as árvores que produzem frutas típicas ocupa posição de destaque. Parte da produção dos sítios é destinada à alimentação dos núcleos familiares que as cultivam. O excedente é vendido na própria comunidade ou ofertado como cortesia a amigos, parentes e visitantes.

Existe uma ligação profunda entre moradores e águas subterrâneas na Vila Sarney, enlace representado pelos poços artesianos. A água da comunidade, que jorra do fundo daquela terra, integra não só a materialidade do cotidiano, mas flui pelas frestas do imaginário, conformando o mundo simbólico maracanaense, onde se encontram crenças como essa: “Quem bebe a água do Maracanã nunca mais sai do Maracanã!”. Água presente na comida, nas bebidas, nos rituais sagrados. “Até o sabor da juçara é melhor com a água do Maracanã”, diz Joidinaldo Ferreira, mais conhecido como Azul, um dos moradores mais apaixonados pelo lugar. Azul cresceu ali, brincando naqueles brejos, nadando naqueles rios, entre os entes que sustentam o espírito de Maracanã (CORREIA, 2020, p. 218 - 219).

No entanto, a questão dos poços artesianos surgiu, como veremos no tópico seguinte, como uma solução para o consumo diante da poluição das águas dos rios causada por empreendimentos

e outras atividades na área. A solução pode camuflar problemas futuros, visto o risco iminente de atingir o limite de carga do lençol freático. Além disso, a situação é extremamente séria porque o esgoto dissolvido nos rios pode contaminar os solos dos brejos em níveis altíssimos e, conseqüentemente, frutos como buriti, causando problemas graves à saúde humana.

### **3.4 Paisagens-lugar afetadas por impactos negativos**

Os relatos das pessoas entrevistadas indicam que o lugar está passando por muitas transformações, sobretudo no que tange à dimensão ambiental. Diversos problemas foram mencionados em tom de denúncia, na esperança de que os depoimentos ecoem, cheguem ao conhecimento do poder público e fundamentem decisões direcionadas à gestão efetiva da APA.

Ainda que os significados de lugar na Vila Sarney se concentrem em torno de aspectos considerados bons à vida humana, o sentido de devastação marca o espírito daquela realidade geográfica. No âmago da situação figuram prejuízos ambientais decorrentes de ocupações desordenadas e da implantação de grandes empreendimentos imobiliários, como os ligados ao programa MCMV. Face à problemática, eclodem reclamações e questionamentos sobre a forma como os residenciais foram implantados, sem os devidos cuidados em relação ao patrimônio cultural e ambiental de Maracanã. Eis alguns relatos:

Muitas árvores foram destruídas, os rios estão assoreados e poluídos, os juçarais e brejos assoreados devido às grandes obras do MCMV. Aqui tá mais quente. Com o bairro Nova República muitas nascentes foram destruídas (CORREIA, 2020, p. 214)<sup>3</sup>.

Tinha muitos pássaros nos brejos, tinha muita juçareira. Morreu quase tudo. O pessoal pescava. A poluição afugentou os bichos. Aqui atrás tem um canal que virou esgoto e passa nos nossos quintais. O esgoto passa aqui e vai desaguar nos brejos do Maracanã e no rio Bacanga (CORREIA, 2020, p. 214)<sup>4</sup>.

Com essas invasões as coisas mudaram muito. Com o MCMV os brejos foram aterrados. Morreu tanta juçareira, os rios estão só lama e esgoto. Nos nossos quintais tinha rios com águas tão limpas que se via o fundo. Tinha árvores de guanandi nos brejos e hoje não tem mais, assim como alicurana e paparaúba (CORREIA, 2020, p. 214)<sup>5</sup>.

Nos relatos mencionados, observa-se a percepção da destruição em cadeia dos ecossistemas envolvidos, como ao dizer que o desmatamento gera mudança no microclima e aumento na temperatura; perda da biodiversidade; destruição de nascentes; assoreamento e poluição dos rios e brejos, cujos impactos negativos chegam à sociedade, afetando a pesca.

Do universo aquático de Vila Sarney emergem geografidades envoltas em nascentes, rios, riachos e córregos. Nesse contexto, se destacam interações com o rio Pontilhão (trecho do rio Maracanã) e com o rio Grande. As pessoas lamentam a situação em que aquelas águas se encontram, sobretudo porque não podem mais utilizá-las diretamente. Relatos como o

---

3 Relato de Joidinaldo Ferreira, coletado em 2019.

4 Relato de Cosmo Estevam Neto, coletado em 2018.

5 Entrevista de Maria da Glória Prazeres, 2019.

do Senhor Azul deixam claro que tais entes formam a essência do lugar e povoam mentes e corações repletos de saudosismo:

Eu era acostumado a um ambiente bom. Sinto saudade de quando era criança. Adorava banhar nos rios! Hoje a água não pode mais ser consumida, pois tá tudo com esgoto. Infelizmente temos que comprar água pra consumo (CORREIA, 2020, p. 217)<sup>6</sup>.

Pessoas que vivem ali há mais tempo sentem muita falta dos rios que conheceram, com as águas límpidas propícias ao uso. Dona Alda Oliveira, entrevistada em 2018, enfatizou: “Esse rio que passava aqui atrás servia toda a nossa comunidade. Ele começou a morrer quando começaram a aterrar a cabeceira” (CORREIA, 2020, p. 221). Elas estranham a situação em que tais entes do lugar se encontram. Sobre essa problemática, o Senhor Hamilton Santos (depoimento colhido em 2019) é incisivo na exposição de seu pensamento: “A água não é mais a mesma. Veio o progresso sem planejamento para acabar com nossos rios, os juçarais estão morrendo por conta da areia!” (CORREIA, 2020, p. 221).

Há muita tristeza em torno da contaminação dos rios e brejos que integram o espaço vivido da Vila Sarney. No âmago do sentimento, o desgosto manifestado por Dona Alda Oliveira: “Nossos filhos não alcançaram a natureza preservada do nosso lugar” (CORREIA, 2020, p. 222). No semblante do Senhor Cosmo Estevam Neto, o grito sufocado do lamento: “Sinto o odor vindo do esgoto despejado no brejo que passa no quintal” (CORREIA, 2020, p. 222).

Essas percepções só são possíveis por pessoas que moram no lugar, pois são elas que ao conhecer o funcionamento dos ecossistemas, vivenciando o equilíbrio ambiental, sentem diretamente os efeitos em cadeia dos desequilíbrios.

No falar sobre as águas do lugar, o temor de que os rios sucumbam em nome do “progresso”, da urbanização desenfreada. No falar sobre as árvores, a angústia frente à tendência de devastação do que resiste, além de uma convicção: a vida será muito mais difícil sem as matas, sem o fulgor do verde, sem a cadência das águas.

Outros problemas relatados, motivos de preocupação, foram relacionados à tristeza causada pelos problemas ambientais e ao medo da violência. Sobre o último, embora haja relatos de que o lugar seja relativamente calmo, há falas denotativas de preocupações com o aumento da violência, a exemplo daquela do Senhor Cosmo Estevam Neto: “Hoje sinto uma tristeza porque estamos à mercê de pessoas desocupadas. Invasões e MCMV vieram nos prejudicar” (CORREIA, 2020, p. 216).

O depoimento anterior pode ser interpretado como reflexo do aumento da criminalidade na zona rural de São Luís. Constitui preocupação constante a violência associada à chegada de integrantes de facções nas comunidades, bem como ao domínio do tráfico de drogas sobre grande parte da região de Maracanã.

### **3.5 APA de Maracanã sob a perspectiva de moradores da Vila Sarney**

Quando as conversas tomam rumos direcionados à conservação ambiental no bairro, o ar fica adensado por sentimentos de desalento, desamparo e indignação. A maioria das pessoas afirma que na Vila Sarney inexistente qualquer tipo de ação voltada à proteção da natureza.

---

<sup>6</sup> Depoimento de Joidinaldo ferreir, o Sr. Azul, 2019.

Das onze pessoas entrevistadas, duas disseram que o ambiente é parcialmente protegido e uma disse que há proteção ambiental no lugar, sendo os brejos considerados focos de medidas voltadas à proteção. Estas resultariam de iniciativas de proprietários(as) de sítios onde ainda existem trechos de brejos, tais como a instalação de cercas e muros.

Merece atenção a constatação de que a maioria das pessoas entrevistadas na Vila Sarney não sabe que o lugar integra uma APA. Apenas duas têm consciência de que vivem na APA de Maracanã. Já no que diz respeito à compreensão sobre esse tipo de território protegido, somente três pessoas afirmaram ter conhecimento sobre o assunto.

Perscrutando as ideias apresentadas por essas três pessoas, percebe-se que apenas uma delas, o Sr. Joidinaldo Ferreira, vai além da dimensão ambiental, incluindo aspectos culturais e de lazer entre os focos da conservação: “APA é uma área que visa proteger o ambiente e a natureza da região e tudo que vive no território, incluindo aspectos culturais e de lazer” (CORREIA, 2020, p. 224).

Outra constatação preocupante, no que tange aos conhecimentos daquelas pessoas em relação ao território juridicamente protegido se refere às suas especificidades. Apenas uma pessoa, novamente o Sr. Joidinaldo Ferreira, disse saber algo específico sobre a APA de Maracanã. Em sua perspectiva, trata-se de uma “área regida por um conselho composto por membros da sociedade civil e do poder público” (CORREIA, 2020, p. 224).

O desconhecimento generalizado sobre a UC em questão também se manifesta quando o foco das conversas incide sobre o Conselho Consultivo da APA de Maracanã (CONAM). Apenas uma pessoa, o Senhor Joidinaldo Ferreira (Azul) – a mesma que conseguiu dizer o que é a APA de Maracanã – sabe algo sobre essa instância gestora. Cumpre notar que ele foi o único a afirmar já ter participado de atividade promovida pelo conselho (CORREIA, 2020, p. 224).

Houve unanimidade na afirmação de que o poder público não realiza ações voltadas à conservação ambiental do lugar, o que suscita questionamentos acerca da efetividade da gestão da APA de Maracanã, bem como da participação popular no âmbito das decisões que lhe são inerentes.

### **3.6 Esperanças**

Convicções sobre a importância da conservação ambiental do lugar tomam forma, sobretudo, na percepção da necessidade de evitar a destruição do que restou. Resguardar remanescentes florestais, por exemplo, significa resguardar a qualidade do ar, representa a oportunidade de cuidar daquilo que será deixado como herança para filhos, netos e demais descendentes.

O desejo de cuidar do que ainda existe em termos de patrimônio ambiental maracanaense, para que não seja devastado, também se nutre da esperança de que futuras gerações tenham chance de conhecê-lo e de vivenciá-lo como parte essencial de suas existências.

Algumas pessoas acreditam que proteger o ambiente do lugar é relevante porque tende a beneficiar a comunidade. Sentido semelhante recai sobre a percepção de que conservação ambiental constitui iniciativa positiva no que concerne ao cuidado com os patrimônios ambientais, históricos, artísticos e culturais da Vila Sarney e demais lugares de Maracanã.

Quando defendem a importância da inclusão daquele “pedacinho de Maracanã” em políticas públicas direcionadas à conservação da natureza, habitantes da Vila Sarney lançam





As interpretações e análises possibilitaram perceber que na Vila Sarney há valorização de paisagens e lugares. Um aspecto chamou muita atenção: os sistemas ambientais estão ameaçados por ações humanas predatórias e atividades capitalistas da região, inclusive por efeitos de desigualdades sociais, que têm se manifestado na comunidade por meio de violência e crimes relacionados ao tráfico de drogas.

## 5 Considerações finais

No contexto da Vila Sarney, notamos que a comunidade valoriza suas paisagens, principalmente aquelas relacionadas ao ambiente aquático, como rios e ecossistemas úmidos associados, como brejos e várzeas de onde famílias coletam frutos para subsistência, geração de renda e outras geograficidades.

Brejo simboliza vida na Vila Sarney. Daquele ecossistema ecoam sons acompanhados por aromas, sabores, pelas cores intensas das folhas, flores, caules, raízes, frutos, enfim, da terra que anima, que alimenta e fortalece a existência dos seres que o habitam. Dele provêm sensações de conforto térmico e conexões com a natureza.

Nessas paisagens, as geograficidades incluem relações de trabalho, imaterialidades, vínculos com ambientes provedores de sensações de bem-estar, articulações intrínsecas com brejos e seus significados.

Topofilias manifestadas por meio de expressões como “amor ao lugar”, parecem estar ligadas aos laços afetivos profundos entre as pessoas e as paisagens-lugar.

Percebemos grande preocupação da comunidade com a progressiva e acelerada destruição de ambientes considerados lugares de vida. Apesar da maior parte das pessoas entrevistadas desconhecer o que significa APA, os resultados obtidos são cruciais para gerar ações educativas orientadas na direção da geração de conhecimentos sobre o assunto, já que os objetivos para os quais a UC fora criada convergem com as expectativas daquelas pessoas em relação à proteção dos ambientes de Maracanã.

Frente ao questionamento “por que há tantos impactos ambientais se a comunidade valoriza suas paisagens e a considera como lugar?”, podemos dizer que contradições ocorrem porque os fatos se dão sob o modo de produção capitalista, em que conflitos serão iminentes. Nessa perspectiva, é preciso que o poder público atue na efetivação de políticas de conservação ambiental em bairros rurais. Ademais, é fundamental que haja, de forma concomitante, a implementação de políticas sociais para que as pessoas se mantenham nas paisagens e territórios rurais, evitando o inchaço urbano. É necessário que haja fortalecimento dos conselhos gestores das UCs, bem como proteção das pessoas que sobrevivem e coexistem nos ecossistemas. É premente que o Brasil e o estado do Maranhão valorizem esses aspectos pensando na coletividade e nas gerações futuras, pois somos um país cultural e naturalmente biodiverso, sendo a biodiversidade interpretada como

[...] a diversidade da vida, pensada de forma sistêmica, abarcando, inclusive, os saberes e a construção social/cultural de comunidades indígenas e tradicionais. Aplicar esta essência é pensar em vidas. Vidas essas que têm razões em si mesmas, que possuem dinâmicas e processos; simbologias e mitologias; sobrevivências e disputas territoriais. A Geografia tem tudo a ver com isso (RISSO, 2015, p. 35).

Quanto aos procedimentos metodológicos, o uso do Iramuteq com análise de conteúdo e similitude foi interessante, pois contribuiu para enfatizar aspectos extremamente significativos das geografias que se manifestam no bairro rural Vila Sarney - Maracanã.

## **Agradecimentos**

Nossos agradecimentos se dirigem, principalmente, às pessoas da comunidade Vila Sarney - Maracanã, que gentilmente aceitaram colaborar com a realização da pesquisa. Agradecemos à Fundação de Amparo à Pesquisa e ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico do Maranhão (FAPEMA) por fomentar a pesquisa.

## **Referências**

- Ab' Saber, A. N. **Os Domínios de Natureza no Brasil**: potencialidades paisagísticas. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.
- Bachelard, G. **A poética do espaço**. Trad. Antonio de Pádua Danesi. 2. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2008. (Tópicos).
- Camargo, B.v.; Justo, A.m. **Tutorial para uso do software de análise textual IRAMUTEQ**. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2013.
- Correia, F. C. **Sentidos de lugar e geografias em políticas públicas de conservação da natureza**: reverberações a partir das vivências de moradores da Área de Proteção Ambiental de Maracanã, São Luís - MA, Brasil. 2020. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2020.
- Dardel, E. (1952). **O homem e a terra**: natureza da realidade geográfica. Trad. Werther Holzer. São Paulo: Perspectiva, 2015.
- Farias Filho, M. S. Caracterização geoambiental da Área de Proteção Ambiental da Região do Maracanã, São Luís- MA. In: Fortes, Raimunda (Org.). **Área de Proteção Ambiental do Maracanã: subsídios ao manejo e à Educação Ambiental**. São Luis: FAPEMA; Café e Lápis, 2010. p.15-39.
- Farias Filho, M. S. et al. Área de Proteção Ambiental da Região do Maracanã: desafios e perspectivas de manejo. In: Fortes, Raimunda (Org.). **Áreas de Proteção Ambiental no Maranhão: situação atual e estratégias de manejo**. São Luís: UEMA; FAPEMA, 2015, p.15-39.
- Ferriolo, M. V. Arte, paisaje y jardín en la construcción del lugar In: NOGUÉ, J (Ed.). **El paisaje en la cultura contemporánea**. Madrid: Biblioteca Nueva, 2008. p. 115-140.
- Guerra, A. T.; Guerra, A. J. T. **Novo dicionário geológico geomorfológico**. 4. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005.
- INCID - Instituto De Cidade, Pesquisa E Planejamento Urbano E Rural. **São Luís**: mapa de bairros e povoados 2019. Disponível em <<https://www.agenciasaoluiz.com.br/site/arquivodacidade/2253>> Acesso em: 26 mai. 2020.
- IBGE - Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística. **Malha municipal digital da divisão político-administrativa brasileira 2020**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/malhas-territoriais>>. Acesso em: 24 mai. 2020.

- Lecocq-Müller, N. **Tipos de sitiante em algumas regiões do estado de São Paulo**. Tese (Doutorado em Geografia Humana) – Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1946.
- Merleau-Ponty, M. **Fenomenologia da percepção**. São Paulo: Martins Fontes, 1999.
- Nogué, J (Ed.). **El paisaje en la cultura contemporánea**. Madrid: Biblioteca Nueva, 2008.
- Oliveira, L. O sentido de lugar. In: Marandola Jr., E.; Holzer, W.; Oliveira, L. (Orgs.). **Qual o espaço do lugar?** geografia, epistemologia, fenomenologia. São Paulo: Perspectiva, 2012, p.03-16. (Estudos, 302).
- Relph, E. C. As bases fenomenológicas da Geografia. **Geografia**, Rio Claro, v. 4, n. 7, p. 1 - 25, abr. 1979.
- Risso, L. C. Biodiversidade e cultura: estudo de caso na terra indígena Apurinã (Brasil). **Revista Entorno Geográfico**, Cali, Colômbia, Ene-dic, n.11, p. 30 – 44, 2015.
- Risso, L. C. Vivências paisagísticas como caminhos para novas percepções e experiências. **Revista Geograficidade**, Niterói, v.10, n. Especial, p.309-323, 2020.
- Romariz, D. A. **Aspectos da vegetação brasileira**. 2.ed, 1996.
- Tuan, Y. Space and place: humanistic perspective. In: Gale, S.; Olsson, G. (Orgs.) **Philosophy in Geography**. Dordrecht, Reidel Publ. Co., 1979, p. 387-427.
- Tuan, Y. **Topofilia**: um estudo da percepção, atitudes e valores do meio ambiente. São Paulo: Difel, 1980.
- Tuan, Y. **Espaço e lugar**: a perspectiva da experiência. Trad. Livia de Oliveira. São Paulo: Difel, 1983.

