



## O USO DA GEOGRAFIA PELO SIG NA AVALIAÇÃO DO POTENCIAL EROSIVO DO BAIRRO CIDADE UNIVERSITÁRIA DO MUNICÍPIO DE SÃO GONÇALO DO RIO ABAIXO/MINAS GERAIS- BRASIL

**Adriano Jose de Barros**<sup>1</sup>

Universidade Estadual de Minas Gerais UEMG–Minas Gerais, Brasil

**Rogério Felipe de Oliveira**<sup>2</sup>

Universidade Estadual de Minas Gerais UEMG–Minas Gerais, Brasil

**Anderson Araújo Fonseca**<sup>3</sup>

Universidade Estadual de Minas Gerais UEMG–Minas Gerais, Brasil

Para citar este artículo puede utilizar el siguiente formato:

Adriano Jose de Barros, Rogério Felipe de Oliveira y Anderson Araújo Fonseca (2017): “O uso da geografia pelo sig na avaliação do potencial erosivo do bairro Cidade Universitária do município de São Gonçalo do Rio Abaixo/Minas Gerais- Brasil”, Revista Caribeña de Ciencias Sociales (febrero 2017). En línea: <http://www.eumed.net/rev/caribe/2017/02/erosion.html>

### RESUMO

As formas de apropriação dos espaços territoriais são de extrema relevância para o planejamento, uma vez que incorporam atividades potencialmente nocivas ao meio ambiente acarretando risco à saúde da população. Necessitando de formas mais adequadas de utilização dos espaços e em concordância com suas capacidades de uso, várias abordagens para o entendimento intrínseco das diversas variáveis ambientais, usa as técnicas do SIG. Um método, que consiste em dividir o terreno em domínios e subdomínios ambientais, levando em consideração as inúmeras variáveis, Teodorovics destacou em um de seus trabalhos. Dantas e Silva destacam diversas vantagens da geologia ambiental que pode contribuir para o entendimento dos espaços. Seguindo uma abordagem de Crepani que consiste na análise da dinâmica da paisagem natural, junto ao balanço dos processos formadores do solo e os processos erosivos (pedogênese/morfogênese) para elaboração de um mapa de vulnerabilidade à erosão natural do solo a partir de mapas temáticos preexistentes e fotointerpretação de imagens de satélite, o trabalho de conclusão do curso objetivou uma análise ambiental que permitiu identificar, medir e prever as áreas sensíveis à suscetibilidade dos processos erosivos do loteamento cidade universitária dentro do perímetro urbano do município de São Gonçalo do Rio Abaixo/MG através de um mapa de vulnerabilidade. Utilizou-se como panorama da paisagem natural uma imagem aérea “âncora”, que serviu como suporte para análise das características de clima, solo, vegetação, geomorfologia e geologia. Verificou-se que o loteamento apresenta áreas moderadamente estável (70,24% da área total) e vulnerável (29,76% da área total) quanto aos processos erosivos. As áreas vulneráveis localizam-se onde prevalecem solos de coloração Rosa Claro, declividades elevadas e locais com aterramentos.

**Palavras chave:** SIG, análise, mapa, solo, erosão e vulnerabilidade.

<sup>1</sup>Mestre em Educação e Desenvolvimento Local (UNA-BH). Bacharel em Geografia (FUNCESI), professor de Geoprocessamento UEMG- Monlevade, E-mail: [adrianojosebarros@yahoo.com.br](mailto:adrianojosebarros@yahoo.com.br).

<sup>2</sup> Graduando em Engenharia Minas pela Universidade Estadual de Minas Gerais UEMG–Minas Gerais, Brasil. [rogersgra@hotmail.com](mailto:rogersgra@hotmail.com)

<sup>3</sup> Graduando em Engenharia Ambiental pela Universidade Estadual de Minas Gerais UEMG–Minas Gerais, Brasil. [fonsecaraujo1@yahoo.com.br](mailto:fonsecaraujo1@yahoo.com.br)

## ABSTRACT

The forms of appropriation of territorial spaces are very important for planning, since they incorporate potentially harmful activities to the environment resulting risk to health. Needing more appropriate use of spaces and in accordance with their use capabilities, various approaches to the intrinsic understanding of various environmental variables, using GIS techniques. One method, which consists in dividing the land into environmental domains and subdomains, taking into account the many variables, Teodorovics said in one of his works. Dantas e Silva highlighted various environmental geology of the advantages that can contribute to the understanding of space. Following a Crepani approach consisting of the analysis of the dynamics of the natural landscape, with the balance of trainers soil processes and erosive processes (pedogenesis / morphogenesis) to prepare a map of vulnerability to natural soil erosion from existing thematic maps and satellite images photo-interpretation, the course completion work aimed an environmental analysis, which identify, measure and predict areas susceptible to susceptibility of erosion of the city university subdivision within the city of São Gonçalo do Rio Abaixo / MG through a vulnerability map. It was used as a panorama of the natural landscape an aerial image "anchor", which served as a support for the analysis of climate characteristics, soil, vegetation, geomorphology and geology. It was found the allotment has moderately stable areas (70,24%) and vulnerable areas are located in areas with steep slopes and pink soil.

**Keywords:** GIS, analysis, map, soil erosion and vulnerability.

## INTRODUÇÃO

Nos últimos tempos tem sido dada uma maior atenção às interações do homem e o meio ambiente em que vive. Essas interações representam conflitos que podem trazer riscos, perigos e impactos ao meio físico. A avaliação do potencial erosivo do terreno antes de uma iniciativa de ocupação urbana ou implantação de qualquer outra obra de engenharia é passo inicial no direcionamento de medidas preventivas que visem minimizar o impacto no meio físico e assim preservando o meio ambiente e garantindo a segurança. Os processos erosivos do solo podem ocorrer em qualquer parte da superfície terrestre com os agentes transportadores. Em detrimento de suas inúmeras variáveis envolvidas faz-se necessário um entendimento espacial das inter-relações e fatores associados a esses. Em concepção à apropriação de espaços territoriais, no sentido de disciplinar as atividades potencialmente nocivas ao meio ambiente e de promover formas adequadas de utilização dos espaços em concordância com suas capacidades de uso, vários instrumentos e mecanismos da gestão ambiental utiliza a cartografia que inclui o uso do sistema de informação geográfica (SIG). Esse conceito se resume em aquisição de dados, análise, interpretação do meio físico do território a fim de conhecer as limitações e suas potencialidades bem como os riscos e impactos frente ao uso e ocupação. Crepani et al (2001) elabora mapas de vulnerabilidade à perda natural de solos com o objetivo de subsidiar o zoneamento ecológico econômico (ZEE) da Amazônia e utiliza das diversas ferramentas do SIG, no qual se baseia na dinâmica dos ambientes junto ao balanço dos processos formadores do solo e os processos erosivos (pedogênese / morfogênese). O trabalho de conclusão do curso contempla uma análise da vulnerabilidade erosiva do loteamento cidade universitária do município de São Gonçalo do Rio Abaixo/MG. O município de São Gonçalo do Rio Abaixo está localizado na região geográfica do quadrilátero ferrífero, na região central de Minas Gerais, onde incorpora um importante destaque na economia uma vez que se torna uma das principais cidades de exploração de minério de ferro pela empresa Vale/SA. Pertence a microrregião de Itabira que integra à mesorregião metropolitana de Belo Horizonte. Está aproximadamente a 84 km da capital Belo Horizonte. Faz ligação através da BR-381 a Belo Horizonte e pela MG-129 a Itabira, onde são as principais vias de acesso. Com uma área abrangendo 364km<sup>2</sup> aproximadamente, faz limite com Itabira, Barão de Cocais, Bom Jesus do Amparo, João Monlevade e Santa Bárbara. Contando com uma cede, existem no município 18 comunidades rurais, são elas: Mãe D`Água, Matias, Recreio, Placas Pedras, Ponte coronel, Vargem Alegre, Água Limpa, São José do Limoeiro, Vargem da Lua, Bexiga, Bom Sucesso, Borges Fernandes, Tim Mirim, Bamba, Ponte Coronel, Santa Rita de Pacas e Una. A área que

hoje está localizado o núcleo urbano, teve origem de ocupação pelos bandeirantes que exploravam o estado de Minas Gerais a procura de ouro no século VIII, no qual algumas minas localizavam-se às margens do rio Santa Bárbara (IBGE, 2014). Com o intuito de gerar um mapa de vulnerabilidade natural à erosão da área estudada, foram levantados dados das características da região: de clima, solo, vegetação, relevo, geologia e geomorfologia. Seguindo uma abordagem de Crepani et al (2001) que consiste na análise da dinâmica da paisagem natural da área a partir de mapas temáticos preexistentes Instalações de conjuntos habitacionais e loteamentos em áreas geotecnicamente inapropriadas, em encostas com altas declividades ou fundos de vales, contribuem para o agravamento dos processos erosivos. Uma vez analisada as variáveis advindas das características do meio físico, chega-se ao reconhecimento das fragilidades da mesma aos processos erosivos. Essa análise permite o reconhecimento de áreas frente ao uso e ocupação levando-se em consideração a proteção do meio ambiente e a segurança da população. O trabalho de conclusão do curso teve como objetivo uma análise ambiental, que permitiu identificar, medir e prever as áreas sensíveis à suscetibilidade dos processos erosivos do loteamento dentro do perímetro urbano do município de São Gonçalo do Rio Abaixo/MG através do mapa de vulnerabilidade.

## **1 Estudos Geoambientais**

Segundo Estrada (2006) apud Dantas e Silva (2010) os estudos geoambientais tornam-se instrumento de planejamento territorial em âmbito regional e local, com o objetivo de aperfeiçoar o uso e manejo dos recursos naturais, assim como avaliar os riscos geológicos e mitigar seus possíveis efeitos sobre a vida, saúde e o bem-estar das populações. Os aspectos do meio físico natural (geologia, geomorfologia, clima, solos, hidrologia) e antrópico (urbanização, vias de comunicação, canais, disposição de resíduos, etc.) são avaliados e de uma visão holística identifica-se as características e problemas da área em estudo. Os estudos ambientais podem fornecer subsídio técnico para setores afins.

Cendrero (1990) apud Dantas e Silva (2010) destaca o mapeamento geoambiental como um ramo da geologia ambiental em vista da busca de entendimento da relação entre os componentes do meio físico, juntamente com os fatores biológicos e do uso e ocupação do solo. Teodorovics (2008) destaca um método onde a área de estudo (paisagem natural) é dividida em domínios e subdomínios ambientais, levando em consideração a análise e interpretação das inúmeras variáveis de geologia, de vegetação, pedologia, morfologia, no qual é extremamente relevante em reconhecer as fragilidades e potencialidades quanto ao uso e ocupação.

### **1.1 Fatores de erosão dos solos**

Os processos erosivos do solo podem ocorrer em qualquer parte da superfície terrestre com os agentes transportadores: água das chuvas, vento, gelo e o mar. No Brasil a água é o principal agente dos solos e do relevo (GUERRA e BOTELHO, 1996).

Segundo Guerra e Botelho (1996) a chuva é, sem dúvida, o mais importante, provoca diretamente erosão pelo impacto das gotas pela superfície e determina o fluxo concentrado das águas de escoamento superficial. Sua ação erosiva, chamada de erosividade, depende da chuva acumulada e intensidade de chuva.

A suscetibilidade à erosão hídrica por fluxo superficial concentrado é uma das propriedades de comportamento dos solos com inúmeras variáveis intervenientes.

Guerra e Botelho (1996) destaca que a inclinação, comprimento e orientação das encostas assim como a posição topográfica são características do relevo que influenciam diretamente na formação do perfil do solo.

A vegetação tem efeitos na interceptação das chuvas e no decréscimo do escoamento superficial e terrenos com maior declividade e comprimento de rampa apresentam maiores velocidades de escoamento.

De acordo com Guerra e Botelho (1996) o efeito da propriedade do solo determina a velocidade de infiltração da água da chuva, assim como determina a resistência à erosão pelas gotas e pelo escoamento superficial.

## 2 Atribuições de valores na escala de vulnerabilidade dos temas:

### 2.1 Geologia, Geomorfologia, Pedologia, Vegetação e Clima

Cada tema (Geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e clima) segue parâmetros que segundo Crepani et al (2001) apresentam como indicadores de categoria morfodinâmica, no qual destaca a espessura e a maturidade do solo e aqueles capazes de influir decisivamente no início dos processos morfodinâmicos, tais como: o grau de coesão das rochas, a densidade da cobertura vegetal, os índices morfométricos do terreno e a intensidade pluviométrica.

#### Geologia

A geologia compreende as informações relativas à história da evolução geológica do ambiente onde a unidade se encontra, e as informações relativas ao grau de coesão das rochas que a compõem. O grau de coesão das rochas é a informação básica da Geologia a ser integrada a partir da Eco dinâmica, uma vez que em rochas pouco coesas prevalecem os processos modificadores das formas de relevo, enquanto que nas rochas bastante coesas prevalecem os processos de formação de solos (CREPANI, 2001, p. 14). A atribuição do valor da vulnerabilidade foi baseada na denudação da rocha. As litologias mais comumente encontradas foram reunidas como mostra a tabela 01, onde se procurou considerar todos os aspectos com relação ao grau de coesão das rochas ígneas, metamórficas e sedimentares.

Tabela 01 - Escala de vulnerabilidade à denudação das rochas mais comuns

Escala de vulnerabilidade à denudação das rochas mais comuns					
Quartzitos ou metaquartzitos	1,0	Milonitos, Quartzo muscovita, Biotita, Clorita xisto	1,7	Arenitos quartzosos ou ortoquartzitos	2,4
Riólito, Granito, Dacito	1,1	Proxenito, Anfíbolito Kimberlito, Dunito	1,8	Conglomerados, Subgrauvacas	2,5
Granodiorito, Quartzo Diorito, Granulitos	1,2	Hornblenda, Tiernolita, Actinolita xisto	1,9	Grauvacas, Arcózios	2,6
Migmatitos, Gnaisses	1,3	Estaurólita xisto, Xistos granatíferos	2,0	Siltitos, Argilitos	2,7
Fonólito, Nefelina Sienito, Traquito, Sienito	1,4	Filito, Metassilito	2,1	Folhelhos	2,8
Andesito, Diorito, Basalto	1,5	Ardósia, Metargilito	2,2	Calcários, Dolomitos, Margas, Evaporitos	2,9
Anortosito, Gabro, Peridotito	1,6	Mármore	2,3	Sedimentos Inconsolidados: Aluviões, Colúvios etc.	3,0

Fonte: CREPANI, 2001.

### 2.2 Geomorfologia

A geomorfologia oferece as informações relativas à Morfometria, que influenciam de maneira marcante os processos eco dinâmicos. A amplitude do relevo, a declividade e o grau de dissecação da paisagem natural, permitem que se quantifique empiricamente a energia potencial disponível para o escoamento superficial caracterizando a capacidade de erosão ou morfogênese (CREPANI, 2001). Para o grau de dissecação da drenagem, quanto maiores forem os interflúvios, menor será a intensidade de dissecação e assim menores serão os valores atribuídos na escala de vulnerabilidade e vice-versa. Para a amplitude altimétrica do relevo, quanto maior,

maior será o valor atribuído na escala e vice-versa. A inclinação se refere ao ângulo em relação do relevo ao horizonte e quanto maior, maior será o valor atribuído na escala e vice-versa.

O valor final de vulnerabilidade atribuída para o tema geomorfologia será a média dessas três medidas.

Neto et all (2013) usa a declividade para representar o tema geomorfologia na elaboração do mapa de suscetibilidade natural à erosão do solo estado de Pernambuco.

As tabelas 02, 03 e 04 mostram os valores relativos à vulnerabilidade para morfometria de intensidade de dissecação, Amplitude do relevo e declividade respectivamente.

Tabela 02 - valores de vulnerabilidade para a intensidade de dissecação do relevo

AMPLITUDE DO INTERFLÚVIO (m)	VULNER/ ESTABILIDADE	AMPLITUDE DO INTERFLÚVIO (m)	VULNER/ ESTABILIDADE	AMPLITUDE DO INTERFLÚVIO (m)	VULNER/ ESTABILIDADE
>5000	1,0	3250 - 3500	1,7	1500 - 1750	2,4
4750 - 5000	1,1	3000 - 3250	1,8	1250 - 1500	2,5
4500 - 4750	1,2	2750 - 3000	1,9	1000 - 1250	2,6
4250 - 4500	1,3	2500 - 2750	2,0	750 - 1000	2,7
4000 - 4250	1,4	2250 - 2500	2,1	500 - 750	2,8
3750 - 4000	1,5	2000 - 2250	2,2	250 - 500	2,9
3500 - 3750	1,6	1750 - 2000	2,3	<250	3,0

Fonte: CREPANI, 2001.

Tabela 03 - valores de vulnerabilidade para a amplitude altimétrica

AMPLITUDE ALTIMÉTRICA (m)	VULNER/ ESTABILIDADE	AMPLITUDE ALTIMÉTRICA (m)	VULNER/ ESTABILIDADE	AMPLITUDE ALTIMÉTRICA (m)	VULNER/ ESTABILIDADE
<20	1,0	77 - 84,5	1,7	141,5 - 151	2,4
20 - 29,5	1,1	84,5 - 94	1,8	151 - 160,5	2,5
29,5 - 39	1,2	94 - 103,5	1,9	160,5 - 170	2,6
39 - 48,5	1,3	103,5 - 113	2,0	170 - 179,5	2,7
48,5 - 58	1,4	113 - 122,5	2,1	179,5 - 189	2,8
58 - 67,5	1,5	122,5 - 132	2,2	189 - 200	2,9

Fonte: CREPANI, 2001.

Tabela 04 - valores de vulnerabilidade para a inclinação do relevo

DECLIVIDADE		VULN / ESTA B.	DECLIVIDADE		VULN/ ESTAB	DECLIVIDADE		VULN/ ESTAB
GRAUS	PORCENT.		GRAUS	PORCENT.		GRAUS	PORCENT.	
<2	<3,5	1,0	9,9 - 11,2	17,4 - 19,8	1,7	19,1 - 20,4	34,6 - 37,2	2,4
2 - 3,3	3,5 - 5,8	1,1	11,2 - 12,5	19,8 - 22,2	1,8	20,4 - 21,7	37,2 - 39,8	2,5
3,3 - 4,6	5,8 - 8,2	1,2	12,5 - 13,8	22,2 - 24,5	1,9	21,7 - 23,0	39,8 - 42,4	2,6
4,6 - 5,9	8,2 - 10,3	1,3	13,8 - 15,2	24,5 - 27,2	2,0	23,0 - 24,4	42,4 - 45,3	2,7
5,9 - 7,3	10,3 - 12,9	1,4	15,2 - 16,5	27,2 - 29,6	2,1	24,4 - 25,7	45,3 - 48,1	2,8
7,3 - 8,6	12,9 - 15,1	1,5	16,5 - 17,8	29,6 - 32,1	2,2	25,7 - 27	48,1 - 50	2,9
8,6 - 9,9	15,1 - 17,4	1,6	17,8 - 19,1	32,1 - 34,6	2,3	>27	>50	3,0

Fonte: CREPANI, 2001.

### 2.3 Pedologia

No processo morfodinâmicos os solos participam como o produto direto entre o balanço da morfogênese e a pedogênese se comportando como um indicador em que prevalecem os processos erosivos da morfogênese ou destacam os processos de formação (pedogênese) de solos bem desenvolvidos (CREPANI, 2001). Para atribuição dos valores de vulnerabilidade para o tema solo se baseou no grau de desenvolvimento ou maturidade do solo. A tabela 05 mostra os tipos de solo e o seu valor de vulnerabilidade atribuído.

Tabela 05 - valores de vulnerabilidade/estabilidade dos solos

CLASSE DE SOLO	LEGENDA	VULN/ ESTAB.
LATOSSOLOS AMARELO	LA	1,0
LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO	LV	
LATOSSOLO VERMELHO-ESCURO	LE	
LATOSSOLO ROXO	LR	
LATOSSOLO BRUNO	LB	
LATOSSOLO HÚMICO	LH	
LATOSSOLO BRUNO-HÚMICO	LBH	2,0
PODZÓLICO AMARELO	PA	
PODZÓLICO VERMELHO-AMARELO	PV	
PODZÓLICO VERMELHO-ESCURO	PE	
TERRA ROXA ESTRUTURADA	TR	
BRUNO NÃO-CÁLCICO	NC	
BRUNIZÉM	B	
BRUNIZÉM AVERMELHADO	BA	2,5
PLANOSSOLO	PL	
CAMBISSOLOS	C	3,0
SOLOS LITÓLICOS	R	
SOLOS ALUVIAIS	A	
REGOSSOLO	RE	
AREIA QUARTZOSA	A	
VERTISSOLO	V	
SOLOS ORGÂNICOS	HO	
SOLOS HIDROMÓRFICOS	HI	
GLEI HÚMICO	HGH	
GLEI POUCO HÚMICO	HGP	
PLINTOSSOLO	PT	
LATERITA HIDROMÓRFICA	LH	
SOLOS CONCRECIONÁRIOS LATERÍTICOS	CL	
RENDZINAS	RZ	
AFLORAMENTO ROCHOSO	AR	

Fonte: CREPANI, 2001.

## 2.4 Vegetação

Para o tema Vegetação a atribuição dos valores de vulnerabilidade se baseou na densidade da cobertura vegetal. A densidade de cobertura vegetal da unidade de paisagem natural (cobertura do terreno) é um fator de proteção da unidade contra os processos morfogenéticos que se traduzem na forma de erosão, por isso para as altas densidades de cobertura os valores atribuídos na escala de vulnerabilidade se aproximam da estabilidade (1,0), para as densidades intermediárias atribuem-se valores intermediários (ao redor de 2,0), e para baixas densidades de cobertura vegetal valores próximos da vulnerabilidade (3,0) (CREPANI, 2001, p. 88).

Segundo Crepani et all (2001) formações de Floresta Estacional Semidecidual (20 a 50% de caducifolia), independente da sua posição topográfica (Aluvial, Terras baixas, Submontana e Montana) e de sua fisionomia específica (dossel uniforme ou emergente) recebem valores de 1,4 na escala de vulnerabilidade e para cobertura artificiais do terreno, como as pastagens recebem valores de 2,8. Para solo exposto é considerado o valor máximo de vulnerabilidade.

## 2.5 Clima

Segundo Crepani et all (2001) a pluviosidade total, a intensidade pluviométrica e a destruição sazonal são as principais características submetidas aos processos erosivos. Para a atribuição do valor na escala de vulnerabilidade considera-se o valor da intensidade pluviométrica em que a média pluviométrica anual é dividida pelos meses chuvosos. A tabela 06 mostra os valores atribuídos de acordo com a intensidade pluviométrica.

Tabela 06 - valores de vulnerabilidade de acordo com a intensidade pluviométrica

Intensidade Pluviométrica (mm/mês)	Vulnerabilidade	Intensidade Pluviométrica (mm/mês)	Vulnerabilidade	Intensidade Pluviométrica (mm/mês)	Vulnerabilidade
< 50	1,0	200 - 225	1,7	375 - 400	2,4
50 - 75	1,1	225 - 250	1,8	400 - 425	2,5
75 - 100	1,2	250 - 275	1,9	425 - 450	2,6
100 - 125	1,3	275 - 300	2,0	450 - 475	2,7
125 - 150	1,4	300 - 325	2,1	475 - 500	2,8
150 - 175	1,5	325 - 350	2,2	500 - 525	2,9
175 - 200	1,6	350 - 375	2,3	> 525	3,0

Fonte: CREPANI, 2001.

## 3 Análise de Multicritérios em SIG

Segundo Roy (1996) a análise de multicritérios pode ser entendida como uma ferramenta matemática que permite comparar diferentes cenários fundamentado em vários critérios dando uma visão aos tomadores de decisões a escolha mais adequada. A união entre os métodos de análise de multicritérios e o SIG foi um avanço na metodologia na sobreposição de mapas na determinação de áreas apropriadas do uso da terra. Eastman (1998) destaca que as regras de decisão definem as relações entre os dados de entrada (representado pelos mapas de entrada) e os dados de saída (representados pelos mapas finais).

De acordo com Malczewski (2004) o processo de análise de multicritérios no ambiente SIG incorpora o uso de dados geográficos e as preferências dos gestores na tomada de decisão e que as avaliações dos critérios são realizadas com base em regras de decisão particulares.

Diversas definições abrangem o processo de tomada de decisões no contexto do SIG, tais como: a decisão propriamente dita, as restrições, os fatores e a regra de decisão. Uma decisão que é uma escolha entre várias alternativas, fundamentada num determinado critério o qual representa uma condição que pode ser quantificada ou avaliada. Os critérios por sua vez podem ser de natureza restritiva ou relativa. Segundo Corseuil (2006) os restritivos são aqueles que limitam a alternativa que estão sendo considerados. Já os de natureza relativa são aqueles que apresentam certo grau de aptidão para uma alternativa específica para a atividade que está sendo considerada.

#### **4 Análise e Mapeamento de Risco**

Segundo Souza et al (2009) apud Cerri & Amaral (1998) a suscetibilidade de uma área a um determinado fenômeno geológico corresponde à possibilidade do mesmo acontecer sem danos, já risco refere-se à possibilidade de que a ocorrência do fenômeno tenha consequências sociais e econômicas.

Dois elementos são essenciais na formação do risco: o perigo e a Vulnerabilidade. O perigo refere-se à possibilidade de se ter um fenômeno ou atividade humana potencialmente danosa, já a vulnerabilidade relaciona-se ao grau de suscetibilidade do elemento exposto ao perigo (SOUZA et al, 2009).

Segundo Souza et al (2009) tem sido empregado na classificação dos perigos, de acordo com sua origem, em naturais ou tecnológicos. Os perigos naturais são divididos em três grandes categorias: hidrometeorológicos, biológicos e geológicos. Esse último refere-se a processos ou fenômenos naturais que podem ser de origem endógena ou exógena. Os exemplos de fenômenos ligados aos perigos geológicos são: os tsunamis, terremotos, atividades vulcânicas, movimento de massa, colapso superficial e etc. A erosão geológica é aquela que envolve um processo lento e gradativo, propriamente construtivo das diversas formas de relevos existentes. Os perigos associados, segundo Souza et al (2009) são: a limitação da expansão urbana, Interrupção do tráfego, transporte de substâncias poluentes agregados aos sedimentos, desenvolvimentos de focos de doenças e assoreamento das drenagens.

O perigo geológico é grande foco do trabalho desenvolvido no loteamento do território da cidade de São Gonçalo em Minas Gerais uma vez que, de acordo com Souza et al (2009) os processos erosivos, quando surgem sulcos, ravinas e boçorocas são capazes de mobilizar grande quantidade de solos e destruir áreas urbanas e obras civis.

##### **4.1 Mapa de Perigo**

Segundo Souza (2009) a probabilidade espacial e temporal de ocorrer um processo ou um fenômeno com potencial de causar danos é representado no mapa. Os métodos de avaliação de perigos são diferentes devido à dependência do tipo de processo e das características da área.

Geralmente utilizam-se duas abordagens para análise do perigo: qualitativa e quantitativa.

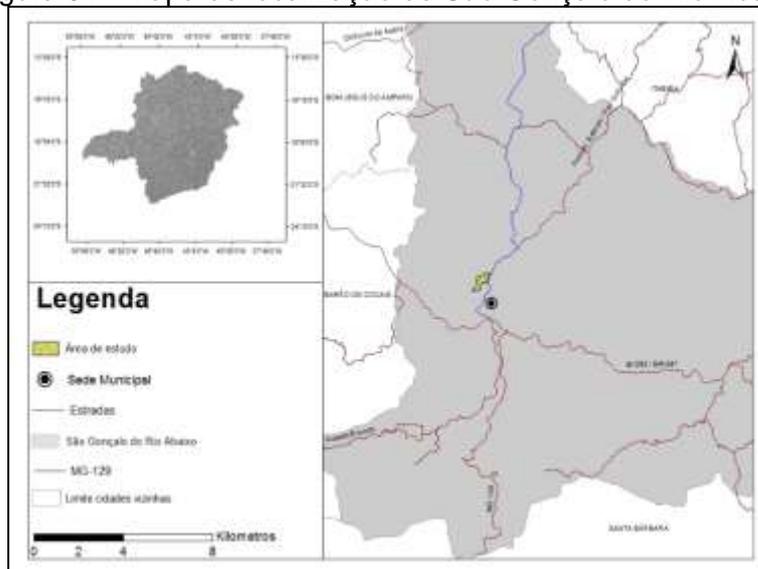
Os métodos qualitativos são baseados no julgamento de especialista por meio de dados obtidos em observações de campo e em interpretação de fotos aéreas. Adota-se análise geomorfológica de campo, ou análise de combinação de mapas de índices dos fatores que afetam a estabilidade de vertentes. Os métodos quantitativos baseiam-se principalmente em análises estatísticas, por meio da comparação da distribuição espacial dos fenômenos com os parâmetros considerados (SOUZA et al, 2009, p. 153).

A avaliação do perigo vem da combinação das informações do meio físico (tipo de solo, declividade, clima.) e do mapa de inventário de processos como os de escorregamentos e de erosão. Os atributos descritos neste mapa podem ser analisados qualitativamente, classificando-se, por exemplo, em baixo, médio ou alto perigo. O mapa de perigo representa, portanto, o potencial de ocorrência, em uma área ou região, de processos que podem ser causadores de desastres naturais e, desta forma, contribui com importantes subsídios para o adequado planejamento do uso e ocupação do solo visando o controle e redução dos desastres naturais (SOUZA et al, 2009, p. 153)

## 5 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

São Gonçalo de Rio abaixo está aproximadamente a 84 km da capital Belo Horizonte. Faz ligação através da BR-381 a Belo Horizonte e pela MG-129 a Itabira, onde são as principais vias de acesso. Com uma área abrangendo 364km<sup>2</sup> aproximadamente. Faz limite com Itabira, Barão de Cocais, Bom Jesus do Amparo, João Monlevade e Santa Bárbara. Para acessar a área deve-se seguir pela MG\_129 em direção a Itabira. Os mapas da figura 01 e 02 mostram as principais vias de acesso e o limite da área de estudo.

Figura 01 - Mapa de localização de São Gonçalo do Rio Abaixo



Fonte: Grupo de pesquisa, 2016.

A área estudada tem aproximadamente 0,266 Km<sup>2</sup> e é limitada ao sul pelas coordenadas UTM X (671409,119), Y (7807491,654) e X (672116,360), Y (7807686,123); e ao Norte X (671577,138), Y (7808245,718) e X (672475,489), Y (7808493,563).

Figura 02 - Mapa representando o limite do loteamento



Fonte: AMEPI, 2007.

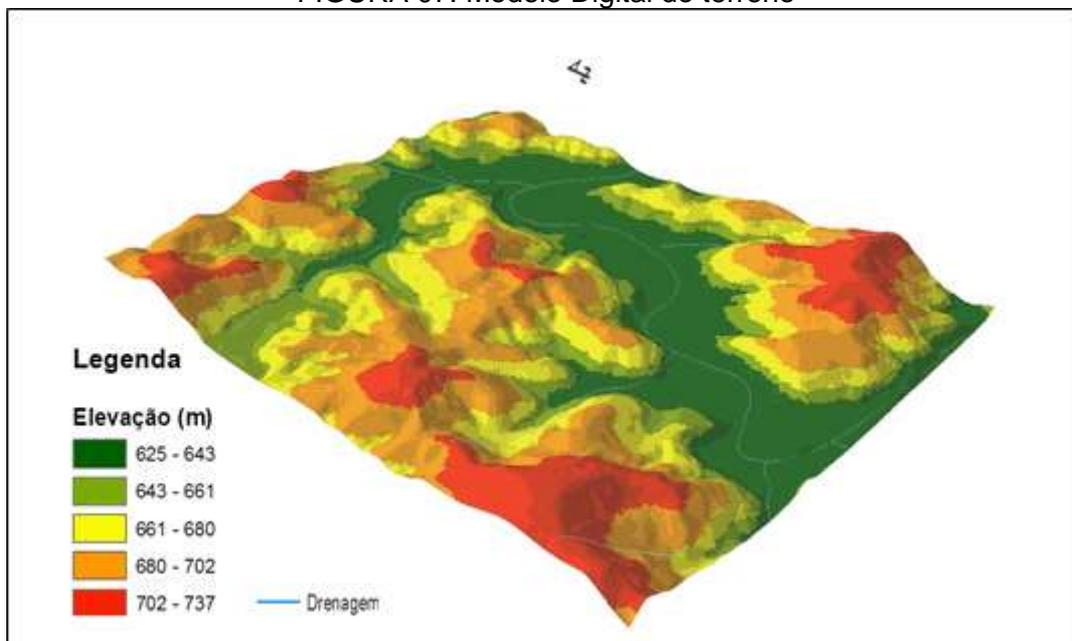
Segundo Nunes ([200-?]) O Município de São Gonçalo do rio Abaixo está localizado na região central do estado de Minas Gerais, dentro quadrilátero ferrífero considerado a maior província de minério do Brasil, onde se desencadeia intensos fluxos de trocas comerciais de seus minérios. Atualmente, a mineração constitui um importante setor econômico, visto que a proliferação e o desenvolvimento do setor industrial, tanto dentro, quanto fora do país pedem cada vez mais matéria prima.

A empresa vale, uma das maiores empresas atuantes no Brasil no ramo de exploração mineral atua desde 2006 no município de São Gonçalo do Rio Abaixo onde se localiza a mina de Brucutu. Segundo a revista hoje em dia (2014) a velocidade de mudança se dá do progressivo aumento da produção da mina de Brucutu refletindo diretamente na evolução da estrutura urbana e grande resultados sociais, apontado Pelo Índice Mineiro de Responsabilidade Social (IMRS), construído a partir da análise de nove aspectos da qualidade de vida e medido nos 853 municípios de Minas Gerais.

De acordo a revista hoje em dia (2014) o município ocupa a 22ª posição no levantamento elaborado pela fundação João Pinheiro (FJP) com uma nota geral de 0,664 (melhor quanto mais próximo de 1) e ainda destaca que o valor de 0,826 (indicador que mede a renda) é o maior, em função de ser reflexo de oferta de empregos em que até pouco tempo tinha sua economia baseada na agricultura.

Para uma maior representação e análise do relevo da área, foi elaborado o modelo digital do terreno junto à drenagem. As elevações foram divididas em cinco classes, o que demonstra uma altitude média da área de 681m. (Fig. 07)

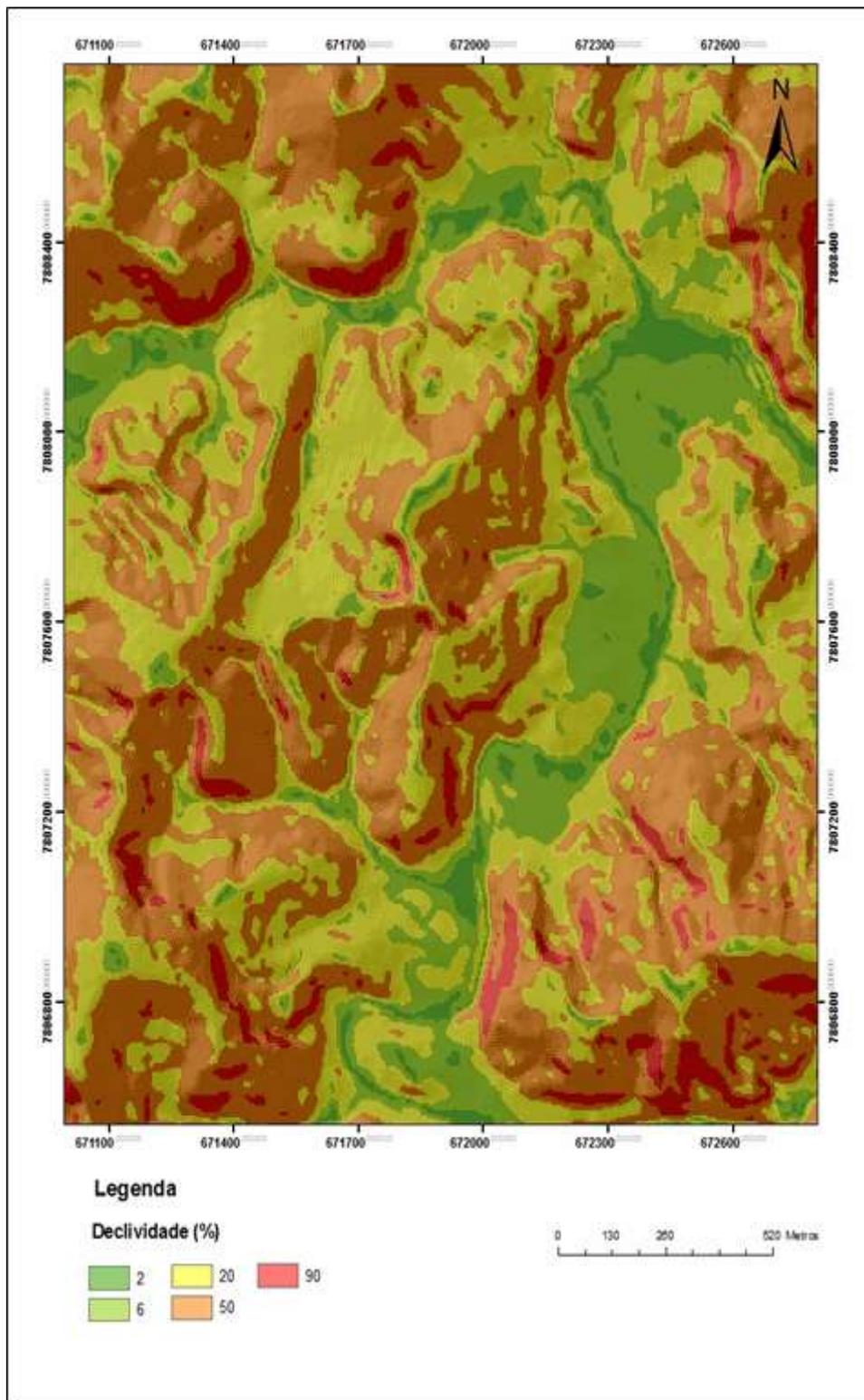
FIGURA 07: Modelo Digital do terreno



Fonte: Grupo de pesquisa, 2016.

O mapa de declividade (Fig. 08) demonstra que a região é razoavelmente íngreme com declividades entre 2 a 20%. Alguns locais apresentam declividades maiores, em torno de 20 a 90%.

FIGURA 08: Mapa de declividade da área analisada

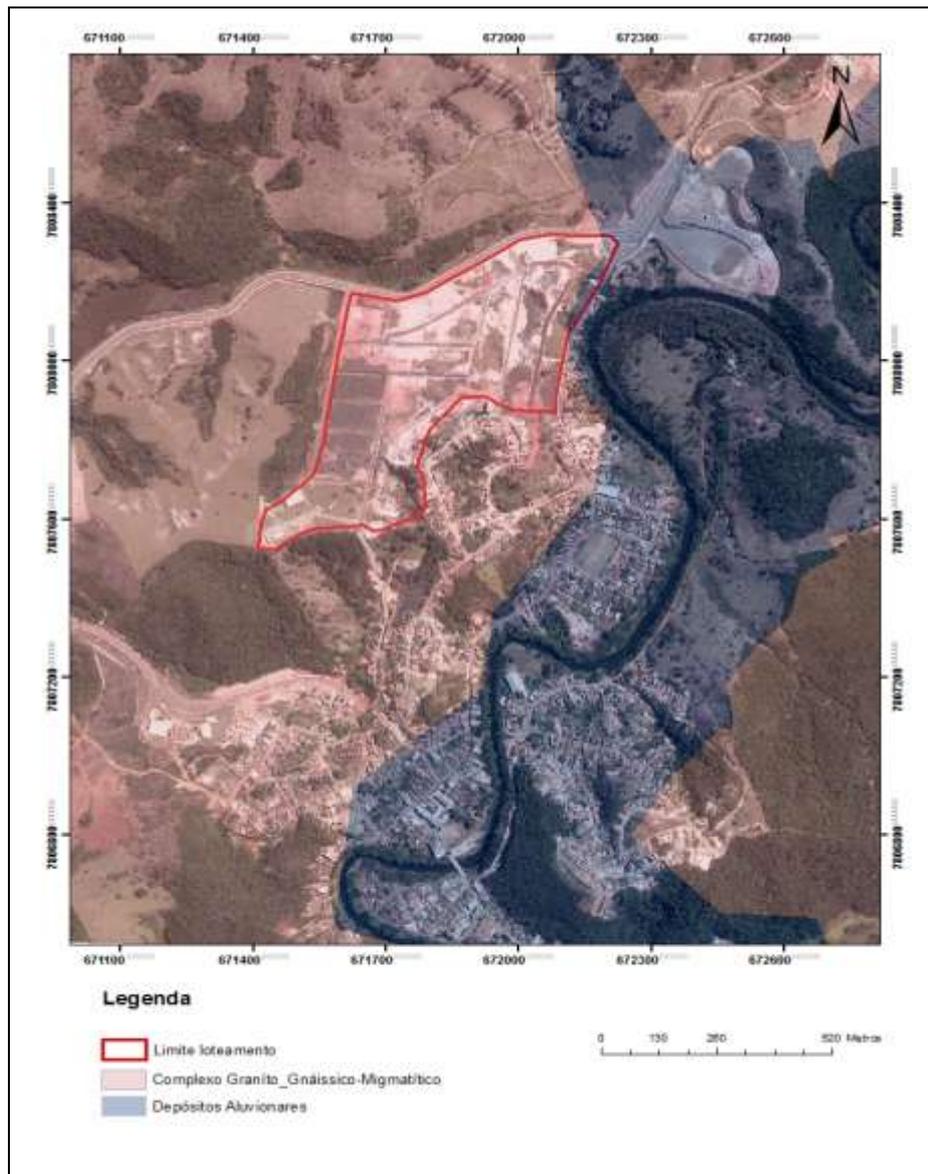


Fonte: Grupo de pesquisa, 2016.

## 5.1 Geologia

A geologia é caracterizada por dois grupos geológicos: Complexo Granito-Gnáissico-Magmático (composto pelos Gnaisses tonalíticos, granodioríticos e granitos diversos; migmatitos) e os depósitos aluvionares (Composto Sedimentos inconsolidados, arenosos, areno-argilosos, argilosos). (Fig. 09)

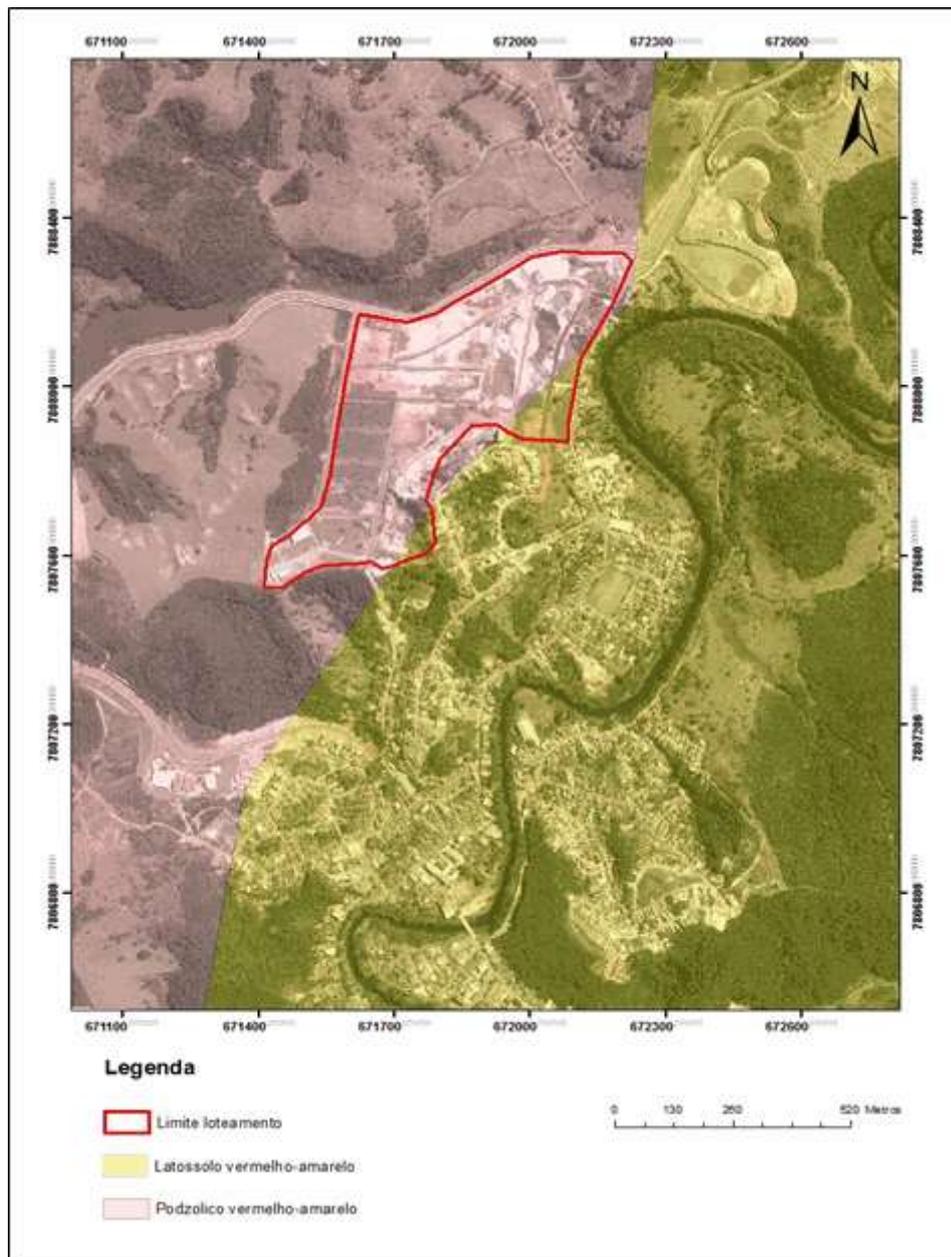
FIGURA 09: Mapa representando os domínios geológicos



Fonte: CRPM, 2000.

A região é marcada por dois grupos de solos representados por dois domínios. A maior parte da área, como mostrado no mapa de solos (figura 10) é representado por solo do tipo Podzólico vermelho-Amarelo, enquanto que o solo do tipo Latossolo vermelho-Amarelo abrange uma pequena porção das duas extremidades a sudeste da área.

FIGURA 10: Mapa de solos da área de estudo



Fonte: Geominas.

O solo visual da área do loteamento é composto por dois padrões de cores predominantes: Vermelho e rosa claro. O solo com coloração vermelho cobre uma menor parte do loteamento enquanto a maior parte é coberta por solo com coloração rosa claro.

A figura 10 mostra os tipos de solo quanto a sua coloração: rosa claro (à esquerda) e vermelho (à direita).

FIGURA 10: Padrões de cores dos solos predominantes



Fonte: Grupo de pesquisa, 2016.

Em alguns locais verifica-se a presença de aterros (figura 11). Em razão dessas diferenças litológicas de solo, foi realizado um mapeamento objetivando um mapa desses diferentes padrões visuais. Levando-se em consideração sua característica intrínseca visual, quanto a sua erudibilidade, o solo de coloração rosa claro apresenta característica de solo pouco desenvolvido (jovem), onde se aproximam dos processos morfogênicos. Enquanto os solos de coloração vermelhos se aproximam dos processos pedogenéticos por apresentarem características de solo desenvolvido (velho).

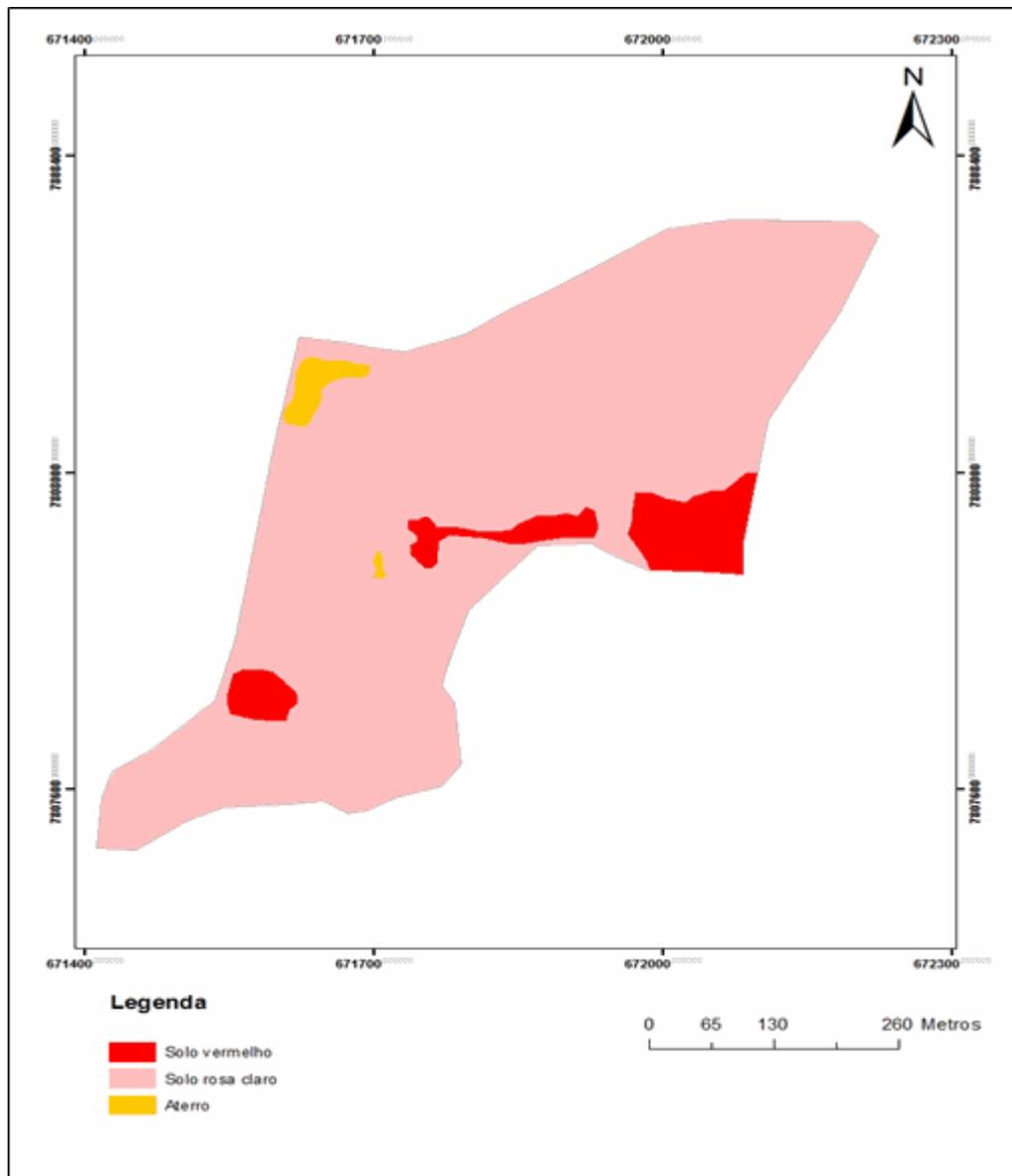
FIGURA 11: Áreas com preenchimentos de aterro



Fonte: Grupo de pesquisa, 2016.

O mapa foi composto por três domínios sendo referentes: ao aterro, ao solo com coloração vermelho e ao solo com coloração rosa claro. A figura 12 mostra o mapa de solo elaborado referente à área do loteamento com os domínios predominantes.

FIGURA 12: Mapa de solo

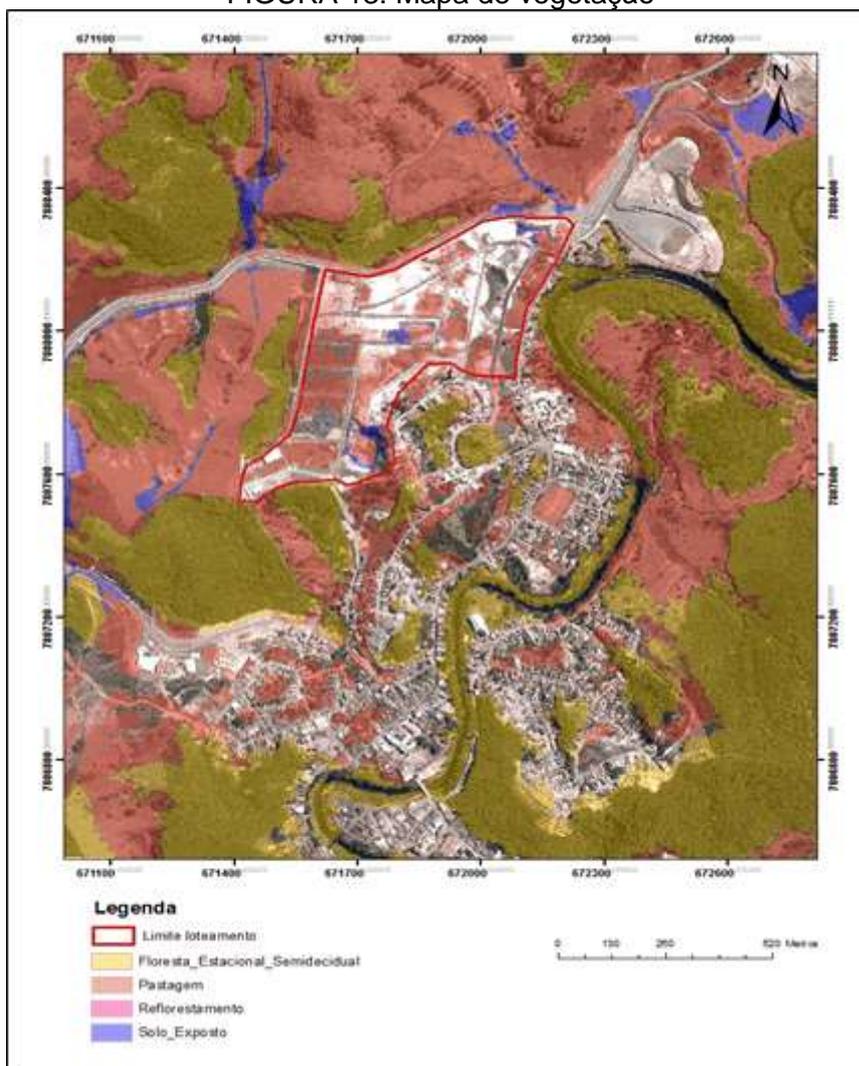


Fonte: Grupo de pesquisa, 2016.

## 5.2 Vegetação

Segundo Jesus (2010) a vegetação que cobre a região é composta por: floresta estacional semidecidual em estágio de regeneração avançado, floresta estacional semidecidual em estágio de regeneração intermediário, floresta estacional semidecidual em estágio de regeneração inicial, campos rupestres, pastagem e reflorestamentos de eucalipto e pinos. A figura 13 mostra os tipos de vegetação que compõem a paisagem.

FIGURA 13: Mapa de vegetação



Fonte: Arquivo prefeitura de SGRA, 2013.

A cobertura vegetal se originou da Floresta Estacional sem decidual, e em áreas menores, por Campos Naturais de Altitude, que se assemelham a campos sujos do cerrado. A degradação iniciou-se no século XVIII com a fixação de bandeirantes (JESUS, 2010).

## 6 METODOLOGIA

A análise da vulnerabilidade erosiva do loteamento se fundamentou no mapeamento de vulnerabilidade natural à perda de solo seguindo uma abordagem de Crepani et al (2001), baseado na dinâmica dos ambientes junto ao balanço dos processos formadores do solo e os processos erosivos (pedogênese/morfogênese), no qual atribui-se valores em critérios para cada unidade da paisagem: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e clima.

Com o software ArcGis 10.2.2 foram elaborados os planos de informações (IP's) de cada tema: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e clima. Para isso utilizou bases cartográficas e mapas temáticos preexistentes: carta geológica disponibilizada pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) na escala de 1:100.000, mapa de São Gonçalo do Rio Abaixo disponibilizado pelo Instituto Brasileiro de

Geografia e estatística (IBGE), senso 2010, na escala de 1:50.000; Mapas de solo, de precipitação e temperatura do estado Minas Gerais disponibilizado pela GEOMINAS na escala de 1:250.000.000; Arquivo shapfile disponibilizado pela prefeitura de São Gonçalo do Rio Abaixo a partir de análise de fotointerpretação da imagem de satélite. Para a criação do mapa de inclinação utilizou-se a imagem de radar Missão Topográfica Radar Shuttle (SRTM) disponibilizado pela Empresa brasileira de pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) e através da ferramenta Arctobox, na aba spatial analyst do Arc Gis 10.2.2 foram estabelecidos os intervalos de inclinação em % da área analisada.

Após as confecções dos mapas (geologia, declividade, pedologia, vegetação e clima), estes foram convertidos de formatos shapfile para formato raster no Arcgis 10.2.2 e atribuídos os valores de vulnerabilidade de acordo com Crepani et al (2001) com os pesos variando de 1,0 a 3,0 dentro das 21 classes.

O mapa final de vulnerabilidade foi confeccionado pela álgebra de mapas das grades de vulnerabilidade dos mapas, no arcgis 10.2.2 pela ferramenta Raster Calculator. A álgebra se baseou pela média simples dos 5 mapas como mostrada a equação 01 abaixo:

$$V = G + D + S + Vg + C / 5 \quad (1)$$

Onde: V = Vulnerabilidade, G = vulnerabilidade para o tema Geologia, D = vulnerabilidade para o tema Declividade, S = vulnerabilidade para o tema Solo, Vg = vulnerabilidade para o tema Vegetação e C = vulnerabilidade para o tema Clima.

## 7 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a atribuição dos valores de vulnerabilidade para os temas (geologia, declividade, pedologia, vegetação e clima) foram analisados os atributos para cada tema. Para o tema geologia verificou-se os atributos para duas classes: Qa – Depósitos Aluvionários abrangendo uma área de 29 % da área total do loteamento com nota de 3,0 na escala de vulnerabilidade e Agm – Complexo Granito-Gnáissico-migmático ocupando 71% com nota de 1,3.

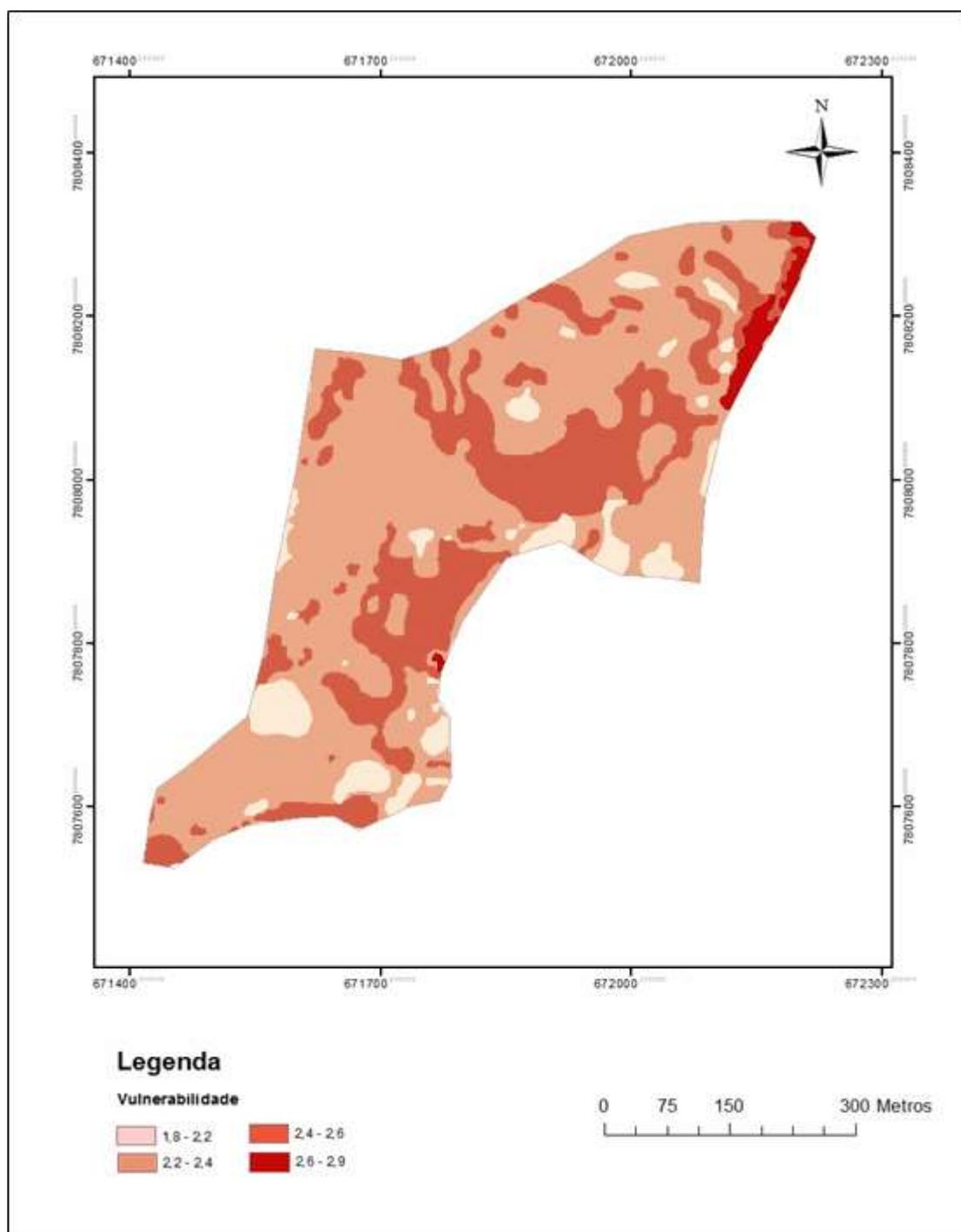
Na avaliação da declividade se observou predominância de valores medianos de vulnerabilidade (2,0) com inclinação entre 6 a 20% abrangendo uma área de 60% do total do terreno. Para valores de vulnerabilidade considerada alta (2,5 a 3,0) com inclinação (20-50 e >50%) respectivamente, houve abrangência de 36% da área, enquanto para valores de vulnerabilidade considerada baixa (1,0 a 1,5), inclinação (<2 e 2-6%) respectivamente, onde houve somente a abrangência de 3,4% da área.

Para o tema pedologia foram considerados a média dos valores de vulnerabilidade dos dois mapas: Mapa de solos da área de estudo (figura 10) e o mapa de solo (figura 12). Avaliado os atributos finais verificou-se que somente 3,93% da área receberam valores de vulnerabilidade de 2,5 enquanto os restantes receberam valores de vulnerabilidade variando entre 1,0 a 2,0 ao qual corresponderam 96,07% da área.

Quando avaliado a cobertura vegetal do terreno verificou-se que a maior área do terreno é composta por solo exposto (74%). A pastagem ocupa 25% da área enquanto que apenas 1,7% da área são ocupadas por floresta-estacional. O valor de vulnerabilidade foi classificado como 3,0, 2,8 e 1,4 respectivamente.

Para o clima o valor de vulnerabilidade foi de 1,7, onde se verificou uma média anual de 1350 mm para um período de chuva de 6 meses e uma intensidade de 225 mm/mês. O mapa de vulnerabilidade natural à erosão do terreno do loteamento foi feito com base na média de cada desses atributos (Figura 14).

FIGURA 14: Mapa de vulnerabilidade



Fonte: Grupo de pesquisa, 2016.

A partir do mapa de vulnerabilidade foram verificadas duas áreas distintas. Área de estabilidade mediana ocupando a maior parte da área total do terreno (70,24%) e com valor de vulnerabilidade variando entre 1,8 a 2,4. Área de instabilidade ocupando uma menor área (29,76%), com valor de vulnerabilidade entre 2,4 a 2,9. A

figura 15 obtém imagem tirada em uma das áreas de instabilidade onde se verifica o processo avançado de erosão.

Figura 15: Erosão localizada na área de instabilidade



Fonte: Grupo de pesquisa, 2016.

## 8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através do mapa de vulnerabilidade, foi possível verificar que o grau de vulnerabilidade natural à erosão da área loteamento do bairro Cidade Universitária, do município de São Gonçalo do Rio Abaixo/MG apresenta-se com predomínio da classe moderadamente estável em 70,24% da área total (27,54 ha). As áreas mais vulneráveis, ou seja, áreas de instabilidade (29,76%) estão localizadas junto aos solos de coloração rosa claro, às declividades mais elevadas e em locais com aterramentos.

Essas áreas de instabilidade são impróprias para construções uma que colocam moradores em situações de perigo. Segundo Souza (2009) os processos erosivos podem também estar relacionados a problemas geotécnicos. O ponto de maior gravidade em relação à evolução dos processos erosivos é quando surgem sulcos, ravinas e boçorocas que são capazes de mobiliza grandes quantidades e destruir áreas urbanas e obras civis. Redes de drenagens são assoreadas.

O maior impacto das erosões no meio ambiente é quanto aos assoreamentos dos cursos d'água, uma vez que provoca a destruição dos ecossistemas com poluentes (substâncias químicas).

As instalações de conjuntos habitacionais e loteamentos em áreas geotecnicamente inapropriadas, em encostas com altas declividades ou fundos de vales, contribuem para o agravamento dos processos erosivos.

As medidas para controle dos processos erosivos podem ser preventivas e corretivas. As medidas preventivas visam à convivência com os riscos que de certo modo assegura a população quanto ao risco reduzindo a magnitude dos processos erosivos.

O loteamento do bairro Cidade Universitária é um bairro novo, com poucas obras e moradores. Diante desse fato, as áreas de suscetíveis aos processos erosivos são passíveis de medidas preventivas. Diante desse fato é imprescindível que haja ali um sistema de drenagem efetivo para garantir a integridade do terreno quanto a águas

pluviais, tais como: o perfeito dimensionamento das obras de drenagem em locais considerados críticos.

A impermeabilização do solo tem a função de evitar a aceleração dos processos erosivos da ação da chuva. As ações de cobertura do solo utilizando vegetação, jateamento de concreto, manta artificiais são medidas preventiva. Solos expostos aos processos erosivos em áreas com elevado declive são áreas críticas do loteamento.

Existem loteamentos com alta declividade na área, sendo estas consideradas críticas, impróprias para construções, pode ser adotada medidas impermeabilização do solo e evitar construções de moradia.

Para esse tipo de terreno é aconselhável que adote medidas de engenharia através de estudos específicos para minimização dos riscos relativos às erosões. Os Muros de contenções ou arrimas são solução seguras para terrenos em declive ou inclinação que receberão cortes para se tornarem planos. Normas contidas no plano diretor do município com o propósito de orientar as exigências mínimas para as futuras construções de forma a garantir a segurança pública seria outra medida preventiva em longo prazo.

Assim sendo esta pesquisa procura estabelecer um relacionamento entre a evolução urbana da cidade relacionada a adequação de projetos que visam estabelecer uma priori na segurança dos futuros moradores da área do projeto.

## REFERÊNCIAS

BASTOS, Cezar. **Estudo Geotécnico sobre a erodibilidade de solos residuais não saturados**. 2004. Porto Alegre, RS.

CENDRERO, A. **Desarrollo y tendencias de la Geología Ambiental en Europa**. In: **SEMINARIO Andino de Geología Ambiental**, I. CONFERENCIA Colombiana de Geología Ambiental, I., 30 abr.- 2 mayo Medellín, 1990. Memoria AGID/Report, 13. Medellín, CO., 1990. p. 65-88.

CREPRANI, E.; MEDEIROS, J. S.; FILHO, P.H.; FLORENZANO, T. G.; DUARTE,V.; BARBOSA, C.C.F. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico – econômico e ao ordenamento territorial**. São José dos Campos, INPE, 2001.

CORSEUIL, Cláudia. **Técnicas de geoprocessamento e de análise de multicritérios na adequação de uso das terras**. Tese de doutorado. UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA, 2006.

FONSECA, B.; BEZERRA, D. ; AUGUSTIN, C. **Mapeamento de unidades geomorfológicas na borda nordeste do quadrilátero ferrífero – MG**. 2012, Rio de Janeiro.

GUERRA, Antônio; BOTELHO, Rosângela. **Características e propriedades do solo relevantes para os estudos pedológicos e análise dos processos erosivos**. Anuário do instituto de geociências. V. 19. Rio de Janeiro, 1996.

JESUS, José Renato Pereira. **Análise da Dinâmica do Uso e Ocupação do Solo no Município de São Gonçalo do Rio Abaixo/MG – 1988 a 2009**. Monografia de

Especialização em Geoprocessamento. Departamento de Cartografia. Instituto de Geociências, UFMG.

MALCZEWSKI, J. **GIS-based land-use suitability analysis: a critical overview.** Progress in planning, v.62, 2004.

NUNES, M.; COSTA, S.; SILVA, R. **o quadrilátero ferrífero e o norte de minas gerais: análise da história e importância econômica.** Disponível em: <<http://www.google.com.br/url?sa=t&source=web&rct=j&url=http://unimontes.br/arquivos/2012/>> acesso em: 26 de junho 2016.

NETO, E.; SILVA, H.; ARAÚJO, M. **Mapeamento da vulnerabilidade à erosão natural como subsídio ao planejamento ambiental no semiárido Pernambuco.** Foz do Iguaçu, 2013.

REVISTA HOJE EM DIA – Edminas S/A. Minas Gerais. Edminas S/A, 2014. [cited 01 de junho de 2014]. Disponível em: <<http://www.hojeemdia.com.br/primeiro-plano/economia/minera%C3%A7%C3%A3o-faz-economia-de-s%C3%A3o-gon%C3%A7alo-do-rio-abaxo-explodir>> acesso em: 21 de junho 2016.

ROY, B. **Multicriteria Methodology Goes Decision Aiding.** Kluwer Academic Publishers, Netherlands. 1996.

SOUZA, Celia et all. **Desastres Naturais: conhecer para prevenir.** São Paulo, 2009.

THEODOROVICZ, Antônio; THEODOROVICZ, Angela Maria de Godoy; CANTARINO, Sonia de Cruz. Projeto Curitiba: **Atlas Geoambiental da Região Metropolitana de Curitiba: subsídio ao planejamento Territorial.** São Paulo: CPRM, 1998. 48 p. Mapa.

VEDOVELLO, Ricardo. **Aplicações da Cartografia Geotécnica e Geoambiental no Planejamento Urbano,** In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA GEOTÉCNICA E GEOAMBIENTAL, 5.** 2004. São Carlos, SP. Mesa redonda. São Carlos, SP: ABGE, 2004. Tema 6.