



Qá^caaa) ÁPÉ^&ací Á^HÍ DÁ) ÁS/O ÖÖYÁHÁÁÍ DÍeconocida por el DICE, incorporada a la base de datos bibliográfica ISOC, en RePec, resumida en DIALNET y encuadrada en el Grupo C de la Clasificación Integrada de Revistas Científicas de España.
Vol 12. Nº 35
Diciembre 2019
<https://www.eumed.net/rev/delos/35/index.html>

IDENTIFICAÇÃO DE RISCO À EROÇÃO FLUVIAL NA CIDADE DE CAMETÁ (PA), BRASIL

Ana Beatriz Neves da Silva¹
Universidade do Estado do Pará
anabenevess@gmail.com

Milena Marília Nogueira de Andrade²
Universidade Federal Rural da Amazônia
milena.andrade@ufra.edu.br

Conteúdo

Resumo	2
Abstract	2
Resumen	2
1. Introdução.....	3
2. Área de estudo	4
3. Metodologia	5
4. Resultados e discussões.....	7
5. Considerações finais	12
6. Referências	13

¹ Engenheira Ambiental e de Energias Renováveis pela Universidade Federal Rural da Amazônia. Mestranda em Ciências Ambientais, Universidade do Estado do Pará

² Doutora em Desenvolvimento Socioambiental pela Universidade Federal do Pará. Atua como docente na Universidade Federal Rural da Amazônia e na pós-graduação no Programa de Gestão de Riscos e Desastres na Universidade Federal do Pará.

RESUMO

A cidade de Cametá (Amazônia, Pará, Brasil), localizada na margem do rio Tocantins, apresenta um histórico de perdas relacionadas aos processos de erosão fluvial com recuo lateral da margem. Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi identificar segmentos de riscos à erosão fluvial a partir de uma metodologia de protocolo de avaliação rápida. A metodologia inclui pesquisa bibliográfica, geoprocessamento e trabalho de campo. Durante o campo foram aplicadas fichas para avaliar e mapear a susceptibilidade e a vulnerabilidade a erosão fluvial, e, a partir dessas informações foi gerado um mapa identificando os segmentos com maior e menor risco. Os resultados identificaram 7 (sete) pontos de susceptibilidade de erosão severa, 4 (quatro) locais com grau muito alto de vulnerabilidade e 4 (quatro) segmentos com risco muito alto. Este mapeamento apresenta um resultado rápido apontando locais onde medidas de resposta são prioritárias e pode ser utilizado para nortear políticas públicas de prevenção visando o ordenamento territorial.

Palavras-chave: Amazônia – Geotecnologias – Mapeamento de Risco – Rio Tocantins - Vulnerabilidade

ABSTRACT

The city of Cametá (Amazon, Pará, Brazil), located at Tocantins River, presents a history of losses due river erosion processes related to the lateral retreat on the river bank. Therefore, the aim of this work was to identify segments of risks to fluvial erosion from a methodology of rapid assessment protocol. The methodology includes bibliographic research, geoprocessing techniques, and fieldwork. During the field, forms filled at field were used to assess and map the susceptibility and vulnerability to river erosion, and from this information, a risk map was generated. The results identified 7 (seven) sites of severe erosion susceptibility, 4 (four) sites with a very high degree of vulnerability and 4 (four) very high-risk segments. This mapping presents a rapid result pointing out places where response measures are prioritized and can be used to guide public prevention policies aimed at territorial planning.

Keywords: Amazon – Geotechnologies – Risk Mapping – Tocantins River - Vulnerability

RESUMEN

La ciudad de Cametá (Amazonia, Pará, Brasil), ubicada en la orilla del río Tocantins, tiene un historial de pérdidas relacionadas con los procesos de erosión del río con recesión lateral. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue identificar segmentos de riesgo de erosión fluvial a partir de una metodología de protocolo de evaluación rápida. La metodología incluye investigación bibliográfica, geoprocésamiento y trabajo de campo. Durante el campo fueran aplicadas fichas para evaluar y mapear la susceptibilidad y vulnerabilidad a la erosión de los ríos, y de esta información se generó un mapa que identifica los segmentos con el riesgo más alto y más bajo. Los resultados identificaron 7 (siete) puntos de susceptibilidad a la erosión severa, 4 (cuatro) sitios con muy alto grado de vulnerabilidad y 4 (cuatro) segmentos de muy alto riesgo. Este mapeo presenta un resultado rápido que señala los lugares donde las medidas de respuesta son una prioridad y se pueden utilizar para guiar las políticas públicas de prevención destinadas a la planificación territorial.

Palabras clave: Amazonia – Geotecnologías – Mapeo de riesgo – Río Tocantins - Vulnerabilidad

1. INTRODUÇÃO

Na Amazônia os processos de erosão fluvial são mais evidenciados em áreas predominantemente urbanas por conta dos danos econômicos ocasionados em, até o momento, 69 municípios nos estados do norte do Brasil (BANDEIRA et al., 2018). Dentre as cidades no Estado do Pará, Cametá contabiliza nos últimos anos danos principalmente estruturais, provocados pela erosão fluvial nas suas áreas urbanas (BANDEIRA et al., 2018; PEREIRA, 2012; QUEVEDO, 2010).

Desde 1920 pelo menos 7 sete casarões da cidade de Cametá foram destruídos devido ao recuo da margem do rio Tocantins sendo que o recuo avança para vias públicas e outras estruturas urbanas (QUEVEDO, 2010). A cidade de Cametá está localizada na porção côncava deste rio, sendo nesta margem o local que o rio possui maior velocidade e capacidade de remoção do material lateral e do fundo (CPRM, 2013). Procurando controlar os processos erosivos na margem do rio Tocantins algumas medidas de contenção foram tomadas ao longo dos anos, tais como: a construção de sucessivos muros de arrimo de concreto na orla da cidade e o afundamento de navios (Perseverança em 1940, Taubaté em 1980, Leandeteau em 1990, Poraquê em 1991, e Roraima em 2001) próximo à margem na tentativa de redirecionar o canal a partir desta barreira para um nível mais distante das áreas ocupadas (QUEVEDO, 2010).

O processo de erosão fluvial ocorre com a remoção de material do fundo e das margens do canal através de processos de abrasão, corrosão e cavitação (SUGUIO; BIGARELLA, 1990; CHRISTOFOLETTI, 1981). Estes processos são intensificados com a elevação do nível da água no período sazonal de cheias dos rios, o que potencializa a velocidade e vazão em um canal fluvial (MARQUES, 2017; CHRISTOFOLETTI, 1981). Influenciam na erosão fluvial fatores naturais como clima, o relevo, a declividade, a extensão da vertente, a cobertura vegetal, além de fatores antrópicos como a modificação do uso e cobertura da terra (FARIAS et al., 2003).

É possível diferenciar o processo de erosão vertical com aprofundamento do rio, e as erosões laterais que alargam o canal causando o retrocesso das margens (NOVO, 2008). Quando a cidade se localiza em margens que estão sendo progressivamente erodidas, o que é o caso de áreas ocupadas às margens de grandes sistemas fluviais na Amazônia, este processo se torna um risco potencial às cidades (BANDEIRA et al., 2018).

O risco é um conceito que possui definições diversas e pressupõe a ocorrência de um evento e a geração de danos (Ministério das Cidades, 2007). Pode ser expresso por equações que relacionam como a probabilidade de ocorrências de um fenômeno natural e as consequências (CERRI; AMARAL, 1999), como o produto a ameaça e a vulnerabilidade (UNDP, 2004; WISNER et al., 2004), ou como uma relação entre a susceptibilidade e a vulnerabilidade a partir da análise de um evento perigoso (OLÍMPIO; ZANELLA, 2017).

A susceptibilidade inclui critérios ambientais (OLÍMPIO; ZANELLA, 2017) e a vulnerabilidade pode ser física, social, econômica e ambiental e corresponde a forma como o local ou a comunidades respondem à uma determinada ameaça (BIRKMANN, 2006). No contexto do

estudo do risco a análise da susceptibilidade e da vulnerabilidade podem utilizar protocolos da avaliação rápida. Este protocolo já foi utilizado em outros sistemas fluviais no Brasil por Monteiro et al., (2016). Sua utilização é viável para diagnóstico e monitoramento de erosão fluvial e a metodologia deve ser adaptada de acordo com as características ambientais de cada região (RODRIGUES; CASTRO, 2008). Desse modo este trabalho tem como objetivo identificar os segmentos de riscos à erosão fluvial a partir de uma metodologia de protocolo de avaliação rápida que inclua elementos da susceptibilidade e de vulnerabilidade para toda a margem da sede do município de Cametá (Pará, Brasil).

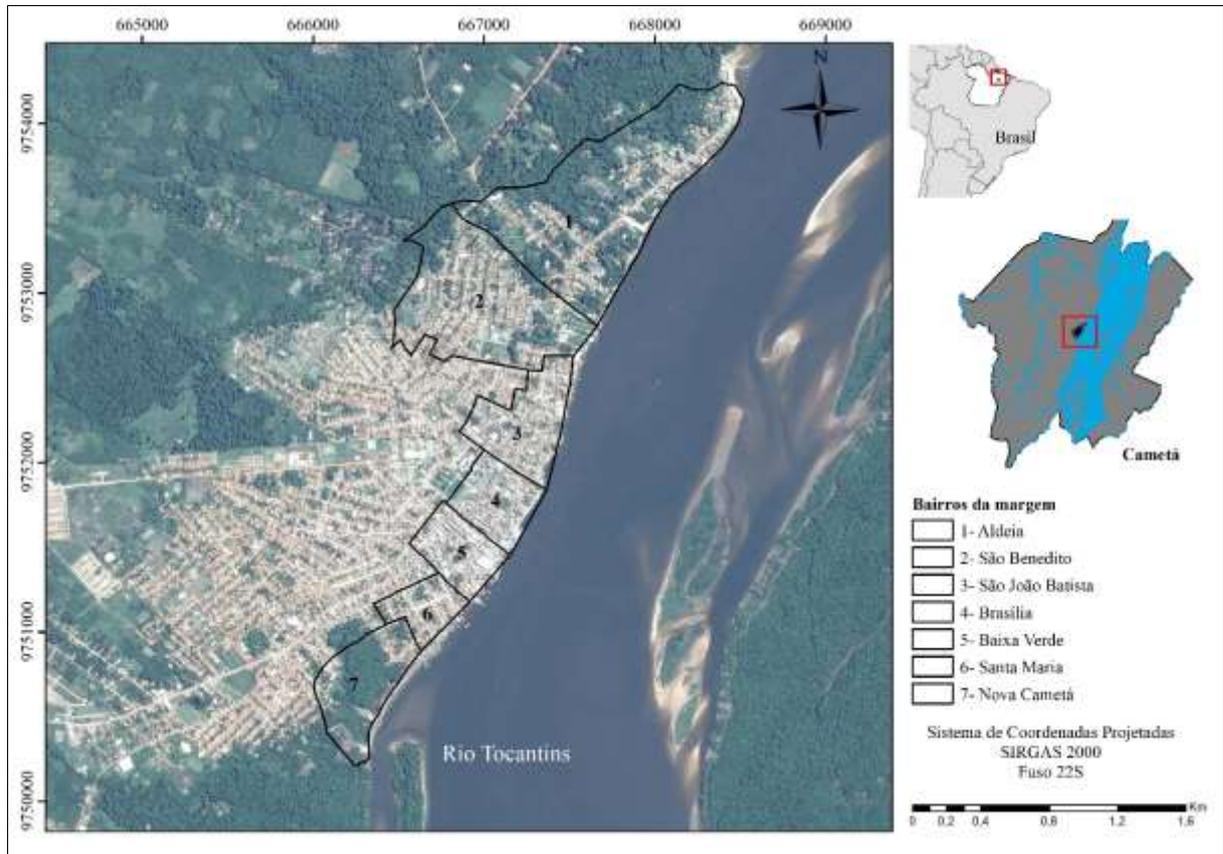
2. ÁREA DE ESTUDO

O estudo foi realizado na cidade de Cametá que se localiza na margem esquerda do rio Tocantins, no nordeste paraense, na microrregião de Cametá (Figura 1). O rio Tocantins é a drenagem principal que percorre o município com uma extensão total de aproximadamente 2.400 km (ANA, 2009).

A geologia da área corresponde a sedimentos Pós-Barreiras arenosos com sucessões estratigráficas e a depósitos aluvionares sedimentados em regime fluvial com influência marinha (JOÃO et al., 2013; TATUMI et al., 2008; ROSSETTI, 2004). A compartimentação geomorfológica é constituída pelos tabuleiros da Zona Bragantina e pela planície fluvial do rio Tocantins (DANTAS; TEIXEIRA, 2012). De acordo com Fonseca et al., (2015) e Pereira (2012) os tabuleiros estão sujeitos a erosão fluvial, visto a pouca coesão dos sedimentos e da dinâmica fluvial do rio Tocantins.

Levantamentos batimétricos no canal do rio Tocantins, na frente da cidade, demonstraram a influência da maré na velocidade da vazão do rio. A vazão foi medida em duas seções na área de estudo, sendo que ao norte da sede urbana a vazão encontrada foi de $-8.785,2 \text{ m}^3/\text{s}$ e velocidades de 0,6 e 0,8 m/s, e, em frente à sede urbana a vazão média obtida foi de $-7.747,1 \text{ m}^3/\text{s}$ e velocidades de 0,8 e 1,0 m/s, ambas medições durante a enchentes e com influência de maré (CPRM, 2013).

Figura 1: Mapa de localização da área de estudo em Cametá



Fonte: IBGE (2010)

3. METODOLOGIA

A metodologia inclui uso de dados secundários bibliográficos e vetoriais, geração de mapas com técnicas de geoprocessamento e trabalho de campo. Os dados vetoriais referem-se à delimitação dos bairros da área urbana do distrito administrativo de Cametá segundo IBGE (2010). A classificação do uso e cobertura da terra da margem da área urbana de Cametá foi realizada a partir da vetorização manual sobre a imagem georreferenciada Geoeye de 2017 adquirida do GoogleEarthPro. Foram criados polígonos a partir das respostas espectrais diferenciadas para cada classe, e, calculados a área relativa e o percentual correspondente a área total utilizando o software ArcMap 10.1.

O trabalho de campo foi realizado em 12 pontos, separados a uma distância de aproximadamente 500m, na margem fluvial dos bairros Aldeia, São Benedito, São João da Aldeia, Brasília, Baixa Verde, Santa Maria e Nova Cametá. As coordenadas coletadas com o GPS foram transferidas para uma planilha do software Excel e transformadas para vetor do tipo ponto. Em cada ponto foram feitos os registros fotográficos e o preenchimento da ficha de campo. As informações das fichas foram inseridas em um Sistema de Informação Geográfica para a elaboração do mapa de segmentos de susceptibilidade, vulnerabilidade e risco à erosão fluvial.

As fichas de campo foram adaptadas dos trabalhos de Monteiro et al., (2016) e Ministério das cidades (2007). Foram considerados o mesmo número de parâmetros para susceptibilidade e para vulnerabilidade com uma distribuição de pesos de 1 a 5 variando para os maiores valores de acordo com o grau de influência (Tabela 1).

Tabela 1: Variáveis utilizadas para analisar em campo a susceptibilidade e a vulnerabilidade (adaptado de Monteiro et al., 2016 e Ministério das cidades, (2007).

Peso	Influência	Susceptibilidade				Vulnerabilidade			
		Trecho do rio	Tipo de Solo	Altura do talude (m)	Inclinação	Rede de estrada	Uso e cobertura da terra	Padrão construtivo	Estruturas de contenção
1	Muito baixa	-	Rochoso	0	-	Inexistência de estrada	Ocupação inexistente	Sem construção	Inexistente/ fora da área de erosão
2	Baixa	Raio interno	Argiloso	>0 e ≤0,5	-	Fora da área de erosão	Pouca ocupação	Área demarcada ou cercada	Inexistente com acreção na área
3	Moderada	Retilíneo	Arenoso	>0,5 e ≤1	≤30°	Faixa de terra antes da estrada	Solo exposto	Pontes e píer	Existente e funcionando
4	Alta	-	Areno-argiloso	>1 e ≤3	>30° e <90°	Estrada próxima a área de erosão	Vegetação inclinada ao longo do talude, área urbana dispersa na área de erosão	Alvenaria	Existente e danificada em uso
5	Muito Alta	Raio externo	Inconsolidado	>3	≥90°	Estrada muito danificada	Área urbana densa, dispersa, consolidada em talude escavado	Madeira	Existente e danificada e abandonada ou inexistente na área de erosão

A partir da soma dos pesos atribuídos para cada parâmetro encontrado os intervalos de susceptibilidade foram classificados em: estabilidade (4-8), erosão (9-14) e erosão severa (15-20). Enquanto que a vulnerabilidade foi classificada em: muito baixa (4-6), baixa (7-9), moderada (10-12), alta (13-16) e muito alta (17-20). O risco de erosão fluvial foi obtido a partir de um cruzamento da susceptibilidade e da vulnerabilidade adaptado de matrizes para avaliação de impacto ambiental e para mapear áreas de risco à inundação propostas por Leopold et al. (1971) e Ministério das Cidades (2007), respectivamente. A matriz consiste em relacionar através da multiplicação os valores de cada grau de vulnerabilidade com as classes de estabilidade, erosão e erosão severa de susceptibilidade. O resultado da multiplicação poderá variar de 1 a 15 que corresponde ao grau de risco final, sendo os menores valores atribuídos para áreas mais estáveis

e com pouca vulnerabilidade e os maiores valores para áreas com maiores incidências de erosões e alta vulnerabilidade (Tabela 2).

Tabela 2: Cruzamento entre susceptibilidade e vulnerabilidade para calcular o risco a erosão fluvial.

Vulnerabilidade	Susceptibilidade		
	Estabilidade (P1)	Erosão (P2)	Erosão severa (P3)
Muito baixa (V1)	1 (1x1)	2 (1x2)	3 (1x3)
Baixa (V2)	2 (2x1)	4 (2x2)	6 (2x3)
Moderada (V3)	3 (3x1)	6 (3x2)	9 (3x3)
Alta (V4)	4 (4x1)	8 (4x2)	12 (4x3)
Muito Alta (V5)	5 (5x1)	10 (5x2)	15 (5x3)
RISCO			
1-4	5-8	9-12	13-15
Baixo	Moderado	Alto	Muito Alto

O risco muito alto se refere às áreas em que há uma ocupação intensa, podendo ser identificados sinais intensos de erosão fluvial no entorno; neste local não há estruturas de contenção, ou estas estão muito danificadas; apresentam uma inclinação acentuada do talude, e localiza-se no trecho do rio que apresenta maior velocidade. O risco alto corresponde a uma área em que a ocupação urbana não é muito densa, apresenta sinais de erosão e possui estruturas de contenção pouco danificadas ou em funcionamento, pode-se localizar no trecho do rio com velocidade moderada. O risco moderado se refere às áreas de ocupação urbana pouco concentrada, locais com poucos ou nenhum sinal de erosão fluvial, estruturas de contenção em bom estado, ou inexistentes, pode-se localizar em trechos do rio de velocidade moderada a baixa. As áreas de risco baixo apresentam poucas ou nenhuma ocupação urbana, não há sinais de processos erosivos intensos, e localiza-se no trecho do rio com velocidade moderada a baixa.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O mapa de susceptibilidade (Figura 2a) apresentou processos de erosão severa nos pontos de 2 a 8 e processos de erosão nos pontos 1, 9, 10, 11 e 12. A erosão severa ocorre nos segmentos centro-norte e predominam alturas do talude variando de 6 a 8 m, a inclinação vertical e solos do tipo areno-argiloso. Apesar de não se ter uma quantificação da área erodida no município de Cametá, estudos anteriores para o rio Tocantins, em trechos próximos, apontam para uma perda com média anual de 1.540.3708 m²/ano de área entre 1984 e 1999 o que sugere um processo ativo de morfodinâmica fluvial (BEZERRA et al., 2018).

Nos segmentos a partir do ponto 9 apresentam inclinações menores que 30° ou entre 30° e 90°, portanto inclinação com susceptibilidade de moderada a alta, respectivamente; e altura de talude inferiores a 5m (susceptibilidade baixa) e solos do tipo areno-argiloso, arenoso ou argiloso. Quanto à forma observa-se que do ponto 2 ao ponto 8 o trecho do curso do rio assume um formato levemente côncavo. De acordo com Silva et al., (2008) processos de erosão da margem em áreas urbanas ocorrem quando a cidade está localizada na margem côncava do rio onde o

canal desenvolve maior velocidade e acelera o processo de erosão marginal. A partir do ponto 9 ocorre uma alteração no formato do trecho do curso do rio, inclusive verifica-se a presença de barras arenosas próximas aos pontos 11 e 12, relacionada aos processos deposicionais por estarem próximos a desembocadura do rio Aricurá.

O mapeamento de uso e cobertura da terra identificou seis classes definidas como: área construída - presença de construções de alvenaria e/ou madeira que não estejam na margem do rio; solo exposto - locais onde não há a presença de cobertura do solo por vegetação de médio a grande porte, ou por construções, podendo o solo apresentar vegetação rasteira ou nenhum tipo de cobertura vegetal; vegetação - cobertura do solo por vegetação arbustiva ou arbórea; pavimentação - área em que a superfície do solo é coberta por ruas ou estradas; píer - estruturas de madeira ou alvenaria que avançam sobre o rio e servem para atracação de embarcações ou para passagem de pedestres; e ribeirinhos - imóveis de madeira localizados sobre a margem do rio (Figura 2b).

Mais de 50% do total da área está coberta por vegetação, principalmente nas extremidades da cidade, onde há baixa densidade de ocupação. No entanto a presença de vegetação não implica em redução dos processos erosivos em Cametá, uma vez que o mesmo ocorre com escavação da base do talude (CPRM, 2013). A classe área construída é a que apresenta a segunda maior porcentagem do total com 33,6%, ela está concentrada no centro e dispersa nas extremidades. O solo exposto é encontrado principalmente nos locais afastados da margem, mas pode-se vê-lo também em lugares que a ocupação urbana é concentrada e não há construções, ele ocupa 7,3% da delimitação. A pavimentação preenche 3,1% da área total e está distribuída ao longo de toda a área urbana. As classes ribeirinhos e píer correspondem a 0,8% e 0,7%, respectivamente da totalidade, e localizam-se a margem do rio.

A vulnerabilidade a erosão fluvial encontrada na margem da sede de Cametá apresentou quatro pontos com vulnerabilidade de grau muito alto, cinco com alta, dois com moderada e um de baixa vulnerabilidade (Figura 2b).

Verifica-se que na área central da sede (Pontos 6, 7 e 8) a vulnerabilidade é muito alta por ser uma área construída consolidada com presença de pavimentação, píeres, casas ribeirinhas e habitações de alvenaria. A pavimentação e a consolidação da área urbana e histórica da cidade na margem do rio são características de ocupações na Amazônia (CARVALHO et al., 2012). De acordo com Parry et al., (2018) estradas e ruas danificadas contribuem para o isolamento de áreas urbanas o que aumenta a vulnerabilidade do local. E com relação ao padrão construtivo, a vulnerabilidade é maior em construções de madeira quando comparadas com construções de alvenaria (Ministério das cidades, 2007).

Além disso, nas áreas entre os pontos 6 e 8 há a presença de estruturas de contenção existentes danificadas ou abandonadas. A presença das estruturas de contenção é importante para o processo de resposta aos riscos e serve para minimizar as consequências e perdas ante aos processos de erosão (SZLAFZTEIN et al., 2006). No ponto 8 diversas medidas de contenção

estruturais foram tomadas ao longo dos anos como a construção de muros de arrimo, cais de pedra e gabiões em parte da margem que integra a orla da cidade de Cameté (CPRM, 2013).

O ponto 7 apresentou o maior somatório de pesos dos parâmetros definidos de vulnerabilidade muito alta. Este é o local onde já ocorreu situações de erosão com obstrução e perda de ruas pavimentadas. As residências e prédios comerciais deste local foram desocupadas. Neste trecho está parte das construções históricas da cidade, tais como igrejas e antigos casarões tombados pelo patrimônio histórico (IBGE, 2010). De acordo com CPRM (2013) a batimetria aponta para profundidades de até 20m do canal. Ainda neste ponto o processo erosão fluvial em Cameté possui um recuo progressivo até dias atuais (BANDEIRA et al., 2018; CPRM, 2013; QUEVEDO, 2010). Os processos erosivos são também ressaltados em roteiros geo-turísticos na cidade por conta dessas perdas históricas do patrimônio localizados na margem da cidade (CORDOVIL et al., 2017).

Diferentemente, o ponto 12 apresentou o menor peso final, sendo enquadrado em baixa vulnerabilidade. É o local mais remoto da área urbana e não apresenta ocupação densa, estradas, ou obra de engenharia. Em Cameté as margens da sede urbana a vegetação é caracterizada como uma área preservada com presença de floresta fluvial (ANDRADE; VILHENA JUNIOR, 2018). A presença de vegetação no município foi mencionada no trabalho de Pereira (2012) em sua classificação para mensurar as alterações nas margens fluviais. O mapa com identificação dos segmentos de risco apresentou o ponto 12 com baixo risco, quatro pontos com risco muito alto (pontos 3, 6, 7 e 8), e três locais foram identificados com alto risco (pontos 2, 4 e 5), e nos quatro demais pontos (1, 9, 10, 11) o risco foi classificado como moderado (Figura 2c e Figura 3).

As áreas de risco muito alto possuem uma ocupação intensa, podendo ser identificados sinais de erosão severa no entorno em áreas que não possuem estruturas de contenção, ou estas estão muito danificadas, e que apresentam uma inclinação acentuada do talude (Tabela 3). De acordo com CPRM (2013) são áreas que se localizam no trecho do rio que apresenta maior velocidade.

As áreas de risco alto apresentam ocupação urbana não muito densa, sinais de erosão na superfície como árvores inclinadas, e estruturas de contenção em funcionamento ou pouco danificadas. As áreas de muito alto e alto risco foram consideradas como uma fragilidade por Andrade e Vilhena Júnior (2018) na área urbana de Cameté pois é onde se concentra o maior número de pessoas e serviços do município. Além disso, os autores apontam ainda que a ocupação urbana ocorreu em áreas de preservação permanente (lei federal nº12.651/2012) e que não deveriam ser habitadas.

O risco moderado corresponde a áreas de ocupação urbana pouco concentrada, com poucos ou nenhum sinal de erosão fluvial, estruturas de contenção em bom estado, ou inexistentes, pode-se localizar em trechos do rio de velocidade moderada a baixa. O risco baixo apresenta poucas ou nenhuma ocupação urbana, não há sinais de processos erosivos intensos, localiza-se no trecho do rio com velocidade moderada a baixa. Estes graus de risco correspondem

aos pesos atribuídos e indicam a relação entre os baixos pesos de susceptibilidade à erosão indicando uma tendência à estabilidade ou instabilidade do processo (Monteiro et al., 2016).

Nas áreas onde o grau de risco foi considerado muito alto apresentaram os piores cenários com erosão severa e alta vulnerabilidade. Comparando os locais das áreas de risco encontradas nesse trabalho, com as áreas de risco identificadas pela CPRM (2013), observa-se uma similaridade nos locais que apresentaram risco muito alto (Ponto 3, 6 e 7) e um local classificado como alto passou para muito alto no mapeamento apresentado (Ponto 8). Dada as semelhanças entre os resultados encontrados nesta pesquisa é importante mencionar que a metodologia utilizada difere nos parâmetros de vulnerabilidade utilizados pela CPRM (2013). Foi incluído além de padrão construtivo das habitações, a presença de rede de estrada e a qualidade das estruturas de contenção. Nenhum ponto foi classificado como muito baixo risco de erosão fluvial, visto que não foi identificada nenhuma área com perfil de estabilidade/acresção ou de vulnerabilidade muito baixa.

Tabela 3: Grau de risco a erosão fluvial.

Ponto	Susceptibilidade	Vulnerabilidade	Risco	Ponto	Susceptibilidade	Vulnerabilidade	Risco
1	Erosão	Alta	Moderado	7	Erosão Severa	Muito Alta	Muito Alto
2	Erosão Severa	Alta	Alto	8	Erosão Severa	Muito Alta	Muito Alto
3	Erosão Severa	Muito Alta	Muito Alto	9	Erosão	Alta	Moderado
4	Erosão Severa	Alta	Alto	10	Erosão	Alta	Moderado
5	Erosão Severa	Moderada	Alto	11	Erosão	Moderada	Moderado
6	Erosão Severa	Muito Alta	Muito Alto	12	Erosão	Baixa	Baixo

Figura 2: a) Mapa de susceptibilidade, b) uso e cobertura da terra e vulnerabilidade, e c) identificação do risco à erosão fluvial em Cametá

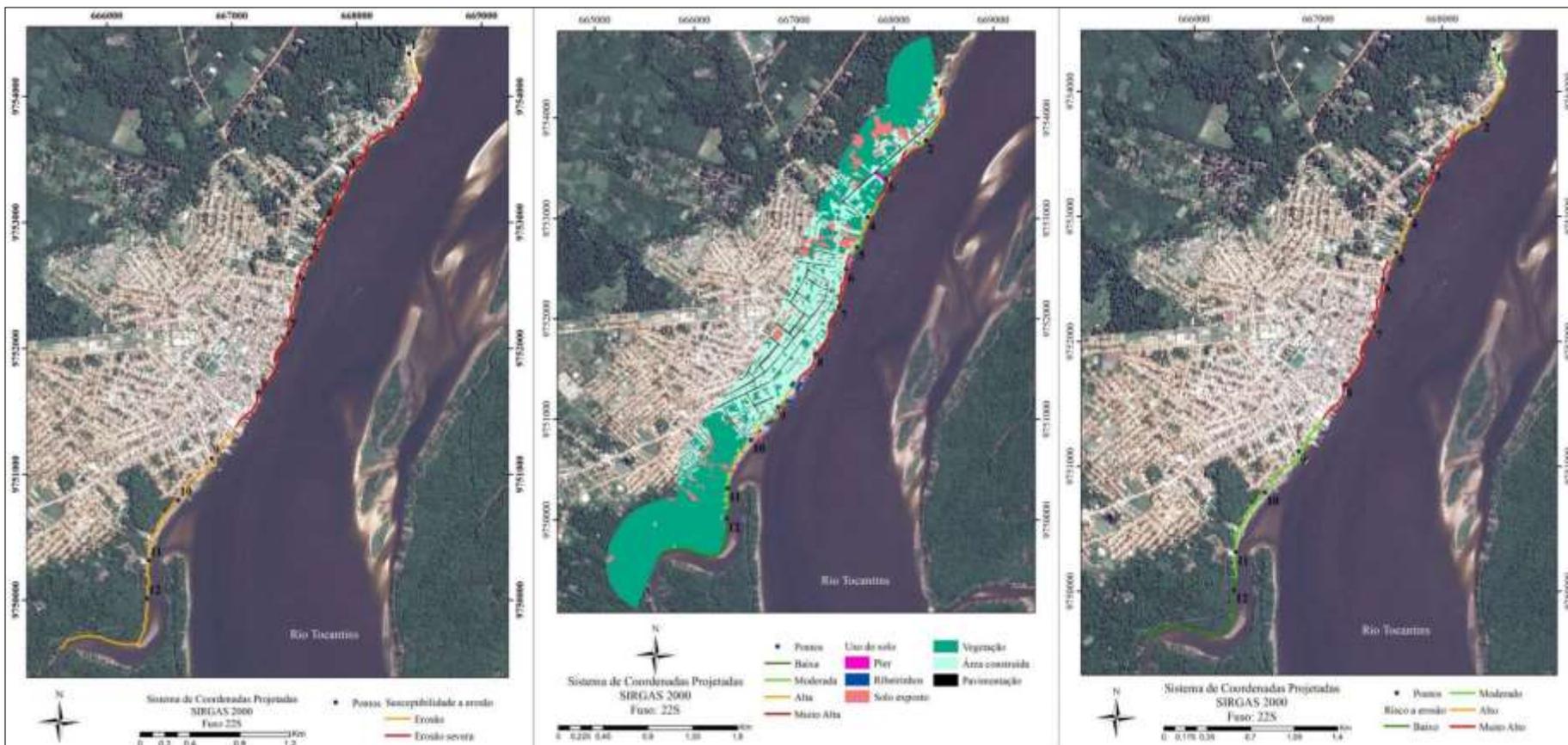
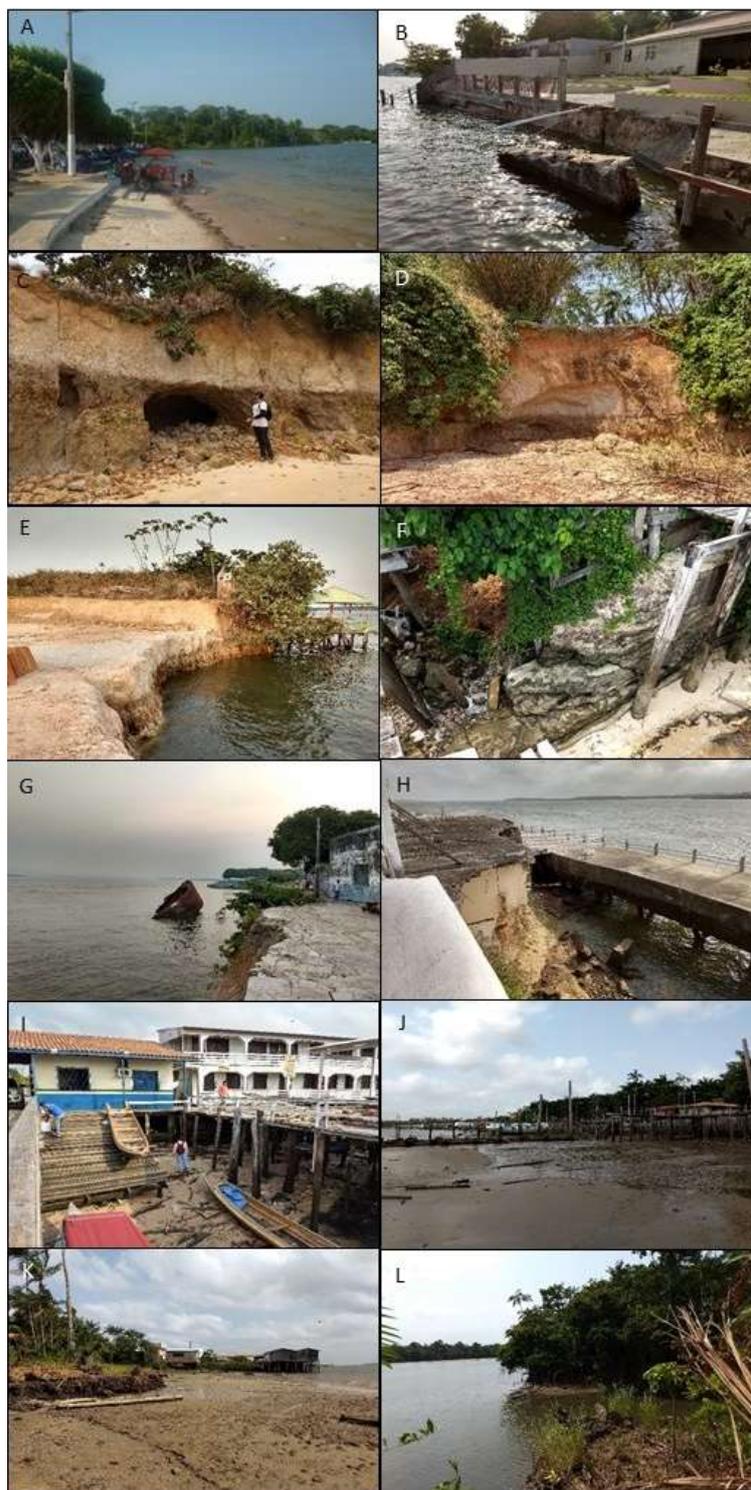


Figura 3: Fotos dos pontos da área de estudo a) ponto 1 faixa arenosa exposta durante a maré baixa; b) estrutura de contenção danificada no ponto 2; c) e d) escavação na base do talude nos pontos 3 e 4, respectivamente; e) solo exposto no ponto 5; f) estrutura de contenção em concreto madeira danificada no ponto 6; g) via interditada e navio afundado para tentar conter a erosão no ponto 7; h) estruturas de contenção sucessivas ineficientes no ponto 8; i) área com baixa declividade e casas ribeirinhas no ponto 9; j) e k) áreas planas com piers de madeira no ponto 10 e 11; respectivamente; l) áreas de baixo risco na desembocadura do rio Aricurá. Fotos: Ana Silva e Milena Andrade.



5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos com o uso das fichas de vulnerabilidade, susceptibilidade e de risco a erosão fluvial apresentaram semelhanças com os encontrados pelo Serviço Geológico do Brasil. Pôde-se notar diversas áreas com grande concentração urbana em que estão ocorrendo processos de erosão fluvial severa na margem do rio, ainda que estas apresentem estruturas de contenção diversas. O caso mais evidente foi identificado na região central da sede urbana de Cametá, ponto 8, onde foram realizadas diversas obras de contenção ao longo dos anos, como pilares e muros de pedra. Contudo estes exibem sinais de fragilidade estrutural como rachaduras, pilares inclinados e até o desmoronamento de parte da orla, evidenciando a ineficiência do controle da erosão por parte dessas estruturas de contenção.

Os segmentos de risco foram identificados em quatro pontos como muito alto e estão em uma área do rio mais côncava e com maior densidade urbana, sendo estes os fatores principais para o resultado obtido. Na área urbana mais da metade do uso e cobertura da terra total é coberto por vegetação nas partes localizadas ao norte e sul, e o centro possui uma área construída, constituída por residências e estabelecimentos comerciais localizados historicamente nesta região. A vulnerabilidade apresentou variações entre os graus baixo e muito alto, sendo que os pontos que obtiveram graus de maior peso coincidiram com os encontrados no mapa de risco. Pode-se dizer que a área urbana de Cametá está inserida em um local propenso a erosão fluvial, como foi visto nos resultados de susceptibilidade, nos quais foi identificado que a área estudada tem alta susceptibilidade em todos os pontos, classificando-as como áreas de erosão ou de erosão severa.

Apesar de não ter sido o objetivo do trabalho, é importante mencionar que estas áreas necessitam de estudos geotécnicos para uma maior compreensão da relação entre o processo erosivo e a estabilidade do talude. A necessidade de confecção de uma carta geotécnica para a área de estudo indicaria os locais do mais susceptíveis a erosão com base em critérios físicos além dos apontados neste estudo. O mapeamento geotécnico é um instrumento importante para o planejamento urbano.

A metodologia desenvolvida neste trabalho pode ser aplicada em outras áreas que apresentam sinais de erosão, para identificar o grau de risco de forma rápida e com baixo custo. É uma metodologia fácil de ser aplicada, não necessitando de uma grande quantidade de instrumentos técnicos, podendo se identificar as áreas em risco em campo e com ferramentas de geoprocessamento. Pode-se também atribuir outros parâmetros ao estudo que possam ter influência nos processos erosivos, para apresentar resultados mais precisos.

Dessa forma, o Protocolo de Avaliação Rápida (PARs) adaptado para a identificação de risco de erosão fluvial na metodologia deste trabalho pode ser um instrumento complementar de avaliação dos aspectos físicos das margens dos rios. Essa ferramenta pode ser adaptada e utilizada para o monitoramento ambiental e aplicada por acadêmicos ou técnicos que deterem instruções para a identificação das variáveis a serem observadas nas fichas de campo.

Este protocolo apesar de ter sido aplicado anteriormente em sistemas fluviais menores mostrou aplicabilidade em áreas na Amazônia. A atribuição de variáveis e distribuição dos pesos

deve contar com busca por referências sobre o local a ser estudado. Sendo que o trabalho de campo é fundamental para a coleta de dados e acurácia dos resultados.

Por fim uma limitação do estudo é a compreensão temporal da batimetria da área a partir de uma análise multitemporal, uma vez que esses dados auxiliariam no conhecimento da dinâmica fluvial e na localização de áreas mais susceptíveis aos processos de erosão. Conclui-se que as informações geradas nesse trabalho são aplicadas em estudos de planejamento urbano e ordenamento territorial evitando a construção em áreas de risco.

6. REFERÊNCIAS

- ANA (Agência Nacional das Águas). (2009): *Plano Estratégico de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica dos Rios Tocantins e Araguaia: Relatório Síntese*. Brasília: ANA.
- Andrade, M.M.N. de; Vilhena Junior, W. C. (2018): Mapeamento de unidades geoambientais do município de Cametá (Pará, Brasil). *Delos: desarrollo local sostenible*, v. 11, p. 1-15.
- Andrade, M. M. N. de; Andrade, A. S.; Bezerra, P.E. S. (2017): Índice de Vulnerabilidade aos Desastres Naturais no estado do Pará (Brasil). *Desarrollo Local Sostenible*, vol.10. n. 30, p.1-16.
- Bandeira, I.C.N.; Adamy, A.; Andretta, E.; Conceição, R.A.C.da.; Andrade, M.M.N de. (2018): Terras caídas: Fluvial erosion or distinct phenomenon in the Amazon? *Environmental Earth Sciences*, Março, 77:222.
- Bezerra, P.E.; Andrade, A. S.; Andrade, M.M.N. de. (2017): Análise multitemporal do rio Tocantins no município de Baião (Pará) após a construção da barragem da usina hidrelétrica de Tucuruí, *Interespaço: Revista de geografia e interdisciplinaridade*, vol. 4, n.12, p.174-185.
- Birkmann, J., (2006): Measuring vulnerability to promote disaster-resilient societies: Conceptual frameworks and definitions. In: Birkmann, J. (Ed.), *Measuring Vulnerability to Natural Hazards: Towards Disaster Resilient Societies*. United Nation University Press, New York, pp. 09–54.
- Carvalho, D. F.; Carvalho, A. C.; Oliveira, C. C. R. de. (2012): *Desenvolvimento Regional e a Dinâmica das Cidades na Amazônia paraense: uma abordagem histórica*. Centro de Pesquisas Econômicas da Amazônia. Belém: Universidade Federal do Pará, Julho, v. 1 n. 8, p. 1-41.
- Cerri, L. E. S; Amaral, C. P. Riscos Geológicos. In: Oliveira, A. M. S; Brito, S. N. A. (1998): *Geologia de Engelharia*. São Paulo: ABGE, pp. 301-310.
- Christofoletti, A. (1981): *Geomorfologia fluvial*. São Paulo: Ed. Edgard Blücher Ltda, 313 p.
- Cordovil, J. C. da S.; Cabral, V. A.; Mendes, R. W. F.; Farias, J. J. T.; Santos, K.G.; Carmo, J. C.; Silva, A. S.; Pereira, L. H.N. (2017): Extensão Universitária em uma Cidade Histórica na Amazônia: A Experiência dos Roteiros Geo-Turísticos na Cidade de Cametá-Pa. In: Padinha, M. R. (Org.) *Eguateam: Cametá, Amazônia, Brasil*. Cametá: UFPA, pp. 75-82.
- CPRM (Serviço Geológico do Brasil). (2013): Relatório de avaliação de risco a erosão fluvial na cidade de Cametá. Out. 24p.

- Dantas, M. E.; Teixeira, S. G. (2012): Origem das paisagens do Estado do Pará. In: João, J.; Silva, X.; Teixeira, S. G.; Fonseca, F. D. D. (org.). *Geodiversidade do Estado do Pará*. Belém: CPRM, pp. 23-52.
- Farias, A. L. L. de; Silva, J. X. Da; Goes, M. H. de B. (2003): Análise ambiental por geoprocessamento em áreas com susceptibilidade à erosão do solo na Bacia Hidrográfica do Ribeirão do Espírito Santo, Juiz de Fora (MG). *Caminhos de Geografia*, v. 4, n. 9, p.50-65.
- Fonseca, D.; Bandeira, I.; Marcelo, J. (2018): Utilização da hidrologia para compreender o processo de erosão fluvial (Terras caídas) em Cametá-PA. 2015. 15º Congresso brasileiro de geologia e engenharia ambiental. Disponível em: <<http://cbge2015.hospedagemdesites.ws/trabalhos/trabalhos/289.pdf>>. Acesso em: 20 de mar. de 2018.
- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). *Cidades: Cametá*. 2010. Disponível em <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/cameta/panorama>>. Acesso em: jan. 2018
- João, X.; Teixeira, S. G.; Fonseca, D. (2013): *Geodiversidade do estado do Pará*. Belém: CPRM, 262p.
- Leopold, L.B.; Clarke, F.S.; Hanshaw, B.; Balsley, J. R. (1971): A procedure for evaluating environmental impact. Washington: U. S. Geological Survey. 13p.
- Marques, R. O. (2017): *Erosão nas margens do Rio Amazonas: o fenômeno das terras caídas e as implicações para a cidade de Parintins – AM*. UFAM, Manaus, 174p.
- Ministério das Cidades. (2007): *Capacitação em mapeamento e gerenciamento de risco*. Brasília: Ministério das Cidades, 122p.
- Monteiro, J. S.; Padilha, D.G.; Cruz, J.C. (2016): Protocol of factors assessment influential in susceptibility to erosion of river slopes. *Revista Árvore*, v. 40, n. 5, p.815-823.
- Novo, E. M. L. de M. (2008): Ambientes fluviais. In: Florenzano, T. G. (Org.). *Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais*. São Paulo: Oficina de Textos, 318 p.
- Olímpio, J. L. S.; Zanella, M. E. (2017): Riscos naturais: conceitos, componentes e relações entre natureza e sociedade. *Revista Rae'ga o espaço geográfico em análise*, v.40, p. 94 -109.
- Parry, L.; Davies, G.; Almeida, O.; Frausin, G.; Moraes, A. de; Rivero, S.; Filizola, N.; Torres, P. (2017): Social Vulnerability to Climatic Shocks Is Shaped by Urban Accessibility. *Annals of the American Association of Geographers*, v. 108, n.1, pp.125-143.
- Pereira, D. M. (2012): Mapeamento de áreas de erosão e acreção no Rio Tocantins: Trecho compreendido entre sua foz e localidade de Cametá/PA. *Revista Geonorte*, v. 2, n. 4, p. 1573-1582.
- Quevedo, B. (2010): Poraquê a usina flutuante. *Corrente Contínua: a revista da Eletrobrás Eletronorte*, julho-Agosto, v. 33, n. 233, p. 4-9.
- Ribeiro, E. R. F.; Alencar, I. C. (2016): *Análise de risco da ocupação da Chicolândia em Abaetetuba – PA: uma proposta de gestão ambiental sustentável*. *Geosaberes*, v. 6, número especial (2), p. 110 – 121.

- Rodrigues, A. D. de L.; Castro, P. de T. A. (2008): Protocolos de Avaliação Rápida: Instrumentos Complementares no Monitoramento dos Recursos Hídricos. *RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 13, n. 1, p. 161-170.
- Rossetti, D.F. (2004): Paleosurfaces from northeastern Amazonia as a key for reconstructing paleolandscapes and understanding weathering products. *Sedimentary Geology*, v.169, p. 151-174.
- Silva JR., O.; Szlafsztein, C. (2010): Análise de risco como critério a gestão do território: um estudo do plano diretor do município de Alenquer (PA). *OLAM – Ciência e Tecnologia*, Rio Claro, SP. v.12, n.2, p. 143-170.
- Silva, A.; Neves, S.M.A. d S.; Neves, R.J. (2008): Sensoriamento remoto aplicado ao estudo da erosão marginal do rio paraguai: bairro São Miguel em Cáceres/MT-Brasil. *Revista Geográfica Acadêmica*, v. 2, n.3, p.19-27.
- Sugio, K.; Bigarella, J. J. (1990): *Ambientes fluviais*. Editora da Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis: EDUFSC, 181pp.
- Szlafsztein, C.; Sterr, H.; Lara R. (2006): Estratégias e medidas de proteção contra desastres naturais na zona costeira da região Amazônica, Brasil. *Terra Livre*, v. 1, n.26, p. 109-125.
- Tatumi, S.; Silva, L.P.; Pires, E.L.; Rossetti, D., Goes, A.M.; Munita, C.S. (2008): Datação de sedimentos Pós-Barreiras no Norte do Brasil: implicações paleogeográficas. *Revista Brasileira de Geociências*, v. 38, n.3, p.514-524.
- UNDP. (2004): *Reducing disaster risk: a challenge for development*. New York, USA: UNDP.
- Wisner, B.; Blaikie, P.; Cannon, T.; Davis I. (2004): *At Risk: Natural hazards, People's Vulnerability, and Disasters*, 2nd edn, London: Routledge, pp. 465.