

Análise de Vulnerabilidade Erosiva no Município de Paragominas – PA

Jessyca Fernanda dos Santos Duarte¹
Rebeca Suely Gabriella Soares Carneiro¹

¹Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
Caixa Postal 515 - 12227-010 - São José dos Campos - SP, Brasil
{jessyca.duarte; rebeca.carneiro}@inpe.br

Abstract. Erosion is responsible for considerable losses of fertile soils that may be irrecoverable, causing major environmental damage and economy loss. The Paragominas city is susceptible to erosion risks due to grain monoculture practices, intense mechanization and urban growth. Thus, a city's analysis of erosive susceptibility was performed considering the variables: pedology, vegetation, geology, declivity, land use and occupation, and climate. Such factors are essential for the analysis of natural and environmental vulnerability, resulting in the generation of three scenarios of susceptibility. The results showed that low erosion risk in the scenario of natural vulnerability predominates in Paragominas, with approximately 53% of area; and in the scenario of environmental vulnerability there is predominance of very low risk to erosion, with approximately 43% of the area. However, it was observed that medium and high risk presented next to urban and agricultural areas due to lack of vegetation and adequate planning absence.

Key-words: erosion, geoprocessing, map algebra, SIG

1. INTRODUÇÃO

O avanço da fronteira agrícola e a consolidação de atividades produtivas em determinadas áreas na Amazônia são modificações que podem ser percebidas com maior evidência, em especial, no Estado do Pará. Há aproximadamente quatro décadas, o estado paraense sofre profundas intervenções em relação à ocupação de seu espaço e dos sistemas produtivos implantados, em específico no Município de Paragominas.

O cultivo de grãos no município de Paragominas, sobretudo da soja, é responsável por grande parte da produtividade no Brasil. No entanto, segundo Alves *et al.* (2014), o município se diferencia muito dos demais da região no que se refere à forma de se fazer agricultura e no aparelhamento das propriedades, visto que é normal encontrar produtores utilizando alto nível tecnológico. Contudo, semelhante às áreas cultivadas com grãos na Amazônia, neste município se pratica o sistema de cultivo convencional ou tradicional. Este é caracterizado pela intensiva utilização da mecanização e do monocultivo, deixando, na maioria das vezes, o solo exposto, e tendo como consequências a perda de matéria orgânica e a erosão.

De acordo com Weill e Pires Neto (2007), os principais fatores condicionantes da aceleração do processo erosivo em áreas agrícolas, provocados pelo homem, incluem a retirada da vegetação natural para a implantação dos agrossistemas e demais usos, o manejo incorreto dos solos produtivos, a exploração inadequada de terras marginais, a pressão de ocupação da terra por usos competitivos, o uso intensivo das terras com potencial natural de erosão elevado e, sobretudo, a falta de planejamento da ocupação.

O uso intensivo da terra para promover o cultivo de culturas agrícolas continuamente por meio do uso de maquinários pesados para tratos culturais, como aração e dragagem, torna o solo desgastado, levando o mesmo à erosão. De acordo com a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM (2017), a erosão pode ser definida como o conjunto de processos que promovem a retirada e deslocamento de materiais oriundos do intemperismo, tendo como principais agentes a água, o vento e o gelo, resultando no desgaste do relevo. Tais materiais transportados são denominados como sedimentos e ao passarem pelo processo chamado diagênese, que leva a compactação e cimentação dos sedimentos formando os depósitos sedimentares, os quais dão origem às rochas sedimentares. A erosão é responsável pela perda anual de toneladas de solo fértil, devido a práticas inadequadas de ocupação e manejo do solo.

Outro fator limitante é o clima, que controla o intemperismo diretamente, através da precipitação pluviométrica e da temperatura de uma região, e também indiretamente através dos tipos de vegetação que poderão cobrir a paisagem. A erosão, produto final desta interação chuva/solo é, portanto, uma resultante do poder da chuva em causar erosão e da capacidade do solo em resistir à erosão. O potencial da chuva em aumentar riscos de erosão é função de suas características físicas (CREPANI *et al.*, 2001).

Segundo Cutter (2003), a susceptibilidade erosiva, ou também chamada de vulnerabilidade natural, é o conjunto de técnicas para adotar medidas que possam diminuir ameaças a partir do planejamento de métodos, analisando casos como situações suscetíveis a ameaças ambientais e externalidades. A análise da vulnerabilidade natural é detectada a partir de fatores como tipos de solo, cobertura

vegetal, erosividade e tipos de relevo que indicam se a área apresenta maior ou menor predisposição à erosão.

A vulnerabilidade ambiental é a menor ou maior susceptibilidade erosiva de um ambiente provocado pelo impacto das atividades antrópicas, como por exemplo, a agropecuária e a expansão urbana. Os autores Klais *et al.* (2012) citam que a vulnerabilidade natural está relacionada à predisposição do ambiente de reagir a fatores naturais relacionados à morfogênese e à pedogênese, enquanto que a vulnerabilidade ambiental é intensificado pela pressão antrópica. Sob esta mesma perspectiva, Santos (2014) afirma que os estudos que envolvem as vulnerabilidades, natural e ambiental, necessitam que sejam analisadas de forma integrada, tanto dos fatores do meio físico a fim de determinar a vulnerabilidade natural, quanto dos elementos naturais associados ao antropismo para a identificação da vulnerabilidade ambiental.

O geoprocessamento é o conjunto de técnicas que permite a manipulação de dados geográficos, viabilizando a análise e a representação dos fenômenos da natureza. O Sistema de Informações Geográficas (SIG) é uma das ferramentas mais utilizadas no âmbito do geoprocessamento, auxiliando o planejamento socioeconômico e ambiental por meio de um ambiente digital. Deste modo, o presente trabalho tem por objetivo utilizar técnicas de Geoprocessamento para estimar áreas que apresentam risco à erosão por meio da análise de vulnerabilidade ambiental e natural no município de Paragominas, Pará.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

O Município de Paragominas está localizado no nordeste do Estado do Pará, entre as coordenadas geográficas 2° 25' e 3° 48' de latitude sul e 46° 25' e 48° 53' de longitude oeste, a 310 Km de Belém (Figura 1).

Figura 1. Mapa de localização da área de estudo.



Fonte: elaborado pelos autores (2017).

2.2 Aspectos fisiográficos do município

2.2.1 Clima

O clima é mesotérmico e úmido, possuindo uma temperatura média anual elevada, em torno de 25° C. Segundo a Köppen e Geiger, o clima é classificado como Am, sendo que o período mais quente, com médias mensais em torno de 25,5° C, coincide com os meses de primavera no hemisfério sul, e as temperaturas mínimas diárias de 20° C, ocorrem nos meses de inverno no referido hemisfério (junho a agosto). Seu regime pluviométrico fica geralmente entre 2.250 mm e 2.500 mm anuais. As chuvas, apesar de regulares, não se distribuem igualmente durante o ano, sendo de janeiro a junho sua maior concentração (cerca de 80%), implicando em grandes excedentes hídricos e, conseqüentemente, grandes escoamentos superficiais e cheias dos rios. A umidade relativa do ar fica em torno de 85% (Projeto RADAMBRASIL, 1973a).

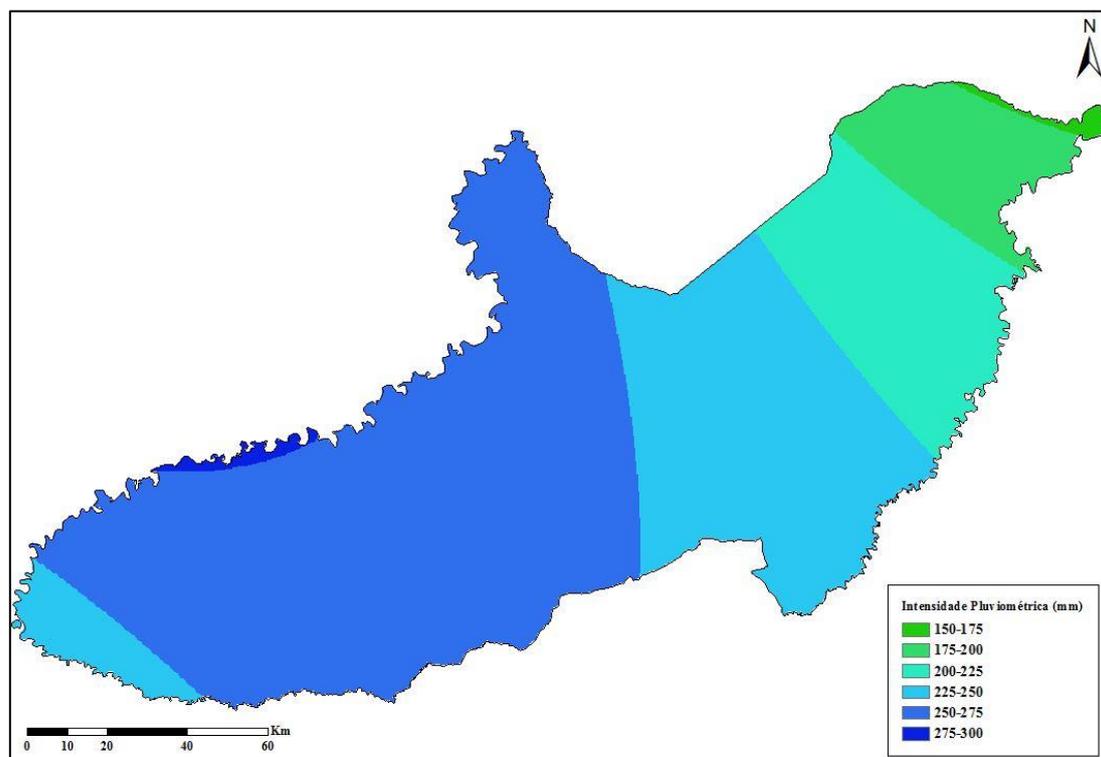
Para gerar o dado de precipitação média do município foi necessário realizar a interpolação de 5 estações pluviométricas convencionais próximas ao município, por meio do método de Interpolação pela Ponderação do Inverso da Distância (IDW), sendo as grades de 30x30 metros, em seguida, o raster de pluviosidade foi reclassificado em intervalos com atribuição dos pesos de acordo com Crepani *et al.* (2001). A atribuição de pesos para cada intensidade pluviométrica média anual para o município está exposta no quadro 1, enquanto o resultado deste processo pode ser observado na figura 2.

Quadro 1. Pesos de vulnerabilidade segundo o clima.

Intensidade Pluviométrica (mm)	Peso
150-175	1.5
175-200	1.6
200-225	1.7
225-250	1.8
250-275	1.9
275-300	2

Fonte: adaptado de Crepani *et al.* (2001)

Figura 2. Precipitação média anual referente ao ano de 2014 em Paragominas.



Fonte: elaborado pelos autores (2017).

2.2.2 Vegetação

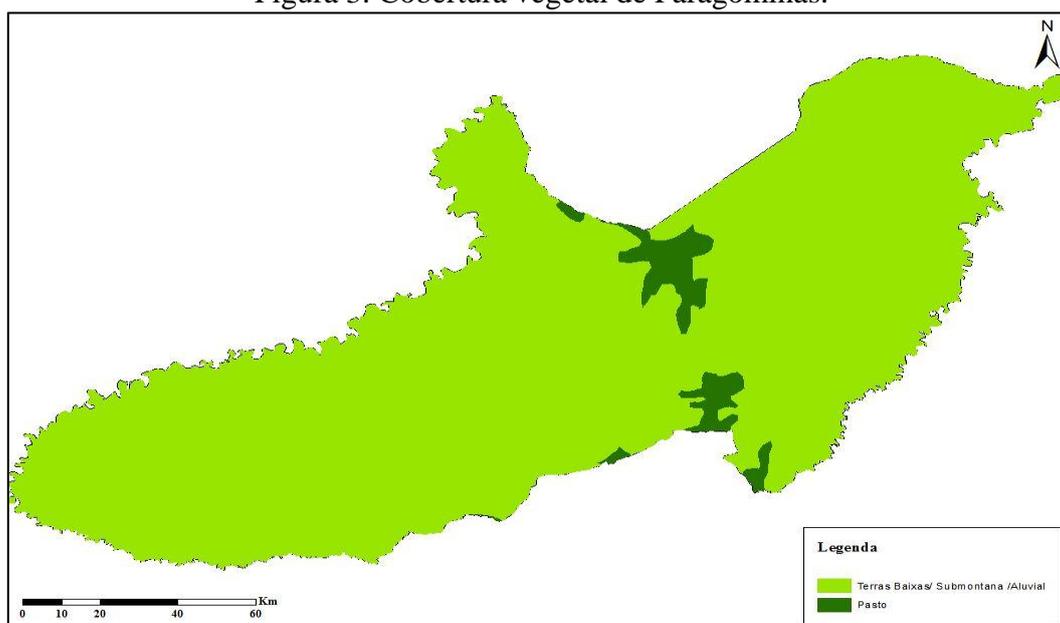
A vegetação natural é representada pela floresta equatorial subperenifólia densa submontana, floresta equatorial subperenifólia densa de terras baixas e floresta equatorial perenifólia densa aluvial (EMBRAPA, 1988; IBGE, 1992; Silva, 1997). Os constantes desmatamentos provocados pelo avanço da agropecuária e exploração madeireira na região reduziram as grandes áreas cobertas pela floresta original. Segundo IBGE (1992), essas áreas atualmente são dominadas por extensas áreas de Sucessão Secundária ou regeneração nos seus diversos estágios de desenvolvimento (Mata Secundária). Os pesos de vulnerabilidade atribuídos pra cada subclasse de vegetação existentes na área de estudo podem ser observados no quadro 2, enquanto a reclassificação do raster de vegetação está presente na figura 3.

Quadro 2. Pesos de vulnerabilidade segundo o clima.

Vegetação	Peso
Submontana	1
Aluvial	1
Terras Baixas	1
Pasto	2.9

Fonte: adaptado de Crepani *et al.* (2001).

Figura 3. Cobertura vegetal de Paragominas.



Fonte: elaborado pelos autores (2017).

2.2.3 Geomorfologia

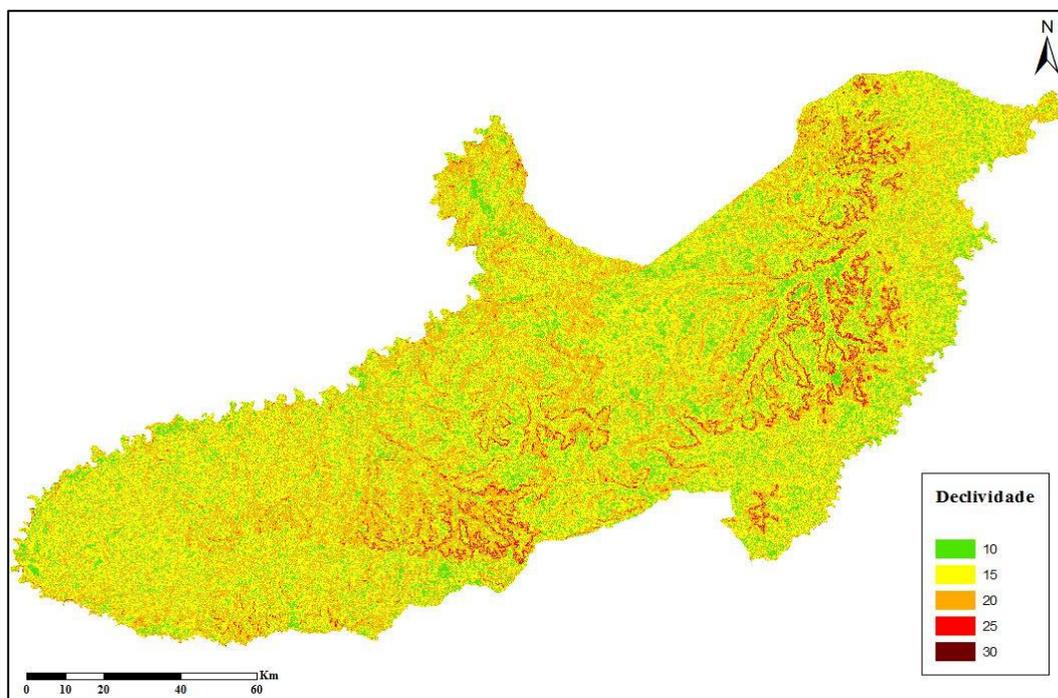
A região possui uma topografia com níveis altimétricos apresentando pouca variação, as quais se encontram em cotas mais elevadas que a média dos municípios da Microrregião de Paragominas. O relevo apresenta tabuleiros relativamente elevados e aplainados, formas colinosas fortemente dissecadas em formações sedimentares. Morfoestruturalmente a região faz parte da unidade que se convencionou chamar de Planalto Sul do Pará/Maranhão (Projeto RADAMBRASIL, 1973b). Os pesos de vulnerabilidade para tipos de relevo estão apresentados no quadro 3, enquanto o mapa de declividade pode ser observado na figura 4.

Quadro 3. Pesos de vulnerabilidade segundo a declividade.

Declividade (%)	Peso
<2	1
2-6	1.5
6-20	2
20-50	2.5
>50	3

Fonte: adaptado de Crepani *et al.* (2001).

Figura 4. Declividade do terreno.



Fonte: TOPODATA/SRTM.

2.2.4 Geologia

A geologia regional mostra predomínio das formações sedimentares do Cretáceo e Terciário que ocupam grande parte da área recobrimdo os gnaisses, granitos, anfibolitos e pegmatitos do Pré-Cambriano Indiviso e os sedimentos metamorfizados do Grupo Gurupi (Projeto RADAMBRASIL, 1973c). Sobreposta ao Grupo Gurupi, de forma discordante, ocorre a Formação Itapecuru (Cretáceo), constituída predominantemente de arenitos finos, caulínicos, argilitos laminados e calcários margosos fossilíferos, com intercalações de leitos de siltitos e folhelhos e conglomerados basais contendo seixos de basalto alterado. A Formação Ipixuna, sobreposta a Formação Itapecuru, apresenta sedimentos arenosos, com estratificação cruzada tangencial de médio/pequeno porte, rico em caulim, de cor branca e argilitos avermelhados subordinados que mostram uma similaridade com os sedimentos da Formação Itapecuru (BRASIL, 2000), o que levou Góes (1981) a admitir que a Formação Ipixuna pode ser uma das fácies da Formação Itapecuru.

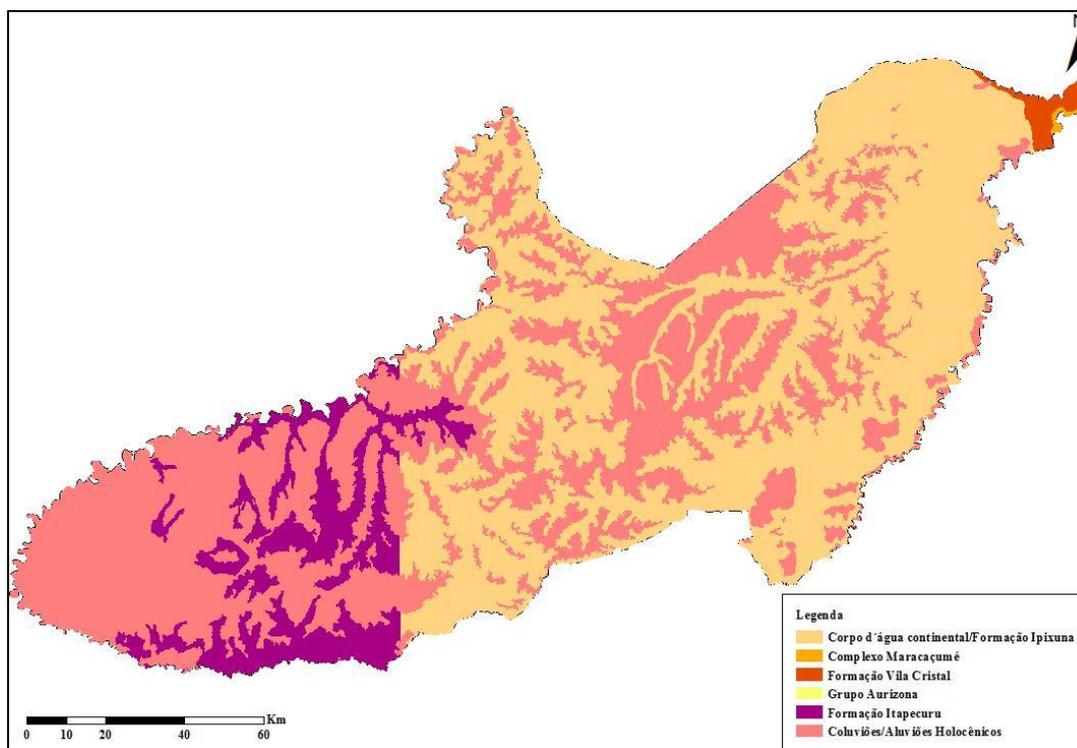
Sobreposta a Formação Ipixuna ocorre uma Cobertura Detrítico Laterítica composta por uma crosta laterítica-bauxítica, argilas caulíníticas e arenitos argilosos às vezes conglomeráticos, que aparece nas partes topográficas mais elevadas na forma de platôs descontínuos. Localmente, junto aos cursos d'água mais importantes, ocorrem Depósitos Aluvionares Inconsolidados recentes constituídos por cascalhos, areias e argilas (CPRM, 2000). A atribuição dos pesos para subtipos de grupos geológicos na região podem ser observados no quadro 4 e na figura 5.

Quadro 4. Pesos de vulnerabilidade segundo a geologia.

Geologia	Peso
Aluviões Holocênicos	3
Coluviões Holocênicos	3
Formação Itapecuru	2.7
Formação Vila Cristal	1.7
Formação Ipixuna	3
Grupo Aurizona	1.8
Complexo Maracaçumé	1.3
Corpo d'Água Continental	3

Fonte: adaptado de Crepani *et al.* (2001)

Figura 5. Mapa de Geologia de Paragominas.



Fonte: elaborado pelos autores (2017).

2.2.5 Solos

Os pesos de vulnerabilidade para cada tipo de solo estão no quadro 5. De acordo com a EMBRAPA (2002) os tipos de solos predominantes (figura 6) na região, originados de rochas sedimentares do Terciário e Quaternário, apresentam baixa fertilidade natural e boas propriedades físicas, são:

- a) *Latossolos Amarelos*: profundos, dissaturados e bem drenados, apresentam textura média a muito argilosa, podem ser encontrados em áreas com relevo plano a ondulado.
- b) *Argissolos Amarelos*: compreendem solos formados por material com argila de atividade baixa. A textura é arenosa a média. São bem drenados e muito profundos, podendo ter concreções lateríticas, formando camadas ou dispersas, ocorrendo em áreas com relevo plano a ondulado.

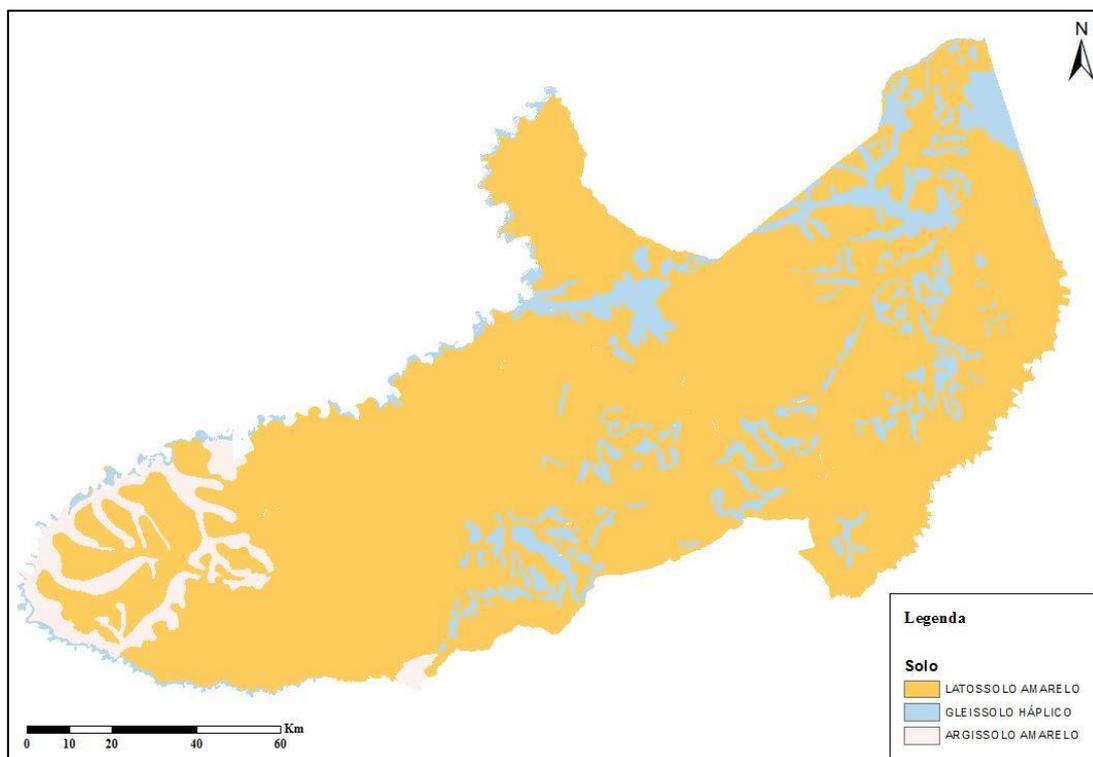
c) *Gleissolos Háplicos*: são solos periodicamente ou permanentemente saturados com água e se desenvolvem a partir de sedimentos recentes nas proximidades dos cursos d'água e em materiais colúvio-aluviais sujeitos a condições de hidromorfismo. A textura é argilosa e ocorrem em relevo plano.

Quadro 5. Pesos de vulnerabilidade segundo o solo.

Solos	Peso
Latossolo	1
Gleissolo	3
Argissolo	2

Fonte: adaptado de Crepani *et al.* (2001).

Figura 6. Pedologia de Paragominas.



Fonte: elaborado pelos autores (2017).

A porção nordeste do município não foi mapeada pela avaliação de aptidão agrícola da Embrapa, pois esta região apresenta restrição por condições agroambientais, devido à existência de uma área de terra indígena.

2.2.6 Uso e Ocupação do Solo

Os dados de uso e ocupação do solo foram adquiridos a partir do Terraclass, referente ao ano de 2014. O Terraclass é um projeto com parceria entre INPE e EMBRAPA, que permite qualificar o uso da terra na área da Amazônia Legal, com base nas áreas mapeadas desflorestadas pelo PRODES com o auxílio de imagens de satélite obtendo resultados a cada dois anos, com seus primeiros resultados a partir do ano de 2008. A classificação do Projeto TC se dá por meio de 16 classes temáticas: *Agricultura Anual, Área Urbana, Área não Observada, Hidrografia, Floresta, Mosaico de Ocupações, Não Floresta, Outros, Pasto Limpo, Pasto Sujo, Pasto com Solo Exposto, Regeneração com Pasto, Vegetação Secundária e Desflorestamento.*

Em Paragominas, são encontradas apenas cinco classes, que podem ser observadas no quadro 6 juntamente aos seus respectivos pesos de vulnerabilidade.

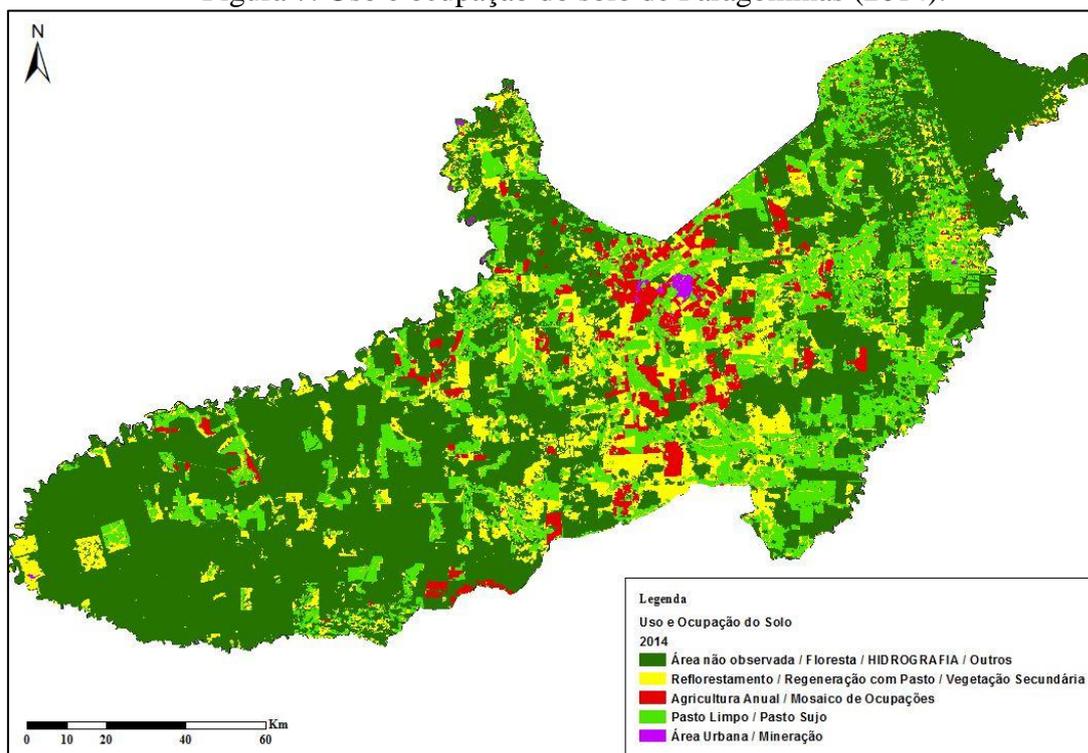
Quadro 6. Pesos de vulnerabilidade segundo o uso e ocupação do solo.

Uso e Ocupação do Solo	Peso
Área Urbana	3
Mineração	3
Mosaico de Ocupações	2.6
Pastagens	2.9
Vegetação Secundária	1.5
Agricultura	2.6
Reflorestamento	1.5
Regeneração com Pasto	1.5
Área não-observada	1
Floresta	1
Hidrografia	1

Fonte: adaptado de Crepani *et al.* (2001)

As classes de mesmo peso foram agrupadas em novas por meio da reclassificação matricial a qual poder ser observada na figura 7.

Figura 7. Uso e ocupação do solo de Paragominas (2014).



Fonte: elaborado pelos autores (2017).

2.3 Aquisição de dados

O conjunto de dados utilizados foi obtido gratuitamente através de órgãos governamentais brasileiros, as informações das bases cartográficas estão dispostas nos quadros 7 e 8. Adquirimos dados que foram mapeados em escalas iguais ou aproximadas, para uma representação mais fiel à realidade.

Quadro 7. Banco de dados geográficos.

DADOS	FORMATO	FONTE	ESCALA / RESOLUÇÃO ESPACIAL	ANO	DATUM
Limite Municipal	Vetorial	IBGE	1:250000	2013	WGS-84
Geologia	Vetorial	RADAM (IBGE)	1:250000	2004	WGS-84
Pedologia	Vetorial	EMBRAPA	1:250000	2016	SIRGAS 2000
Vegetação	Vetorial	IBGE	1:250000	2013	WGS-84
Imagem SRTM	Matricial	TOPODATA	30 m	-	WGS-84
Clima	Texto	INMET	-	2014	LCC
TerraClass	Vetorial	INPE	1:250000	2014	SAD-69

Fonte: elaborado pelos autores (2017).

Quadro 8. Informações das estações pluviométricas.

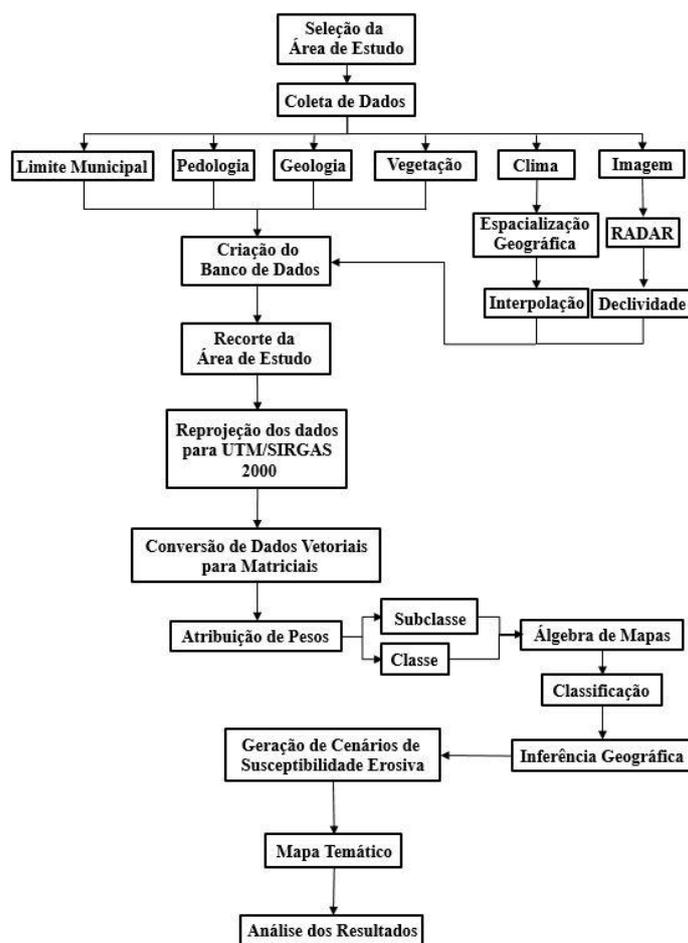
Estações Pluviométricas Convencionais				
Nome	Código (OMM)	Longitude	Latitude	Responsável
Belém	82191	-48,43	-1,43	INMET
Cametá	82263	-49,50	-2,25	INMET
Marabá	82562	-49,13	-5,36	INMET
Tracuateua	82145	-46,90	-1,06	INMET
Tucuruí	82361	-49,66	-3,76	INMET

Fonte: elaborado pelos autores (2017).

2.4 Procedimentos metodológicos

As etapas realizadas no presente trabalho estão dispostas no fluxograma metodológico (figura 8).

Figura 8. Fluxograma metodológico.



Fonte: elaborado pelos autores (2017).

Inicialmente, foi feita a reprojeção cartográfica das variáveis, e posteriormente fez-se a conversão dos dados vetoriais para matriciais, para pixel de 30 metros. Em seguida, foi realizada a álgebra de mapas baseada nas metodologias de Crepani *et al.* (2001) e Grigio *et al.* (2004), as quais permitem analisar a vulnerabilidade natural por meio das variáveis: solo, geologia, vegetação e declividade. Para avaliar a vulnerabilidade ambiental, acrescenta-se o uso e ocupação do solo ao conjunto das variáveis citadas anteriormente.

2.4.1 Álgebra de mapas

Segundo Santos (2010), a álgebra de mapas corresponde a uma técnica relacionada a procedimentos matemáticos, cartográficos e espaciais, com o objetivo de gerar mapas complexos.

2.4.2 Classificação

A classificação foi baseada no método proposto por Crepani *et al.* (2001), em que é possível verificar os diferentes graus de vulnerabilidade, variando do muito baixo ao muito alto, conforme a figura 9.

Figura 9. Graus de vulnerabilidade.

MÉDIA		GRAU DE VULNERABILIDADE	
VULNERABILIDADE ↓	1,0 – 1,3	↑ ESTABILIDADE	<i>Muito Baixa</i>
	1,4 – 1,7		<i>Baixa</i>
	1,8 – 2,2		<i>Média</i>
	2,3 – 2,6		<i>Alta</i>
	2,7 – 3,0		<i>Muito Alta</i>

Fonte: adaptado de Crepani *et al.* (2001)

2.4.4 Geração de Cenários

Para avaliar a sensibilidade do modelo, foi conveniente gerar cenários alternativos de susceptibilidade à erosão sob a perspectiva de diferentes hipóteses, quanto aos dados e pesos atribuídos. Utilizamos o cálculo a partir da média ponderada para a geração de todos os cenários apresentados no quadro 10.

Quadro 10. Tipos de cenários elaborados.

Cenário	Variáveis	Pesos
Susceptibilidade erosiva natural	Geologia	2
	Vegetação	2
	Pedologia	2
	Declividade	4
Susceptibilidade erosiva ambiental	Geologia	1
	Vegetação	1
	Pedologia	1
	Declividade	2
	Uso e Ocupação	5
Susceptibilidade erosiva sob a influência climática	Geologia	1
	Vegetação	1.5
	Pedologia	1.5
	Declividade	4
	Clima	2

Fonte: adaptado de Crepani *et al.* (2001) e Grigio *et al.* (2004).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a geração de cenários, foram calculadas as áreas de cada classe em quilômetros quadrados e seus percentuais. É possível observar que a maior parte do município apresenta graus de baixo e médio risco à erosão nos cenários avaliados. No entanto, no cenário de vulnerabilidade ambiental houve um incremento de aproximadamente 9% do total da área de estudo no grau de alto risco, em relação à vulnerabilidade natural. Isto se deve a expansão do uso e ocupação do solo por atividades antrópicas intensas, muitas vezes de forma desordenada e não sustentável. Os resultados estão no quadro 11.

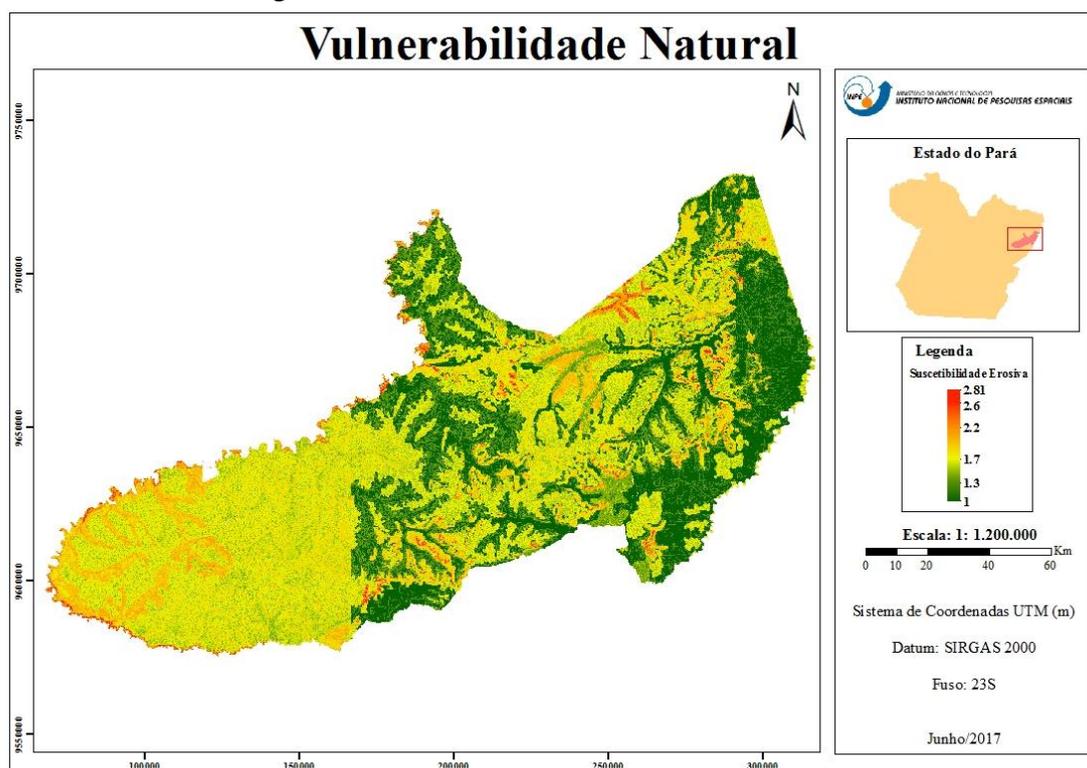
A figura 10 representa a combinação das variáveis do meio físico que são responsáveis pela susceptibilidade natural dos solos. Nota-se que os locais que abrangem hidrografia são mais susceptíveis à erosão do solo, por este motivo que requer a preservação de matas ciliares para evitar o assoreamento dos rios.

Quadro 11. Quantificação das classes de vulnerabilidade.

Vulnerabilidade Natural			Vulnerabilidade Ambiental		Vulnerabilidade: Clima	
Classe	Área (km ²)	%	Área (km ²)	%	Área (km ²)	%
Muito baixa	4143,38	22,645	7979,39	43,621	791,13	4,345
Baixa	9756,32	53,323	5273,12	28,827	13255,90	72,797
Média	4221,63	23,073	3217,29	17,588	4141,57	22,744
Alta	174,08	0,951	1818,39	9,941	20,92	0,115
Muita alta	1,31	0,007	4,27	0,023	--	--

Fonte: Elaborado pelos autores (2017).

Figura 10. Cenário de Vulnerabilidade Natural.



Fonte: Elaborado pelos autores (2017).

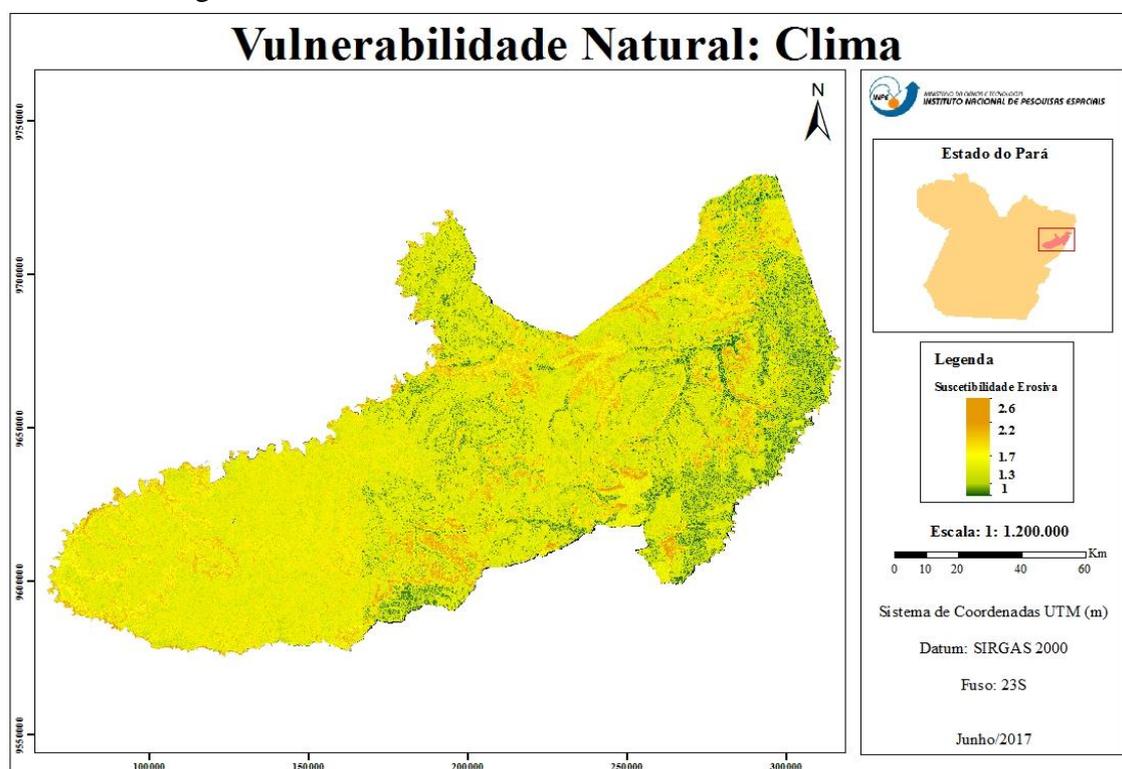
A análise de vulnerabilidade natural evidenciou que, através da combinação de variáveis como o grupo geológico de coluviões/aluviões holocênicos, a ausência de cobertura vegetal natural, o tipo pedológico gleissolo e a declividade do terreno,

contribuem para graus de vulnerabilidade médio e alto ao longo do município. Em contrapartida, as áreas que apresentaram menor risco à erosão devem-se possivelmente à presença de florestas, terrenos planos e estruturas pedológicas favoráveis.

O cenário analisado sob a influência da intensidade pluviométrica na região de estudo (figura 11) demonstrou alterações significativas na escala de vulnerabilidade entre muito baixo a baixo risco à erosão, apresentando um aumento de cerca de 20% se comparado ao cenário com ausência do clima na análise.

Nos dois cenários de vulnerabilidade natural, com e sem influência climática, foi fixado o parâmetro declividade, sendo seu valor de peso constante. Desta forma, com a adição da chuva na análise, demonstrou que o clima não é o principal fator que provoca a perda dos solos em Paragominas, e sim a topografia do terreno. Isto pode ser explicado pelo fato dos períodos seco e chuvoso no município serem bem definidos, não causando impacto significativo sobre os solos cobertos por vegetação.

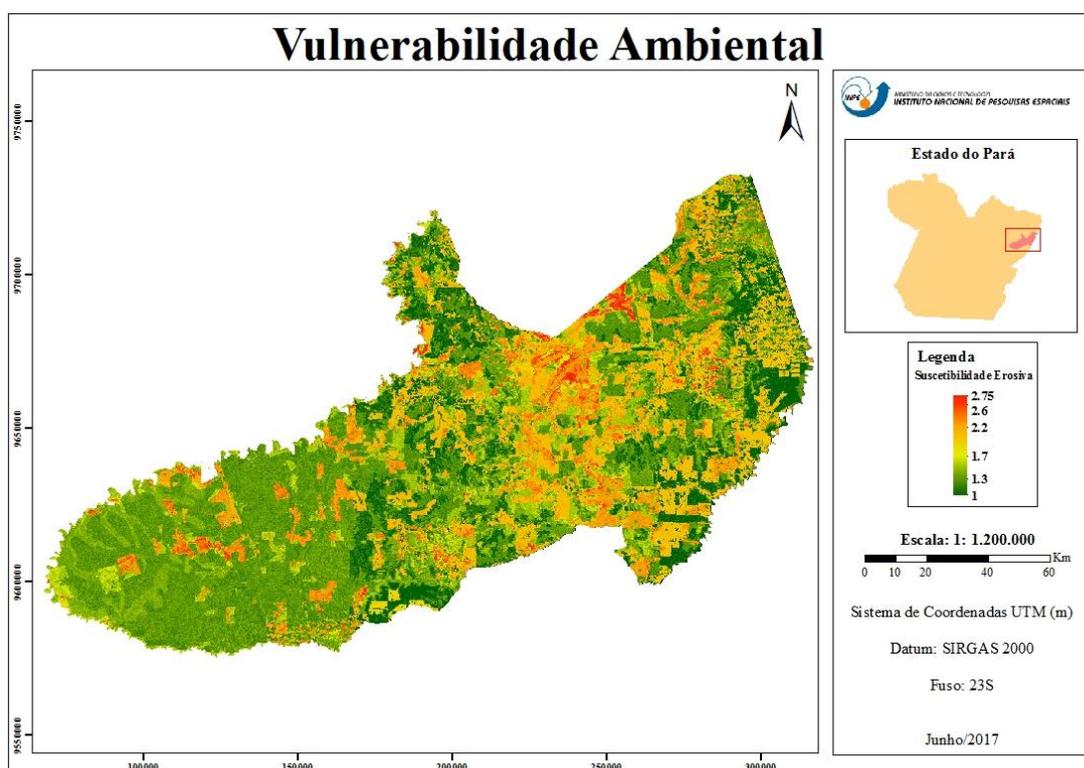
Figura 11. Vulnerabilidade natural sob a influência do clima.



Fonte: Elaborado pelos autores (2017).

O cenário de suscetibilidade ambiental (Figura 12) foi o que apresentou maior grau de alto risco à erosão devido a variável de uso e ocupação do solo, visto que a expansão urbana desordenada e a presença de pastagens e cultivos agrícolas contribuem para a degradação dos solos. Segundo Crepani *et al.* (2001), esta variável causa maior impacto no solo em relação as demais.

Figura 12. Vulnerabilidade ambiental.



Fonte: Elaborado pelos autores (2017).

4. CONCLUSÕES GERAIS

Dentre os cenários avaliados, a vulnerabilidade ambiental apresentou maior grau de suscetibilidade erosiva devido a variável de uso e ocupação do solo. No cenário de vulnerabilidade natural, os fatores fisiográficos do município não são propícios a erosividade. Destaca-se que, o fator clima no cenário natural não provocou impacto significativo sobre o solo devido à presença de cobertura vegetal.

Em virtude do uso de técnicas de geoprocessamento e ferramentas SIG, o objetivo foi alcançado, permitindo o mapeamento de riscos à erosão no município de

Paragominas (PA) em média escala, demonstrando a eficiência do modelo de álgebra de mapas para estudos ambientais. Ressalta-se que, para realizar uma análise mais consistente seria relevante a obtenção de dados mais recentes para fins comparativos, além de validar as informações geradas com verdades terrestres.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, L. W. R.; CARVALHO, E. J. M.; SILVA, L. G. T. **Diagnóstico agrícola do município de Paragominas, PA**. Embrapa Amazônia Oriental. Belém-PA, 2014, p. 26.

CPRM. Serviço Geológico do Brasil. Disponível em: <<http://www.cprm.gov.br/publique/Redes-Institucionais/Rede-de-Bibliotecas---Rede-Ametista/Canal-Escola/O-Intemperismo-e-a-Erosao-1313.html>> Acesso em: 15 de maio de 2017.

CREPANI, E. *et. al.*, Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento aplicados ao Zoneamento Ecológico-Econômico e ao Ordenamento Territorial. INPE. São José dos Campos, jun de 2001.

Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM).Serviço Geológico do Brasil. **Programa de levantamentos geológicos básicos do Brasil**. São Luis SW/NW, folhas SA.23-V e SA.23-Y. Estados do Pará e Maranhão. Escala 1:500.000. – Brasília, 2000.

CUTTER, S.; BORUFF, B.; SHIRLEY, L. **Social Vulnerability to Environmental Hazards**. Social Quarterly. v. 84, n.1, p.242-261, 2003.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA).Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, (Rio de Janeiro, RJ). **Definição e notação de horizontes e camadas do solo**. Rio de Janeiro, 1988. (EMBRAPA – SNLCS, Documentos, 3).

Empresa Brasileiro de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA).Centro de Pesquisa Agroflorestal da Amazônia Oriental. **Caracterização e avaliação da potencialidade dos solos do Município de Paragominas-Estado do Pará**. Belém-Pará, 2002.

Góes, A.M. **Estudos sedimentológicos dos sedimentos Barreiras, Ipixuna e Itapecuru, no norte do Pará e noroeste do Maranhão**. 1981. Dissertação (Mestrado Núcleo de Ciências as Geofísicas e Geológicas – UFPa) - Belém, UFPa.NCGG, 1981.

KLAIS, T. B. A.; DALMAS, F. B.; MORAIS, R. P; ATIQUE, G.; LASTORIA, G.; FILHO, A. C. P.: Vulnerabilidade natural e ambiental do município de Ponta Porã, Mato Grosso do Sul, Brasil. **Revista Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science**: v. 7, n.2, 2012.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Delegacia do Pará. **Produção e rendimento total do Estado do Pará**. Belém, 1988.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Manual técnico da vegetação brasileira**. nº 1, Rio de Janeiro, 1992. Manuais técnicos em geociências.

PALMEIRA, A. L. **Técnicas de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento Aplicadas à Gestão do Território do Município de Paragominas (Estado do Pará)**. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, SP, 2004, 270p.

Projeto Radambrasil. **Levantamento de Recursos Naturais**. Folhas SA.23/24. São Luiz/Fortaleza, Rio de Janeiro, RJ, 1973a.

Projeto Radambrasil. **Geomorfologia**. Folhas SA.23/24. São Luiz/Fortaleza, Rio de Janeiro, RJ, 1973b.

Projeto Radambrasil. **Geologia**. Folhas SA.23/24. São Luiz/Fortaleza, Rio de Janeiro, RJ, 1973c.

SANTOS, A.A., **Geoprocessamento Aplicado à Identificação de Áreas de Fragilidade Ambiental no Parque Estadual da Serra do Rola Moça**. Monografia apresentada ao curso de Especialização em Geoprocessamento do Departamento de Cartografia do Instituto de Geociências da Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2010.

SANTOS, M. F. S. **Geoprocessamento aplicado ao estudo da vulnerabilidade ambiental na Serra da Calçada-MG**. Monografia (Especialização em Geoprocessamento) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, 2014, 45 p.

Silva, R. C. **Contribuições do levantamento de solos à caracterização dos sistemas naturais e ambientais na região de Paragominas - Estado do Pará**. 1997. 107p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias do Pará-FCAP, Belém, 1997.

WEILL, M. A. M.; PIRES NETO, A. G. Erosão e assoreamento. In: SANTOS, R. F. (org.). **Vulnerabilidade ambiental**. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2007. cap. 4, p. 39-58.