

## **GEOTECNOLOGIAS APLICADAS AO MAPEAMENTO DA VULNERABILIDADE AMBIENTAL: ESTUDO DE CASO DO MUNICÍPIO DE PARAUPEBAS, SUDESTE PARAENSE**

*Geotechnologies applied to the mapping of environmental vulnerability: The case study of the municipality of Parauapebas, southeast of the Pará State*

**Tailane Kely Costa Drago**

**Universidade Federal Rural da Amazônia**

Instituto Ciberespacial

Av. Presidente Tancredo Neves, Nº 2501, Bairro: Terra Firme, Belém/PA

tailane\_drago@hotmail.com

**Felicia França Pereira**

**Universidade Federal Rural da Amazônia**

Instituto Ciberespacial

Av. Presidente Tancredo Neves, Nº 2501, Bairro: Terra Firme, Belém/PA

felicia.franca@hotmail.com

**Jones Remo Barbosa Vale**

**Universidade Federal Rural da Amazônia**

Instituto Ciberespacial

Av. Presidente Tancredo Neves, Nº 2501, Bairro: Terra Firme, Belém/PA

jonesremo@hotmail.com

**Jonathan Silva Da Costa**

**Universidade Federal Rural da Amazônia**

Instituto Socioambiental e dos Recursos Hídricos

Av. Presidente Tancredo Neves, Nº 2501, Bairro: Terra Firme, Belém/PA

[jonathansilvacosta@gmail.com](mailto:jonathansilvacosta@gmail.com)

**Jamer Andrade da Costa**

**Universidade Federal Rural da Amazônia**

Instituto Ciberespacial

Av. Presidente Tancredo Neves, Nº 2501, Bairro: Terra Firme, Belém/PA

jamer@terra.com

### **Resumo:**

Os monitoramentos de áreas vulneráveis vêm sendo desenvolvidos mediante a análises ambientais aplicando técnicas de geoprocessamento que permitem especializar riscos auxiliando no planejamento urbano e na proposição de medidas preventivas. O município de Parauapebas está localizado na mesorregião do sudeste paraense, apresentando uma topografia com grande variação principalmente na Serras dos Carajás, O objetivo do

trabalho é diagnosticar as áreas ambientalmente vulneráveis no município de Parauapebas utilizando geotecnologias. A metodologia aplicada foi análise multicritério envolvendo os temas solo, vegetação, uso e cobertura da terra e declividade; cada classe de variável nos diferentes temas tiveram atribuídas notas em função da representatividade na questão da vulnerabilidade ambiental. Foi aplicada uma equação considerando a ponderação do resultado dos mapas temáticos resultando no mapa de vulnerabilidade ambiental do município de Parauapebas –PA. Os resultados obtidos constataam que o município é medianamente estável, e indicam pequenas áreas vulneráveis no município, associadas principalmente à presença de rochas suscetíveis ao deslizamento, grandes declividades e sem a presença de cobertura vegetal. Os resultados obtidos oferecem subsídios para o planejamento e a gestão territorial podendo contribuir para o monitoramento de áreas de risco, do mesmo modo contribuem para a criação de políticas de ordenamento territorial.

**Palavras-chave:** Vulnerabilidade Ambiental; Análise Multicritério; Geotecnologias.

### **Abstract:**

Monitoring of vulnerable areas has been developed through environmental analysis using geoprocessing techniques that allow spatialisation of risks, aiding in urban planning and the proposition of preventive measures. The municipality of Parauapebas is located in the mesoregion of southeastern Pará, presenting a topography with great variation mainly in the Serras dos Carajás, The objective of the work is to diagnose the environmentally vulnerable areas in the municipality of Parauapebas using geotechnologies. The applied methodology was multicriteria analysis involving the themes soil, vegetation, land use and land cover and slope; each class of variable in the different themes were assigned grades according to the representativeness in the issue of environmental vulnerability. An equation was applied considering the weighting of the result of the thematic maps resulting in the map of environmental vulnerability of the municipality of Parauapebas -PA. The results show that the municipality is moderately stable and indicates small vulnerable areas in the municipality, associated mainly to the presence of rocks susceptible to landslide, large slopes and without the presence of vegetation cover. The obtained results offer subsidies for the planning and the territorial management, being able to contribute to the monitoring of areas of risk, in the same way they contribute to the creation of spatial planning policies.

**Keywords:** Environmental Vulnerability; Multicriteria Analysis; Geotechnologies.

## **1. INTRODUÇÃO**

O avanço das tecnologias espaciais tem propiciado a disseminação dos dados espaciais e assim estão cada vez mais presentes no cotidiano da sociedade moderna. Nessa era contemporânea as geotecnologias surgem como um conjunto de tecnologias voltadas para coleta, processamento e análise de informações com referência geográfica, se constituindo como poderosa ferramenta planejamento e gestão territorial. Dentre as geotecnologias destacam-se: Sensoriamento Remoto, Geoprocessamento e Sistemas de Informação Geográfica (SIG) (ROSA, 2005).

O Sensoriamento Remoto é uma técnica que utiliza de forma conjunta, sensores, equipamentos para processamento de dados, equipamentos de transmissão de dados colocados a bordo de aeronaves, espaçonaves ou outras plataformas, com a finalidade de estudar fenômenos e processos que ocorrem na superfície do planeta Terra a partir do registro e da análise das interações entre a radiação eletromagnética e as substâncias que compõem em suas

mais diversas manifestações (NOVO, 2010).

O Geoprocessamento é um conjunto de tecnologias destinadas à coleta e tratamento de informações espaciais, assim como o desenvolvimento de novos sistemas e aplicações, com diferentes níveis de sofisticação (ROSA; BRITO, 1996). O SIG é um sistema constituído por um conjunto de programas computacionais, o qual integra dados, equipamentos e pessoas com o objetivo de coletar, armazenar, recuperar, manipular, visualizar e analisar dados espacialmente referenciados a um sistema de coordenadas conhecidas (FITZ, 2008).

As geotecnologias se apresentam como importantes instrumentos na identificação de áreas vulneráveis. Saito (2011) destaca que o uso de geotecnologias tem facilitado estudos de mapeamento de monitoramento de desastres naturais. Por meio dos novos instrumentos é possível analisar áreas em diferentes datas, simular futuros cenários, avaliar ambientes por multicritérios, manipular dados, entre outras situações.

A obtenção de informações detalhadas e precisas sobre o espaço geográfico é uma condição necessária para as atividades de planejamento territorial. Sendo assim, surgiram diversas metodologias para análise da vulnerabilidade. Uma delas é a análise multicritério, que permite a combinação de variáveis como vegetação, solo, relevo, geologia, precipitação, após o agrupamento desses dados, obtêm-se um mapa conciso de informações (MOURA, 2007).

Desta forma, o objetivo do trabalho é identificar áreas de vulnerabilidade ambiental no município de Parauapebas, sudeste paraense, considerando as características do meio físico do município utilizando geotecnologias.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1. Área de estudo**

O município de Parauapebas (Figura 1) está localizado na mesorregião do sudeste paraense, tem as coordenadas geográficas 06°04'03" Sul e 49°54'08" Oeste. Os limites territoriais são: Marabá ao norte; Curionópolis a leste; Canaã dos Carajás e Água Azul do Norte ao sul; e São Félix do Xingu ao oeste.

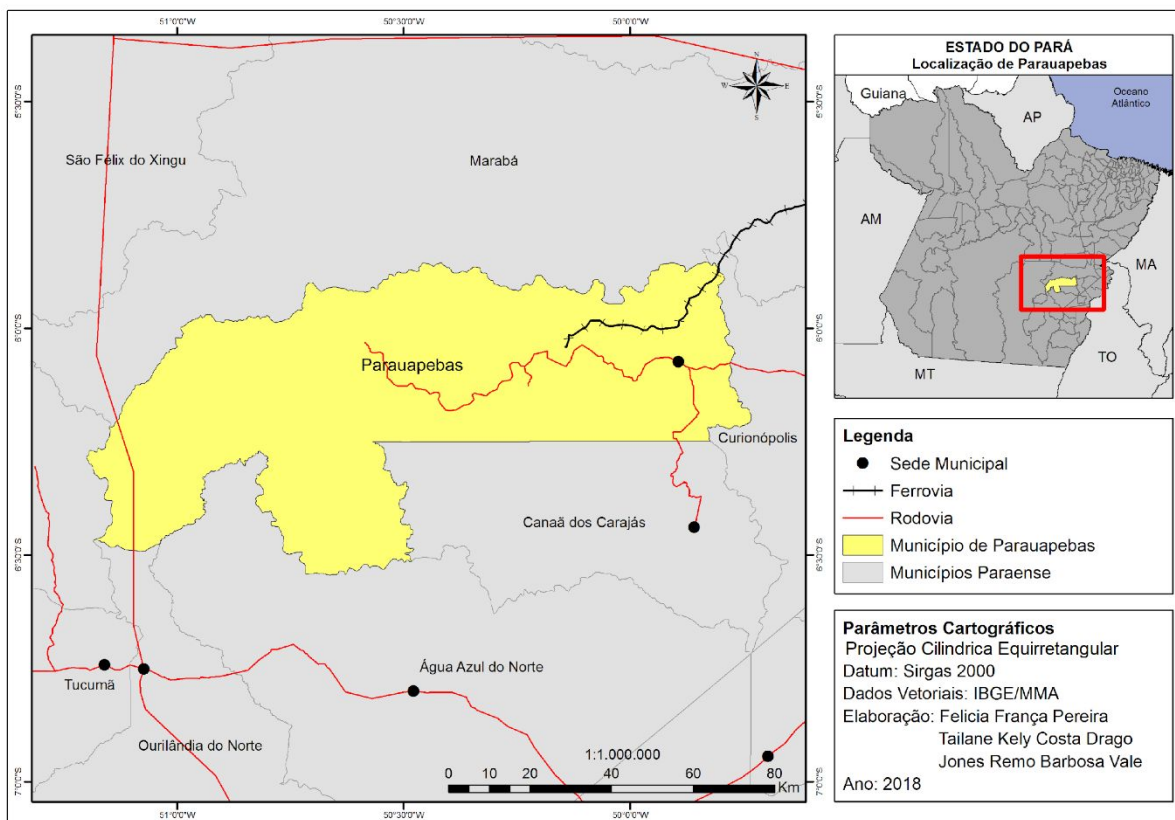


Figura 1 - Localização da área de estudo

Fonte: Elaborado pelos autores.

O município tem uma territorial de 6.886,208 km<sup>2</sup> e no censo demográfico de 2010 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) contava com 202.356 habitantes, e sua densidade demográfica por km<sup>2</sup> era de 29,39 habitantes. Parauapebas é conhecido como um município alojador de imigrantes que procuravam melhores condições de vida, a partir da grande oferta empregatícia, que o Projeto Ferro Carajás (PFC) até hoje proporciona, pela grande quantidade de minério de ferro e outros minerais encontrados que são explorados na região (FURTADO; PONTE, 2014).

## 2.1. Materiais

O trabalho foi desenvolvido através da aplicação de técnicas de geoprocessamento com análise multicritério. Para tal, foi utilizada a base cartográfica e temática do município com os seguintes parâmetros cartográficos: Projeção UTM (*Universal Transversa de Mercator*), Datum WGS 84 (*Elipsóide World Geographic System 1984*) e zona meridiana 22. A delimitação do município foi realizada com dados *shapefile* disponibilizados pelo IBGE. Os processamentos e produções de mapas foram realizados em ambiente de SIG com uso do Quantum Gis 2.18.

Os dados do meio físico foram obtidos em formato *shapefile* e *raster*. Os dados de solos

e de cobertura vegetal foram disponibilizados pelo Sistema Interativo de Análise Geoespacial da Amazônia Legal (SIAGEO Amazônia). Além de utilizar os arquivos vetoriais do Zoneamento Econômico e Ecológico do Estado do Pará (ZEE Pará). Para gerar o Modelo Digital de Elevação (MDE) foram utilizadas as imagens do radar ALOS/Palsar obtidas da Alaska Satellite Facility (<<https://vertex.daac.asf.alaska.edu/>>) sobre a área de estudo. Já os dados de uso e ocupação da Terra para o ano de 2014 foram obtidos do Projeto TerraClass, sendo adotada as classes: Agricultura, Área Urbana, Área não-observada, Floresta, Hidrografia, Mineração, Mosaico de Ocupações, Pastagem, Reflorestamento, Regeneração com Pasto e Vegetação Secundária.

## 2.1. Métodos

Segundo Moura (2007), o procedimento do método de análise de multicritérios é realizado a partir do mapeamento de variáveis por tipo de informação e na definição do grau de pertinência de cada variável e de cada um de seus componentes de legenda para a construção do resultado final.

A Figura 2 exprime a estrutura geral da metodologia utilizada para atingir os objetivos deste trabalho. Para atribuição de pesos das variáveis dentro de cada tema foram adaptados os critérios adotados por Crepani *et al.* (2001) apresentados na Tabela 1.

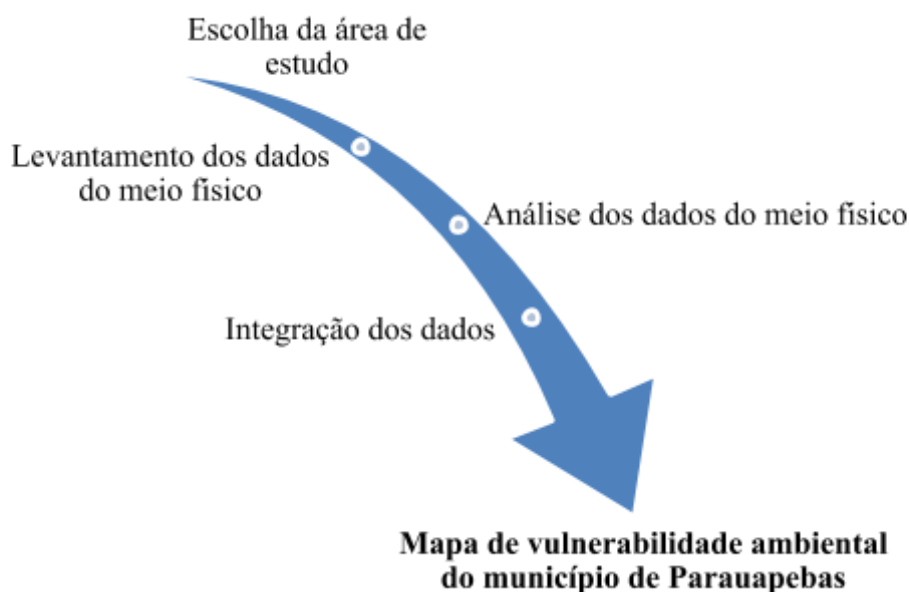


Figura 2 - Fluxograma das etapas metodológicas

Fonte: Elaborado pelos autores.

Tabela 1- Pesos estabelecidos para os componentes de legenda

**SOLO**

Componente de Legenda	Peso
Cambissolo	25
Latossolo Amarelo	10
Latossolo Vermelho-Amarelo	10
Podzólico Vermelho-Amarelo	20
Podzólico Vermelho Escuro	20
Solos Litólicos	30
<b>VEGETAÇÃO</b>	
Componente de Legenda	Peso
Floresta Ombrófila Densa Submontana	10
Floresta Ombrófila Densa Submontana Dossel Emergente	10
Floresta Ombrófila Aberta Submontana com Cipos	10
Floresta Ombrófila Aberta Submontana com Palmeiras	10
Floresta Ombrófila densas de Terras Baixas com Dossel Emergente	10
Refúgio Montana	26
<b>DECLIVIDADE</b>	
Componente de Legenda	Peso
0-2	10
2-6	15
6-20	20
20-50	25
>50	30
<b>DECLIVIDADE</b>	
Componente de Legenda	Peso
Área Urbana	3
Mineração	3
Mosaico de Ocupações	2.6
Pastagem	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: Crepani *et al.* (2001). Adaptado pelos autores.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os solos encontrados no município de Parauapebas (Figura 3) são: Cambissolo pouco desenvolvido, encontrado em áreas de relevo ondulado a montanhoso; Latossolo Amarelo

profundo, bem drenados, com predominância de textura argilosa; Latossolo Vermelho-Amarelo distróficos de textura média; Podzólico Vermelho-Amarelo de textura argilosa; Podzólico Vermelho-Escuro de textura argilosa em relevo suave ondulado; Solos Litólicos de textura indiscriminada.

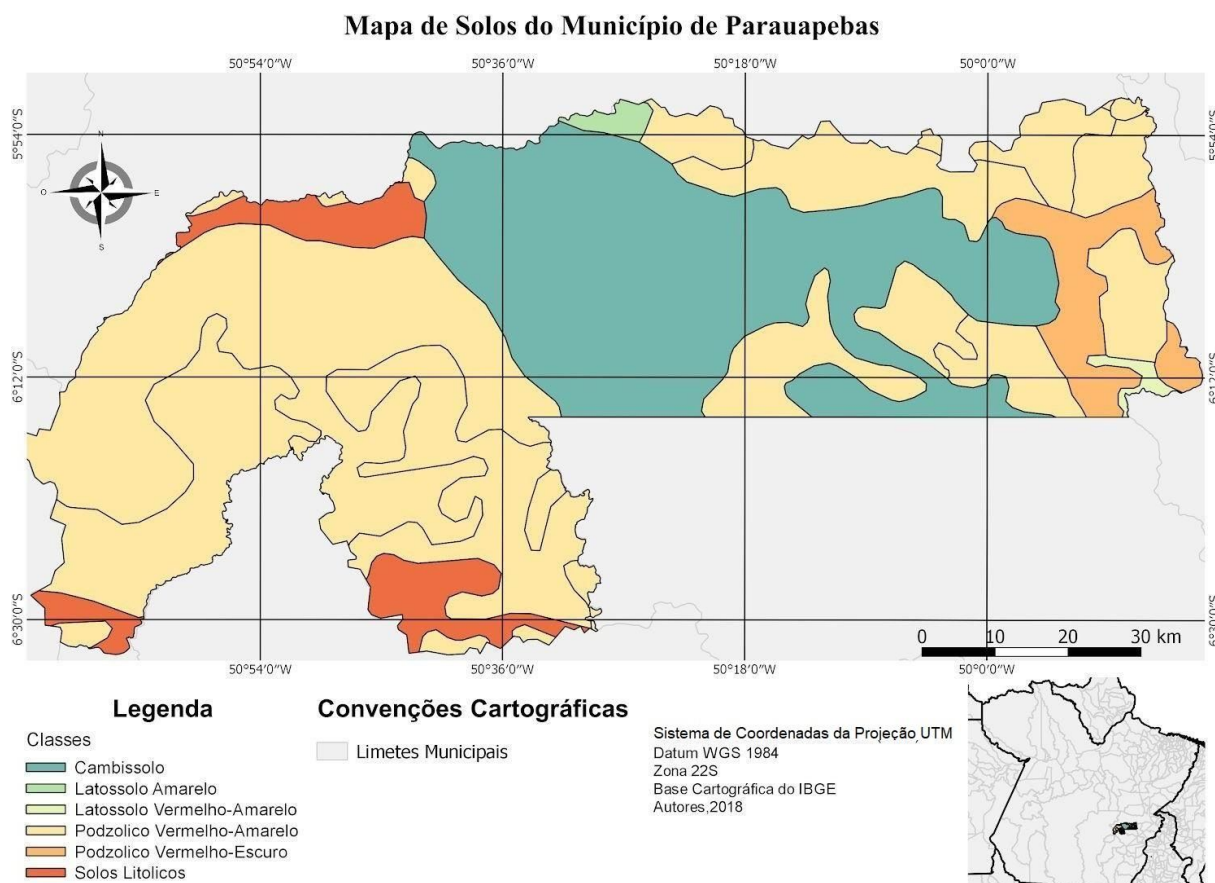


Figura 3 - Mapa de solos do município de Parauapebas

Fonte: Elaborado pelos autores.

No município de Parauapebas, é predominante a vegetação de Floresta de Terra Firme, a qual sofre alterações tipológicas, de acordo com as variações de solo e relevo, proporcionando a ocorrência dos subtipos: Floresta Densa dos Platôs, Floresta Densa Submontana, Floresta Aberta Latifoliada (cipol) e Floresta Aberta Mista (Figura 4).

**Mapa de Vegetação do Município de Parauapebas**

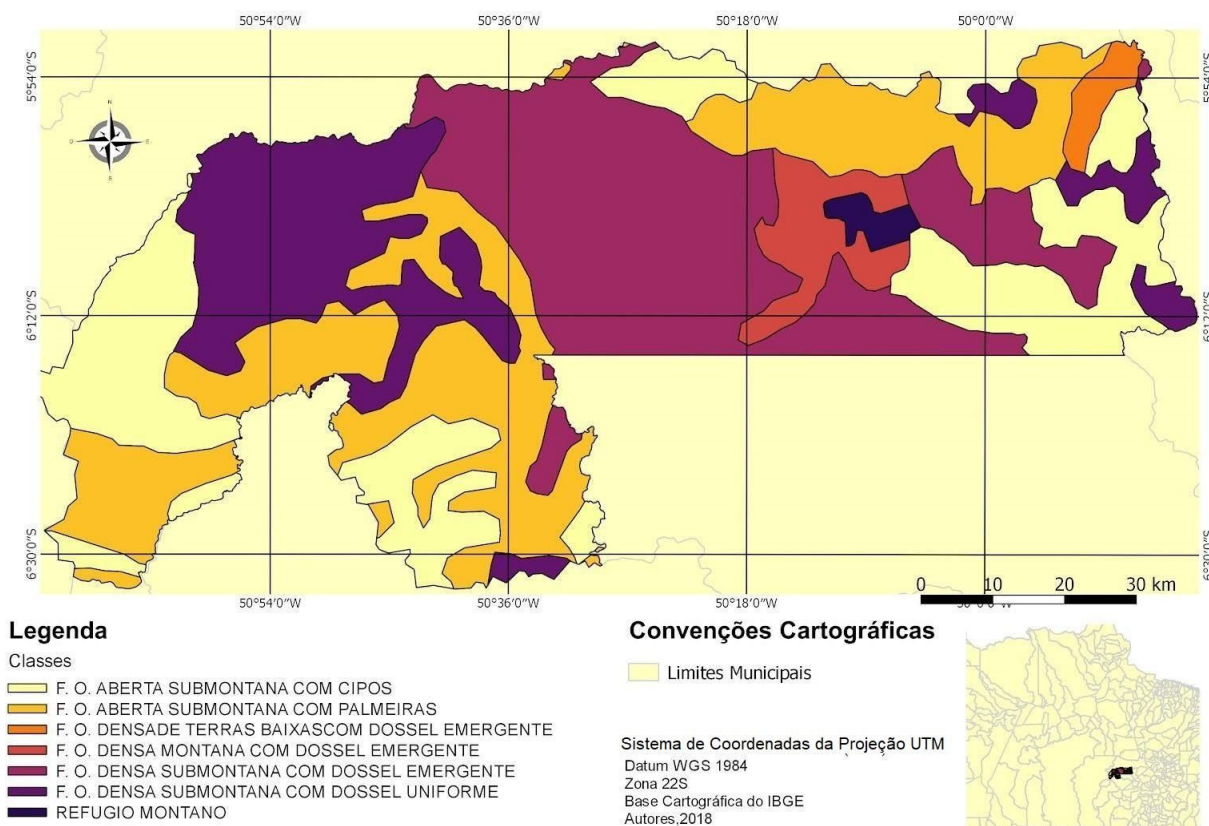


Figura 4 - Mapa do tipo de vegetação do município de Parauapebas

Fonte: Elaborado pelos autores.

Geologicamente a cidade está assente em áreas do Pré-cambriano inferior a médio representado por rochas do Complexo Xingu constituída por granitos, granulitos ácidos e básicos, quartzitos, xistos e gnaisses (RADAM, 1973). O município apresenta uma topografia com grande variação dos seus níveis altimétricos, onde se destacam os maiores valores verificados nas Serras dos Carajás, Arqueada e do Buriti, oscilando entre os 800 a 900 metros e as cotas mais baixas entre 200 a 210 metros.

De acordo com os dados de uso e ocupação da Terra do TerraClass de 2014, o município de Parauapebas tem a seguinte distribuição espacial: Agricultura ( 0,0004 km²), Área Urbana (3539052,77 km²), Área não-observada (13860 km²), Floresta (555946855 km²), Hidrografia (529219,97 km²), Mineração(914265,84 km²), Mosaico de Ocupações (20,78 km²), Pastagem (22777006 km²), Regeneração com Pasto (72 km²) e Vegetação Secundária (1120325 km²).

O agrupamento das informações do meio físico estabeleceu-se a análise de multicritérios conforme os parâmetros adaptados de Crepani *et al.* (2001) e disposto na Tabela 2.

Tabela 2- Pesos estabelecidos para os componentes de legenda

Variável	Peso
Declividade	40%
Solo	20%
Vegetação	20%
Uso e Ocupação	20%
<b>Total</b>	<b>100%</b>

Fonte: Crepani *et al.* (2001). Adaptado pelos autores.

A fim de apontar as áreas mais fragilizadas contribuindo, desta forma, para um melhor planejamento do uso e ocupação do município de Parauapebas, o mapa de vulnerabilidade ambiental a seguir foi gerado (Figura 5).

#### Mapa de Análise a Vulnerabilidade no Município de Parauapebas

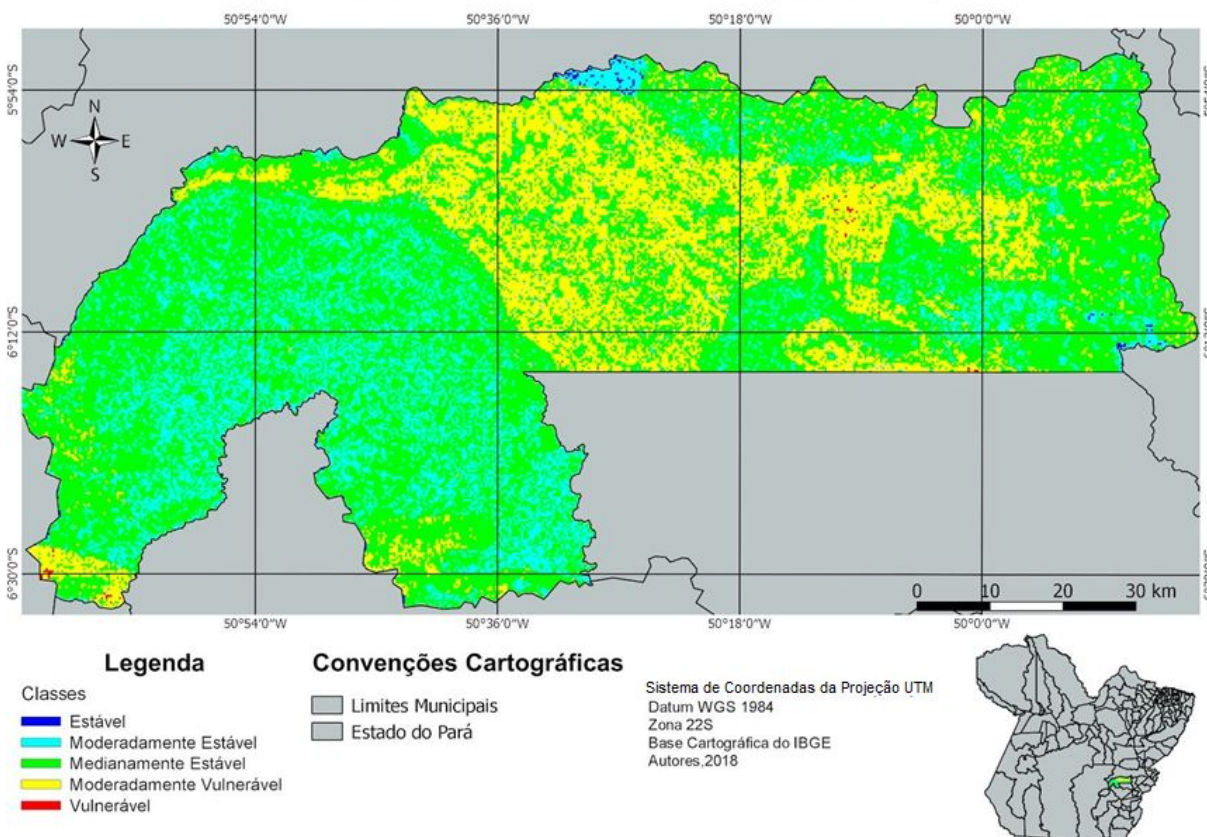


Figura 5 - Mapa de vulnerabilidade ambiental do município de Parauapebas

Fonte: Elaborado pelos autores.

Assim observa-se que a presença de áreas de maior vulnerabilidade são poucas no município. Entretanto, nas áreas onde há o risco de vulnerabilidade apresentam características ligadas à ausência da cobertura vegetal, com tipo de solo e a declividade que propiciam a erosão natural, sendo necessária uma atenção maior nessas áreas. Contudo, às áreas que mostram o menor risco a vulnerabilidade são devido à densa presença de florestas, terrenos com pouca declividade e características pedológicas estáveis.

A partir dos dados obtidos e do mapa de vulnerabilidade ambiental, constata-se que prevalece no município o grau de medianamente estável, seguido do moderadamente vulnerável, posteriormente, encontram-se pequenas áreas consideradas vulneráveis.

#### 4. CONCLUSÕES

Com bases as informações obtidas, de acordo com o mapeamento da vulnerabilidade ambiental, pode-se concluir que o município se apresenta como medianamente estável e moderadamente vulnerável. A parte leste e a parte oeste apresentam classes medianamente estáveis, já o centro da área de estudo apresenta em sua maioria classes moderadamente vulnerável, o que requer uma maior atenção para a área.

Esses resultados obtidos permitem realizar uma série de análises referentes à metodologia empregada: é essencial realizar um estudo preliminar sobre as características de cada variável considerada para verificação de quais têm mais importância na susceptibilidade da área (considerando-as individualmente) e; sempre que possível, realizar trabalhos de campo para verificação das informações levantadas previamente.

O uso de geotecnologias associado à metodologia de análise multicritério mostrou-se essencial para realização de diagnósticos ambientais. Os produtos que são gerados tornam-se fundamentais para fornecer subsídios para o planejamento e a gestão territorial, a fim contribuir não só no controle e monitoramento de áreas de risco, mas também fomentam bases para a criação de políticas de ordenamento territorial.

#### Referências Bibliográficas

CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S. DE; AZEVEDO, L. G. DE.; HERNANDEZ FILHO, P.; FLORENZANO, T. G.; DUARTE, V. **Curso de Sensoriamento Remoto aplicado ao Zoneamento Ecológico-Econômico**. São José dos Campos: INPE, 2001.

FITZ, P. R. **Geoprocessamento sem complicação**. 1 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

FURTADO, A. M. M.; PONTE, F. C. da. Ocupação e impactos decorrentes da expansão urbana da cidade de Parauapebas, estado do Pará. **Revista do Instituto Histórico e Geográfico do Pará**, v. 1, n. 1, p. 123-134, 2014.

MOURA, A. C. M. Reflexões Metodológicas como Subsídio para Estudos Ambientais Baseados em Análise de Multicritérios. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 2007, Florianópolis. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2007. p.2899-2906.

NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento Remoto: princípios e aplicações**. 4 ed. São Paulo: Blucher, 2010.

RADAM. **Levantamento de recursos naturais: geologia, geomorfologia, solos, vegetação e**

uso potencial da terra, da folha SB22 Araguaia e parte da folha SC22 Tocantins. 1974.

ROSA, R. Geotecnologias na Geografia Aplicada. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 16, p. 81-90, 2005.

\_\_\_\_\_. **Introdução ao Sensoriamento Remoto**. Uberlândia: UFU, 2007.

ROSA, R. BRITO, J. L. S. Introdução ao Geoprocessamento: Sistema de Informação Geográfica. Uberlândia: UFU, 1996.

SAITO, S. M. **Desastres naturais e geotecnologias: Vulnerabilidade**. São José dos Campos: INPE, 2011.