

---

**Riscos e Vulnerabilidade socioambiental urbana em Iranduba-Amazonas****Urban socio-environmental risks and vulnerability in Iranduba-Amazonas****Riesgos socioambientales urbanos y vulnerabilidad en Iranduba-Amazonas**Neliane de Sousa Alves<sup>1</sup> <http://orcid.org/0000-0003-4851-8514>Ana Carolina Gomes Correa<sup>2</sup> <http://orcid.org/0000-0003-4732-1314>Igor Ribeiro da Silva<sup>3</sup> <http://orcid.org/0000-0001-7847-8168>

---

<sup>1</sup> Universidade do Estado do Amazonas – UEA, Manaus, Amazonas, Brasil, [nsalves@uea.edu.br](mailto:nsalves@uea.edu.br)<sup>2</sup> Universidade do Estado do Amazonas – UEA, Manaus, Amazonas, Brasil, [acgc.mgr23@uea.edu.br](mailto:acgc.mgr23@uea.edu.br)<sup>3</sup> Universidade do Estado do Amazonas – UEA, Manaus, Amazonas, Brasil, [irs.geo17@uea.edu.br](mailto:irs.geo17@uea.edu.br)

Recebido em: 15/01/2024

Aceito para publicação em: 30/04/2024

---

**Resumo**

O mapeamento e setorização de áreas de alto risco são considerados ferramentas para lidar com desastres naturais. Devido ao aumento populacional e à ocupação desordenada do território, o município de Iranduba (AM) está sujeito a diversos tipos de riscos. O objetivo desta pesquisa foi identificar áreas socialmente vulneráveis que se sobrepõem a espaços ambientalmente favoráveis aos movimentos de massa, criando um mapa de risco para a ocorrência deste fenômeno na zona urbana de Iranduba. A determinação e análise do risco basearam-se no entendimento de que o risco decorre da combinação de fatores ambientais físicos (perigos naturais) e condições socioeconômicas (vulnerabilidade) da população exposta. Os resultados apontam a vulnerabilidade como principal fator determinante do risco local.

**Palavras-chave:** Desastres naturais; Movimentos de massa; Riscos geomorfológicos

---

**Abstract**

The mapping and zoning of high-risk areas are considered tools to deal with natural disasters. Due to the increase in population and disorganized occupation of the territory, the municipality of Iranduba (AM) is subject to various types of risks. The objective of this research was to identify socially vulnerable areas that overlap with environmentally favorable spaces for mass movements, creating a risk map for the occurrence of this phenomenon in the urban area of Iranduba. The determination and analysis of risk were based on the understanding that risk stems from the combination of physical environmental factors (natural hazards) and socio-economic conditions (vulnerability) of the exposed population. The results indicate vulnerability as the main factor determining local risk.

**Keywords:** Natural disasters; Mass movements; Geomorphological hazards

---

### Resumen

El mapeo y sectorización de áreas de alto riesgo se consideran herramientas para hacer frente a los desastres naturales. Debido al aumento de la población y a la ocupación desordenada del territorio, el municipio de Iranduba (AM) está sujeto a varios tipos de riesgos. El objetivo de esta investigación fue identificar áreas socialmente vulnerables que se superponen con espacios ambientalmente favorables a los movimientos masivos, creando un mapa de riesgo para la ocurrencia de este fenómeno en el área urbana de Iranduba. La determinación y análisis del riesgo se basó en el entendimiento de que el surge de la combinación de factores ambientales físicos (amenazas naturales) y condiciones socioeconómicas (vulnerabilidad) de la población expuesta. Los resultados apuntan a la vulnerabilidad como el principal determinante del riesgo local.

**Palabras clave:** Desastres naturales; Movimientos de masas; Riesgos geomorfológicos

---

### Introdução

Estudos no Brasil voltados a análise dos desastres naturais, como deslizamentos de terras e inundações urbanas, tem se intensificado nas últimas décadas em decorrência do aumento generalizado destes no território brasileiro, e trazem à tona uma preocupação quanto a capacidade de enfrentamento e adaptação da sociedade frente a esses desastres. É notório que fenômenos naturais catastróficos tem seus efeitos potencializados, em termos de impactos socioeconômicos, quando atingem grupos sociais que vivem nos limiares da pobreza e apresentam condições de elevada vulnerabilidade.

De acordo com o Índice de Risco de Desastres no Brasil (índice DRIB) (ALMEIDA, 2021), que é baseado na compreensão de que o risco de desastres deriva da combinação de riscos físicos e vulnerabilidade de pessoas expostas, os *hotspots* de vulnerabilidade no Brasil estão localizados nos municípios das regiões Norte e Nordeste, ou seja, devido à vulnerabilidade muito alta destes municípios, eventos com a mesma magnitude podem causar consequências mais sérias, e esses teriam maior dificuldade em lidar com os impactos de um desastre, se comparados aos municípios da região centro-sul do país.

No Brasil, para o período de 1991 a 2012, os desastres naturais mais frequentes e devastadores foram as secas, inundações e tempestades que representaram 91,07% do total de registros, enquanto os deslizamentos de terra, as inundações bruscas e graduais foram responsáveis por 87,15% de todas as mortes relacionadas a desastres naturais no Brasil (UFSC, 2013).

No enfrentamento desta situação o Serviço Geológico do Brasil (CPRM), desde o ano de 2013, vem realizando levantamento de áreas de risco no Estado do Amazonas em diversos municípios, inclusive nos municípios que compõem a Região Metropolitana de Manaus (RMM). O principal objetivo é realizar o mapeamento de áreas de risco geológico e a setorização destes riscos, em áreas habitadas atualmente. De maneira geral, as áreas de risco geológicos mapeadas pelo Serviço Geológico do Brasil estão relacionadas com a possibilidade de ocorrência de acidentes causados por movimentos de massa, feições erosivas, enchente e inundação (BRASIL, 2018).

No último levantamento realizado pela CPRM no município de Iranduba, em 2018, foram mapeados na área urbana dezesseis setores de alto e muito alto risco, contemplando as tipologias de risco citadas acima. A metodologia utilizada pela CPRM para a classificação de risco é baseada na proposta do Ministério das Cidades (MCID, 2004) e do Instituto de Pesquisa Tecnológica (IPT, 2007), cujo grau é determinado conforme a existência de alguns indícios, podendo variar de risco baixo (R1) até o risco muito alto (R4). Este levantamento da CPRM serviu de balizamento para o presente estudo que foi realizado com ênfase nas áreas de riscos à movimentos de massa.

Em Iranduba e nos demais municípios do Amazonas a sociedade está sujeita aos mais diversos tipos de risco, seja no ambiente urbano ou nas áreas ribeirinhas. No ambiente urbano ocorreu, nas últimas décadas, um inchaço destas áreas urbanas e a formação de áreas consideradas de risco devido ao processo desordenado de ocupação do território, neste caso, faz-se necessário o mapeamento destas áreas mais suscetíveis, incluindo aquelas não ocupadas atualmente e que, caso sejam habitadas de maneira inadequada, podem apresentar risco à população. Nas áreas ribeirinhas a

população está sujeita as enchentes anuais dos rios que predominam na paisagem amazônica, e que promovem a perda de bens materiais e de vidas. O homem ribeirinho procura adaptar-se as mudanças sazonais dos rios da região, sujeitando-se ao seu regime hidrológico.

O mapeamento de áreas de risco faz parte de uma lista de medidas preventivas e mitigadoras, ditas não-estruturais, para reduzir os riscos socioeconômicos nas áreas urbanas. A identificação e inclusão das áreas de risco no plano diretor dos municípios é de suma importância, principalmente nos municípios em fase de desenvolvimento urbano, para que exista um planejamento no processo de ocupação destas áreas.

O Plano Diretor do município de Iranduba, Lei nº 129 de 10/11/2006, determina, em diversos artigos, a adoção de medidas como: a retirada de equipamentos e pessoas de áreas de risco (Art. 9º); o diagnóstico de moradias em situação de risco (Art. 108º); considera inadequadas à urbanização em áreas de alto risco à segurança de seus ocupantes (Art. 122º); classifica como Zonas Especiais de Preservação Ambiental as áreas de alto risco (Art. 127º); e a concessão da Outorga Onerosa do Direito de Construir poderá ser negada caso se verifique a possibilidade de risco de comprometimento da paisagem urbana (Art. 150º). Apesar de todas estas citações na lei, a mesma não especifica quais os tipos de hazards e nem as áreas mais suscetíveis a sua ocorrência, decorre daí a importância de se mapear as áreas de risco no ambiente urbano do município, tendo como base a análise do perigo natural e a vulnerabilidade da sociedade como proposto por autores como Deschamps (2004), Mendonça (2004), Mendonça e Leitão (2008); Goerl et al. (2012), Goerl e Kobiyama (2013), Parizzi (2014), Santos (2015), Silva et al. (2019) e Almeida (2021), dentre outros.

Neste contexto insere-se o objetivo da pesquisa que, por meio de levantamentos de fatores físicos e variáveis sociais, buscou identificar populações socialmente vulneráveis que se sobrepõem a espaços ambientalmente suscetíveis à movimentos de massa, produzindo a carta de risco à movimentos de massa da área

urbana de Iranduba. Este produto, somado ao Plano Diretor do município, vem assim, contribuir no planejamento da ocupação urbana de forma adequada e sustentável.

### **Riscos: vulnerabilidade social x perigo natural**

A implantação das cidades impõe solicitações ao meio físico das mais variadas formas, alterando sua dinâmica com a criação ou a aceleração de inúmeros processos. A sociedade ao se apropriar do ambiente natural e recursos promove significativas transformações estruturais para atender seus anseios e necessidades. Essas transformações, em sua maioria, não consideram as limitações impostas aos ambientes de maior fragilidade, como encostas urbanas e planícies de inundação dos principais cursos d'água, desencadeando impactos e riscos emergentes (SANTOS; ROSS, 2012; BRASIL, 2013; PARIZZI, 2014).

De acordo com Mendonça e Buffon (2021), associado a fragilidade natural destes ambientes (riscos naturais), tem-se os riscos tecnológicos e sociais, sendo estes últimos advindos do próprio contexto de crises no sistema social, econômico e político, e se manifestam em situações de miséria, pobreza, desemprego, violência, distúrbios etc., claramente resultantes da segregação e da fragmentação urbana, das doenças que afetam um indivíduo ou grupo social. Para os autores a formação de situações de risco é resultante de uma conjuntura de fatores sociais, econômicos, culturais, demográficos e naturais que estão presentes nas relações entre os homens, os grupos sociais, e entre estes e a natureza.

Assim, o risco, objeto social, pode ser definido como a percepção do perigo, da catástrofe possível. Ele existe apenas em relação a um indivíduo e a um grupo social ou profissional, uma comunidade, uma sociedade que o apreende por meio e representações mentais e com ele convive por meio de práticas específicas. Não há risco sem uma população ou indivíduo que o percebe e que poderia sofrer seus efeitos. Correm-se riscos, que são assumidos, recusados, estimados, calculados. “O risco é a tradução de uma ameaça, de um perigo para aquele que está sujeito a ele e o percebe como tal” (VEYRET, 2007, p.10).

Desta maneira, o risco de desastres deriva de uma combinação de riscos físicos e vulnerabilidade de pessoas expostas, ou seja, o nível de consequências adversas de um evento perigoso, é largamente determinado pela vulnerabilidade e exposição de sociedade e sistemas socioecológicos (ALMEIDA, 2021). O Centro Regional de Informação de Desastres da América Latina e Caribe (CRID, 2001) define a vulnerabilidade como o grau de susceptibilidade ou de risco a que está exposta uma população a sofrer danos por um desastre natural.

A ocorrência de um desastre natural está sempre associada às perdas, sejam elas econômicas, sociais ou ambientais. Neste contexto, adota-se neste trabalho o termo risco ( $R$ ), que pode ser considerado com a probabilidade de consequências prejudiciais ou perdas resultantes da interação entre perigos naturais e os sistemas humanos, como definido pelo Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (UNDP, 2004). Usualmente para a definição de risco, adota-se a seguinte função:  $R=f(H,V)$ , onde  $R$  é risco,  $H$  é perigo (*Hazard*), e  $V$  é a vulnerabilidade (GOERL et al., 2012).

O perigo ou *hazard* ( $H$ ) refere-se à possibilidade de um processo ou fenômeno natural potencialmente danoso ocorrer em determinado local e período específico; a vulnerabilidade ( $V$ ) refere-se ao conjunto de processos e condições resultantes de fatores físicos, sociais, econômicos e ambientais, o qual aumenta a suscetibilidade de uma comunidade (elemento em risco) ao impacto dos perigos (TOMINAGA, 2015).

Toda e qualquer sociedade vive permanentemente à mercê de um ou mais riscos, sendo eles inerentes à vida e à evolução de qualquer coletividade humana, dentre estes, tem-se os deslizamentos de terra que, anualmente, causam milhares de morte em todo o mundo, inclusive no Brasil. Os fatores que contribuem para a ocorrência de deslizamentos são chuva prolongada e a declividade relativamente acentuada das vertentes (AVELAR et al., 2013; GUERRA et al., 2007; GUERRA; JORGE, 2009; HART, 1986; SELBY, 1993; COELHO NETTO, 1994).

Os movimentos de massa, dentre estes os deslizamentos, estão diretamente relacionados aos aspectos geológicos e geomorfológicos, que são indicadores dos

locais mais prováveis para a deflagração deste tipo de dinâmica de superfície. A forma de ocupação de encostas pelo homem pode deflagrar esses movimentos, na medida em que geram um aumento das tensões cisalhantes ao longo de uma superfície potencial de escorregamento até que ela iguale a resistência ao cisalhamento disponível provocando assim os movimentos de massa (GUERRA, 2008; GUERRA; JORGE, 2009; SMALL; CLARK, 1982; TRUDGILL, 1988). Neste processo de ocupação os principais problemas estão associados aos cortes e aterros efetuados para se criar uma região plana para a construção de moradias, a problemas de drenagem das águas servidas e águas pluviais, e ao lançamento inadequado de lixo (UFSC, 2013).

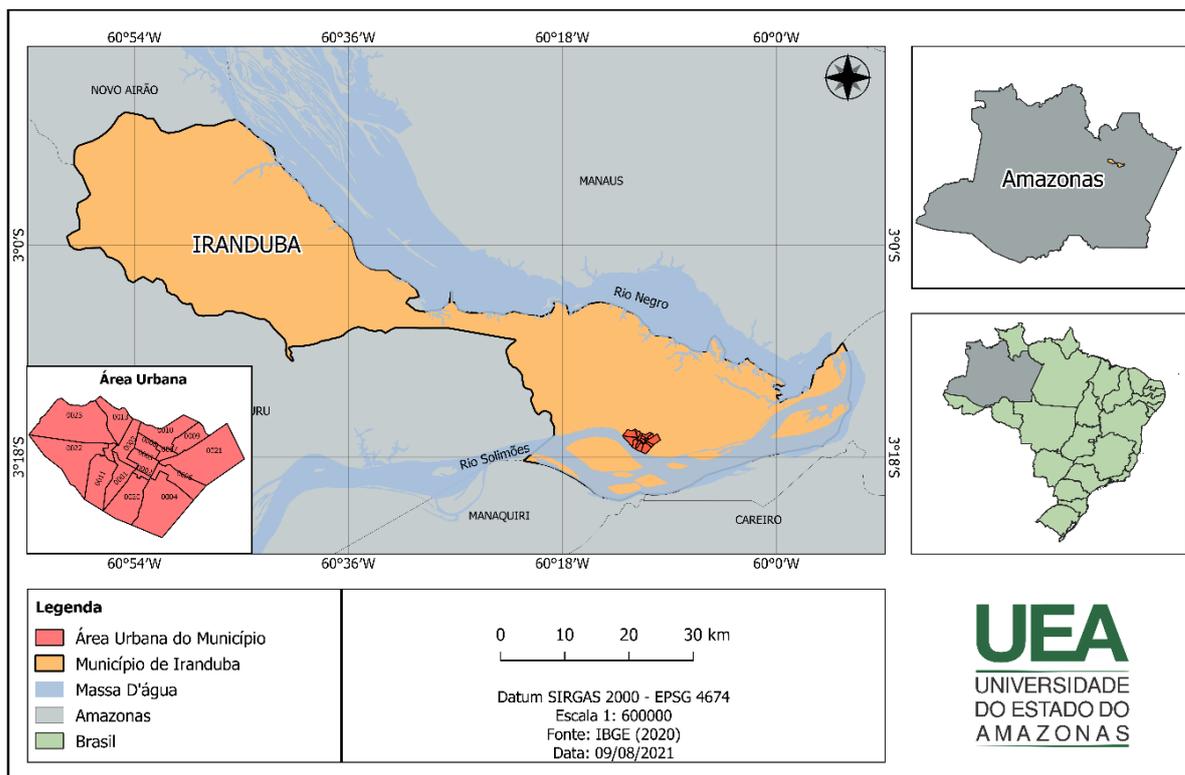
### **Área de estudo**

O município de Iranduba faz parte da Região Metropolitana de Manaus – RMM, e sua área urbana localiza-se as margens do rio Solimões; limita-se com os municípios de Careiro, Manaquiri, Manacapuru, Novo Airão e Manaus (mapa 1). O acesso ao município pode ser feito por via fluvial ou terrestre, e neste caso, é feito pelas rodovias Manoel Urbano – AM-070 e AM-352, por cerca de 34 km a partir de Manaus.

No que diz respeito aos aspectos fisiográficos, a área territorial do município é de 2.214,251 km<sup>2</sup>; o clima predominante é o equatorial quente e úmido sem estação seca definida, com temperatura média anual superior a 18°C e pluviosidade média anual de 2.000 a 2.300 mm.

O substrato geológico do município é de idade cretácea-terciária onde predominam arenitos silicificados avermelhados e arenitos inconsolidados de granulação fina a média, intercalados com níveis argilosos e caulíníticos da Formação Alter do Chão, coberta por depósitos de terraços fluviais e depósitos recentes. De acordo com a CPRM (2018) o intenso processo de laterização dessas rochas deu origem aos solos espessos da região. Na área urbana do município predominam os Latossolos amarelos e, nas áreas marginais do rio Solimões, os Neossolos Flúvicos.

**Mapa 1 - Município de Iranduba (AM), com destaque para a área urbana e setores censitários**



**Fonte:** Elaboração: os autores, 2021, dados do IBGE, 2010

As unidades geomorfológicas do município estão inseridas no Planalto do Uatumã-Jarí, modelado de dissecação com características homogêneas. A dissecação fluvial em litologias diversas não apresenta controle estrutural marcante, caracterizada predominantemente por colinas e interflúvios tabulares. A formação do topo é tabular definida como um conjunto de formas de relevo que delineiam feições de rampas suavemente inclinadas e lombadas geralmente esculpidas em coberturas sedimentares inconsolidadas e rochas cristalinas, denotando eventual controle estrutural (IBGE, 2010).

Em relação aos dados altimétricos, observa-se que a porção oeste do município de Iranduba apresenta as maiores cotas altimétricas com altitudes que variam de 46 a 85 metros, com exceção das áreas próximas a margem de rios cuja altitude oscila entre 20 e 46 metros. Na porção sudeste do município as cotas altimétricas são menores, sendo que no Sul dessa área, na porção margeada pelo rio Solimões, estão às cotas mais baixas, não ultrapassando 72 metros de altitude. Já a porção noroeste

do Sudeste deste município, margeada pelo rio Negro, as cotas são mais elevadas ultrapassando em muitos pontos os 85 metros (SILVA, 2020).

## Metodologia

A metodologia utilizada na pesquisa teve como base a proposta apresentada por Goerl et al. (2012) para áreas de risco de inundações e adaptada por Silva et al. (2019) para áreas de risco de movimentos de massa na área urbana do município de Iranduba (AM), que considera o risco (R) como produto da relação entre a vulnerabilidade (V) dos grupos humanos e o perigo natural (P). Como suporte foi realizado trabalho de campo para levantamento das fragilidades ambientais e identificação das áreas mapeadas pela CPRM em 2018.

Na construção do Índice de Vulnerabilidade (IV) foram utilizados dados da população dos 17 setores censitários da área urbana do município de Iranduba (mapa 1) do censo realizado em 2010 pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (tabela 1). A população do município, de acordo com o último censo de 2010, é de 40.781 pessoas. O setor censitário é a unidade de análise utilizada pelo IBGE, e corresponde a menor unidade territorial com limites físicos identificáveis em campo. Os dados do censo de 2010 são os mais consistentes e representativos que se tem, uma vez que as estimativas realizadas nos anos posteriores não possuem todas as informações necessárias para realização do cálculo.

**Tabela 1** - Iranduba (AM): Setores Censitários, 2010

CÓDIGO DOS SETORES CENSITÁRIOS		
130185205000001	130185205000007	130185205000013
130185205000002	130185205000008	130185205000020
130185205000003	130185205000009	130185205000021
130185205000004	130185205000010	130185205000022
130185205000005	130185205000011	130185205000023
130185205000006	130185205000012	

Fonte: Organização: os autores, 2021, dados do IBGE

Com base na proposta de Goerl et al. (2012) foram coletados do censo dados de oito variáveis socioeconômicas: número de moradores no setor, média de moradores por domicílio, densidade demográfica, porcentagem da população acima de 65 anos e porcentagem de população abaixo de 12 anos, porcentagem de pessoas

analfabetas acima de 12 anos, porcentagem de responsáveis sem rendimento e porcentagem de responsáveis com rendimento de até um salário mínimo; e posteriormente agrupadas em seis variáveis de vulnerabilidade: número de moradores no setor, média de moradores no setor, densidade demográfica, soma da porcentagem da população acima de 65 e abaixo de 12 anos, porcentagem de pessoas analfabetas acima de 12 anos e soma da porcentagem dos responsáveis sem rendimento e com rendimento até um salário mínimo (quadro 1).

**Quadro 1** - Variáveis censitárias e Variáveis utilizadas para mensurar a vulnerabilidade social

Variáveis Censitárias	Variáveis de Vulnerabilidade
Número de moradores no setor	Número de moradores no setor
Média de moradores por domicílio	Média de moradores no setor
Densidade Demográfica	Densidade Demográfica
% da população acima de 65 anos % da população abaixo de 12 anos	Soma da porcentagem da população acima de 65 e abaixo de 12 anos
% de pessoas analfabetas acima de 12 anos	% de pessoas analfabetas acima de 12 anos
% de Responsáveis sem rendimento % de responsáveis com rendimento até 1 salário mínimo	Soma da porcentagem dos responsáveis sem rendimento e com rendimento até 1 salário mínimo

Fonte: GOERL et al., 2012

Na mensuração do Índice de Vulnerabilidade (*IV*) foi utilizada a equação 1, que contempla as variáveis de vulnerabilidade selecionadas em cada setor censitário e apresentadas quadro 1:

(1)

$$IV = \frac{Dd + Nm + Mm + TxD + E + R}{IDHM}$$

Onde, *Dd* é a densidade demográfica, *Nm* é o número de moradores no setor, *Mm* é média de moradores por residência, *TxD* é a taxa de dependência (idosos e jovens), *E* é a educação (analfabetos acima de 12 anos), *R* é a renda (responsável sem rendimento ou com até 1 salário mínimo) e *IDHM* é o Índice de Desenvolvimento Humano do Município.

Goerl et al. (2012) afirmam que a vulnerabilidade social é inversamente proporcional a capacidade de suporte/resposta ou de reparo de um município, frente a um desastre natural. O Índice de Desenvolvimento Humano - IDHM corresponde

justamente a essa capacidade de suporte/resposta de cada município. O IDHM de Iranduba, segundo o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento – PNUD (2010), é de 0,163 sendo o município, portanto, classificado como de médio desenvolvimento.

Após a realização do cálculo do Índice de Vulnerabilidade (*IV*) para todos os setores censitários da área urbana do município, padronizou-se os resultados a partir do escalonamento a fim de facilitar a análise desses resultados. Para isso, foi utilizada a equação (2) proposta por Marcelino et al. (2006) onde os resultados são escalonados entre os valores 0 e 1, sendo 0 o valor mínimo presente em um universo e 1 o valor máximo.

(2)

$$V_{\text{escalonado}} = \frac{V_{\text{observado}} - V_{\text{mínimo}}}{V_{\text{máximo}} - V_{\text{mínimo}}}$$

Na classificação do Índice de Vulnerabilidade (*IV*), foi utilizado o método de classificação de Quebras Naturais (Jenk) disponível no software livre Quantum GIS (versão 3.16). Esse método identifica as quebras entre as classes utilizando uma fórmula estatística (Otimização de Jenk), e consiste basicamente na minimização da soma da variância dentro de cada classe tendo em mente a ordem crescente de um fenômeno. O que significa dizer que se a variância entre determinados valores for muito acentuada, esses serão dispostos em classes diferente, resultando em subconjuntos com valores aproximados e o número de elementos diferentes. No caso desta pesquisa o universo (região urbana de Iranduba) foi dividido em quatro classes que foram expressas na classificação do Índice de Vulnerabilidade (*IV*) em baixa, média, alta e muito alta (SILVA et al., 2019).

O perigo pode ser definido como um evento natural (inundações, deslizamentos etc.) caracterizado por certa magnitude e probabilidade de ocorrência, com potencial de causar danos (DWYER et al. 2004; SCHMIDT-THOMÉ et al., 2006).

Para a determinação do perigo (movimentos de massa), foram consideradas as áreas de risco mapeadas pelo CPRM em 2018, as características geomorfológicas do

terreno, a declividade das encostas e áreas de encostas ocupadas em cada setor censitário. A classificação das categorias hierárquicas de declividades foi baseada na proposta de Silva et al. (2019). A extração das informações de declividade foi realizada utilizando-se imagens de Modelo Digital de Elevação (MDE) a partir dos dados da missão SRTM, com resolução espacial de 30 metros, disponibilizadas pela USGS (2011) no site Topodata (<http://www.dsr.inpe.br/topodata/>), e tratadas no software livre Quantum GIS (versão 3.16).

As categorias hierárquicas de declividade do terreno foram então classificadas em quatro intervalos de 15% de declividade: o primeiro intervalo (0 a 15%) corresponde à intensidade “fraca”, suportando tanto moradias quanto a circulação de veículos; o intervalo seguinte de 15 a 30% é a inclinação máxima tolerável para ocupação, caracterizando a intensidade “média”. A partir do segundo intervalo, qualquer ocupação é considerada de risco, sendo as inclinações acima de 45% inviável para habitação. O perigo estimado (*PE*) foi classificado em baixo, médio, alto e muito alto correspondente as categorias de declividade fraca, média, forte e muito forte, respectivamente (tabela 2).]

**Tabela 2** - Categorias Hierárquicas de declividade e Perigo Estimado

Declividade	Categorias hierárquicas	Perigo Estimado
de 0 a 15%	Fraca	Baixo
de 15 a 30%	Média	Médio
de 30 a 45%	Forte	Alto
acima de 45%	Muito Forte	Muito Alto

**Fonte:** adaptado de SILVA et al., 2019

Na determinação do risco (*IR*), Goerl et al. (2012) desenvolveram a equação que correlaciona as variáveis *IV* (Índice de Vulnerabilidade) e o *PE* (Perigo Estimado) e permite sua representação em mapa. A vulnerabilidade foi determinada para cada setor censitário através do índice de vulnerabilidade, e o perigo a partir do perigo estimado.

O Índice de Risco (*IR*) para cada setor censitário, pode ser assim ser calculado a partir destes dois parâmetros:

[Geopauta](#), Vitória da Conquista ISSN: 2594-5033, **V. 8,2024, e14300**

Este é um artigo de acesso aberto sob a licença Creative Commons da CC BY

$$IR = IV \cdot PE \quad (3)$$

Como base nos índices calculados foram elaborados os mapas de vulnerabilidade, perigo estimado e de risco a movimentos de massa para a área urbana de Iranduba.

### **Resultados e Discussões**

Silva et al. (2019) elaboraram proposta metodológica para mapeamento de áreas de risco à movimentos de massa, no município de Iranduba (AM), entretanto apresentaram apenas dados de vulnerabilidade social.

Os resultados apontam para uma precariedade das formas de ocupações em alguns bairros, visto que muitas casas foram construídas em áreas como fundo de vales e encostas de declividade acentuada (fotos 1 e 2). As moradias destas áreas, em sua maior parte, são construções em alvenaria, reflexo da indústria oleira da região, e outras são de madeira e/ou palafitas. Nas encostas ocupadas foi observada uma grande quantidade de resíduos sólidos, rupturas na rede de drenagem e lançamentos de efluentes domésticos de forma inadequada.

#### **Vulnerabilidade:**

A vulnerabilidade diz respeito a capacidade de resposta/suporte de uma população frente a uma condição ambiental adversa (desastres naturais), e relaciona-se de forma direta com as condições socioeconômicas da sociedade. Assim, na construção do índice de vulnerabilidade, fatores como demografia, educação e economia foram considerados, a partir das variáveis censitárias selecionadas (quadro 1) da base de dados do censo de 2010.

**Foto 1** - Iranduba (AM): ocupação de fundo de vale



**Fonte:** Pesquisa de campo, Correa, (Set de 2020)

**Foto 2** - Iranduba (AM): residência construída na encosta de declividade elevada.



**Fonte:** Pesquisa de campo, Correa, (Set de 2020)

A partir do índice de vulnerabilidade calculado para cada setor, foi elaborado o mapa de vulnerabilidade social da área urbana do município de Iranduba (mapa 2). As classes de vulnerabilidade ficaram arranjadas da seguinte forma (tabela 3):

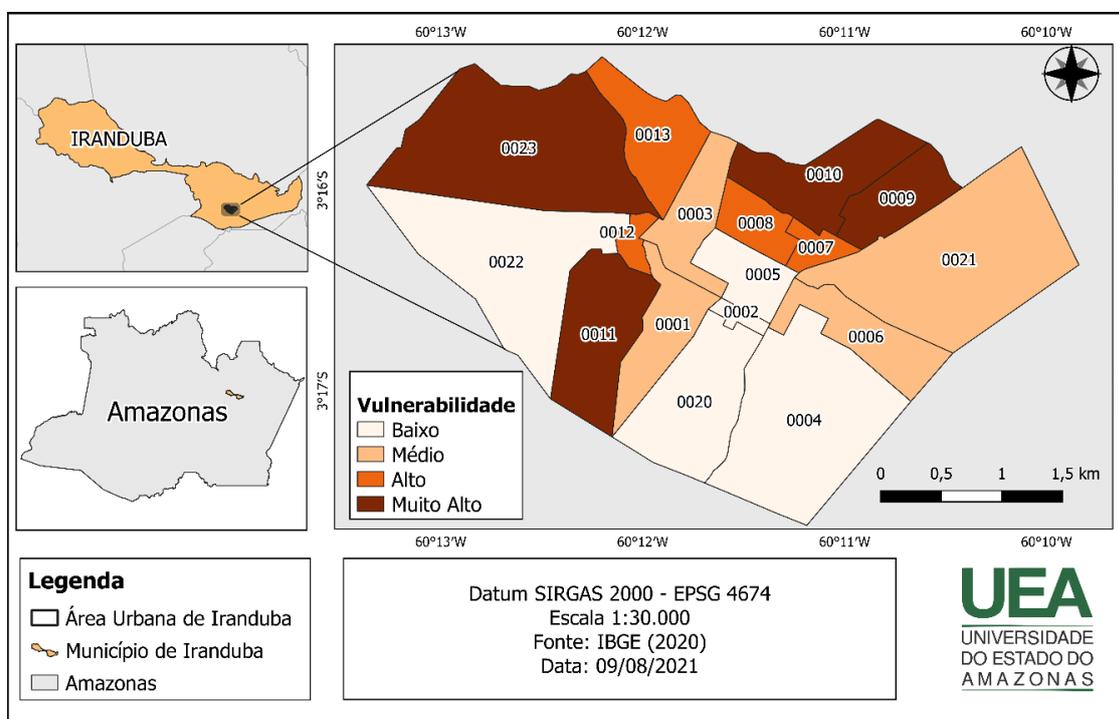
**Tabela 3** - Classificação Hierárquica do Índice de Vulnerabilidade

<b>Categorias Hierárquicas</b>	<b>Índice de Vulnerabilidade</b>
Baixo	0,00 a 0,37
Médio	0,38 a 0,47
Alto	0,48 a 0,82
Muito Alto	0,83 a 1

Fonte: Organização: os autores, 2021, dados do IBGE

Os setores que apresentaram vulnerabilidade muito alta foram: 0009, 0010, 0011 e 0023; alta: 0007, 0008, 0012 e 0013; média: 0001, 0003, 0006 e 0021; e vulnerabilidade baixa: 0002, 0004, 0005, 0020 e 0022.

**Mapa 2** - Distribuição da Vulnerabilidade Social na área urbana de Iranduba - AM



Fonte: IBGE, 2010. Elaboração: os autores, 2021

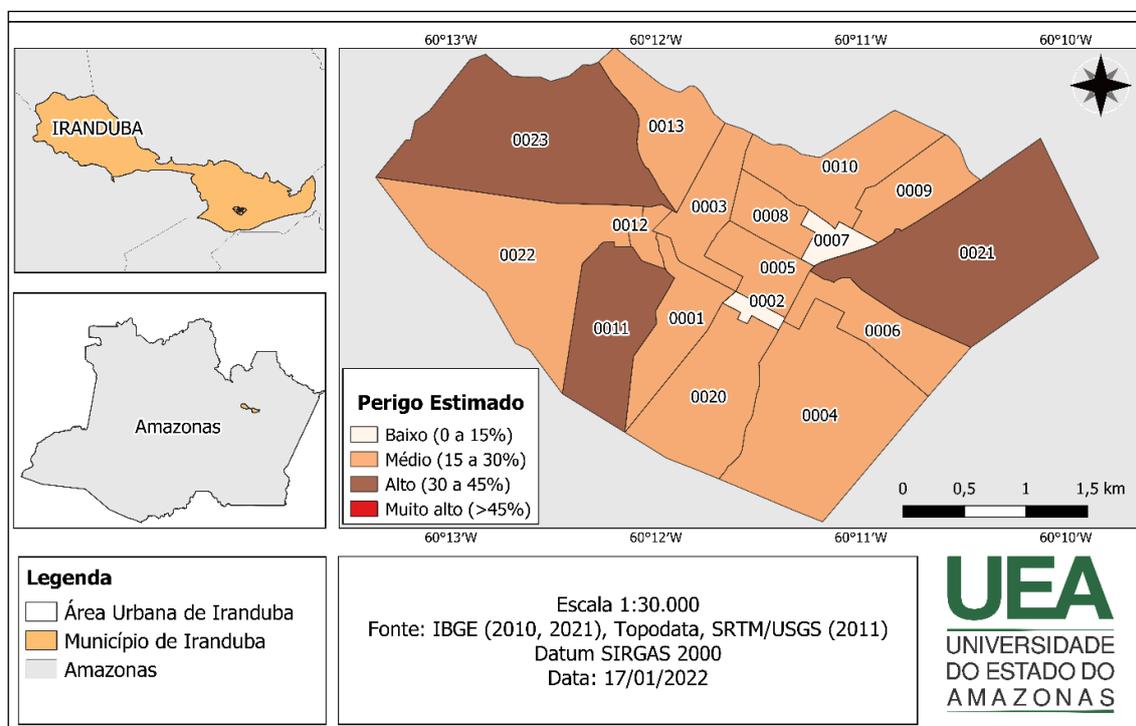
Os setores classificados como de vulnerabilidade alta a muito alta, indicam áreas prioritárias para investimentos pelo poder público municipal voltados a melhoria da qualidade de vida da população, principalmente quanto a aspectos sociais como educação e renda, que foram considerados no cálculo da dimensão da vulnerabilidade. O resultado aponta que, na ocorrência de desastres naturais, a população destes setores não possui capacidade de suporte para lidar com os impactos e situações adversas geradas.

### Perigo Estimado:

Com base nas categorias hierárquicas de declividade das encostas naturais foi determinado o Perigo Estimado (PE) para a área urbana de Iranduba, sendo o mesmo classificado como baixo, médio, alto e muito alto, conforme tabela 2.

O mapa de perigo estimado (PE) (mapa 3) aponta o índice de perigo dos setores da área urbana e classifica os setores 0011, 0023 e 0021 como de perigo alto; os setores 0001, 0003, 0004, 0005, 0006, 0008, 0009, 0010, 0012, 0013, 0020 e 0022 com perigo médio; e os setores 0002 e 0007 de baixo perigo.

**Mapa 3 - Distribuição do Perigo Estimado na área urbana de Iranduba-AM**



**Elaboração:** os autores, 2021

Silva (2020) realizou mapeamento de áreas suscetíveis a erosão na área urbana de Iranduba e identificou seis incisões erosivas do tipo voçoroca. Segundo o autor as características geomorfológicas e as atividades antrópicas, como uso e cobertura do solo, drenagem das águas pluviais e o lançamento de efluentes domésticos em direção as vertentes são responsáveis pela ocorrência das voçorocas e o aceleração dos processos erosivos.

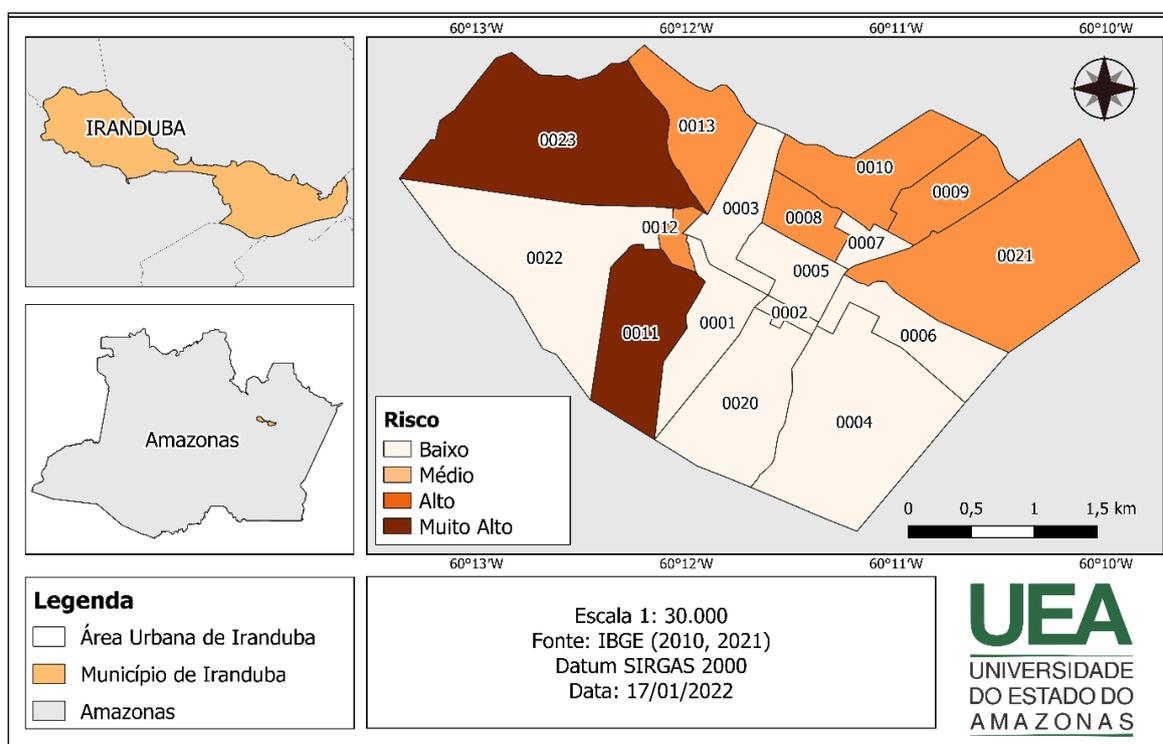
De acordo com Molinari (2007) o material mobilizado pelo movimento de massa pode desencadear processos erosivos bastante significativos, como a erosão

laminar e/ou erosão concentrada em sulcos, ravinas e voçorocas, graças ao desenvolvimento imediato do escoamento superficial, sobre a massa de material mobilizado ou sobre a própria cicatriz.

### Risco:

Para a análise do risco, este foi considerado como função da vulnerabilidade e do perigo estimado para cada setor. O mapa de risco (mapa 3) mostra que os setores 0011 e 0023 foram classificados como de Risco Muito Alto; os setores 0008, 0009, 0010, 0012, 0013 e 0021 como de Risco Alto; os setores 0001, 0003, 0006, 0007 e 0020 como de Risco Médio e os setores 0002, 0004, 0005 e 0022 de Risco Baixo.

**Mapa 3 - Distribuição do Risco na área urbana de Iranduba (AM)**

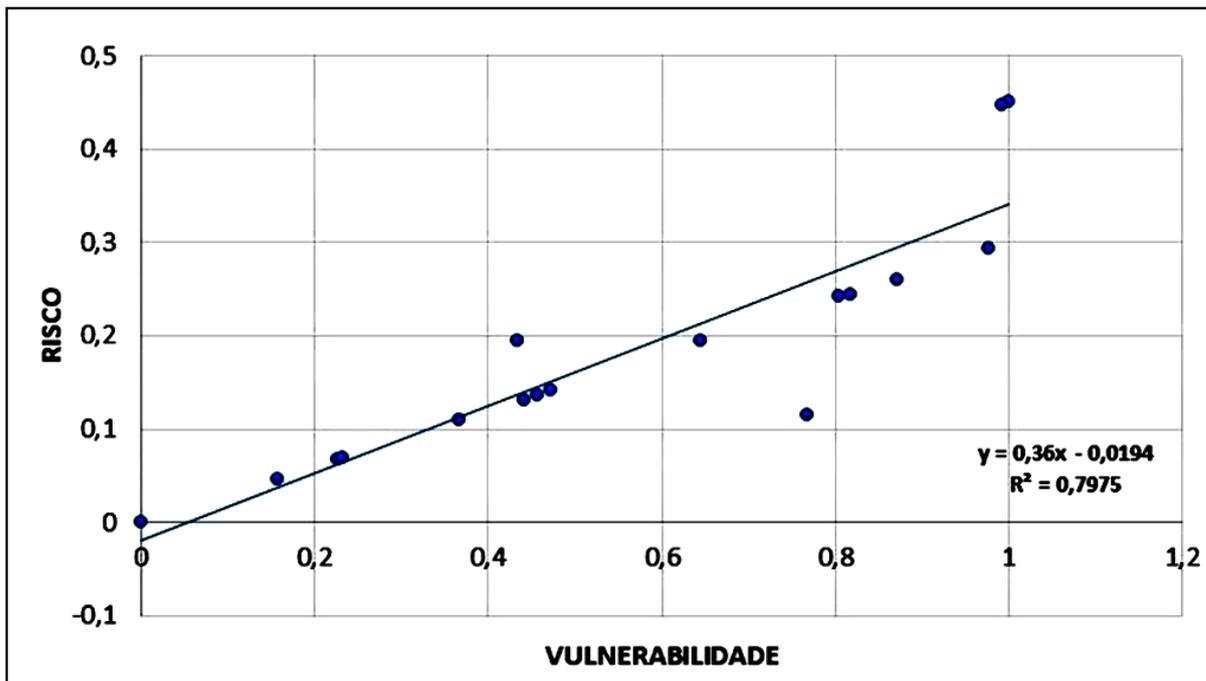


Fonte: : os autores, 2021

Na análise da correlação entre o risco, o perigo e a vulnerabilidade observa-se que a vulnerabilidade é o fator que determina o risco na área. No gráfico 1 é possível observar a forte correlação ( $R^2 = 0,79$ ) entre o risco e a vulnerabilidade. Na correlação entre risco e perigo e vulnerabilidade e perigo (gráficos 2 e 3), estas são fracas. Assim, o que mais influenciou o risco foi a vulnerabilidade, ou seja, a capacidade de resposta da população no enfrentamento de desastres associados a movimentos de massa no município.

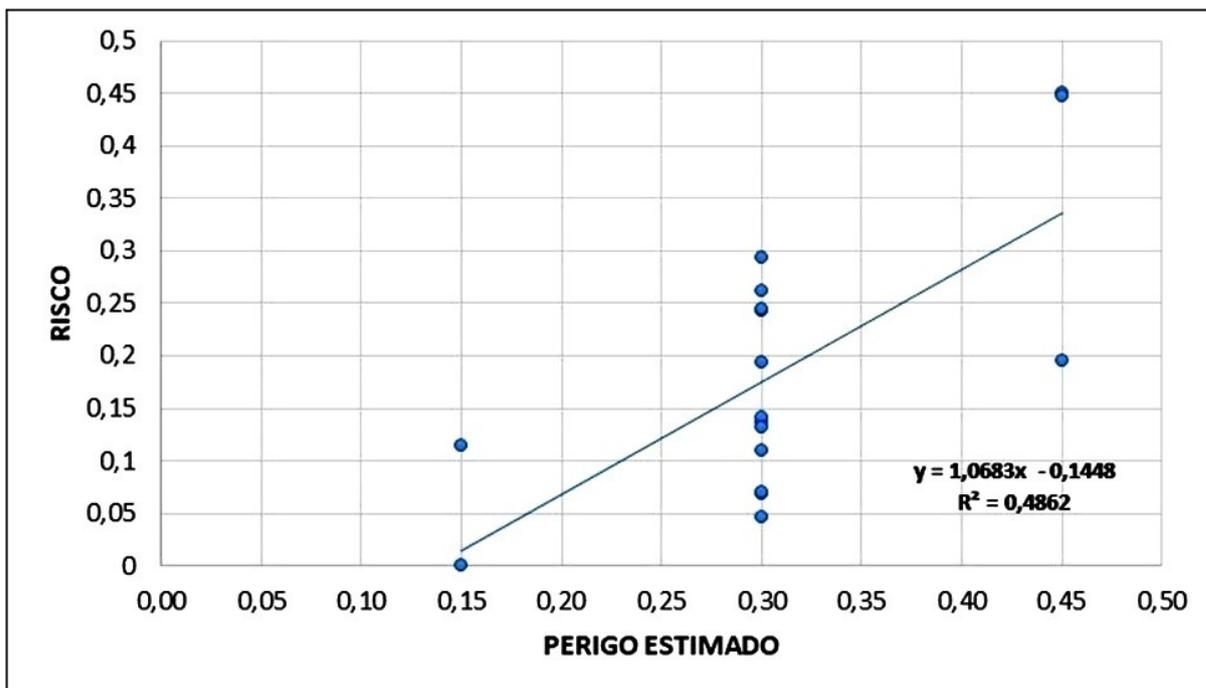
Na análise específica dos setores, observa-se que os setores de risco baixo correspondem aos de baixa vulnerabilidade; nos setores classificados com risco médio, a vulnerabilidades varia de alta a muito alta e o perigo é médio, aqui também a vulnerabilidade foi o fator determinante do risco.

**Gráfico 1-** Correlação entre Risco e Vulnerabilidade



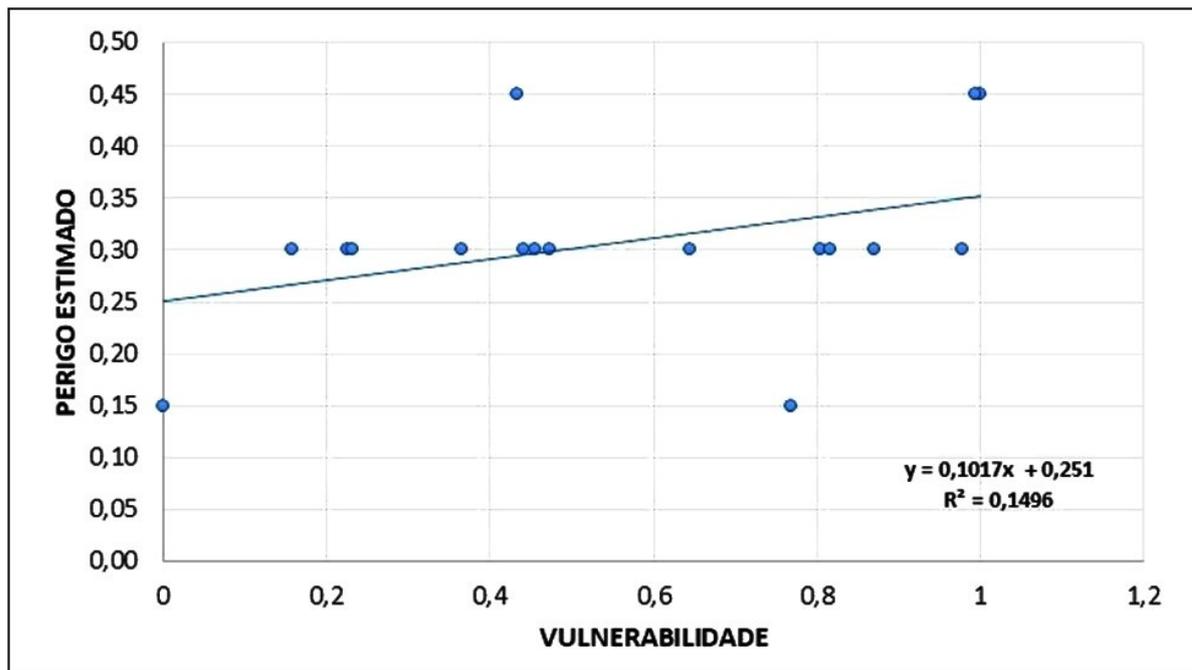
Elaboração: os autores, 2021

**Gráfico 2 -** Correlação entre Risco e Perigo Estimado



Elaboração: os autores, 2021

Gráfico 3 - Correlação Perigo Estimado e Vulnerabilidade



Elaboração: os autores, 2021

### Considerações Finais

Na análise do risco de ocorrência de movimentos de massa no município de Iranduba (AM) os resultados apontam que a vulnerabilidade é o fator que mais influenciou o perigo. Este resultado corrobora com a premissa de que os fenômenos naturais têm seus efeitos potencializados quando atingem populações de baixa renda e com condições de elevada vulnerabilidade, ou seja, o risco é resultado de uma construção social.

Assim, não se pode trabalhar o risco sem considerar as condições socioeconômicas da população, fato que aponta para a necessidade urgente dos gestores municipais trabalharem no processo de ordenamento do território, em especial nas áreas urbanas, por meio dos instrumentos legais disponíveis como o Plano Diretor Municipal e o Código Ambiental Municipal, visando a não ocupação de áreas suscetíveis a movimentos de massa e, se possível, a retirada da população sob situação de elevada vulnerabilidade social.

Em complemento, ações voltadas a melhoria da qualidade de vida da população local, aumento da oferta de emprego, redução dos índices de pobreza e analfabetismo, melhoria da saúde, das condições de habitação e o aumento do IDHM, que contempla as três dimensões do desenvolvimento humano: longevidade, educação e renda. Essas ações conjuntas evitarão, no futuro, a ocorrência de desastres naturais na região e a configuração de novas áreas de risco.

## Referências

- ALMEIDA, L. Q. Índice DRBI- Indicadores de Risco de Desastres e Mudanças Climáticas no Brasil. In: MENDONÇA, F. (Org.). **Riscos Híbridos: concepções e perspectivas socioambientais**. 1. Ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2021.
- AVELAR, A. S.; NETTO, A. L. C.; LACERDA, W. A.; BECKER, L. B.; MENDONÇA, M. B. Mechanisms of the Recent Catastrophic Landslides in the Mountainous Range of Rio de Janeiro, Brazil. In: MARGOTTINI, C.; CANUTI, P.; SASSA, K. (Ed.). **Landslide Science and Practice**. Berlin, Heidelberg: Springer, 2013. p. 265-270
- BRASIL. MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral Serviço Geológico do Brasil – CPRM. Departamento de Gestão Territorial – DEGET. **Ação Emergencial para Delimitação das Áreas de Risco Geológico de Alto a Muito Alto grau. Iranduba – Amazonas**. Março de 2013.
- BRASIL. MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral. SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL - CPRM. Departamento de Gestão Territorial – DEGET. **Setorização de Áreas em Alto e Muito Alto Risco a Movimentos de Massa, Enchentes e Inundações. Iranduba – Amazonas**. Dezembro de 2018.
- BRASIL. **Lei no 12.651, de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis no 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis no 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/L12651compilado.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/L12651compilado.htm).
- COELHO NETTO, A. L. Hidrologia de Encosta na interface com a geomorfologia. In: GUERRA, A. T; CUNHA, S. B. (Org.); **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1994.
- CRID - REGIONAL DISASTER INFORMATION CENTER LATIN AMERICA AND THE CARIBBEAN. **Disaster Controlled Vocabulary**. San José: CRID, 2001. 223p.
- DESCHAMPS, M. V. **Vulnerabilidade socioambiental na Região Metropolitana de Curitiba**. Tese de Doutorado. Paraná, Universidade Federal do Paraná, 2004.

DWYER, A.; ZOPPOU, C.; NIELSEN, O.; DAY, S.; ROBERTS, S. Quantifying Social Vulnerability: A methodology for identifying those at risk to natural hazards. **Geoscience Australia Record** 2004/14, 2004.101 p.

GOERL, R. F.; KOBIYAMA, M.; PELLERIN, J. R. G. M. Proposta Metodológica Para Mapeamento de Áreas de Risco A Inundação: Estudo de Caso do Município de Rio Negrinho – SC. **Bol. Geogr.**, Maringá, v. 30, n. 1, p. 81-100, 2012.

GOERL, R. F.; KOBIYAMA, M. Redução dos desastres naturais: desafio dos geógrafos. **Ambiência Guarapuava (PR)** v.9 n.1 p. 145 - 172 Jan./Abr. 2013

GUERRA, A. J. T. Processos Erosivos nas Encostas. In: CUNHA, S. B.; GUERRA, A. T. (Org.). **A questão ambiental: diferentes abordagens**. 4ª Ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2008

GUERRA, A. J. T. Encostas e a questão ambiental. In: GUERRA, A. T; CUNHA, S. B. (Org.); **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 5ª Ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003

GUERRA, A. T. J.; JORGE, M. C. O. Mapping hazard risk: a case study of Ubatuba, Brazil. **Geography Review**. V.22, n. 3, 2009

GUERRA, A. J. T. et al. Mass Movements in Petrópolis, Brazil. **Geography Review**. V.20, n. 4, 2007

HART, M. G. **Geomorphology: pure and applied**. Londres. Allen and Unwin Publishers, 1986

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Mapa Exploratório de Solos do Estado do Amazonas**. Disponível em: [http://geofp.ibge.gov.br/mapas\\_tematicos/pedologia/unidades\\_federacao/am\\_pedologia.pdf](http://geofp.ibge.gov.br/mapas_tematicos/pedologia/unidades_federacao/am_pedologia.pdf), 2010.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo 2010. Setores censitários**. Disponível em: <https://censo2010.ibge.gov.br/painel/?nivel=st>

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/am/iranduba/panorama>.

IPT, Instituto de Pesquisas Tecnológicas. **Manual de ocupação de encostas**. São Paulo: USP, 1991.

IRANDUBA. **Plano Diretor**. Prefeitura Municipal de Iranduba: Diário Oficial dos Municípios do Estado do Amazonas. Lei n. 121, de 21 de fevereiro de 2016. Diário Oficial.

MARCELINO, E. V., NUNES, L. H., KOBIYAMA, M. Mapeamento de risco de desastres naturais do estado de Santa Catarina. **Caminhos da Geografia (UFU)**, Uberlândia, v.7, n.17, p.72-84, 2006.

MCID – MINISTÉRIO DAS CIDADES / INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS – IPT. **Treinamento de Técnicos Municipais para o Mapeamento e Gerenciamento de Áreas**

**Urbanas com Risco de Escorregamentos, Enchentes e Inundações.** Apostila de treinamento. 2004. 73p.

MENDONÇA, F. Riscos, vulnerabilidade e abordagem socioambiental urbana: uma reflexão a partir da RMC e de Curitiba. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, n. 10, p. 139-148, jul./dez. 2004. Editora UFPR

MENDONÇA, F. A.; LEITÃO, S. A. M. Riscos e Vulnerabilidade socioambiental urbana: uma perspectiva a partir dos recursos hídricos. **GeoTextos**, vol. 4, n. 1 e 2, p. 145-163, 2008

MENDONÇA, F.; BUFFON, E. A. M. Riscos Híbridos. In: MENDONÇA, F. (Org.). **Riscos Híbridos: concepções e perspectivas socioambientais**. 1. Ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2021

MOLINARI, D. C. **Dinâmica erosiva e cicatrizes de movimento de massa – Presidente Figueiredo AM.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, 2007

PARIZZI, M. G. Desastres Naturais e Induzidos e o Risco Urbano. **Geonomos**, 22 (1), 1-9, 2014.

PNUD – PROGRAMA NACIONAL DAS NAÇÕES UNIDAS. **Índice de Desenvolvimento Humano - IDHM**, 2010 Disponível em <<https://hdr.undp.org/data-center/human-development-index>>. Acesso em 20 jul. 2021

QUANTUM GIS User Guide – Version 3.16.1 Hannover. Acesso em 17/07/2021. Disponível em <<https://qgis.org/en/site/forusers/download.html>>

ROSS, J. L. S. Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados. **Revista do Departamento de Geografia**, 8, 63-74. São Paulo, 2011.

SANTOS, J. O. Relações entre fragilidade ambiental e vulnerabilidade social na susceptibilidade aos riscos. **Mercator**, Fortaleza, V. 14, n. 2, p. 75-90, 2015

SANTOS, J. O.; ROSS, J. L. S. Fragilidade Ambiental Urbana. **Revista da ANPEGE**, v. 8, n. 10, p.127-144, 2012

SCHMIDT-THOMÉ, P.; JARVA, J. **The spatial effects and management of natural and technological hazards in general and in relation to climate change.** ESPON, 3st Interim Report, 2004. 15 p

SELBY, M. J. **Hillslope materials and processes.** 2 ed. Oxford University Press, 1993

SILVA, I. N. **Geomorfologia e planejamento ambiental: identificação e monitoramento de voçorocas no sítio urbano de Iranduba/AM.** Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal do Amazonas – UFAM, 2020

SILVA, I.R.; MOREIRA, P.B.H.; ALVES, N.S. Proposta metodológica para mapeamento de áreas de risco a movimento de massa em Iranduba-AM. In: PINHEIRO, L.S; GORAYEB, A. (ORG). **Geografia Física e as Mudanças Globais.** Fortaleza: Editora UFC, 2019

SMALL, R. J.; CLARK, M. J. Slopes and weathering. Cambridge: Cambridge University Press, 1982. 112 p.

TOMINAGA, L. K. Desastres naturais: por que ocorrem? In: TOMINAGA, L. K.; SANTORO, J.; AMARAL, R. (Orgs.). **Desastres naturais: conhecer para prevenir**. 3. ed. São Paulo: Instituto Geológico, 2015. p. 11-24.

TRUDGILL, S. T. **Soil and vegetation systems**. Oxford: Oxford University Press, 1988. 211 p.

UFSC – UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA. **Atlas Brasileiro de Desastres Naturais: 1991 a 2012**. 2. ed. rev. ampl. Florianópolis: Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres/UFSC, 2013

UNDP – United Nations Development Program. **Reducing disaster risk: a challenge for development**. New York: UNDP, 2004. 130p.

USGS - UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY. **Topodata - Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil**. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/topodata>> Acesso em 17 de jun. 2021

VEYRET, Yvette. (Org.). **Os Riscos: O homem como agressor e vítima do meio ambiente**. Tradução de Dilson Ferreira da Cruz. 1. Ed. São Paulo: Contexto, 2007.

---

### **Agradecimentos**

A Universidade do Amazonas pela concessão de Gratificação de Produtividade Acadêmica

Contribuição dos autores:

Autor 1: Orientação, discussão e análise final dos resultados, revisão do texto

Autor 2: Elaboração de mapas e gráficos, metodologia, revisão do texto

Autor 3: Revisão bibliográfica, metodologia, análise dos resultados