



## SUSCETIBILIDADE NATURAL E VULNERABILIDADE DAS INUNDAÇÕES REPENTINAS EM MORRETES – PR

Emerson Luís Pawoski da Silva<sup>1</sup> - Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-1355-8698>

Emerson Luis Tonetti<sup>2</sup> - Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-3325-0615>

Francisco de Assis Mendonça<sup>3</sup> - Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-3107-8519>

Marina Roberta Padilha de Freitas<sup>4</sup> - Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-9382-5700>

<sup>1</sup> Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, Brasil\*

<sup>2</sup> Instituto Federal do Paraná, Paranaguá, PR, Brasil \*\*

<sup>3</sup> Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, Brasil\*\*\*

<sup>4</sup> Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, Brasil\*\*\*\*

*Artigo recebido em 23/09/2023 e aceito em 10/12/2023*

### RESUMO

A cidade de Morretes, no litoral do Estado do Paraná, está entre as mais atingidas por inundações repentinas no Brasil. As Soluções baseadas na Natureza (SbNs) são medidas para gestão desses desastres. Este estudo teve por objetivo verificar como reduzir os riscos relacionados às inundações repentinas em Morretes com SbNs. Utilizou-se o Sistema Socioambiental Urbano com mapas temáticos para input natural e social, Análise de Componentes Principais para output ou interação entre os dois inputs e busca de SbNs para a solução da problemática. As unidades espaciais de risco de inundações repentinas encontradas são influenciadas principalmente pela renda domiciliar e declividade do terreno. As SbNs sugeridas consideraram a localização de equipamentos pública e foram constatadas como: melhoria da renda dos habitantes, aumento do pavimento das construções e criação ou melhoria de espaços vegetados. As recomendações para mitigar as inundações repentinas em Morretes são de fácil aplicação e podem ser realizadas pela governança pública.

**Palavras-chave:** Água; Inundação; Risco de desastres; Renda; Políticas públicas.

\* Doutorando em Geografia pela Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba, PR, Brasil. E-mail: [emprovoski@gmail.com](mailto:emprovoski@gmail.com)

\*\* Doutor em Geografia pela Universidade Federal do Paraná (UFPR) e Professor no Instituto Federal do Paraná (IFPR), Paranaguá, PR, Brasil. E-mail: [emerson.tonetti@ifpr.edu.br](mailto:emerson.tonetti@ifpr.edu.br)

\*\*\* Doutor em Geografia pela Universidade de São Paulo (USP) e Professor na Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba, PR, Brasil. E-mail: [chico@ufpr.br](mailto:chico@ufpr.br)

\*\*\*\* Doutoranda em Geografia pela Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba, PR, Brasil. E-mail: [marinarpfreitas@gmail.com](mailto:marinarpfreitas@gmail.com)

## **NATURAL SUSCEPTIBILITY AND SOCIAL VULNERABILITY OF FLASH FLOODS IN MORRETES – PR**

### **ABSTRACT**

The city of Morretes, on the coast of the State of Paraná, is one of the cities of Brazil most vulnerable to the impacts of flash floods. Nature-based Solutions (NbSs) are measures to manage these disasters. This study aimed to verify how to reduce the risk associated to flash floods in Morretes with SbNs. Applying the Urban Socio-environmental System was used with thematic maps for natural and social input, Analysis of Principal Components for output or interaction between the two inputs and search for NbSs for the solution of the problem. The spatial units of risk of flash floods found are mainly influenced by Household Income and Slope of the terrain. The suggested SbNs considered the location of public equipment and were determined as: improvement of the inhabitants' income, uplifting the buildings' floors and creation or improvement of vegetated spaces. The recommendations for flash floods in Morretes are easy to apply and can be implemented by public governance.

**Key-words:** Water. Flood. Disaster risk. Income. Public policy.

## **SUSCEPTIBILIDAD NATURAL Y VULNERABILIDAD SOCIAL DE INUNDACIONES REPENTINAS EN MORRETES – PR**

### **RESUMEN**

La ciudad de Morretes, en la costa del estado de Paraná, se encuentra entre las más afectadas por las inundaciones repentinas en Brasil. Las Soluciones basadas en la Naturaleza (SbN) son medidas para gestionar estos desastres. Este estudio tuvo como objetivo verificar cómo reducir el riesgo de inundaciones repentinas en Morretes con SbNs. Se utilizó el Sistema Socioambiental Urbano con mapas temáticos para input naturales y sociales, Análisis de Componentes Principales para output o interacción entre los dos inputs y búsqueda de SbN para la solución del problema. Las unidades espaciales de riesgo de inundaciones repentinas encontradas son influenciadas principalmente por el ingreso familiar y la pendiente del suelo. Las SbNs sugeridas consideraron la ubicación de equipamientos públicos y resultaron ser: mejora del ingreso de los habitantes, levación del piso de los edificios y creación o mejora de espacios con vegetación. Las recomendaciones para las inundaciones repentinas en Morretes son fáciles de aplicar y pueden ser logradas por la gobernanza pública.

**Palabras-chave:** Agua. Inundación. Riesgo de desastre. Ingreso. Políticas públicas.

### **INTRODUÇÃO**

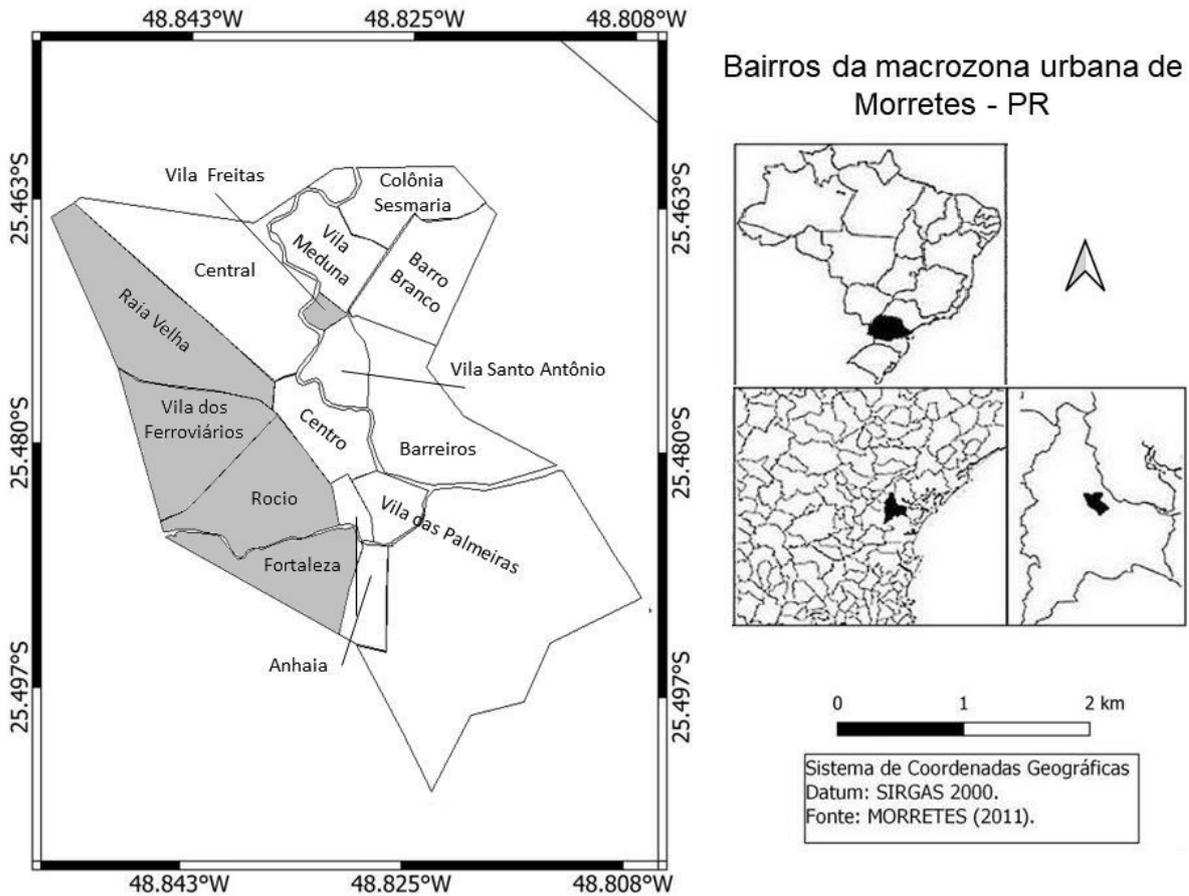
A climatologia estuda os fenômenos atmosféricos em associação com a superfície da Terra, bem como os efeitos do clima sobre os seres vivos. Além desses efeitos, a duração de um tipo de tempo ou clima e a interação entre diferentes elementos da atmosfera e da superfície são o escopo da climatologia (SORRE, 2006). A contribuição humana na gênese do clima ocorre comumente na

superfície terrestre pela cobertura e uso da terra, bem como pelas atividades humanas, enquanto na atmosfera ocorre pela emissão de gases (MENDONÇA; DANI-OLIVEIRA, 2007).

No âmbito dessas intervenções humanas na dinâmica climática, torna-se necessário pensar a relação sociedade-natureza para que não seja desconsiderada a complexidade da interação dos elementos naturais e sociais. Essa mudança de significado dos elementos naturais pode ser exemplificada pela ocupação por habitação em áreas de risco, como encostas e planícies de inundação (ALMEIDA et al., 2023). O risco de inundações se destaca, nesse cenário, e podem ser definidas duas categorias de inundações: graduais, que são o produto de chuvas elevação do nível da água, e repentinas, que estão associadas à ocupação em áreas planas adjacentes a terrenos inclinados, que promovem o espriamento rápido e com muita energia da água das chuvas (BRASIL, 2017). A cidade de Morretes, no Estado do Paraná, evidencia esse tipo de interação conflituosa, dado que o risco de inundações repentinas é elevado devido à precipitação intensa e à ocupação de áreas de risco (SILVA; SILVA; MENDONÇA, 2022).

Morretes está localizada na cadeia montanhosa da Serra do Mar (CUNICO, 2016), que retém as massas de ar úmido advindas do Oceano Atlântico e faz com que a região tenha uma pluviosidade que varia de 1800 a 2200 mm<sup>3</sup>/ ano (ESTÊVEZ et al., 2011). Os rios que ocorrem na cidade de Morretes são conhecidos por terem uma área de bacia pequena em relação a sua vazão. Ocorrem inundações graduais e repentinas no encontro desses rios, e é esse local que compreende a macrozona urbana de Morretes (SILVA; SILVA; MENDOÇA, 2022) com uma densidade populacional de 560 habitantes/ km<sup>2</sup>, enquanto que nas demais macrozonas há um máximo de 13 habitantes/ km<sup>2</sup> (CUNICO, 2016). Quando consideradas todas as macrozonas, a densidade populacional média da cidade é de 27 habitantes/ km<sup>2</sup> (IBGE, 2022). Os bairros dessa macrozona onde mais houve notificações de inundações repentinas são: Vila dos Ferroviários, Rocio, Fortaleza, Raia Velha e Vila Freitas. Um dos motivos para esse cenário é a a orientação da Serra do Mar que faz com que esses bairros da região sudoeste da macrozona urbana de Morretes tenham maior suscetibilidade natural de inundações. Além desses, há os bairros: Vila Meduna, Central, Vila Santo Antônio, Centro, Anhaia, Colônia Sesmária, Barro Branco, Barreiros e Vila das Palmeiras (Figura 1). Toda essa macrozona é de uso múltiplo, com diferentes graus de edificação em cada bairro (MORRETES, 2011, SILVA; SILVA; MENDONÇA, 2022).

Figura 1 – Bairros da macrozona urbana de Morretes - Paraná.



Legenda: cinza = bairros mais atingidos por inundações.  
Fonte: Os autores.

Silva, Silva e Mendonça (2022) comentam ter havido inundações repentinas nos anos de 1776, 1831, 1821, 1835, 1838, 1856, 1867, 1872, 1873, 1883, 1884, 1846, 1849, 1850, 1885, 1888, 1892, 1906, 1907, 1961, 1969, 1995, 2003, 2004, 2008, 2010, 2011 e 2015 com dados da literatura. Embora tenha havido eventos posteriores, os dados públicos disponíveis abrangem, apenas, até 2015. Um exemplo é a última semana de setembro de 2022, quando houve dias consecutivos de chuvas que culminaram em alagamentos e inundações. Destaca-se que o sistema de drenagem municipal não foi suficiente para reduzir o excesso de água na superfície, fato acentuado pelo transbordamento dos encanamentos da rede de drenagem urbana, tendo sido possível observar resíduos sólidos transportados pela água (Figura 2).

Figura 2 – Desastres hídricos na macrozona urbana de Morretes na última semana de setembro de 2022.



Legenda: A – automóveis em locais mais elevados; B – automóvel em local alagado; C – rio que atravessa a cidade, o Nhundiaquara, elevado; D – água saindo de bueiro; E – lixo no rio Nhundiaquara; F – alagamento em frente a uma escola infantil.

Fonte: Os autores.

Esses fatos demonstram que a cobertura e uso da terra dessa macrozona interfere nos ciclos naturais, sendo nela onde se verifica o maior número de afetados em caso de desastres (UFSC/ CEPED, 2013).

A gestão de desastres naturais como ação preventiva é algo recente na ciência, pois, por muito tempo, o foco recaiu na resolução de impactos já manifestos (CARPI-JUNIOR; DAGNINO, 2020), configurando, portanto, um tipo de ação remediadora. Neste contexto, Mendonça (2021) afirma que o risco ou ameaça de um desastre depende da suscetibilidade natural e da vulnerabilidade social. Na mesma perspectiva, Liu, Jay e Chen (2021) concebem que as Soluções Baseadas na Natureza (SbNs) são medidas para gestão desses desastres, e são baseadas na biomimética em conjunto com as governanças locais. Essas estruturas naturais têm as vantagens de fácil instalação e baixo custo que reduzem a suscetibilidade e a vulnerabilidade, respectivamente (HERZOG, 2013).

Sociedade e clima se influenciam mutuamente em diferentes escalas espaciais e temporais, e de diferentes modos. A hipótese de que a cobertura e o uso da terra em Morretes estão relacionados ao risco de inundações repentinas está pautada na presença de edificações nas planícies de inundação dos rios da cidade.

Este estudo teve como objetivo analisar como a ocupação humana em Morretes – Paraná tem contribuído para o aumento do risco de inundações repentinas, através de um diagnóstico socioambiental. Este estudo poderá, ainda, contribuir para o planejamento dos espaços de forma a se mitigar ou evitar o desastre das inundações repentinas através de SbNs.

## **METODOLOGIA**

Utilizou-se o Sistema Sociambiental Urbano (MENDONÇA, 2004) na escala de macrozona municipal e bairros para mostrar como a interação sociedade-natureza está relacionada a problemáticas de risco de inundações repentinas e quais medidas são sugeridas para evitar esses desastres. A abordagem foi organizada em quatro etapas: (1) *input* dos elementos naturais: suscetibilidade natural; (2) *input* dos elementos sociais e seus atributos: vulnerabilidade social; (3) *output*: interações entre suscetibilidade, vulnerabilidade e indicadores de risco de inundações repentinas; e (4) *aplicação*: SbNs sugeridas nas unidades de risco de inundações repentinas.

Etapa 1: os aspectos de suscetibilidade natural foram elaborados com mapas temáticos de cobertura da terra, declividade e distribuição granulométrica com dados coletados do Instituto Água e Terra (IAT, 2010), Plano Diretor de Morretes (MORRETES, 2011) e Zoneamento Ecológico-Econômico (CUNICO, 2016). A confirmação das informações das fontes ocorreu por imagens de satélite do *Google Earth Pro* versão 7.3.6.9345 e visitação *in situ*. Através da sobreposição desses mapas será construído um mapa de fragilidade ambiental consoante indicadores relacionados a inundações repentinas (Quadro 1). Considerou-se, neste estudo, que todos os bairros da macrozona urbana de Morretes têm a mesma precipitação, conforme dados das estações pluviométricas (SILVA; SILVA; MENDONÇA, 2022).

Quadro 1 - Indicadores de suscetibilidade natural.

Indicadores	Classes de suscetibilidade			
	1	2	3	4
Cobertura da terra (predominante)	Vegetação contínua	Vegetação com área de cultivo	Edificação com vegetação	Terreno impermeável
Declividade média (%)	>30	15-30	6-15	<6
Distribuição granulométrica	Cascalho	Areia	Silte/Argila	Terreno impermeável

Adaptado de: WILKEN (1978); FREEZE, CHERRY (1979); ROSS (1994); BONAN (2015).

Etapa 2: os aspectos de vulnerabilidade social foram organizados por mapas de pavimentos, distância das edificações para os corpos de água (BRASIL, 2012) e renda, inferidos com base em relatórios do IPARDES (2023), Zoneamento Ecológico-Econômico (CUNICO, 2016) e Plano Diretor (MORRETES, 2011) (Quadro 2). Para permeabilidade dos pavimentos foram consideradas as edificações com vegetação adjacente e não o sistema de drenagem municipal. A densidade demográfica em toda macrozona foi considerada com 560 habitantes/ km<sup>2</sup> (CUNICO, 2016). Com essas informações serão determinados níveis de vulnerabilidade social em um mapa.

Quadro 2 - Indicadores de vulnerabilidade para inundação repentina.

Indicadores	Classes de vulnerabilidade			
	1	2	3	4
Quantidade de pavimentos	2 e terreno permeável	2 e terreno impermeável	1 e terreno permeável	1 e terreno impermeável
Distancia entre ocupações e rios (metros)	>200	100 a 200	30 a 100	<30
Renda domiciliar (salário mínimo)	>2,5	2,0 a 2,5	1,5 a 2,0	1,0 a 1,5

Adaptado de: MORRETES (2011); BRASIL (2012); NUCCI et al. (2019).

Legenda: a – impermeabilizados.

A atribuição de pesos aos indicadores (CARPI-JUNIOR; DAGNINO, 2020, MENDONÇA, 2021, SIMAS et al., 2021) não foi utilizada nas Etapas 1 e 2, em razão das particularidades e intenção de não generalizar os bairros da macrozona.

Etapa 3: os mapas de risco foram elaborados mediante a sobreposição dos mapas de suscetibilidade e vulnerabilidade de cada bairro. A classificação das áreas se dará pela combinação dos tipos de suscetibilidade e vulnerabilidade. Essa combinação entre os bairros foi realizada estatisticamente pela Análise de Componentes Principais (PCA – *Principal Component Analysis*)

através da transformação linear não correlacionável das variáveis (HONGUYU; SANDANELO; OLIVEIRA-JUNIOR, 2015).

Etapa 4: verificaram-se SbNs para inundações repentinas com a categorização dos bairros. As SbNs indicadas para o controle de inundações repentinas foram determinadas pela busca das palavras-chave “*nature based solution*”, “*flash-flood*” e indicadores mais relevantes identificados com revisão bibliográfica pelos indexadores *Science Research* e *Capes Periódicos*. Os textos foram selecionados conforme a concepção de inundações repentinas como sinônimo de enxurradas, ou seja, escoamento superficial com alta energia de chuvas intensas, apresentada por Brasil (2007), Ufsc/ Ceped (2013) e Marengo e colaboradores, (2021), e que é adotada pela Defesa Civil (BRASIL, 2017). Discutiu-se, também, para sugestão das SbNs, os equipamentos públicos de cada bairro, de acordo com o maior ou menor trânsito de pessoas (ALMEIDA et al., 2023) e a orientação das vertentes (TRENTIN; ROBAÍNA, 2016).

Os mapas foram elaborados com os softwares *QGIS* versão 3.10 e *ArcGIS Earth* versão 2.0. Todos os testes estatísticos foram realizados com  $p\text{-value} = 0,05$  no software *Past* versão 3.26.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

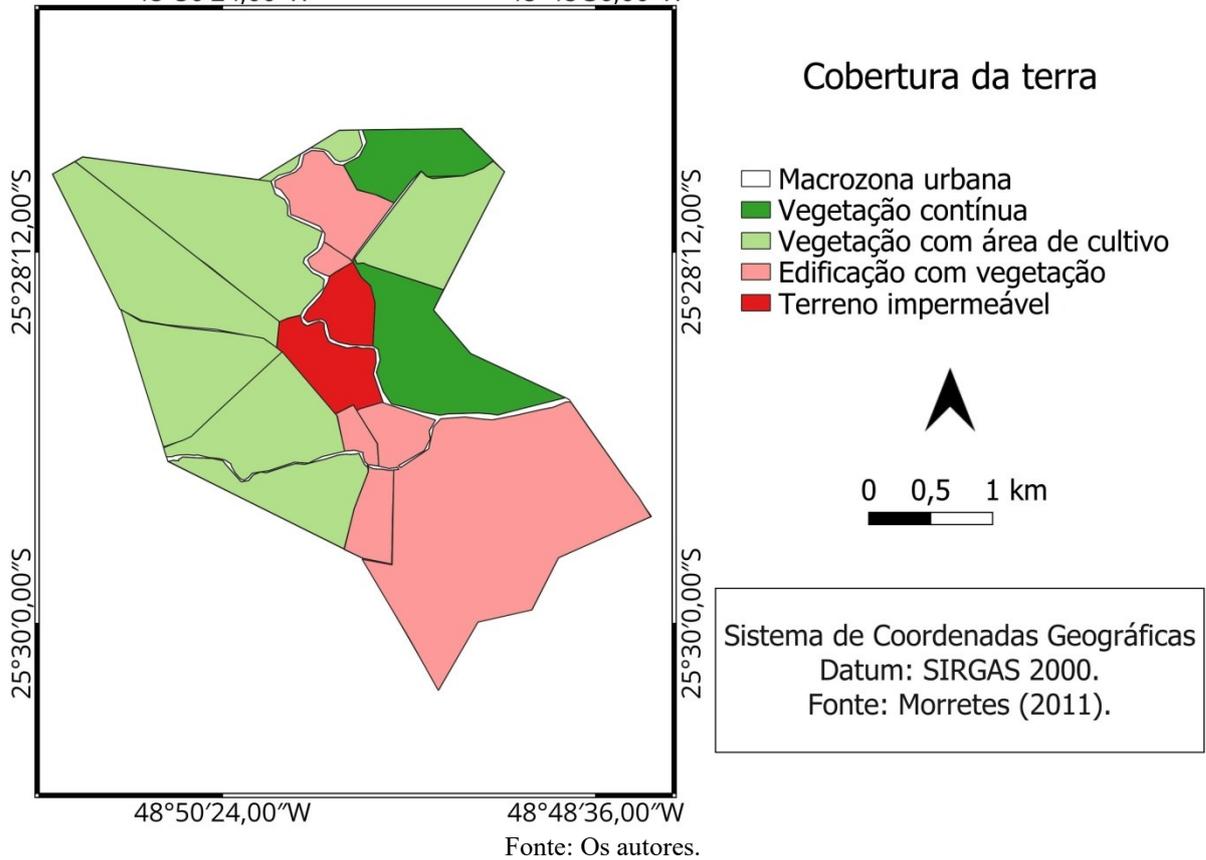
### ***Input dos elementos naturais: suscetibilidade natural***

A Declividade é o indicador de risco mais evidente, enquanto a Distribuição granulométrica e Cobertura da terra são ameaças potenciais. Os bairros Santo Antônio e Centro são bastante prejudicados pela suscetibilidade, enquanto Barreiros e Colônia Sesmaria são os menos afetados pela mesma. Os demais bairros se encontram entre esses dois extremos.

De forma geral, os mapas de suscetibilidade natural apresentaram setores bem definidos e, dessa forma, bairros próximos têm características em comum.

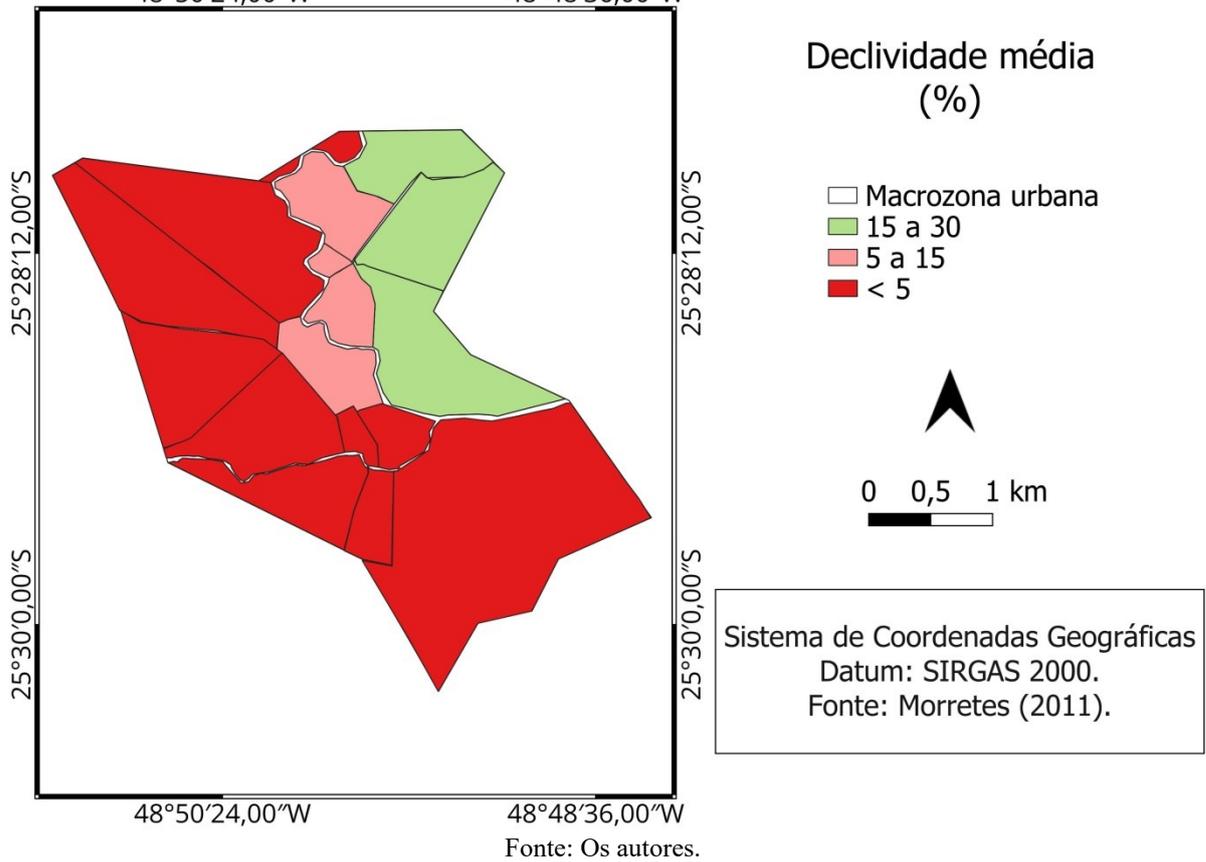
Sobre a cobertura terra, toda porção oeste da macrozona e o bairro Barro Branco têm áreas de cultivo associadas à moradia. Os setores nordeste e leste compreendem grandes fragmentos florestais com poucas construções. Os setores norte e sul são semelhantes devido aos lotes com edificação e vegetação. Os bairros no setor central da macrozona foram aqueles com mais edificações e solo impermeabilizado por asfalto ou outras coberturas (Figura 3). Maack (2017), Kamino e colaboradores (2019) comentam que o desmatamento reduz a infiltração das águas pluviais. Dessa forma, o transporte de água ocorre principalmente na superfície do solo nos bairros dos setores central e sul, que possuem menos vegetação em relação aos demais.

Figura 3 – Mapa de Cobertura da terra na macrozona urbana de Morretes –PR.  
48°50'24,00"W 48°48'36,00"W

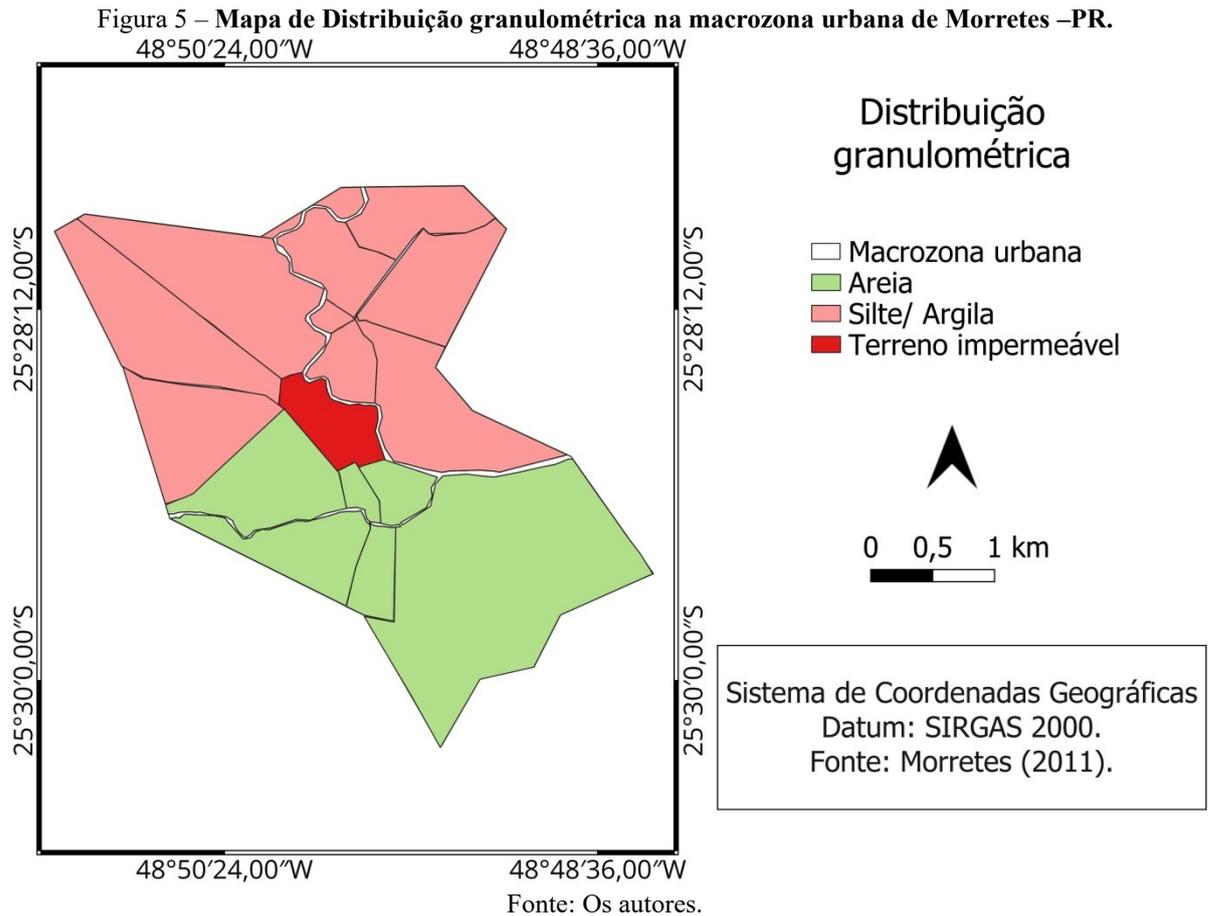


A declividade representou um aspecto do relevo municipal. Os bairros dos setores nordeste e leste ocorrem em encostas, e o ângulo das elevações é reduzido em direção ao sul e oeste da macrozona. Nesses últimos, o terreno é quase plano (Figura 4). Em relação a esse relevo, há duas categorias sobre a vazão da água: (1) nas encostas até 3 L/s.km<sup>2</sup> e (2) nas áreas planas com 7 L/s.km<sup>2</sup> (AGUASPARANÁ, 2019). Esses dados indicam que os bairros dos setores oeste e sul são os que apresentam maior suscetibilidade relacionada à declividade.

Figura 4 – Mapa de Declividade na macrozona urbana de Morretes – PR.  
48°50'24,00"W 48°48'36,00"W



Em relação ao tamanho dos grãos do solo na macrozona, os setores são divididos em norte com silte e/ ou argila, no bairro Centro com o terreno impermeável por ação humana e, no setor sul, se encontram sedimentos arenosos fluviais (Figura 5). Os grãos do solo arenoso ou de maior granulometria permitem maior infiltração, enquanto silte e argila propiciam o escoamento superficial (TUCCI, 2001). Dessa forma, os bairros do sul têm maior taxa de infiltração que aqueles do norte.



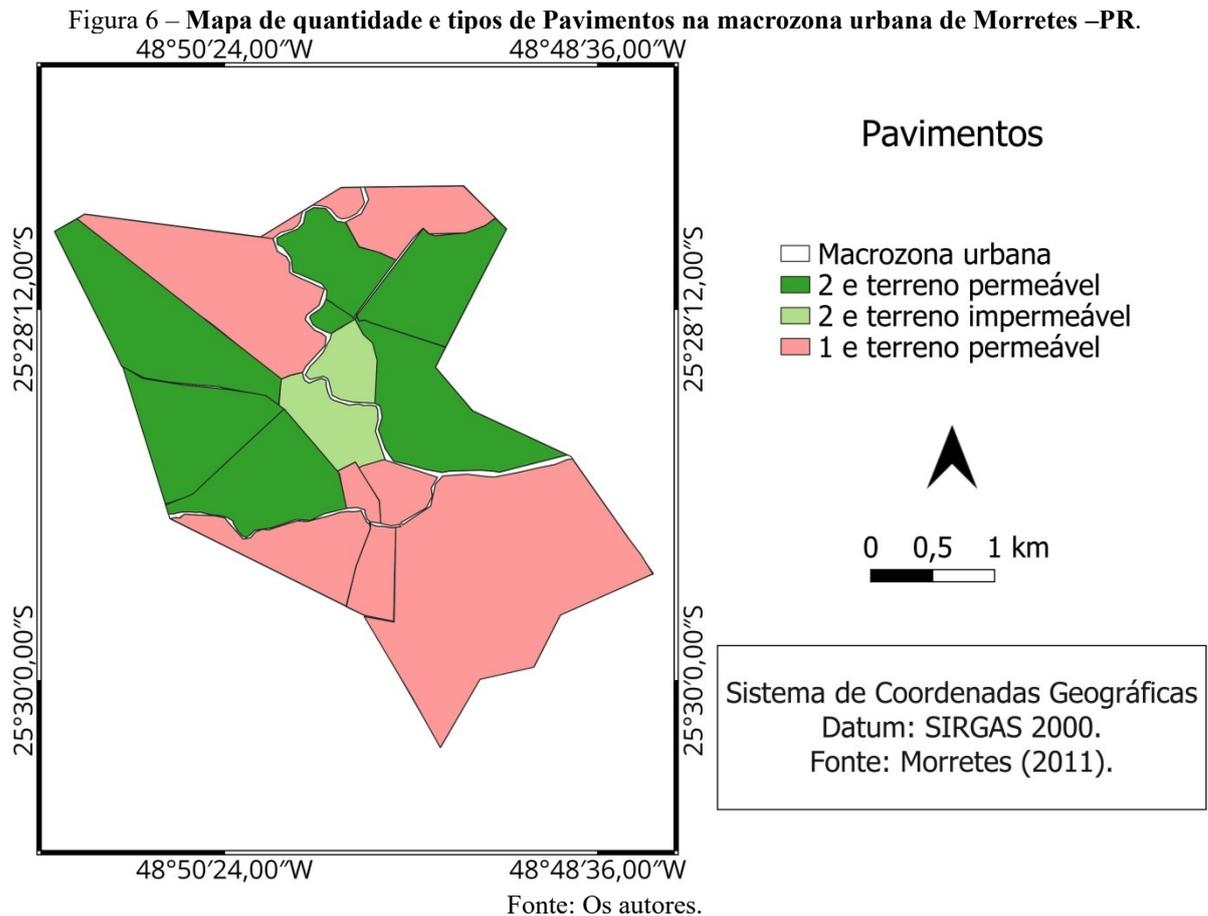
Em relação à suscetibilidade natural, os bairros dos setores oeste, central e sul são os que apresentam maior risco de inundações repentinas. Os bairros do sul têm como único benefício, nessa configuração espacial, a melhor taxa de infiltração da macrozona.

#### ***Input dos elementos sociais e seus atributos: vulnerabilidade social***

A Distância entre ocupações e rios se destacou entre os indicadores de vulnerabilidade social por ter maior variação entre os bairros e apresentar valores mais altos, sendo seguida por Renda domiciliar. Quantidade e Tipos de Pavimentos foi o indicador menos relevante. Os bairros Central e Fortaleza foram identificados como os mais afetados em relação à vulnerabilidade. Os bairros Barro Branco e Raia Velha são os menos afetados, exceto pelo indicador Renda Domiciliar, que é evidentemente maior nesse último.

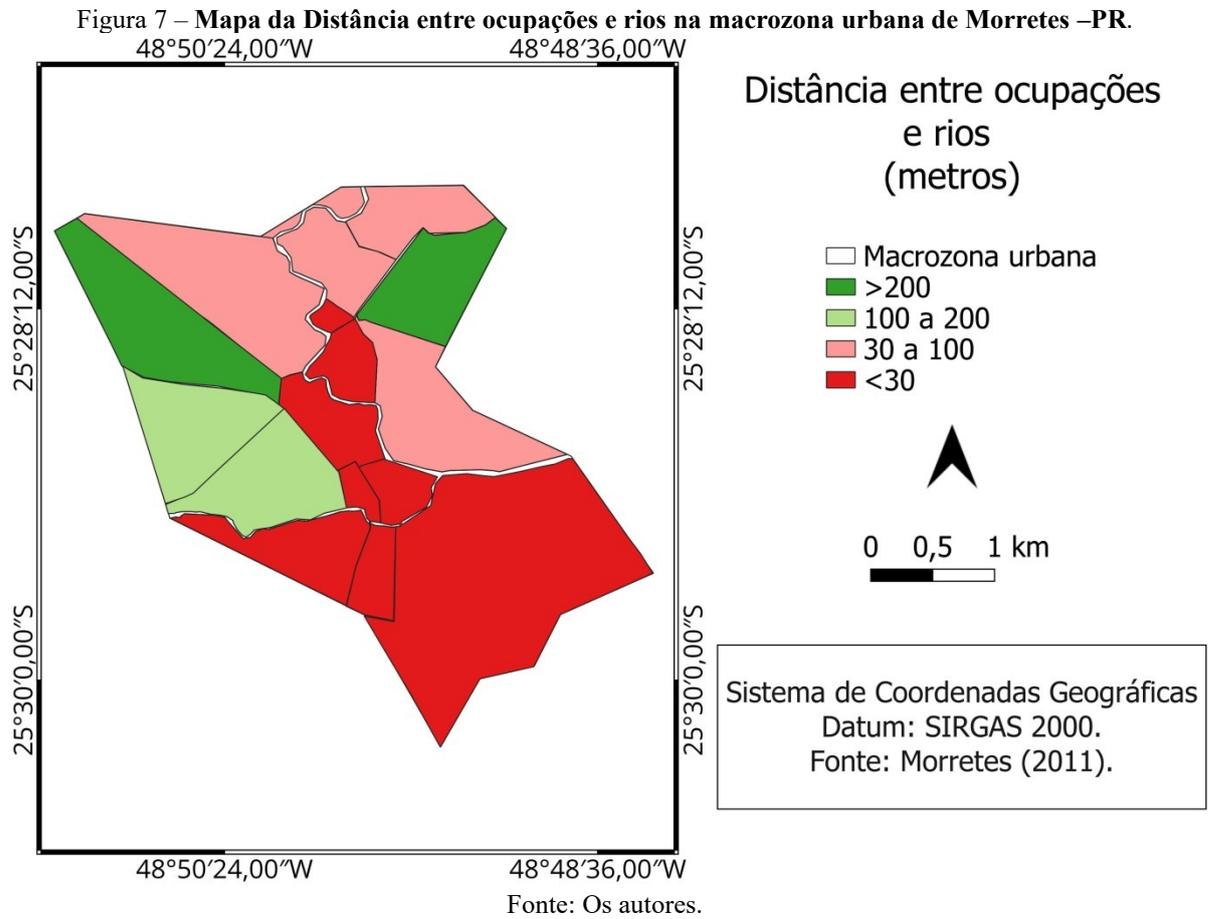
A setorização também ocorre nos mapas de vulnerabilidade social. No mapa sobre quantidade e tipo de pavimentos, verificou-se que as extremidades leste e oeste tinham mais construções com dois pavimentos e vegetação adjacente, enquanto nas extremidades norte e sul há

também construções com um pavimento e vegetação adjacente. No setor central da macrozona, as edificações têm, em sua maioria, pouca ou nenhuma vegetação (Figura 6). O padrão de edificação em Morretes exhibe aumento nas direções noroeste e sudeste (SILVA et al., 2020), ambas com terrenos com preços reduzidos devido à proximidade da ferrovia (D'AGOSTINI; ABASCAL, 2019). Ainda que outros fatores tenham influência nessa distribuição, o papel do trânsito de trens é evidente.



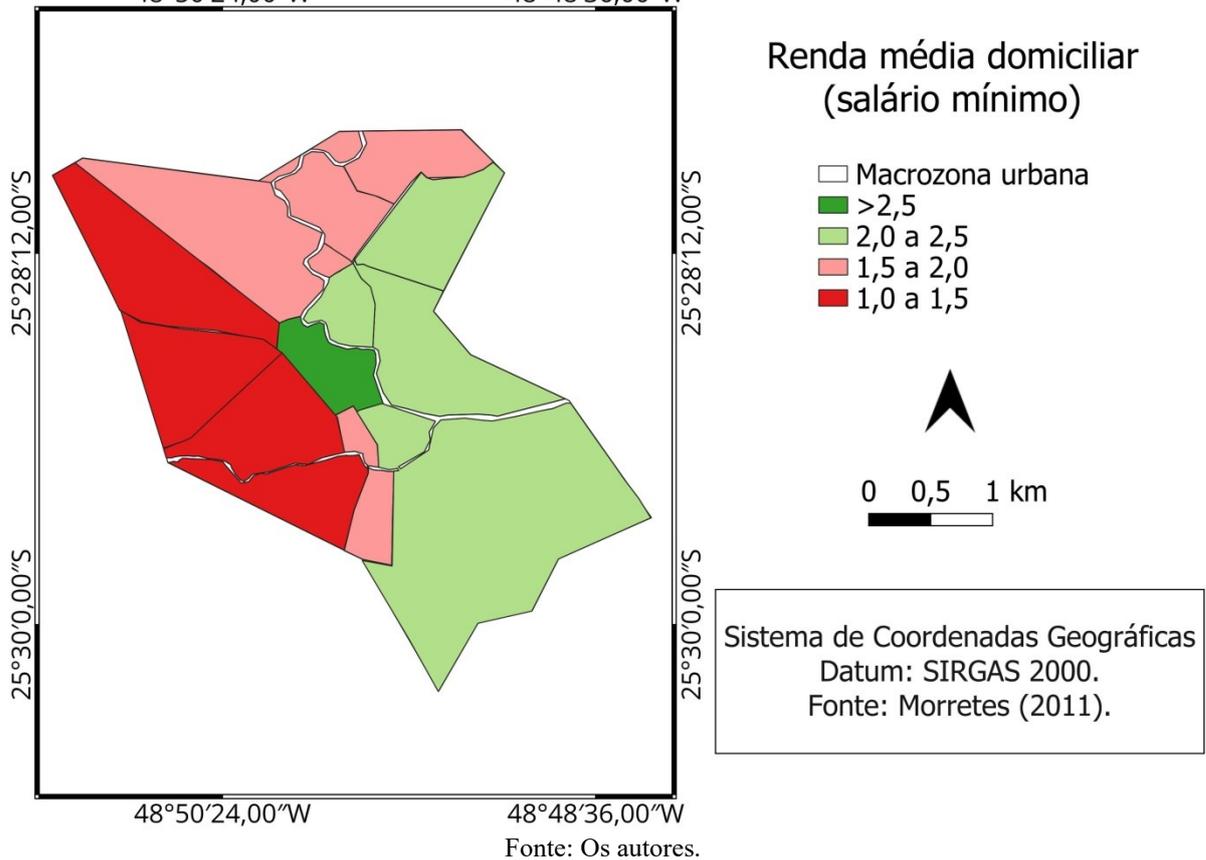
Os bairros do setor sul e central têm edificações muito próximas aos rios. No nordeste e noroeste da macrozona estão os bairros com maior distância entre ocupações e rios. Entre esses extremos, os bairros do norte e leste consistem de ocupações que estão entre 30 e 100 metros de distância dos rios, e os bairros do leste com distâncias entre 100 e 200 metros (Figura 7). A proximidade das ocupações com os rios pode se dar por interesse em recursos (CAVAZZANI; GOMES, 2017), beleza cênica (CHEMIN, 2017) ou, ainda, desconhecimento de como funcionam as planícies de inundação (SANTOS et al., 2011). Conforme o histórico agrícola e a busca por

minérios, há mais chances de que as edificações nos setores central e sul tenham sido criadas objetivando os recursos que os rios podem oferecer.



A desigualdade na distribuição da renda familiar, em quantidade de salários mínimos, é bastante pronunciada. O bairro Centro é o único com mais de 2,5 salários por domicílio, sendo seguido dos bairros a leste e sul, que possuem até 2,5 salários mínimos. No norte e no bairro Anhia, exceção do setor sul, há renda que varia de 1,5 a 2,0 salários. Os bairros do setor oeste são os que possuem no máximo 1,5 salários por domicílio e, portanto, têm menor renda na macrozona (Figura 8). Os habitantes do setor oeste são historicamente relacionados à ferrovia, e os moradores mais antigos eram funcionários da Rede Ferroviária Federal (D'AGOSTINI; ABASCAL, 2019) ou operários de fábricas de papel (INCRA, 1970). Dessa forma, a renda pode ser um indicador de uma segregação espacial anterior.

Figura 8 – Mapa de Renda domiciliar na macrozona urbana de Morretes –PR.  
48°50'24,00"W 48°48'36,00"W



A economia municipal parece ter sido um dos principais fatores na distribuição dos indicadores de Pavimentos, Renda domiciliar e Distância entre ocupações e rios. As ocupações se deram pelo interesse nos recursos naturais, valor monetário dos terrenos e proximidade aos locais de trabalho. Nesse sentido, os bairros do setor sul se destacam, com exceção apenas do indicador Renda domiciliar. Para Cavazzani e Gomes (2017), nessa localidade se estabeleceram, historicamente, portos fluviais e, depois, áreas de cultivo aproveitadas por imigrantes (SANTOS et al., 2011). É possível que essa relevância agrícola tenha beneficiado economicamente o setor sul da macrozona urbana (SILVA; SANTOS; TONETTI, 2020) e reduzido sua vulnerabilidade social.

### ***Output: interações entre suscetibilidade, vulnerabilidade e indicadores de risco de inundações repentinas***

A análise por PCA produziu os scores de bairros e indicadores em 6 categorias de componentes principais (Quadro 3), que foram ajustadas nas categorizações dos bairros. A separação dos agrupamentos de Bairros (Quadro 4 e Figura 9) revelou classes dos mesmos. As combinações se deram por uma semelhança mínima de 4 indicadores. Os 14 bairros foram

classificados em 8 unidades espaciais em relação ao risco de inundações repentinas de acordo com a similaridade de indicadores das classes 3 e 4. As classes reforçam os resultados dos mapas isolados de cada indicador (itens 3.1 e 3.2 deste estudo).

Quadro 3 – Scores dos componentes principais da análise.

Bairros	PC 1	PC 2	PC 3	PC 4	PC 5	PC 6
Central	0.90887	11.835	-0.57637	0.20949	0.56638	-0.41011
Raia Velha	-23.921	0.35556	0.81225	-0.38728	0.53745	-0.04521
Vila dos Ferroviários	-17.161	0.53706	0.6893	0.27025	0.35033	-0.21148
Rocio	-17.403	0.88948	0.65402	-0.0092302	-0.52167	-0.023141
Fortaleza	0.45279	20.957	-0.49744	0.41159	-0.1245	0.24981
Vila Meduna	-0.21477	-0.56994	0.69924	0.53977	-0.1235	0.26115
Vila Freitas	0.4612	-0.38844	0.57629	11.973	-0.31062	0.094884
Vila Santo Antônio	17.358	-0.68332	0.73909	0.15206	-0.065459	0.42538
Centro	21.919	-15.955	0.66017	-0.050039	0.62542	-0.23454
Vila das Palmeiras	17.387	0.81943	0.0039338	-0.6681	-0.44617	-0.19402
Anhaia	10.627	0.63793	0.12689	-13.256	-0.25905	-0.027755
Colônia Sesmaria	-0.2468	0.014765	-21.486	0.088704	0.42055	0.4791
Barreiros	-0.65613	-13.883	-13.572	0.50135	-0.53199	-0.59797
Barro Branco	-15.859	-1.908	-0.38154	-0.93023	-0.11716	0.23391
Cobertura da terra (predominante)	0.42223	-0.15672	0.72979	-0.11653	0.040589	0.49934
Declividade média (%)	0.028731	0.57199	0.48269	-0.21011	0.14618	-0.61114
Distribuição granulométrica	0.02425	-0.35241	0.035282	0.27948	0.87201	-0.18834
Distância entre ocupações e rios (metros)	0.67598	0.1815	-0.12295	0.65752	-0.18712	-0.16627
Renda domiciliar (salário mínimo)	-0.43183	0.55979	0.11421	0.48158	0.18113	0.47159
Pavimentos	0.42058	0.42162	-0.45278	-0.44711	0.38571	0.30274

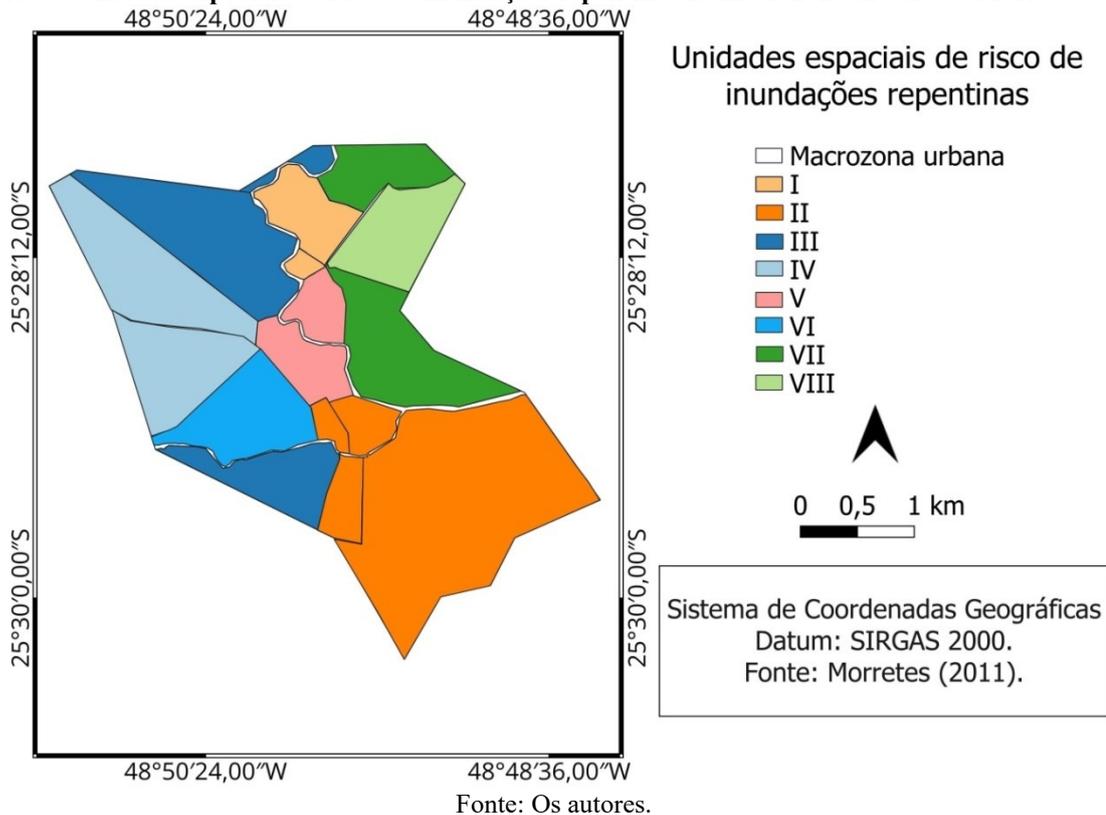
Fonte: Os autores.

Quadro 4 – Caracterização das unidades de risco de inundações repentinas na macrozona urbana em Morretes – PR.

Unidades espaciais de risco	Bairros	Indicadores de riscos em comum	
		Categoria 4	Categoria 3
I	Vila Freitas	Declividade e Distância dos rios	Cobertura da terra, Grãos do solo e Renda
	Vila Meduna		
II	Anhaia	Declividade e Distância dos rios	Cobertura da terra, Distância dos rios e Pavimentos
	Vila das Palmeiras		
III	Central	Declividade, Distância dos rios e Renda	Grãos do solo e Pavimentos
	Fortaleza		
IV	Raia Velha	Declividade e Renda	Grãos do solo
	Vila dos Ferroviários		
V	Centro	Cobertura da terra, Grãos do solo e Distância dos rios	--
	Vila Santo Antônio		
VI	Rocio	Declividade e Renda	--
VII	Colônia Sesmaria	--	Grãos do solo, Distância dos rios, Renda e Pavimentos
	Barreiros		
VIII	Barro Branco	--	Grãos do solo

Fonte: Os autores.

Figura 9 – Unidades espaciais de risco de inundações repentinas na macrozona urbana de Morretes – PR.



Para toda a macrozona urbana, a interação entre os indicadores Declividade e Renda domiciliar foi a mais relevante em relação a inundações repentinas, sendo esse fator de maior destaque nos bairros do setor oeste. Esse aspecto pode estar relacionado à escolha de um local plano para a edificação da Estação Ferroviária, bem como a moradia de seus funcionários (INCRA, 1970, D'AGOSTINI; ABASCAL, 2019). A Distância entre ocupações e rios também se revelou de grande importância, mas é menos relevante devido à sua variação em toda a área. A Cobertura da terra e Distribuição granulométrica tiveram importância razoável, e a associação entre esses indicadores no setor central pode ter derivado da necessidade dos colonizadores europeus de cobrir o solo arenoso no passado, bem como da maior renda nessa localidade (INCRA, 1970, MAACK, 2017). A quantidade e tipo de Pavimentos apresentou pouco impacto no estudo, talvez devido ao limite de 2 pavimentos por edificação na cidade não permitir uma análise com dados mais variados. Na verdade, edificações com 3 pavimentos são permitidas mediante licença, mas a única construção que possui essa quantidade de pavimentos é um hotel da cidade (MORRETES, 2011).

A setorização identificada pela suscetibilidade natural e vulnerabilidade social na macrozona urbana de Morretes, bem como o fato dos indicadores destacados no estudo estarem relacionados, principalmente, à renda, sugerem a existência de segregação espacial histórica e

injustiça socioambiental impactando o risco de inundações repentinas (MENDONÇA, 2021, PEDROSO; TYBUSH, 2021).

***Aplicação: SbNs sugeridas nas unidades espaciais de risco de inundações repentinas***

Em relação à Renda, verificou-se ser o fator mais correlacionado às inundações, sejam graduais ou repentinas. Smith e colaboradores (2021) comentam, ainda, que muitos países em desenvolvimento estão vulneráveis a esses desastres porque há uma infraestrutura precária derivada da baixa renda em algumas de suas regiões. As soluções apontadas foram uso da água para piscicultura e agricultura, o uso dos espaços para turismo, e assistência social baseada na articulação entre governanças (BRADFER-LAWRENCE et al., 2021). Atualmente, as atividades de turismo, piscicultura e agricultura estão entre as principais fontes de renda em Morretes (CUNICO, 2016). Para os demais indicadores de risco, são propostos sistemas de drenagem e contenção com uso da vegetação. A cobertura vegetal é uma SbN bastante em comum e frequente para inundações em geral (COHEN-SHACHAMA et al., 2019), que atua no aumento da infiltração de água, na redução do escoamento superficial, na criação de habitats, no sequestro de carbono, no controle da erosão e na redução da temperatura. Por outro lado, o desmatamento e a edificação facilitam a formação de ilhas de calor, provocam perda de biodiversidade e fragilização do ambiente para diversos tipos de intemperismo e escoamento superficial de água. As raízes e a deposição de matéria orgânica proveniente da vegetação promovem agregação do solo e mais diversos processos ecológicos com a formação de poros que aprimoram o escoamento superficial (WILKEN, 1978, FREEZE; CHERRY, 1979, ROSS, 1994, CARPI-JUNIOR; DAGNINO, 2020).

Exemplos desses tipos de SbNs podem ser encontrados em várias cidades do Brasil. Em Joinville, no estado de Santa Catarina, são utilizados Jardins de Chuva, Lagoas de Detenção de Água e Trincheiras de Infiltração (RUANGPAN et al., 2020). Na cidade de São Carlos, no estado de São Paulo, ocorre a instalação e manutenção de áreas verdes em pontos estratégicos das bacias hidrográficas, bem como drenagem e limpeza da água (CAICHE et al., 2021). Em São Paulo, capital, Devecchi e colaboradores (2020) propõem a inversão da hemerobia ou inserção tecnológica para favorecer as funções ecossistêmicas dos rios. Essas medidas são corroboradas pelas principais SbNs que são sugeridas como controle das inundações repentinas pela literatura (HERZOG, 2013). Essas SbNs podem ser organizadas em 4 grupos: (1) em elevações com reflorestamento e estabilização de encostas; (2) em planícies de inundação com alterações no canal e bacias de retenção; (3) nas proximidades de corpos de água com dunas, diques e paredes de proteção; (4) nas

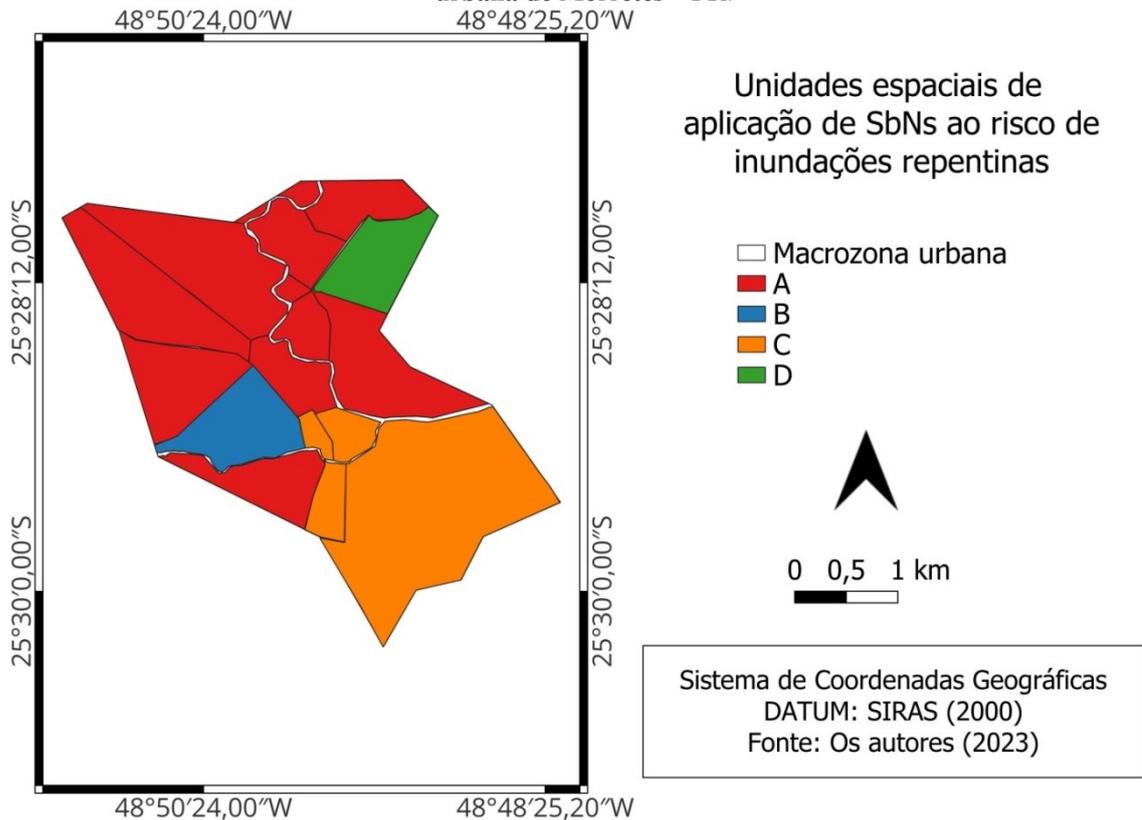
áreas urbanizadas com jardins de chuva, pavimentos permeáveis, valas e sistemas de biorretenção. De forma geral, nas encostas as SbNs servem para reduzir deslizamentos e inundações repentinas, enquanto em locais planos servem para deter e drenar o excesso de água (RUANGPAN et al., 2020).

O Estatuto da Cidade, no Brasil, prevê que a estrutura municipal possua um equipamento público destinado ao escoamento da água das chuvas, bem como não recomenda o parcelamento em terras úmidas sem plano de escoamento, nem edificação com menos de 15 metros de distância do rio. Outra recomendação, principalmente relacionada a inundações repentinas, é evitar o parcelamento abaixo de encostas com ângulo igual ou maior que 30° (BRASIL, 2008). O Plano Diretor da cidade de Morretes corrobora a legislação nacional e sugere o uso da vegetação nas áreas de risco de inundações repentinas para facilitar a infiltração da água (MORRETES, 2011). A população obteve, ainda conforme o presente estudo, a experiência de construir casas adaptadas (BRADFER-LAWRENCE et al., 2021) com dois Pavimentos em áreas inundáveis.

Além dessas medidas, a cidade tem equipamentos públicos para atender diversas necessidades dos habitantes, como: escola nos bairros Centro, Vila dos Ferroviários, Vila Santo Antônio e Colônia Sesmaria; Centro de Referência de Assistência Social, Hospital e Posto de Saúde no bairro Centro; e Creche no bairro Vila Santo Antônio. Contrastando os bairros mais atingidos por inundações e a localização de equipamentos públicos com as unidades espaciais de risco de inundações repentinas, nota-se que na região oeste da área se encontram os equipamentos públicos que servem a população e que promovem o trânsito constante de pessoas de várias idades (MORRETES, 2011). Dessa forma, consideram-se esses bairros mais propensos a danos devido à vulnerabilidade social.

As unidades espaciais da macrozona foram elaboradas com as unidades de risco de inundações, localização de equipamentos públicos e SbNs mais adequadas, sendo categorizadas em quatro grupos. O grupo A, que inclui a maior parte dos bairros (Vila Freitas, Vila Meduna, Central, Fortaleza, Raia Velha, Vila dos Ferroviários, Centro, Vila Santo Antônio, Colônia Sesmaria e Barreiros) e presença de equipamentos públicos, precisa das três SbNs encontradas: distribuição de renda através dos espaços, aumento de pavimentos e uso da vegetação para infiltração. No grupo B, são necessários distribuição de renda pelos espaços e aumento de pavimentos para reduzir o risco no bairro Rocio. O grupo C, que possui os bairros Anhaia e Vila das Palmeiras, seria beneficiado por mais pavimentos nas construções e uso da vegetação para infiltração. O grupo D, com apenas o bairro Barro Branco, se beneficiaria de mais vegetação nas encostas (Figura 10).

Figura 10 – Unidades espaciais de aplicação de SbNs ao risco de inundações repentinas na macrozona urbana de Morretes – PR.



Legenda: A = unidade espacial com SbNs para renda; pavimentos; e vegetação; B = unidade espacial com SbNs renda e pavimentos; C = unidade espacial com SbNs para pavimentos e vegetação; D = unidade espacial com SbNs para vegetação.  
Fonte: Os autores.

A setorização das unidades de risco não ocorreu em relação à aplicação de SbNs devido ao caráter multifuncional dessas, uma vez que determinada SbN pode ser utilizada para mais de um indicador de risco de inundações. As SbNs de vegetação só não são sugeridas no bairro Rocio, onde a vegetação está presente em áreas de cultivo. As SbNs relacionadas à renda, que constitui o principal indicador, só não aparecem nos bairros Barro Branco e Vila das Palmeiras, que apresentam renda domiciliar média de 2,0 a 2,5 salários mínimos. Ressalta-se que a renda apresenta grande importância, devido à necessidade de melhorá-la mesmo no bairro Centro, que possui a maior renda da cidade. Sugere-se que o caráter governamental das SbNs possa auxiliar a população que habita essas áreas de risco com duas formas de incentivo fiscal (COHEN-SHACHAMA et al., 2019): (1) redução de taxas e impostos para compra e manutenção dos espaços ocupados e (2) auxílio financeiro na criação de áreas de cultivo e/ ou ecoturismo com construções de dois pavimentos, através de empréstimos pessoal ou para cooperativas. A proposta (1) já é uma política pública da cidade que reduz o valor imobiliário em áreas de risco (MORRETES, 2011), sendo essa uma possível explicação da expansão urbana nos sentidos noroeste e sudeste (SILVA et al., 2020).

Como apresentado, e considerando o SAU (Mendonça, 2004), a problemática das inundações repentinas na macrozona urbana Morretes pode ser mitigada com baixo custo e fácil aplicação de SbNs.

Em 2022 e 2023, houve as reuniões para elaboração de um novo Plano Diretor da cidade (MORRETES, 2023). A área da macrozona urbana foi alterada e passou a abranger espaços que pertenciam a outras macrozonas, sendo esses espaços mais vegetados e com mais rios. Os principais detentores dessas áreas são pessoas com maior renda e fazem uso da especulação imobiliária, podendo vender ou alugar seus terrenos.

Essa mudança pode aumentar o risco de inundações, sejam repentinas ou graduais, a depender de como ocorrerá a urbanização e quem vai habitar essas áreas. A solução de haver mais de um pavimento por edificação já é uma medida adotada por muitos habitantes e pode se tornar comum nesses novos tipos de espaços.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

As inundações repentinas são desastres que surgem do uso e habitação inadequados em áreas de risco e fazem parte do cenário da macrozona urbana da cidade de Morretes no sul do Brasil.

Através da abordagem metodológica do Sistema Socioambiental Urbano, identificaram-se setores dos elementos naturais e sociais dessa macrozona. As áreas com maior exposição, em relação à Declividade e Cobertura da terra, são as afetadas respectivamente pela população com menor e maior Renda domiciliar, sendo que esse segundo grupo tem melhor infraestrutura devido à condição financeira. Sob o conceito de Soluções baseadas na Natureza, a sugestão para reduzir esse risco é o auxílio financeiro governamental para aumento da quantidade Pavimentos, uso do excesso de água para atividades econômicas e criação de espaços verdes para melhorar a infiltração.

Em relação aos indicadores de vulnerabilidade social, não foi possível comparar escolaridade, raça, gênero e idade devido à ausência desses dados nas fontes oficiais e documentadas. Os dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) de 2010 e 2022 não apresentam essas informações no nível de bairros ou regiões dentro da cidade. Sugerem-se novos estudos, após a implantação do novo Plano Diretor, com a mesma metodologia para verificar e monitorar o risco de inundações repentinas na macrozona urbana. Estudos com outras macrozonas também são recomendados, comparando períodos de vigência do antigo e do novo Plano Diretor.

## **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem a Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo financiamento da pesquisa.

## **REFERÊNCIAS**

AGUASPARANÁ – Instituto Das Águas do Paraná. **Plano da Bacia Hidrográfica Litorânea (BHL)**. Paraná, 2019.

ALMEIDA, P.S.; LOPES, A.S.; FRANCA, C.C.V.; PIEROLA, L.G. Sustentabilidade urbana: A cidade integrada à necessidade de adaptação socioambiental regional. **Revista Jurídica**, v.2, n.74, p.49-77, 2023. DOI: 10.26668/revistajur.2316-753X.v2i74.2692.

BONAN, G. **Ecological Climatology: Concepts and Applications**. 3 ed. Cambridge University Press, 2015.

BRADFER-LAWRENCE, T.; FINCH, T.; BRADBURY, R.B.; BUCHANAN, G.M.; MIDGLEY, A.; FIELD, R.H. The potential contribution of terrestrial nature-based solutions to a national “net zero” climate target. **Journal of Applied Ecology**, v.58, p.2349–2360, 2021. DOI: 10.1111/1365-2664.14003.

BRASIL. **Mapeamento de riscos em encostas e margens de rios**. Brasília: Ministério das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 2007.

BRASIL. **Lei complementar nº 12.651, de 25 de maio de 2012**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, n. 137, 28 mai. 2012. Seção 1, p. 1.

BRASIL. **Noções básicas em proteção e defesa civil e em gestão de riscos**. Brasília: Ministério da Integração Nacional, 2017.

CARPI-JUNIOR, S.; DAGNINO, R.S. (Orgs). **Risco e vulnerabilidade ambiental: métodos e experiências**. São Paulo: ANAP, 2020.

CAVAZZANI, A.L.M.; GOMES, S.A.R. (Orgs). **Memória histórica de Morretes**. Curitiba: Editora UFPR, 2017.

CAICHE, D.T.; PERES, R.B.; SCHENK, L.B.M. FLORESTA URBANA, SOLUÇÕES BASEADAS NA NATUREZA E PAISAGEM: PLANEJAMENTO E PROJETO NA CIDADE DE SÃO CARLOS (SP). **Revista LABVERDE**, v. 11, n. 01, e189316, 2021. DOI: 10.11606/issn.2179-2275.labverde.2021.189316.

CHEMIN, M. DEL PAISAJE A LA ESTÉTICA DEL ESPACIO TURÍSTICO: Un estudio en centros históricos y costaneras del litoral del Estado de Paraná (Brasil). **Estudios y Perspectivas en Turismo**, v.26, p.306-325, 2017.

COHEN-SHACHAMA, E.; ANDRADE, A.; DALTON, J.; DUDLEY, N.; JONES, M.; KUMAR, C.; MAGINNIS, S.; MAYNARD, S.; NELSON, C.R.; RENAUD, F.G.; WELLING, R.; WALTER, G. Core principles for successfully implementing and upscaling Nature-based Solutions. **Environmental Science and Policy**, v.98, p.20-29, 2019.

CUNICO, C (Org). **Zoneamento ecológico-econômico do estado do Paraná – Litoral**. Curitiba: ITCG, 2016.

D'AGOSTINI, F.F.; ABASCAL, E.H.S. Morretes: um estudo sobre a governança entre cidade e ferrovia. In: II SIMPÓSIO NACIONAL DE GESTÃO E ENGENHARIA URBANA: SINGEURB, 2019, São Paulo. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2019.

ESTÊVEZ, L.F.; CUNICO, C.; MEZZOMO, M.M.; BIESEK, A.S.; MAGANHOTTO, R. Análise da paisagem da bacia hidrográfica do Rio Marumbi, Morretes-PR: Unidades de Paisagem, Fragilidade Potencial e Hemerobia. **RA'EGA – O Espaço Geográfico em Análise**, v.23, p.428-447, 2011.

FREEZE, R.A.; CHERRY, J.A. **Groundwater**. New Jersey: Prentice-Hall Inc., 1979.

HERZOG, C. P. **Cidade para todos: (re)aprendendo a conviver com a natureza**. Rio de Janeiro: Mauad X: Inverde, 2013.

HONGUYU, K.; SANDANELO, V.L.M.; OLIVEIRA-JUNIOR, G.J. Análise de Componentes Principais: resumo teórico, aplicação e interpretação. **Engineering and Science**, v.1, n.5, p.83-90, 2015. DOI: 10.18607/ES20165053.

IAT - Instituto Água e Terra. **Dados e Informações Geoespaciais Temáticos**. 2010. Disponível em: <https://www.iat.pr.gov.br/Pagina/Dados-e-Informacoes-Geoespaciais-Tematicos>. Acesso em: 07 jul. 2023.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Morretes**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pr/morretes/panorama.2022>. Acesso em: 04 set. 2023.

INCRA – Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária. **Morretes e suas possibilidades**. Curitiba: INCRA, 1970.

IPARDES – Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social. **Caderno Estatístico de Morretes – Junho 2023**. Disponível em: <http://www.ipardes.gov.br/cadernos/MontaCadPdf1.php?Municipio=83350&btOk=ok>. Acesso em: 05 jul. 2023.

LIU, H.Y.; JAY, M.; CHEN, X. The Role of Nature-Based Solutions for Improving Environmental Quality, Health and Well-Being. **Sustainability**, v.13, 10950, 2021. DOI: 10.3390/su131910950.

MARENGO, J.A.; CAMARINHA, P.I.; ALVES, L.M.; DINIZ, F.; BETTS, R.A. Extreme Rainfall and Hydro-Geo-Meteorological Disaster Risk in 1.5, 2.0, and 4.0°C Global Warming Scenarios: An Analysis for Brazil. **Frontiers in Climate**, v.3, 610433, 2021. DOI: 10.3389/fclim.2021.610433.

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, 2004.

MENDONÇA, F. (Org). **Riscos híbridos: Concepções e perspectivas socioambientais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2021

MENDONÇA, F.; DANI-OLIVEIRA, 2007. **Climatologia**: Noções básicas e climas do Brasil. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

MORRETES. **Lei Complementar Municipal n.º 06, de 04 de fevereiro de 2011**. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/plano-diretor-morretes-pr>. Acesso em: 03 fev. 2023.

MORRETES. **Mais informações sobre o plano diretor de Morretes**. 2023. Disponível em: [https://www.morretes.pr.gov.br/pagina/966\\_MAIS-INFORMACOES-SOBRE-O-PLANO-DIRETOR-DE-MORRETES-.html](https://www.morretes.pr.gov.br/pagina/966_MAIS-INFORMACOES-SOBRE-O-PLANO-DIRETOR-DE-MORRETES-.html). Acesso em: 17 jul. 2023.

NUCCI, J. C.; VALASKI, S.; ESTÊVEZ, L. F.; TONETTI, E. L. Uso da terra e qualidade ambiental urbana: uma proposta de legenda para mapeamento. **GEOgraphia**, v.21, n.46, p.73-90, 2019.

PEDROSO, F.T.; TYBUSH, J.S. inundações, desenvolvimentismo e sustentabilidade urbana: uma análise a partir das origens naturais e antrópicas dos desastres ambientais. **Revista de Direito e Sustentabilidade**, v.7, n.2, p. 19-38, 2021.

ROSS, J.L.S. Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados. **Revista do Departamento de Geografia**, n. 8, p.63-74, 1994. <https://doi.org/10.7154/RDG.1994.0008.0006>.

RUANGPAN, L.; VOJINOVIC, Z.; SABATINO, S.; LEO, L.S.; CAPOBIANCO, V.; OEN, A.M.P.; MCCLAIN, M.E.; LOPEZ-GUNN, E. Nature-based solutions for hydro-meteorological risk reduction: a state-of-the-art review of the research area. **Natural Hazards and Earth System Sciences**, v.20, p.243-270, 2020. DOI: 10.5194/nhess-2019-128.

SANTOS, G.F.S.; FERNANDES, L.N.; MORAES E SOUZA, C.M.; GARROTE, M.S. HISTÓRIA DA OCUPAÇÃO HUMANA E DO USO DA NATUREZA NA MICROBACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SAGRADO (MORRETES, PARANÁ, BRASIL). **Revista Geográfica de América Central**, v.2, n.47E, p.1-15, 2011.

SIMAS, I. T. H.; RODRIGUES, C.; CAZAROTO, P. C.; RODRIGUES, B. S. Metanálise de pesquisas sobre inundações urbanas: Identificação de fatores causais e métodos empregados em estudos recentes. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 41, n. 1, p. e185760, 2021. DOI: 10.11606/eISSN.2236-2878.rdg.2021.185760.

SMITH, A.C.; TASNIM, T.; IRFANULLAH. H.M.D.; TURNER, B.; CHAUSSON, A.; SEDDON, N. Nature-based Solutions in Bangladesh: Evidence of Effectiveness for Addressing Climate Change and Other Sustainable Development Goals. **Frontiers in Environmental Science**, v.9, p.1-24, 2021. DOI:10.3389/fenvs.2021.737659.

SILVA, C.M.O.; OLIVEIRA, M.H.F.; FERRARINI, J.C.G.; SILVA, E.L.P.; TONETTI, E.L.; PEREIRA, L.Â.. Evolução da área urbanizada no município de Morretes-PR. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, p. 59077-59085, 2020.

SILVA, E. L. P.; SILVA, P. O. ; TONETTI, E.L. ; SANTOS, E. ; FARIA, G. G. Qualidade ambiental e hemerobia da macrozona urbana de morretes. **Revista Científica Interlogos**, v. 6, p. 1-13, 2019.

SORRE, M. Objeto e método da climatologia. **Revista do Departamento de Geografia**, n. 18, p. 89-94, 2006.

TRENTIN, R.; ROBAÍNA, L.E.S. classificação das unidades de relevo através de parâmetros geomorfométricos. **Mercator**, v.15, n.3, p.53-66, 2016. DOI: 10.4215/RM2016.1503.0004

TUCCI, C.E.M. **Hidrologia**: Ciência e aplicação. 2 ed. Porto Alegre: UFRGS, 2001.

UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina. CEPED - Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres. **Atlas Brasileiro de Desastres Naturais**: 1991 a 2012. 2. ed. Florianópolis: CEPED UFSC, 2013.

WILKEN, P.S. **Engenharia de drenagem superficial**. São Paulo: CETESB, 1978.