

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SETOR DE CIÊNCIAS DA TERRA
CURSO DE GEOLOGIA**

BARBARA IATZAKI

**INUNDAÇÕES EM MORRETES (PR): IMPACTOS AMBIENTAIS E PERIGOS
ASSOCIADOS**

CURITIBA

2022

BARBARA IATZAKI

**INUNDAÇÕES EM MORRETES (PR): IMPACTOS AMBIENTAIS E PERIGOS
ASSOCIADOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Geologia da Universidade Federal do
Paraná como requisito parcial à obtenção do grau
de Bacharel em Geologia.

Orientador: Prof. Me. Renato Eugenio Lima

CURITIBA

2022

AGRADECIMENTOS

A minha mãe, minha irmã e ao meu pai que me incentivaram a buscar conhecimento.

A minha família que não pôde continuar comigo, Rebeca, Lito e Elsa.

Aos meus amigos que me acompanharam e me ajudaram a superar cada passo, em especial ao Brayan, Eduarda, Caroline, Camila, Lucas, Jhonn e Jun.

Ao CENACID por disponibilizar materiais e infraestrutura para realização deste trabalho.

Ao professor orientador Renato Lima, por todas as reuniões, campos e ensinamentos, que me acompanharão na vida profissional.

Aos demais professores do departamento de Geologia, em especial aos professores Eduardo Hindi e Fernando Mancini, por toda empatia e vontade de ensinar.

A Universidade Federal do Paraná por oferecer o curso de Geologia de forma gratuita e por todos os recursos utilizados ao longo desta jornada.

RESUMO

O município de Morretes, no Estado do Paraná, recorrentemente enfrenta problemas causados por inundações associadas ao seu posicionamento geomorfológico, incluindo em seu território a Serra do Mar paranaense e as planícies litorâneas. O objetivo deste trabalho é identificar fontes potenciais de contaminação dentro da planície de inundação do município e analisar os possíveis processos perigosos atuantes na região. Para tal foram utilizados dados cadastrais, relatórios, mapas e imagens de satélite, visando a delimitação da área de planície e marcação de locais e atividades potencialmente fontes de contaminantes, em ambiente dos softwares QGIS 3.22 e VICON SAGA aplicados em conjunto no desenvolvimento. A planície de inundação delimitada apresentou área aproximada de 103,61km², e dentro desta foram identificadas preliminarmente sete áreas de maior frequência de inundação: Estrada da Cruz Alta (2); América de Baixo (2); Centro de Morretes (2); e Vila das Palmeiras. Foram identificados 87 empreendimentos potencialmente fontes de contaminação dentro da planície de inundação ou próximo de seus limites, estes foram classificados entre os grupos de fontes de resíduos: agroquímicos; de serviços de saúde; e de atividades diversas. O potencial de contaminação de cada tipo de atividade também foi avaliado, sendo que no município a principal fonte potencial identificada foi a produção agrícola (aplicação de agroquímicos). Os principais impactos relatados das inundações estão associados a perda de bens móveis e cultivos agrícolas, porém verificaram-se diversos impactos potenciais que devem ser adequadamente monitorados e prevenidos para evitar danos ao meio ambiente e a população.

Palavras chave: Inundação, Impacto Ambiental, Fontes de Contaminação.

ABSTRACT

The municipality of Morretes, State of Parana, recurrently faces problems caused by floods that can be linked to its geomorphological position, including in its territory the elevated Parana's Serra do Mar and coastal plains. The objective of this paper is to identify potential sources of contaminant material inside the flood plain and analyze the possibly dangerous process acting in the region. To delimitate the flood plain area and the locations of the potentially dangerous activities, registration data, reports, maps and satellite imagery were used in the software QGIS 3.22 and VICON SAGA, applied together in the development. The delimited flood plain presented approximated area of 103,61km², and inside its limits seven areas of higher flooding frequency were preliminarily identified: Cruz Alta Road (2); América de Baixo (2); Morretes Central Area (2); and Vila das Palmeiras. Eighty-seven potentially contaminant activities were identified inside the flood plain or near its limits, these were classified by the following groups of residue source: agrochemical; health services; and diverse activities. The potential for contamination of each activity was also valued, the main potential source being agriculture production (use of agrochemicals). The main impacts reported are associated with the loss of movable assets and agricultural crops, but there are several potential impacts that must be properly monitored and prevented to avoid damage to the environment and the population.

Keywords: Floods, Environmental Impact, Contaminant Sources

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Localização e vias de acesso ao município de Morretes.....	1
Figura 2: Esquematização do processo de inundação.....	4
Figura 3: Tipos de canais fluviais e características associadas.....	5
Figura 4: Unidades geomorfológicas no município de Morretes.....	6
Figura 5: Drenagens em recorte da bacia hidrográfica litorânea, foco em Morretes..	8
Figura 6: Geologia do município de Morretes.	9
Figura 7: Temperaturas médias, pluviosidade média e outros dados climáticos do município de Morretes (1991-2021).....	11
Figura 8: Esquematização da dinâmica da Massa de Ar Tropical Atlântica..	11
Figura 9: Planície de Inundação no município de Morretes.....	24
Figura 10: Gráfico de tempo de recorrência em anos por vazão (m ³ /s) do Rio Nhundiaquara (1938-2019).....	26
Figura 11: Gráfico de ocorrência de classes de vazão de mesma magnitude por ano no Rio Nhundiaquara.....	27
Figura 12: Localização das áreas delimitadas na Estrada da Cruz Alta.....	28
Figura 13: Planície de inundação do Rio Marumbi.....	29
Figura 14: Localização da área delimitada na Estrada América de Baixo.....	30
Figura 15: Região da estrada América de Baixo..	31
Figura 16: Localização das áreas delimitadas na região central de Morretes.	32
Figura 17: Trecho parcialmente canalizado de drenagem no Bairro Rocio.	32
Figura 18: Exemplos de construções elevadas no Bairro Rocio.....	33
Figura 19: Região Central de Morretes..	34
Figura 20: Rio Nhundiaquara em inundação 1 de novembro de 2021.	35
Figura 21: Localização da área delimitada da Vila das Palmeiras.....	35
Figura 22: Vila das Palmeiras após inundação em 2021.....	36
Figura 23: Localização da área canalizada e retificada do Rio do Pinto.	37
Figura 24: Rio do Pinto.....	38
Figura 25: Número de empreendimentos atingidos pelo evento de inundação de 2011, considerando atividades diversas e serviços de saúde.....	43
Figura 26: A) Respiro elevado de tanque de armazenamento em posto de combustível; B) Exemplo de entrada elevada em cerca de 0,5m.....	45
Figura 27: Lixo em contato com drenagem no aterro controlado de Morretes.	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Dados e localização da estação Morretes-Nhundiaquara.	20
Tabela 2: Metodologia POSH de classificação de fontes pontuais de contaminação .	22
Tabela 3: Metodologia POSH de classificação de fontes difusas de contaminação.....	22
Tabela 4: Resultados resumidos da frequência de cheias do Rio Nhundiaquara (1938-2019).	25

Tabela 5: Número de ocorrências de magnitudes semelhantes de cheia no Rio Nhundiaquara (1938-2019).....	26
Tabela 6: Principais impactos ambientais relatados e potenciais para os setores em atividade em Morretes.	39

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. CONTEXTO E PROBLEMA	2
1.2. OBJETIVOS	3
2. REVISÃO TEÓRICA	3
2.1. GEOMORFOLOGIA E HIDROGRAFIA.....	6
2.2. GEOLOGIA	8
2.3. ASPECTOS CLIMÁTICOS.....	10
2.4. RESÍDUOS E FONTES POTENCIAIS DE PERIGO	12
2.4.1. Agricultura.....	13
2.4.2. Alambiques e Cervejarias	14
2.4.3. Água envasada	14
2.4.4. Aterro controlado	14
2.4.5. Indústria do papel	15
2.4.6. Materiais de construção e Metalurgia (Tintas)	16
2.4.7. Mineração	16
2.4.8. Postos de combustível.....	17
2.4.9. Serviços de saúde	17
2.4.10. Saneamento	18
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	18
3.1. CARACTERIZAÇÃO DA PLANÍCIE DE INUNDAÇÃO	19
3.2. LEVANTAMENTO DE ATIVIDADES E IMPACTOS AMBIENTAIS ASSOCIADOS	21
3.3. DELIMITAÇÃO DE ÁREAS DE MAIOR FREQUÊNCIA DE INUNDAÇÃO	23
4. RESULTADOS	23
4.1. CARACTERIZAÇÃO DA PLANÍCIE DE INUNDAÇÃO	23
4.1.1. Áreas com maior frequência de inundações.....	27
4.2. FONTES DE CONTAMINAÇÃO E IMPACTOS AMBIENTAIS.....	38
4.2.1. Atividades atingidas por eventos críticos	43
5. DISCUSSÃO	47
6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	49

REFERÊNCIAS.....	52
APÊNDICE I: LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS VISITADOS EM CAMPO.....	61
APÊNDICE II: PLANÍCIE DE INUNDAÇÃO DO MUNICÍPIO DE MORRETES.....	62
APÊNDICE III: RESULTADOS DO CÁLCULO DE FREQUÊNCIA DE CHEIAS DO RIO NHUNDIAQUARA (1938-2019).....	63
APÊNDICE IV: MAPA DE FONTES POTENCIAIS DE CONTAMINAÇÃO EM MORRETES (PR).....	65

1. INTRODUÇÃO

O município de Morretes está localizado na porção leste do estado do Paraná (figura 1) a cerca de 50km de Curitiba, com área de 684,58km² e 16.485 habitantes (IBGE, 2021). Sua história de ocupação se inicia em 1646 com a descoberta de jazidas de ouro na região, sendo fundado oficialmente como povoado em 1721 (Cavazzini e Gomes, 2017). O limite municipal e rodovias de acesso estão disposto na figura 1 abaixo.

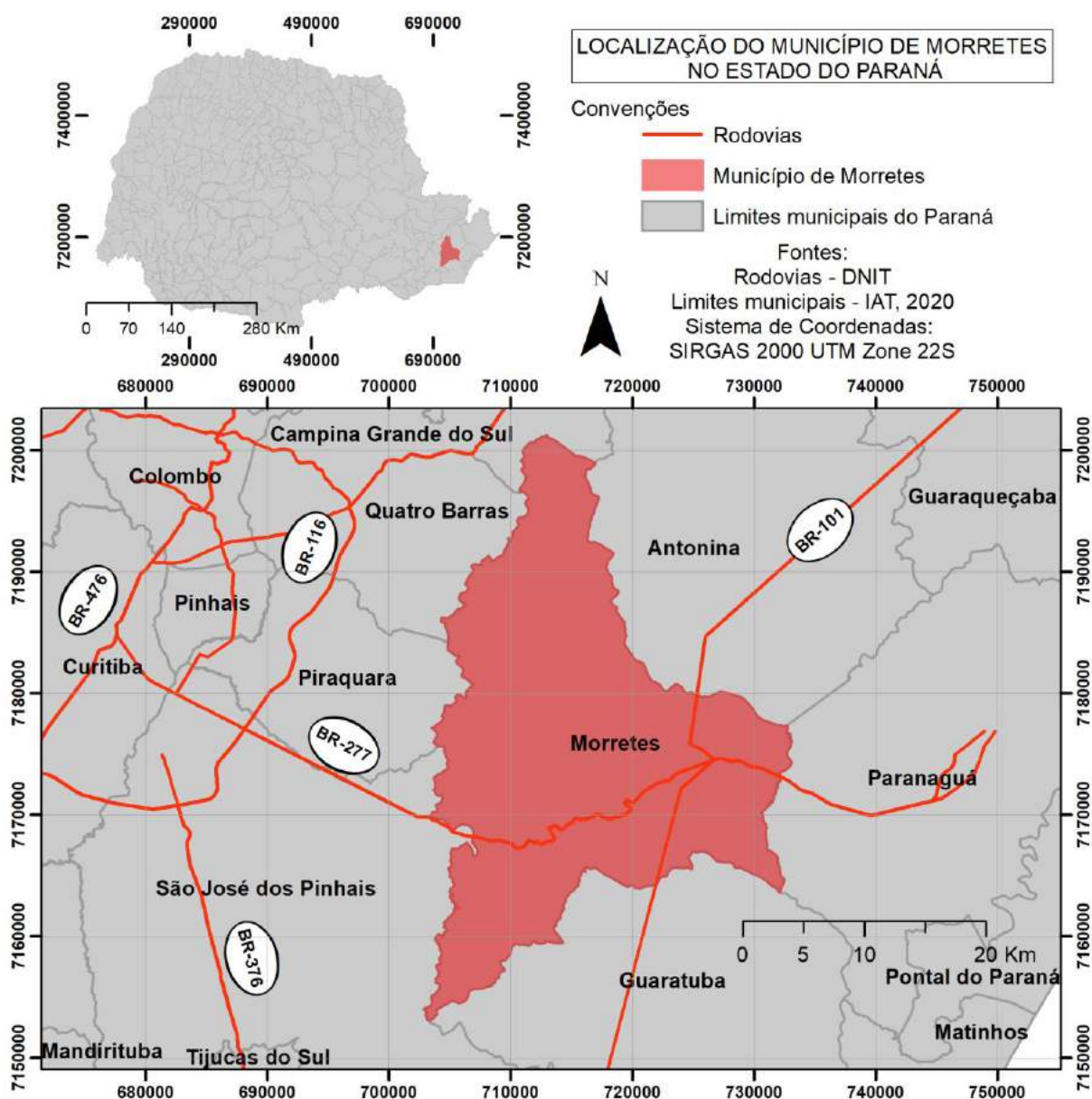


Figura 1: Localização e vias de acesso ao município de Morretes. Fontes: Ministério da Infraestrutura (2021); IAT (2020).

1.1. CONTEXTO E PROBLEMA

O município de Morretes tem seu território dividido em duas unidades geomorfológicas importantes de acordo com MINEROPAR (2006a): a Serra do Mar e as Planícies Fluviomarinhas/Litorâneas. A Serra do Mar apresenta declividade muito elevada, o que facilita o escoamento da água pelo sistema fluvial e resulta em maiores velocidades de fluxo hídrico. Nas regiões de planícies, devido à baixa declividade se concentram as drenagens advindas da Serra. Estas regiões são favoráveis ao acúmulo de água e são regiões propensas a inundações.

Devido sua condição geomorfológica, as ocupações em Morretes estão situadas em sua maioria na área de planície do município e enfrentam recorrentemente problemas com inundações e alagamentos. De acordo com a Defesa Civil do Paraná (2022) entre 1995 e 2022 foram registrados 38 casos de desastres naturais no município, associados a inundações, enxurradas, alagamentos e tempestades, com um total de mais de 30 mil pessoas afetadas e 3 óbitos. De acordo com o banco de dados, somente em março de 2011 mais de 15 mil pessoas foram atingidas, o maior registro até o momento, seguido pelo evento de 2004 (com cerca de 5 mil pessoas atingidas). Deslizamentos e desastres de outras naturezas não foram considerados.

Este trabalho é motivado pela necessidade do reconhecimento de processos e materiais perigosos nesta região favorável a inundações, com um longo histórico de ocupação e instalação de empreendimentos. Alguns trabalhos realizados na área previamente visam delimitar feições geomorfológicas e foram consultados durante a realização desta pesquisa, porém não foram encontrados trabalhos associados ao problema das inundações especificamente. A falta de integração das informações e de uma caracterização dos processos naturais em atuação em Morretes pode acarretar em desastres com consequências graves para o meio ambiente e para a população. Inundações e alagamentos são fenômenos que favorecem a dispersão de resíduos e substâncias químicas tóxicas, ou até mesmo patógenos, sendo importante uma avaliação da planície de inundação para identificar potenciais problemas e tomar medidas preventivas quando necessário. Este conhecimento permitirá uma melhor prevenção e preparação para reduzir danos causados pelas inundações.

1.2. OBJETIVOS

O objetivo desta pesquisa é identificar dentro da área de planície de inundação no município de Morretes a presença de materiais e processos com potencial de contaminação e/ou perigosos, avaliar sua possível interação com os sistemas fluviais e conseqüente ameaça a população, no caso de eventos extremos.

Os objetivos específicos incluem:

- Limitar área dentro do município de Morretes passível de ser atingida por eventos de inundação.
- Construção de uma lista de impactos relatados das inundações em Morretes.
- Localizar dentro da área de inundação potenciais fontes de contaminantes.
- Avaliar o potencial de contaminação do solo e da água, ou do seu agravamento, nos locais do estudo.
- Estudar a frequência de cheias.
- Preparar um mapa de fontes de contaminação e um mapa de áreas favoráveis a inundações.

2. REVISÃO TEÓRICA

Inundação pode ser definida como a situação em que o fluxo de um rio ultrapassa os limites de seu leito normal, avançando sobre as áreas adjacentes. É importante diferenciar do termo “enchente” que se refere a situação na qual o rio apresenta vazão acima da média mas não ocorre transbordamento do canal, e de “alagamento” situação na qual a água, em geral da chuva, sofre represamento e não é escoada, se acumulando em regiões normalmente secas (Lima, 2000). A figura 2 abaixo esquematiza as diferentes fases de um evento de inundação.

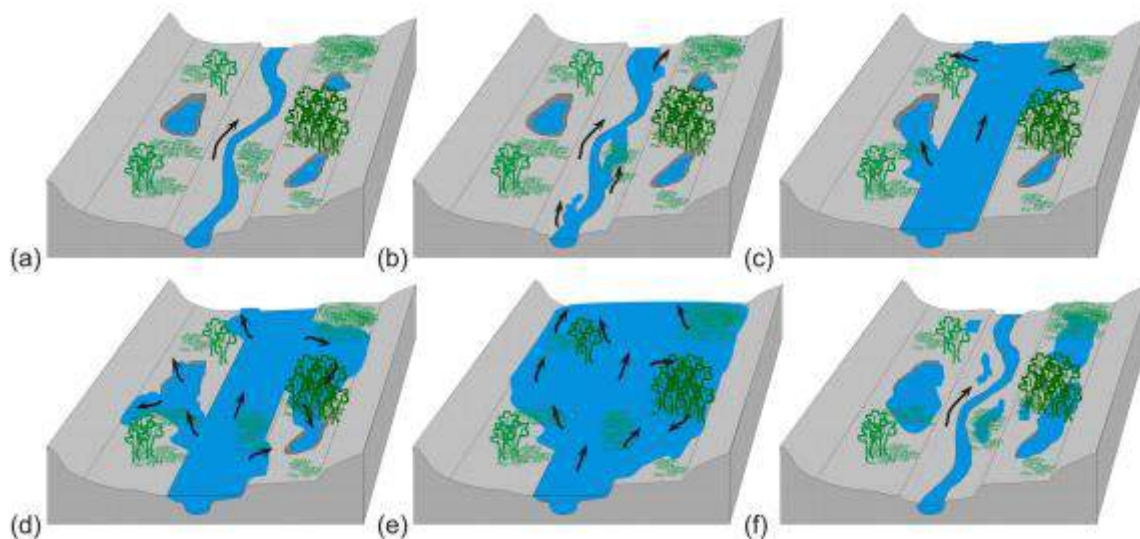


Figura 2: Esquematização do processo de inundação. a) Rio na situação normal; b) Rio em situação de enchente; c) e d) Rio no início da inundação, segue fluxo independente do principal; e) Inundação atingindo toda a planície e interagindo com a calha do rio; f) Rio volta a situação normal, aumento no volume de água nas planícies. Retirado de Paz (2010).

Keller (2007) divide dois tipos de ocorrência de inundações considerando seu posicionamento geomorfológico: flash floods (inundações-relâmpago) e downstream floods (inundações de jusante). As inundações a montante são de rápida duração (em geral da ordem de horas), ocorrem em vales fluviais de menor área e em decorrência de tempestades locais. As inundações a jusante podem prolongar-se por dias e estão associadas a precipitações de longa duração que afetam também os afluentes, aumentando o volume de água nas áreas de menor gradiente topográfico da bacia.

Outro componente importante na ocorrência de inundações é a morfologia de canais fluviais, de acordo com Afonso e Silva (2014), considerando aspectos geomorfológicos, pode ser dividida em três segmentos principais: alto curso com vales entalhados e encostas íngremes, no qual os depósitos são de granulação mais grossa e os fluxos de alta energia; o médio curso, caracteriza-se pelo alargamento dos canais, depósitos heterogêneos e topos arredondados; baixo curso predominam depósitos arenosos e relevo muito rebaixado, com planícies de inundação mais extensas e menor energia de fluxo.

A morfologia de um canal, e conseqüentemente de sua planície de inundação, depende de diversos fatores como a declividade e formas de relevo, geológicos (tectônica ativa, composição) e climáticos, além de fatores secundários como a velocidade de fluxo, volume de água, carga de sedimento transportado e cobertura

vegetal (Giannini; Riccomini, 2009). Outra classificação para os tipos de canais, descrita pelos mesmos autores, está ligada à sua sinuosidade e estilo deposicional, e inclui: meandранtes, entrelaçados, anastomosados e retilíneos (figura 3). Esta caracterização indica algumas feições comuns, exemplificadas abaixo.



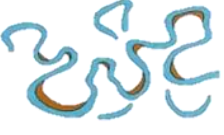

Tipo de canal				
Característica	Retilíneo	Anastomosado	Meandrante	Entrelaçado
Desenvolvimento da planície de inundação	Pequena ou inexistente	Moderada	Expansiva	Extensa e estável
Estabilidade do canal	Encaixado	Altamente instável	Migrante	Estável
Padrão de canal	Canal único	Canais múltiplos	Canal único	Canais múltiplos

Figura 3: Tipos de canais fluviais e características associadas. Retirado de: Giannini e Riccomini (2009) - ilustração; Rocha (2011).

A planície de inundação é caracterizada como uma área relativamente plana próxima ao rio coberta por suas águas em épocas de cheia (Giannini; Riccomini, 2009), sua forma e abrangência é influenciada pelas diversas características geomorfológicas e hidrológicas já citadas (declividade, sinuosidade de canal, etc.). São áreas de baixa declividade que favorecem a deposição de sedimentos durante eventos críticos, predominando granulações silte e argila, mas ocorrendo deposições de areia grossa, seixos e blocos em regiões mais proximais (Giannini; Melo, 2009).

Borges e Ferreira (2019) discutem as definições na bibliografia para planícies de inundação, bem como os processos associados à sua formação. Os autores associam o início de planícies de inundação a áreas onde ocorre uma transição entre altas declividades para baixos gradientes topográficos, favorecendo o desenvolvimento de processos fluviais de deposição de sedimentos. Também propõe a diferenciação do termo “área inundável” que seriam áreas vulneráveis a inundações, mas não necessariamente a sedimentação. Neste trabalho será utilizada a definição de planície de inundação proposta, região de baixo gradiente topográfico na qual ocorre deposição de aluvião.

2.1. GEOMORFOLOGIA E HIDROGRAFIA

O município de Morretes abrange em maior área as seguintes unidades morfoesculturais (MINEROPAR, 2006a): Serra do Mar, com declividades entre 12-30%; e Planícies Litorâneas e Fluviomarinhas, com declividades menores que 6%. ITCG (2008a) disponibiliza um mapa geomorfológico de todo o estado em escala 1:250.000, subdividindo os conjuntos citados, e incluindo no município principalmente as Escarpas da Serra do Mar e os Morros Baixos e Litorâneos. A distribuição das unidades propostas pelo ITCG está disposta na figura 4 abaixo. Devido a escala do mapeamento (estadual), estas informações auxiliam no entendimento da região, mas não apresentam detalhamento satisfatório para serem aplicadas neste estudo.

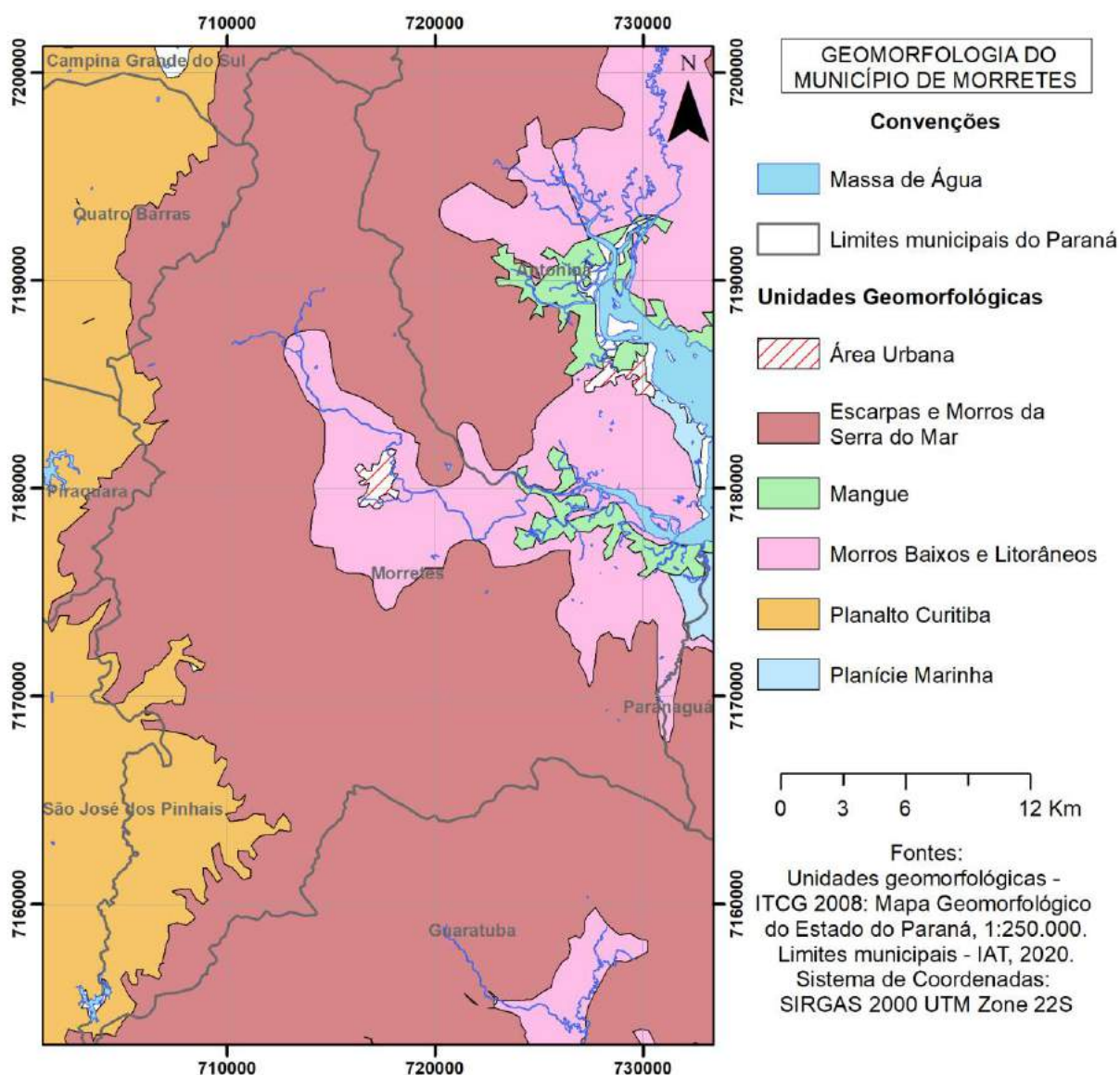


Figura 4: Unidades geomorfológicas no município de Morretes. Fonte: ITCG (2008a); IAT (2020).

Como evidenciado na disposição indicada na figura, as drenagens no município têm início no alto da Serra, saindo de pontos elevados, até o Oceano Atlântico à leste. Isto é um fator importante, pois, como mencionado no item anterior relevos íngremes apresentam maiores velocidades de fluxo hídrico, e ao transitar para declividades médias a baixas, como é o caso da região ocupada de Morretes, perdem gradualmente energia.

Em relação a hidrografia, o município está inserido na Bacia Hidrográfica Litorânea, com limite oeste na Serra do Mar. O maior corpo d'água do município é o Rio Nhundiaquara, evidenciado pela Carta Topográfica do Exército disponibilizada em formato digital no Portal BDGEx (2022). O rio tem nascente na região de Porto de Cima, dentro do Parque Estadual do Marumbi e segue por cerca de 37km até a foz na baía de Antonina. Os principais afluentes desta bacia incluem (de norte a sul): Rio São João, Rio Bom Jardim, Rio Marumbi, Rio do Pinto, Rio Passasete e Rio Sagrado. Existem alguns trabalhos sobre a geomorfologia e hidrografia da região, em especial do Rio Sagrado, destaca-se aqui Uber et al. (2016) que fez um mapeamento geomorfológico da bacia do Rio Sagrado. A hidrografia da área está disposta na figura 5 abaixo.

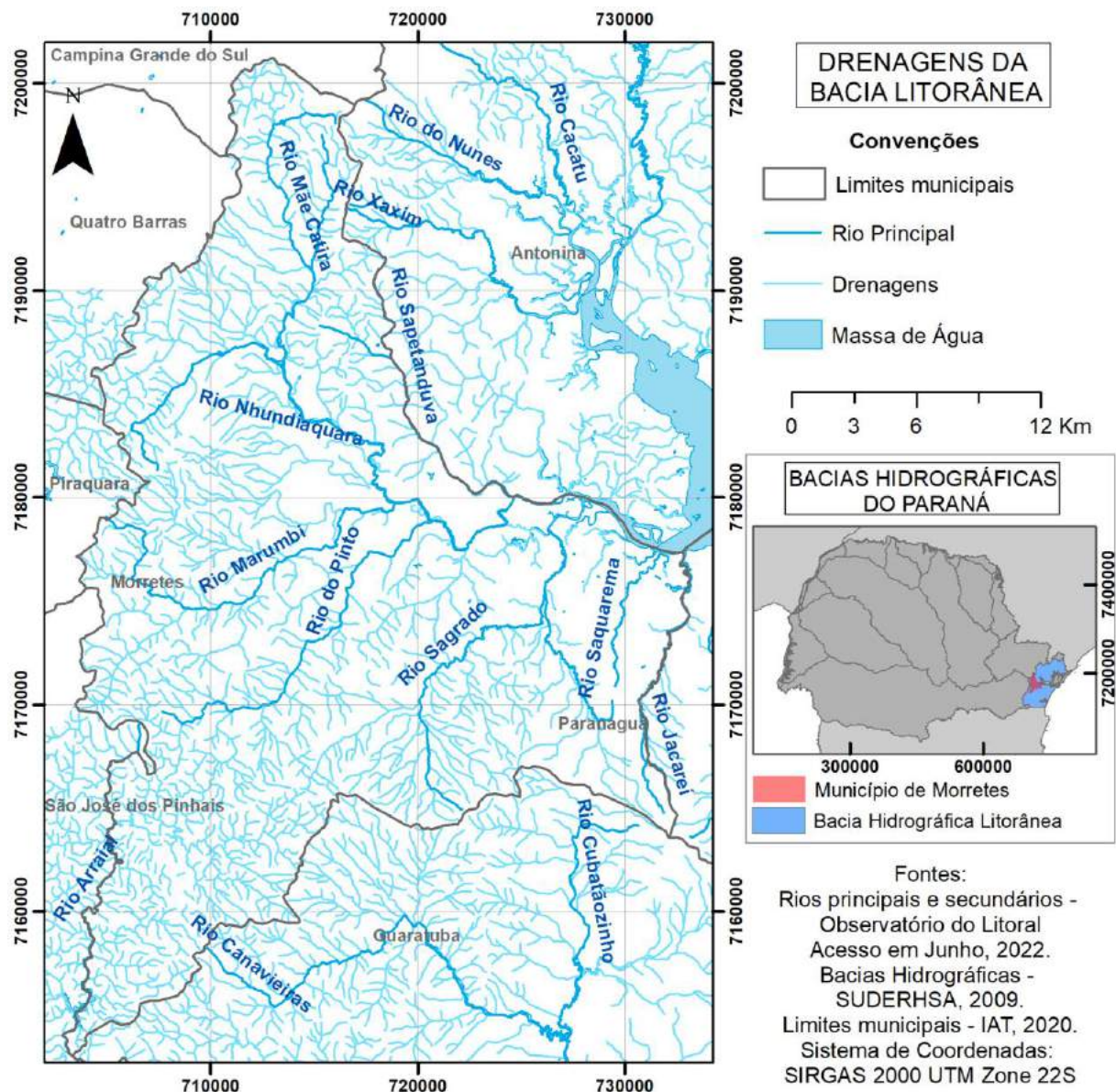


Figura 5: Drenagens em recorte da bacia hidrográfica litorânea, foco em Morretes. Fontes: Observatório do Litoral (2020); IAT (2020); SUDERHSA (2007).

2.2. GEOLOGIA

De acordo com MINEROPAR (2006b), a geologia da área é composta em partes pelo embasamento cristalino arqueano (Complexos Cachoeira, Metamórfico Indiferenciado, Gnaissico-Migmatítico e Granítico-Gnáissico) e em partes por granitos proterozoicos a cambrianos da Suíte Álcali-Granitos. Estas rochas são associadas as elevações da Serra do Mar, sendo que o contato entre os granitos com o embasamento se dá por falhas. Ocorre de maneira localizada a Formação Guaratubinha contendo rochas vulcano-sedimentares paleozoicas. Este conjunto é coberto por sedimentos de antigos terraços e sedimentos recentes, que são de

interesse neste trabalho já que incluem os depósitos aluvionares. A distribuição das unidades citadas está representada na figura 6, foi recortada a área de interesse para melhor visualização das unidades.

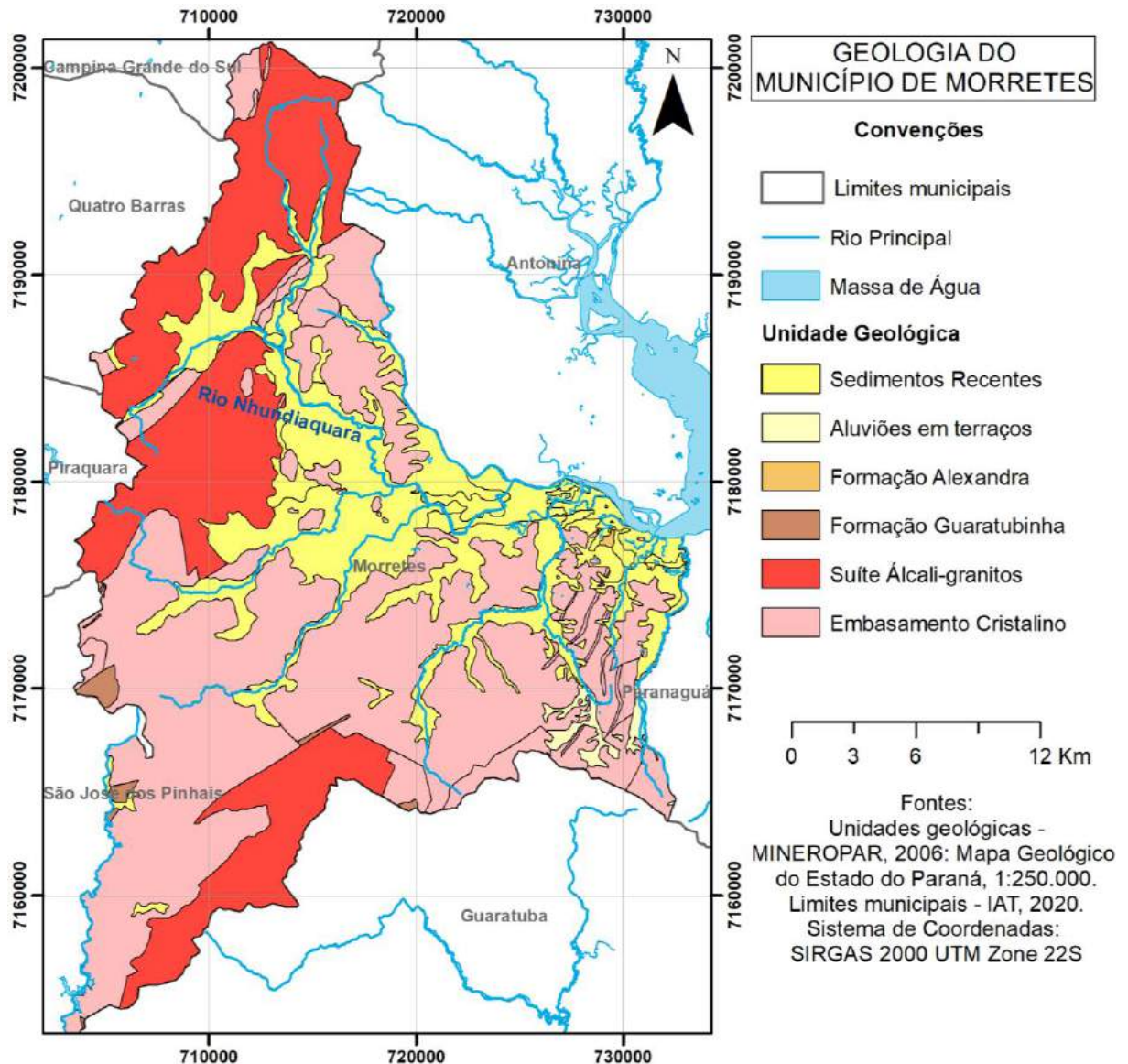


Figura 6: Geologia do município de Morretes. Fonte: MINEROPAR (2006b).

Os sedimentos recentes da sub-bacia do Rio Nhundiaquara são descritos por Neto (1984) como parte de um amplo leque aluvial condicionado pelas escarpas de falha associadas a Serra do Mar. Segundo Angulo (2004), o quaternário na região é composto por leques aluviais atualmente sendo retrabalhados, depósitos de tálus e colúvios associados a Serra do Mar, e planícies aluviais. Os canais fluviais apresentam diferentes padrões de drenagem ao longo do seu curso, o que estaria

associado a variações no nível de base e nível do mar durante o Quaternário (Angulo, 2004).

Angulo (1992) descreve os depósitos de leques aluviais da Serra do Mar, em especial na região do Marumbi e da Serra dos órgãos, que segundo o autor apresentam inclinação entre 2 a 20°, com raios entre 100 a 400m. Ocorre uma interdigitação entre os depósitos de leques e fluviais, de acordo com o mesmo autor na região de Morretes ocorrem cascalhos sustentados pela matriz, seixos e blocos em matriz areno-argilosa, intercalados a cascalhos fluviais sustentados por seixos.

Os padrões das planícies aluviais observadas no litoral são descritos como pertencentes a rios desproporcionais, associados ao entalhamento dos vales encaixados afogados durante períodos de transgressão marinha, gerando planícies de área desproporcional ao canal fluvial (Angulo, 1992).

Neto (1984) descreve na área conhecida como Pantanal, nas proximidades do Rio do Pinto e do Rio Sagrado, a seguinte sequência estratigráfica para os depósitos aluvionares (do topo para base): camada superficial de sedimentos argilosos de até 2,5m; nível intermediário de cascalho de cerca de 3m; e camada de argila (associada a alteração) em contato com o embasamento cristalino.

A norte, nos depósitos aluvionares do Rio Marumbi e Rio do Pinto, Neto (1984) indica a ausência da camada basal de argila a montante, com depósitos de cascalhos de cerca de 7 a 8m de espessura, compostos por seixos e matacões de até 1m de diâmetro e matriz mal selecionada com predominância de argila. Nas porções a jusante o horizonte de cascalho apresenta espessura entre 0,5 e 3m, é composto por seixos com maior grau de seleção, em algumas porções ortoquartzítico, e matriz com predominância de areia média (Neto, 1984). No geral, predominam a montante depósitos de granulação grossa com espessamento gradativo da camada superficial de argila à jusante, onde ocorrem conglomerados e areias de granulação média a grossa imaturas.

2.3. ASPECTOS CLIMÁTICOS

O município de Morretes foi categorizado segundo a classificação Köppen-Geiger como pertencentes ao tipo Cfa (ITCG, 2008b). Este grupo caracteriza clima subtropical com verão quente, com precipitações anuais médias de 1.100a 2.000mm.

As temperaturas e pluviosidade média, bem como demais dados climáticos, considerando os últimos vinte anos, estão dispostos na figura 7 abaixo.

	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maior	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
Temperatura média (°C)	23.8	24	23.2	21.5	18.6	17.1	16.4	17.1	18.2	19.7	20.9	22.8
Temperatura mínima (°C)	21.1	21.3	20.6	18.8	15.7	14	13.2	13.8	15.3	17	18.3	20
Temperatura máxima (°C)	27.4	27.7	26.7	25.1	22.2	21.2	20.6	21.6	22.2	23.6	24.6	26.6
Chuva (mm)	336	311	243	142	129	104	110	94	169	184	195	254
Umidade(%)	85%	86%	86%	85%	83%	84%	84%	84%	84%	86%	85%	84%
Dias chuvosos (d)	19	17	18	13	11	9	9	9	13	16	16	17

Figura 7: Temperaturas médias, pluviosidade média e outros dados climáticos do município de Morretes (1991-2021). Retirado de <https://climate-data.org/>.

O período com maior volume de chuva na região ocorre nos meses de dezembro a março, porém todo ano são registrados valores elevados de pluviosidade. Os registros mais altos se concentram no mês de janeiro e os mais baixos no mês de agosto, com pluviosidade anual média de 2.271mm. A temperatura média varia entre 24°C em fevereiro e 16,4°C em julho, com temperatura média anual de 20,3°C.

O esquema abaixo (figura 8) evidencia a subida da massa de ar tropical atlântica, que quando atinge as altitudes mais elevadas da Serra do Mar apresenta inversão térmica, configuração que ocasiona as chuvas denominadas orográficas (Passos, 2000). Esta situação explica por que o município apresenta valores tão altos de precipitação durante grande parte do ano.

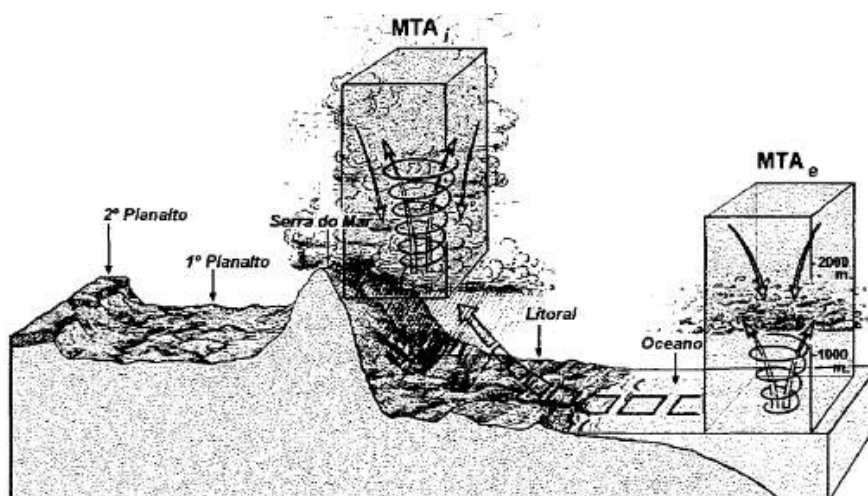


Figura 8: Esquematização da dinâmica da Massa de Ar Tropical Atlântica. MTAi = Massa de ar atlântica instável; MTAe = Massa de ar atlântica estável. Fonte: Bigarella et al. (1978).

2.4. RESÍDUOS E FONTES POTENCIAIS DE PERIGO

Os empreendimentos ativos no município de Morretes são fontes potenciais de resíduos sólidos e efluentes que podem conter substâncias e/ou propriedades consideradas perigosas para a saúde da população e para o meio ambiente. A norma ABNT NBR 10004/2004 (ABNT, 2004) define resíduos sólidos como:

“...Resíduos nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível.” (ABNT, 2004, p.1).

A partir desta definição a norma ABNT 10004/2004 (ABNT, 2004) propõe duas classes de resíduos: Classe I – perigosos e Classe II – não perigosos. Resíduos perigosos são associados na norma àqueles que apresentam características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade ou patogenicidade. A Classe II é dividida em IIA (não inertes) que inclui materiais com biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água; e IIB (inertes) que inclui os resíduos não perigosos que não são solubilizados pela água em concentrações superiores ao seu padrão de potabilidade.

A classificação de resíduos sólidos por sua tipologia é melhor detalhada na Resolução CONAMA nº5/1993 (CONAMA, 1993) que propõe quatro grupos de resíduos. A Resolução RDC nº306/2004 (RDC, 2004) adiciona um grupo a esta classificação, totalizando cinco, e detalha as atividades consideradas em cada uma destas no setor da saúde. Neste trabalho utilizaremos como base ambas as resoluções, que em conjunto propõe os grupos abaixo, sendo os itens 1 a 4 referentes a Resolução CONAMA nº5/1993, e o item 5 referente à Resolução RDC nº306/2004:

- 1) Grupo A: Potencialmente infectantes. Resíduos com agentes biológicos que podem apresentar risco de infecção.

- 2) Grupo B: Químicos. Resíduos contendo substâncias químicas que apresentam risco a saúde pública ou ao meio ambiente, independente de toxicidade, inflamabilidade, corrosividade e reatividade.
- 3) Grupo C: Rejeitos radioativos. Resíduos que contenham radionuclídeos em quantidades superiores aos limites de isenção especificados na norma CNEN-NE-6.02.
- 4) Grupo D: Resíduos comuns. Não enquadrados nas demais classes ou que não necessitam de processos diferenciados no acondicionamento e tratamento.
- 5) Grupo E: Perfurocortantes. Objetos capazes de cortar ou perfurar.

Quando o manejo dos resíduos é feito de maneira incorreta, ou no caso de acidentes e fenômenos naturais desastrosos, ou na combinação de ambos, estes materiais podem causar sérios danos ao meio ambiente e à população e são considerados fontes potenciais de perigo. Abaixo serão considerados os principais impactos ambientais observados e potenciais gerados por atividades industriais, do sistema de saúde e de serviços gerais que estão presentes no município.

2.4.1. Agricultura

A agricultura é uma atividade de extrema importância econômica que impacta o meio ambiente através de diversos fatores, principalmente associados ao uso e exposição do solo. Atividades consideradas de baixo impacto ambiental associadas a agropecuária foram isentas da necessidade de licenciamento ambiental na Portaria IAP nº304/2013 (IAP, 2013). A Resolução RDC nº8/2013 (RDC, 2013) dispõe sobre o uso de aditivos na produção agrícola e estipula limites nos produtos gerados para cada substância comumente utilizada nos cultivos.

Sambuichi et al. (2012) faz uma análise da sustentabilidade ambiental no setor agropecuário nacional, os autores indicam que os impactos desta atividade decorrem principalmente da mudança no uso do solo (desmatamento, destruição do ecossistema natural) para geração de novas áreas de cultivo e na degradação de áreas já existentes por manejo inadequado. Destacam também a contaminação do solo e da água pelo uso excessivo de agrotóxicos e fertilizantes. No caso de inundações, o risco ao meio ambiente está associado a dispersão e contaminação por agroquímicos, além do impacto socioeconômico de perda dos cultivos.

2.4.2. Alambiques e Cervejarias

A Resolução CEMA nº107/2020 (CEMA, 2020) de âmbito estadual estabelece a necessidade de estudos de impacto ambiental e licenciamentos para o desenvolvimento de atividades de destilação de álcool. A atividade apresenta utilização de maquinários (fornos, moagem, etc.) e é geradora de resíduos tóxicos como o vinhoto, portanto apresenta risco de dano ambiental.

Morais et al. (2013) aborda os processos envolvidos na produção de aguardente e suas problemáticas na questão ambiental, principalmente em relação aos resíduos de queima da cana e de filtragem, que apresentam maior potencial contaminante dependendo de como forem utilizados e descartados. Lima e Walter (2017) discutem a situação de cervejarias, onde o risco de contaminação é associado também aos resíduos de filtragem e de produção como o bagaço de malte, levedura, trubs e demais compostos inorgânicos que podem causar alterações na qualidade da água superficial.

2.4.3. Água envasada

O Decreto-Lei nº7841/1945, denominado Código de Águas Minerais, estabelece a água mineral como minério, bem pertencente a união, portanto os empreendimentos de extração de água devem ser submetidos a estudos de impacto ambiental e demais documentos necessários para licenciamento junto a ANM e ao IAP.

Sobrinho et al. (2019) descreve alguns dos impactos observados nesta indústria, sendo que esta atividade tem maior impacto na disponibilidade hídrica, visto que é realizada captação de água, e não gera resíduos de filtragem tóxicos e/ou efluentes perigosos. A principal problemática em relação aos resíduos gerados são os altos valores de sólidos totais dissolvidos (STD) nos rejeitos de filtração. De acordo com a autora altos valores de STD podem acarretar em salinização do solo, além da alteração de qualidade da água superficial.

2.4.4. Aterro controlado

Morretes conta com um aterro denominado “controlado”, atualmente desativado, que apresenta evidências de contaminação descritas por Porfírio et al. (2014). Os autores estimaram um índice de risco e de perigo a saúde humana

associados às contaminações do solo e da água na área do aterro, e verificaram um maior risco associado ao níquel na água subterrânea, com zinco e cobre ocorrendo em conjunto. Esta estrutura de descarte de lixo conta com drenagens internas e camadas de argila e solo intercaladas aos resíduos, para evitar exposição aérea, mas não apresenta impermeabilização ou estruturas de contenção.

A Lei nº 12.305/2010 institui a política nacional de gerenciamento de resíduos sólidos e estabelece a necessidade de disposição adequada dos resíduos por parte dos municípios, associada a ela temos a norma ABNT 8419/1992 (ABNT, 1992) que estabelece as diretrizes para implantação de um aterro sanitário. Estas invalidam a norma ABNT 8849/1985 que propõe as diretrizes para instalação de aterro controlado, devido aos problemas evidenciados neste tipo de descarte de resíduos, com a falta de impermeabilização do solo e estrutura precária.

2.4.5. Indústria do papel

Além do licenciamento ambiental junto ao IAP, de acordo a Portaria IAP nº 142/2006 (IAP, 2006) e a Lei Estadual nº13448/2002, indústrias de papel e celulose devem passar por autorias ambientais no mínimo a cada quatro anos. O setor também pode gerenciar os próprios resíduos segundo a Portaria IAP nº212/2019 (IAP, 2019), se for de interesse do empreendimento.

Miranda (2008) faz uma análise dos impactos gerados nesta indústria, indicando como principal problemática as substâncias químicas (compostos de enxofre, óxidos de nitrogênio e enxofre etc.) utilizadas nas diversas etapas de produção e branqueamento. Os efluentes desta indústria podem apresentar uma grande variedade de compostos químicos a depender do procedimento adotado e do tipo de papel produzido, além de compostos de menor significância como óleo e graxas de maquinários.

No caso de fábricas que produzem papel reciclado, o impacto ambiental é reduzido devido à ausência das diversas etapas de tratamento químico. Além do reaproveitamento de resíduos, é comum nesta indústria a reutilização da água pois esta atividade consome muita água e energia (Gallon et al., 2008).

2.4.6. Materiais de construção e Metalurgia (Tintas)

No caso de materiais de construção e indústrias metalúrgicas os principais resíduos perigosos são associados às tintas, solventes, filtros, óleos e graxas, em geral ligados ao Grupo B (resíduos químicos), portanto serão abordados no mesmo item.

O comércio de materiais de construção é dispensado da necessidade de licenciamento ambiental (desde que abranja área inferior a 10.000m²) de acordo com a Resolução SEMA nº 51/2009 (SEMA, 2009). São considerados neste trabalho pois, embora não ocorra produção nem aplicação significativa destes compostos, a presença de tintas, solventes, óleos, graxas e demais substâncias químicas em caso de eventos críticos podem ser fontes de contaminação ambiental.

A indústria metalúrgica é passível de licenciamento de acordo com o anexo I da Resolução CONAMA nº 237/1997 (CONAMA, 1997). Edlinger et al. (2012) descreve os principais resíduos perigosos gerados na atividade, incluindo as tintas, equipamentos e materiais contaminados durante os processos de pintura e lavagem (óleos e graxas), efluentes gerados durante a pintura e lodo de tanques de decantação (alta DQO). Os impactos incluem a contaminação do solo e da água devido ao potencial de dispersão destas substâncias.

2.4.7. Mineração

No município de Morretes atualmente a atividade de mineração é restringida a extração de areia, embora conforme verificado no portal SIGMINE exista a presença de áreas requeridas para pesquisas de outras substâncias. A necessidade de licenciamento ambiental para a atividade pelos órgãos competentes, ANM em âmbito nacional e IAP em âmbito estadual, é estabelecida pela Lei nº 6.567/1978 e pelo Decreto nº 99.274/1990.

Lelles et al. (2005) faz uma análise qualitativa dos impactos causados pela extração de areia em corpos hídricos, verificando maior problemática nas fases de implantação e operação da atividade, seguidas da fase de desativação. Entre os principais impactos estão a alteração da morfologia do canal, aumento de turbidez e sólidos em suspensão, aumento na instabilidade de encostas e remoção da vegetação. Ocorre também uma alteração significativa na dinâmica fluvial pela

retirada dos sedimentos em transporte, alterando os padrões de erosão e sedimentação a jusante. No caso de inundações pode-se ter o agravamento de feições erosivas e da instabilidade das encostas.

2.4.8. Postos de combustível

As atividades de postos de combustível no Brasil são consideradas potencialmente poluidoras e são regulamentadas pela Resolução CONAMA nº 237/1997 (CONAMA, 1997), que indica a necessidade de licenciamento ambiental, e pela Resolução CONAMA nº273/2000 (CONAMA, 2000) que padroniza essa atividade e os licenciamentos necessários. Considerando as resoluções vigentes, no Estado do Paraná adota-se a Resolução SEDEST nº3 /2020 (SEDEST, 2020) que dispõe dos critérios e condições necessárias para o licenciamento ambiental de postos de abastecimento, revendedores e outros. Nestas normas são previstos estudos prévios para evitar condições de maior risco ambiental, bem como planos de controle ambiental para monitoramento e manutenção de boas práticas ambientais.

Como são previstas medidas para estanqueidade e vedação dos tanques e estruturas em contato com derivados de petróleo, os principais potenciais impactos das inundações neste setor estão associados a destruição de estruturas. Se a capacidade destrutiva do fluxo hídrico for suficiente para danificar as estruturas de contenção e respiro, podem ocorrer vazamentos e contaminações de caráter grave. Lorenzetti (2011) descreve os possíveis impactos ambientais associados aos postos de combustível, e indica que em geral são associados a falta de manutenção ou mesmo cuidado por parte do empreendimento, realçando a necessidade de uma gestão ambiental. Lima (2017) estudou contaminações associadas a postos de combustível e identificou Benzeno, Tolueno, Etilbenzeno e Xilenos Totais (BTEX) e Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPA's) como principais componentes contaminantes, indicando a danificação de estruturas subterrâneas e acidentes de transporte como principais causas.

2.4.9. Serviços de saúde

Neste item serão considerados hospitais, clínicas odontológicas e farmácias, devido sobreposição dos impactos causados por cada uma destas atividades. A Resolução RDC nº222/2018 (RDC, 2018) dispõe sobre boas práticas de gerenciamento dos resíduos de serviços de saúde, enquanto a RDC nº306/2004

(RDC, 2004) estabelece o regulamento técnico para o gerenciamento de resíduos de serviços de saúde.

As regulamentações existentes visam a uniformização no descarte de resíduos da saúde, de maneira que se forem adequadamente separados, acondicionados e descartados, não sejam fontes de perigo para a saúde pública ou o meio ambiente. Bila e Dezotti (2003) fazem uma análise referente aos fármacos em efluentes de Estações de Tratamento de Esgoto, as autoras identificam diversos possíveis impactos advindos destas substâncias principalmente associados a fauna aquática. Além de fármacos, também existem resíduos dos grupos A (infectantes) e C (radioativos), que podem se tornar problemáticos se atingidos por eventos críticos.

2.4.10. Saneamento

A coleta e tratamento do esgoto no município são realizados pela SANEPAR, com o tratamento e lançamento realizado na ETE Morretes, localizada próxima ao Rio Nhundiaquara. De acordo com o SNIS (2021) cerca de 51% da população é atendida com serviço de saneamento, dentre estes 45,6% estão em área urbana enquanto 5,41% em área rural. O levantamento indica que quase toda a população urbana possui serviços de coleta e tratamento, implicando que o restante da população que não recebe serviços de tratamento de esgoto (cerca de 49%) está localizado em área rural.

A falta de coleta do esgoto em áreas rurais pode se tornar um problema ainda maior para a saúde pública em eventos de inundação, nestes casos a população depende de soluções individuais que nem sempre são instaladas ou funcionam de maneira eficaz, podendo facilitar a dispersão de resíduos e agentes biológicos.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização deste estudo foram necessários dados espaciais pré-existent, dados cadastrais de diversas fontes, relatórios de órgão estaduais, publicações e artigos acadêmicos, e estudos de campo. Durante todo o desenvolvimento do trabalho foi realizada a revisão bibliográfica, conforme se mostrou necessidade.

A metodologia de campo será descrita a parte devido suas informações serem complementares à cada etapa de desenvolvimento. Foram realizadas duas visitas

de campo nos dias 24 de junho e 08 de agosto de 2022, a localização dos pontos de campo está disposta no Apêndice I. O acesso ao município foi realizado através da BR-277, saindo de Curitiba no sentido litoral. Foram utilizados:

- Aplicativo VICON SAGA para dispositivos móveis
- Carta Topográfica – Folha Morretes (2843-3) (IBGE, 1992)
- GPS do Departamento de Geologia UFPR
- Veículo do CENACID

. No aplicativo VICON SAGA para dispositivos móveis foram registrados os pontos realizados em campo, bem como informações e relatos coletados. O sistema conta com áreas de projeto em ambiente *online*, assim é possível trabalhar em dispositivos variados (ou em equipe) simultaneamente. No sistema são criados formulários customizados para cada projeto (podendo conter mais de um), permitindo o preenchimento das informações coletadas em cada ponto (descrições, fotos, vídeos etc.). O VICON SAGA é livre e foi desenvolvido pelo Laboratório de Geoprocessamento da UFRJ em parceria com o Laboratório de Geoprocessamento Aplicado da UFRRJ.

As etapas de desenvolvimento do presente estudo são detalhadas nos itens a seguir.

3.1. CARACTERIZAÇÃO DA PLANÍCIE DE INUNDAÇÃO

Como abordado no capítulo anterior, planície de inundação se caracteriza por uma região de baixo gradiente topográfico que é coberta por água e sedimentos durante extravasamento de canais fluviais. Para delimitação da área foi realizada análise de imagens visando identificar as feições geomorfológicas descritas, utilizando:

- Imagens de satélite do Google
- MDE Alos Palsar - ALASKA com resolução de 12,5m
- Curvas de nível de equidistância de 20m, IBGE (1992)

Foram geradas curvas auxiliares de equidistância 10m a partir do MDE, em alguns locais ajudaram na delimitação, porém de maneira geral não apresentou qualidade satisfatória. A delimitação manual da planície de inundação foi realizada

inicialmente pelo software livre QGIS 3.22.10, com traçado realizado na escala 1:20.000. O traçado foi atualizado e detalhado a partir de dados de campo no ambiente VICON SAGA, com o levantamento de afloramentos rochosos e elevações suaves não visíveis a partir das imagens.

Para o cálculo de frequência de cheias aplicou-se a fórmula de tempo de recorrência (Keller, 2007), definida por:

$$t_R = \frac{n+1}{m}$$

Onde:

t_R é o intervalo médio de recorrência (em anos)

n é o número total de amostras

m é a ordem ou posição da variável na série

A variável m é dada pela ordenação dos dados em uma série de maior para menor valor registrado, considerando o maior valor de cada ano. Este cálculo resulta em uma média do intervalo de tempo entre eventos de cheia de mesma magnitude, ou seja, quanto tempo (em anos) demora para uma mesma intensidade de cheia se repetir (Santos, 2007). Esta aproximação estatística é extremamente dependente de um histórico de dados de monitoramento extenso e contínuo.

Neste estudo utilizaremos a vazão como variável, devido maior intervalo de tempo de medidas disponível para a área. Os dados de vazão foram obtidos no portal HIDROWEB da Agência Nacional de Águas (2022), que fornece a série histórica de monitoramento das estações fluviométricas de todo o estado. Dentre as 11 estações presentes no município, apenas a estação Morretes-Nhundiaquara, localizada no Rio Nhundiaquara na porção central do município, apresentou dados contínuos de vazão por um período maior que 20 anos, com monitoramento de 1938 até 2019. Os detalhes da estação estão dispostos na tabela abaixo.

Tabela 1: Dados e localização da estação Morretes-Nhundiaquara.

Nome da Estação	Código	Localização		Período de monitoramento
		Latitude	Longitude	

Morretes- Nhundiaquara	82170000	25°28'00.1"S	48°49'59.9"W	12/08/1938 – 31/12/2019
---------------------------	----------	--------------	--------------	-------------------------

Fonte: HIDROWEB, ANA (2022).

Os dados de vazão foram posteriormente divididos em 5 classes, de acordo com seu valor em m³/s, para verificação do número de ocorrências, são estas: maiores que 400; entre 300 e 400; entre 200 e 300; entre 150 e 200; e entre 100 e 150. Foram considerados apenas os valores acima de 100m³ como valores de cheias significativas.

3.2. LEVANTAMENTO DE ATIVIDADES E IMPACTOS AMBIENTAIS ASSOCIADOS

Para avaliação de fontes de potenciais contaminantes foram utilizados os sites econodata.org e cnpj.info, nos quais se realizou uma busca por todos os cadastros de CNPJ ativos no município. A partir destas plataformas foi possível identificar os setores ativos, selecionar os que trabalham com substâncias potencialmente perigosas, e a partir destes realizar a listagem de todos os empreendimentos ativos que possuem registros legais. Alguns locais foram posteriormente adicionados a esta lista preliminar a partir de pontos de campo, em geral aqueles não registrados ou de menor porte.

No caso do setor agrícola, foi realizada identificação manual através de imagem de satélite de áreas de cultivo. Foram marcados os pontos aproximadamente no centro das áreas de plantação, algumas mais extensas que outras e podendo conter mais de um tipo de cultivo. Também foram considerados pontos de venda de produtos agrícolas.

Considerando os setores identificados como potencialmente perigosos, construiu-se uma tabela, através da bibliografia, abordando os impactos potenciais e resíduos associados a cada tipo de atividade. É importante destacar que foram considerados apenas os principais impactos levantados, visando criar uma tabela mais objetiva. Completou-se a tabela adicionando os impactos já relatados através de artigos, relatórios, revistas, jornais ou relatos dos moradores.

As atividades levantadas foram classificadas de acordo com a metodologia POSH (*Pollutant Origin and Surcharge Hydraulically*) proposta por Foster et al. (2002), que visa qualificar o potencial de contaminação de cargas associadas a diversos

setores. A metodologia propõe potenciais elevados, moderados e reduzidos, na tabela 2 está disposta a classificação proposta para fontes pontuais e na tabela 3 para fontes difusas.

Tabela 2: Metodologia POSH de classificação de fontes pontuais de contaminação (Foster et al., 2002).

Potencial de gerar de carga contaminante em subsuperfície	Fonte				
	Descarte de resíduos sólidos	Área Industrial	Lagoas de água residuais	Diversas urbanas	Mineração e exploração petróleo
Elevado	resíduo industrial tipo 3; resíduo de origem desconhecida;	indústria tipo 3***; qualquer atividade que manuseie > 100 kg/dia de produtos químicos perigosos;	todos os resíduos industriais tipo 3; qualquer efluente (exceto esgoto residencial) se a área > 5 ha;		campos de petróleo; mineração de metais;
Moderado	chuva > 500 mm/ano com resíduos residenciais/ agroindustriais/ industriais tipo 1, ou todos os demais casos;	indústria tipo 2**;	esgoto residencial se a área > 5 há, demais casos não relacionados acima ou abaixo	postos de gasolina; vias de transporte com tráfico regular de produtos químicos perigosos;	algumas atividades de mineração/ extração de materiais inertes;
Reduzido	chuva < 500 mm/ano com resíduos residenciais/ agroindustriais/ industriais tipo 1	indústria tipo 1*;	águas residuais residenciais, urbanas mistas, agro industriais e de mineração de não metálicos se a área < 1 ha	cemitérios	

*Indústria Tipo 1: Madeira, alimentos e bebidas, destilarias (álcool e açúcar), processamento de material não-metálico;

**Indústria Tipo 2: Borracha, papel e celulose, têxteis, produção de fertilizantes, detergente e sabão, termoelétricas;

***Indústria Tipo 3: Engenharia mecânica, refinarias de óleo/gás, plásticos, pesticidas, fármacos, eletrônicos, processamento de metais, curtume, produtos químicos.

Tabela 3: Metodologia POSH de classificação de fontes difusas de contaminação (Foster et al., 2002).

Potencial de Carga Contaminante	Saneamento in situ	Práticas agrícolas
Elevada	cobertura da rede de esgoto < 25% e densidade populacional > 100 pessoas/ha;	culturas comerciais intensivas e a maioria das monoculturas em solos bem drenados em climas

		úmidos ou com baixa eficiência de irrigação; pastagem intensiva com intenso uso de fertilizante;
Moderada	intermediário entre o citado acima e abaixo;	
Reduzida	cobertura da rede de esgoto superior a 75% e densidade populacional inferior a 50 pessoas/ha	rotação de culturas, campos de pastagem extensiva, sistemas de cultivo agroecológico, plantações com alta eficiência de irrigação em áreas áridas

3.3. DELIMITAÇÃO DE ÁREAS DE MAIOR FREQUÊNCIA DE INUNDAÇÃO

Para delimitar as áreas mais frequentemente atingidas utilizou-se como principal parâmetro as regiões atingidas pelo evento de inundação de 01 de novembro de 2021, que alcançou áreas mais restritas da planície. As áreas foram identificadas através do projeto do CENACID no sistema VICON SAGA, os membros do centro de desastres atenderam a região no dia 02 de novembro e registraram as ocorrências através da plataforma online disponível para visualização. Estas ocorrências foram corroboradas pelas informações coletadas em campo, como a observação de depósitos associados ao evento e os relatos dos moradores.

Em conjunto com as imagens de satélite, foi possível realizar uma interpretação dos possíveis processos ocorridos em cada local durante um evento crítico, considerando os estilos fluviais e sua dinâmica, e assim delimitar áreas de maior ocorrência de inundações.

4. RESULTADOS

4.1. CARACTERIZAÇÃO DA PLANÍCIE DE INUNDAÇÃO

A planície de inundação traçada resultou em uma área de 103,61km², representando cerca de 15% da área total de Morretes. A delimitação a partir da análise de imagens se mostrou facilitada pelas formas de relevo contrastantes presentes na região (Serra do Mar e Morros e planícies litorâneas). A figura 9 abaixo ilustra a localização da área delimitada para a planície de inundação. A delimitação da área em escala 1:70.000 está apresentada no Apêndice II. A Bacia do Rio Sagrado não será detalhada neste estudo, pois verificou-se a necessidade de trabalhos dedicados à área, devido sua abrangência e complexidade geomorfológica com morrotes suaves não visíveis no imageamento de satélite.

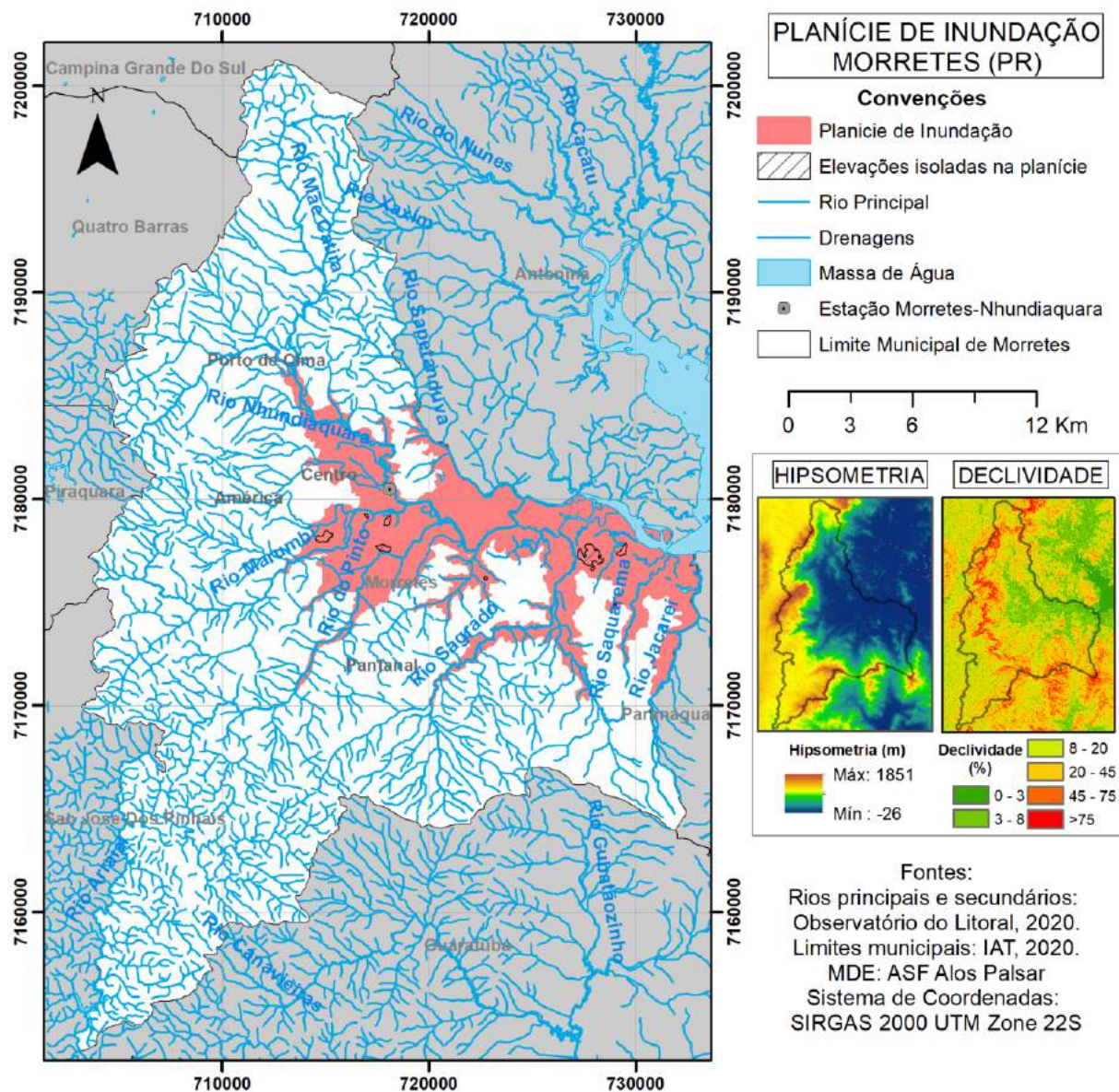


Figura 9: Planície de Inundação no município de Morretes. Fontes: IAT (2020), Observatório do Litoral (2020).

A planície apresenta maior área nas sub-bacias do Rio Marumbi e Rio do Pinto, afluentes do Rio Nhundiaguara. As áreas indicadas como “elevações isoladas” são relativas a elevações suaves a moderadas que não são inundadas, mas estão em meio a planície de inundação. Observa-se a correlação das baixas declividades com o traçado da planície.

Frequência de Cheias

Os vinte primeiros valores obtidos para a frequência de cheias estão dispostos na tabela 4, a versão completa está disposta no Apêndice III APÊNDICE III:

RESULTADOS DO CÁLCULO DE FREQUÊNCIA DE CHEIAS. Os valores máximos observados são da ordem de 400m³/s e foram registrados nos anos 2004, 1995, 1989, 1969, 1960 e 1948.

Tabela 4: Resultados resumidos da frequência de cheias do Rio Nhundiaquara (1938-2019).

Ano	Vazão máxima (m³/s)	Ordem	Tempo de recorrência (anos)
1969	499	1	82
1989	489	2	41
1948	482	3	27,333
1960	459	4	20,5
1995	429	5	16,4
2004	411	6	13,666
1972	399	7	11,715
1949	396	8	10,25
1952	388	9	9,111
2010	387	10	8,2
2011	387	10	8,2
1939	329	11	7,454
1944	311	12	6,833
2008	301	13	6,307
1983	300	14	5,857
2003	288	15	5,466
1970	287	16	5,125
1976	258	17	4,823
1991	257	18	4,555
1973	253	19	4,315
1943	252	20	4,1

Nota-se aqui como este cálculo resulta apenas em uma avaliação estatística. O intervalo de recorrência calculado para o valor máximo de 499m³/s foi de 81 anos, porém observa-se que o segundo maior valor, de 489m³/s, está muito próximo do primeiro valor e foi registrado em um intervalo de 20 anos. Também é importante lembrar que esta estimativa se aplica ao Rio Nhundiaquara e não aos afluentes. A figura 10 abaixo apresenta a relação completa do tempo de recorrência em anos pela vazão.

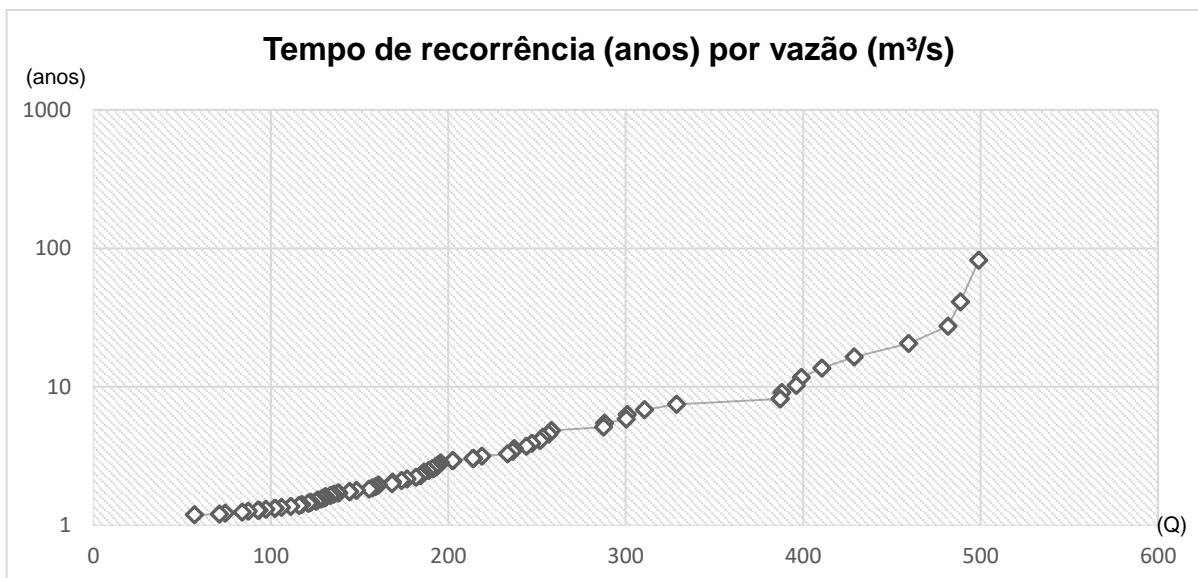


Figura 10: Gráfico de tempo de recorrência em anos por vazão (m³/s) do Rio Nhundiaquara (1938-2019).

Também foram classificados os valores acima de 100m³/s, verificando o número de ocorrências para cada ordem de cheia desde 1938. O resultado está disposto na tabela 5 abaixo.

Tabela 5: Número de ocorrências de magnitudes semelhantes de cheia no Rio Nhundiaquara (1938-2019).

Vazão (m³/s)	Número de ocorrências
>400	6
400-300	11
300-200	25
200-150	37
150-100	81

De acordo com a Defesa Civil (2022), as ocorrências registradas de inundações ou enxurradas com mais de 100 pessoas atingidas (a partir de 1995) ocorreu nos anos de 2003, 2004, 2010, 2011, 2012, 2013, 2015, 2019 e 2021. Algumas destas ocorrências possivelmente se deram de maneira localizada, e não se apresentam com valores de cheia tão elevados no Rio Nhundiaquara, o menor sendo relativo a 2015 com valores registrados na estação de 83,82m³/s. Os moradores relatam também ocorrência alarmante em 1969, ano que registrou o valor máximo de todo o período monitorado com 498,991m³/s. No caso do evento de 2011, que atingiu tanto a área rural como o centro urbano, registrou-se vazão máxima de 387m³/s na estação

Morretes. A ocorrência das duas primeiras classes de vazão distribuídas por ano está disposta no gráfico abaixo.

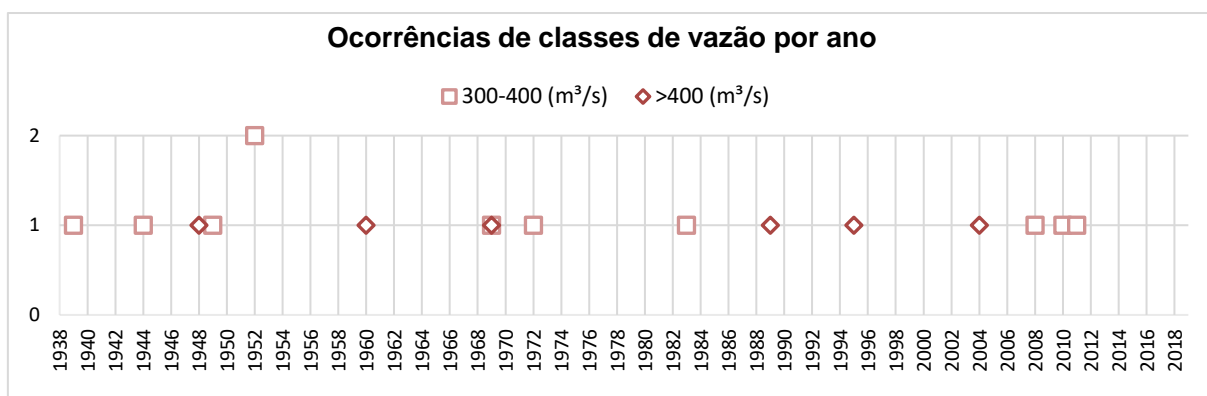


Figura 11: Gráfico de ocorrência de classes de vazão de mesma magnitude por ano no Rio Nhundiaquara.

4.1.1 Áreas com maior frequência de inundações

Associando os relatos dos moradores e dados de campo do CENACID relativo ao evento de inundação do dia 01 de novembro de 2021 (disponibilizados na plataforma online do VICON), foi possível delimitar preliminarmente áreas mais frequentemente afetadas. Esta segmentação não exclui que os demais locais sejam inundados, visto que toda a planície é inundável, mas que os aqui detalhados apresentam maior facilidade para o desenvolvimento destes processos, ou seja, são inundados mais facilmente que os demais.

A partir das informações obtidas foram delimitadas sete áreas nas seguintes localidades: América de Baixo (2); Centro (2, Bairro Rocio e Margens do Nhundiaquara); Estrada da Cruz Alta (2); e Vila das Palmeiras. Será também descrito o início da planície de inundação do Rio do Pinto, visto que o local também foi atingido em novembro de 2021, porém sem área delimitada como os demais, já que se refere a um local onde a planície se encontra encaixada no vale entre os morros da Serra. As áreas serão detalhadas nos itens a seguir.

Estrada da Cruz Alta

Uma das regiões atingidas pelo evento dos dias 31 de outubro e 01 de novembro de 2021 foi a região da Estrada da Cruz Alta (figura 12) localizada na porção oeste do município, que de acordo com as observações de campo e os relatos obtidos sofre recorrentemente com o problema.

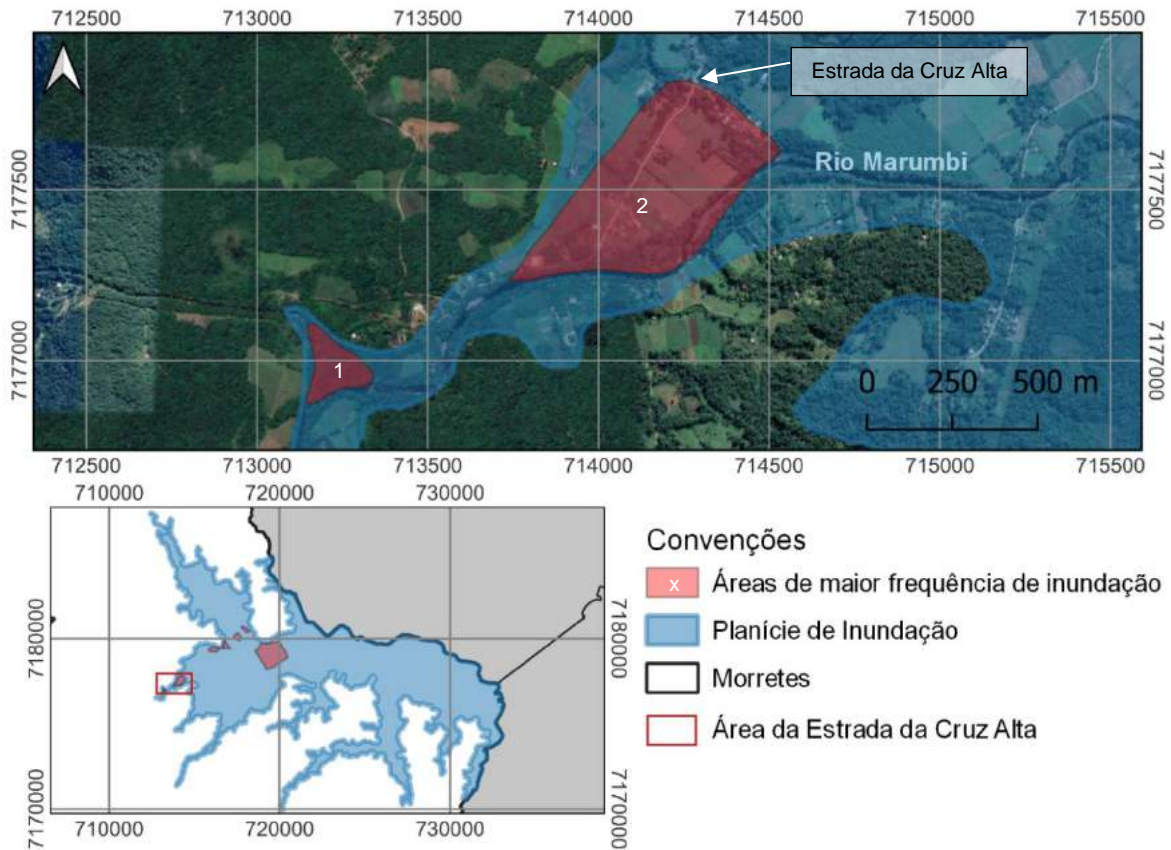


Figura 12: Localização das áreas delimitadas na Estrada da Cruz Alta.

Como evidenciado na figura, a área em questão está as margens do Rio Marumbi, sendo este o fluxo hídrico que extravasa nos eventos críticos e inunda a região. No polígono 1, a esquerda, verificaram-se depósitos de seixos e blocos decimétricos em um afluente (figura 13 A) e erosão das margens no canal do Rio Marumbi, parte do depósito presente nas figuras é associado ao evento de inundação de novembro de 2021. As inundações desta área possivelmente se dão devido a cheia no Rio Marumbi, que se transforma numa barreira quando não consegue mais acumular água e represa os afluentes, gerando o extravasamento dos canais. Já no caso do polígono 2, a direita, foram identificados seixos centimétricos ao longo da estrada (figura 13 B), e segundo os moradores no caso de inundações o rio “corre” sobre a estrada como se formasse correntes. Com base nestas informações e nos padrões de drenagem observados, podemos relacionar a inundação neste local ao extravasamento do Rio Marumbi nos meandros presentes na área, onde o rio chega com muita energia de seu curso superior (caso do polígono 1) e acumula um volume grande de água de seus afluentes.



Figura 13: Planície de inundação do Rio Marumbi. A) Afluente do Rio Marumbi com registro de blocos decimétricos associados ao último evento de inundação e afloramento rochoso de gnaise em uma de suas margens; B) Seixos cobrindo a Estrada da Cruz Alta após inundação; C) Ponte sobre o curso médio do Rio Marumbi, registro de blocos decimétricos e seixos; D) A mesma ponte evidenciada em C sobre o curso médio do Rio Marumbi em estado de cheia, dois dias após o evento de inundação de 01 novembro de 2021 (Imagens B e D: Renato Lima, 2021).

Nesta região é importante destacar a alta capacidade destrutiva do Rio Marumbi, os depósitos fluviais ativos com blocos decimétricos, e os eventos de erosão acelerada nas margens com exposições rochosas, indicam fluxos hídricos com energias muito altas. Isto pode ser associado a esta área de início de planície, onde ocorre a transição para declividades médias a baixas, os afluentes fazem seu curso descendo a Serra com velocidades relativamente maiores e chegam a este ponto com capacidade de carregar seixos e em alguns casos blocos. O curso do rio nesta seção é controlado por elevações suaves que impedem o avanço lateral da água, atingindo uma porção mais plana facilita-se a dispersão do volume hídrico concentrado. Esta configuração torna esta região muito propícia a inundações.

América de Baixo

A região da Estrada América de Baixo está localizada nas proximidades da confluência do Rio Iporanga no Rio Marumbi (figura 14), configurando duas regiões propícias a extravasamento de ambos os rios.

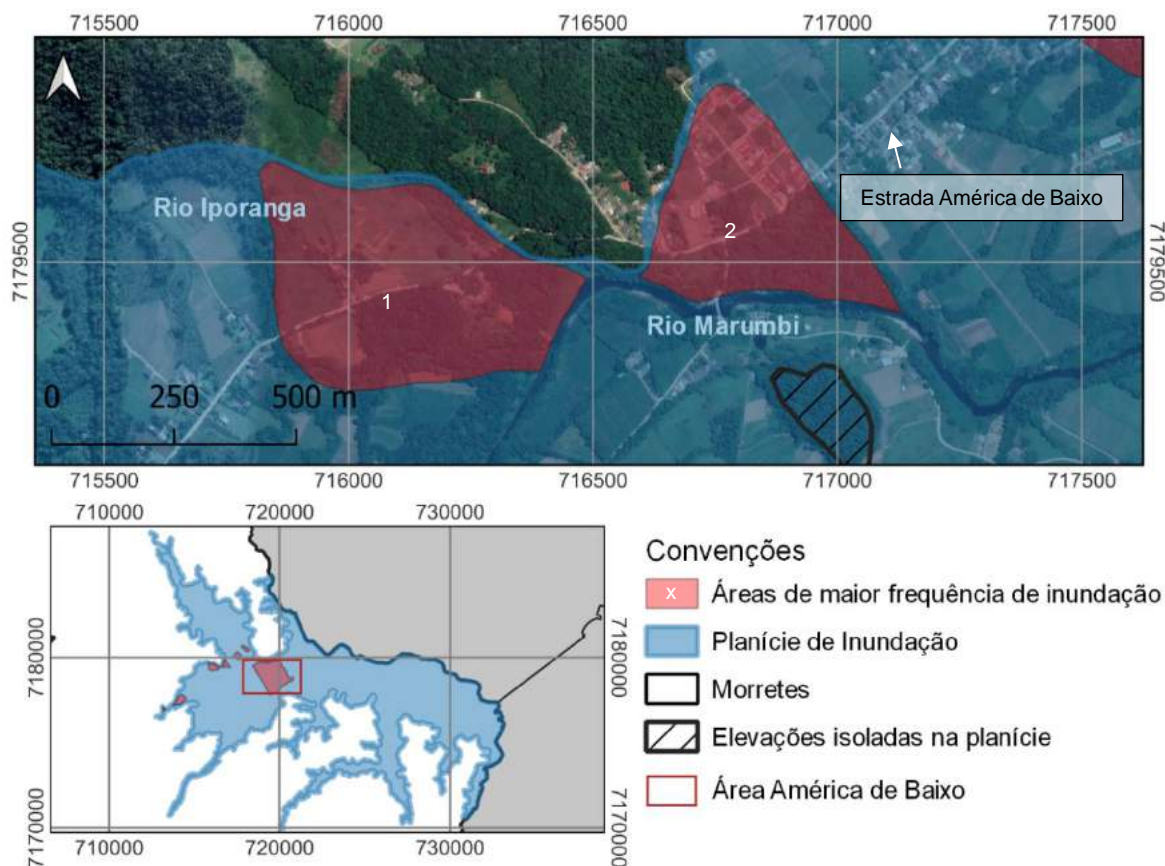


Figura 14: Localização da área delimitada na Estrada América de Baixo.

No polígono 1, a esquerda, o Rio Iporanga encontra o Rio Marumbi, e sua delimitação foi feita maneira aproximada visto que não foi possível obter imagens do último evento de inundação do local. Em campo foram evidenciados depósitos de seixos centimétricos na estrada associados a inundação de novembro de 2021 (figura 15 A). Neste local as inundações possivelmente se dão devido ao extravasamento do Rio Iporanga que tem seu fluxo barrado pelo Rio Marumbi durante as cheias, situação semelhante a observada no afluente do Rio Marumbi na Estrada da Cruz Alta. Nesta seção os depósitos são de granulometria menor ao observado em montante, predominando a fração areia e seixos centimétricos, indicando menores energias de fluxo.

O polígono 2 abrange uma área residencial frequentemente atingida pelo extravasamento do Rio Marumbi. A montante da área delimitada encontra-se uma seção retilínea do canal, podendo estar associada à chegada do fluxo com maior velocidade no local, também é um fator importante o Rio Iporanga, que contribui para o volume de água se concentrando nesta seção. Outra problemática está associada ao represamento após o retorno das águas para o canal, com alguns pontos permanecendo cobertos de água por dias (figura 15 B).



Figura 15: Região da estrada América de Baixo. A) Depósitos de seixos centimétricos na estrada do polígono 1 observados em campo; B) Água represada na Estrada América de Baixo (polígono 2) dois dias após a inundação em novembro de 2021 (Renato Lima, 2021).

Centro de Morretes

As áreas delimitadas para o centro incluem as regiões atingidas pela inundação de 2021, de menor proporção que a registrada em 2011. Referem-se ao perímetro imediato as margens do Rio Nhundiaquara no centro urbano e ao Bairro Rocio (figura 16).

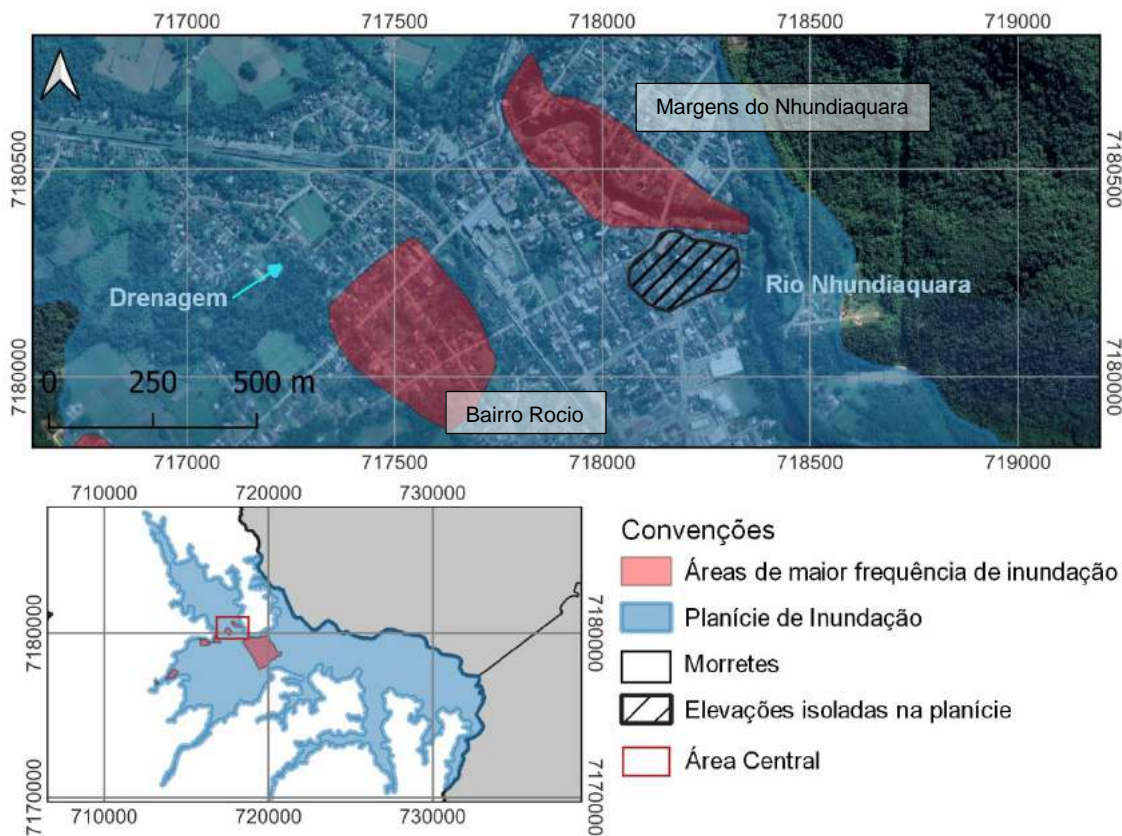


Figura 16: Localização das áreas delimitadas na região central de Morretes.

O Bairro Rocio é cortado por duas drenagens de caráter temporário, os cursos possuem impermeabilização parcial das margens em alguns trechos (figura 17), o que potencialmente favorece a ocorrência das inundações. Observou-se que a maioria das construções contam com estruturas elevadas, rampas ou pilotis (figura 18) indicando a recorrência dos eventos na região.



Figura 17: Trecho parcialmente canalizado de drenagem no Bairro Rocio. (Imagem: Renato Lima, 2021)



Figura 18: Exemplos de construções elevadas no Bairro Rocio.

No centro urbano de Morretes, as margens do Rio Nhundiaquara (um dos principais pontos turísticos do município) existe um sistema simples de monitoramento e alerta para inundações, no qual estão demarcados os níveis da lâmina d'água para atenção (figura 19 A, B). Embora a região não tenha sido extensamente inundada pelo evento de novembro de 2021, o perímetro imediato das margens está sujeito a ocorrência recorrente de inundações (figura 20), o que no caso desta localidade se torna um ponto de atenção, devido a quantidade de residências e pontos comerciais altamente concentrados na área.

Esta porção da planície é relativamente bem desenvolvida, devido a concentração do volume de água vindos dos afluentes e sua declividade menos acentuada. De acordo com os moradores, os eventos de inundação costumam ter duração de 5 a 6 horas na área, sendo que depois desse período a água geralmente volta ao canal. Em eventos mais abrangentes, como o de 2011, a área central foi mais extensamente afetada, sendo que as ruas principais foram completamente cobertas de água. Um fator em comum com o Bairro Rocio é a impermeabilização parcial das margens e das ruas, favorecendo o escoamento superficial dos fluxos hídricos. Na área foram identificadas obras de contenção das margens, bem como sua erosão, além de deposição de barras arenosas próximas (figura 19 C).



Figura 19: Região Central de Morretes. A, B) Sistema de monitoramento e alerta de inundações no centro de Morretes; C) Feições erosivas e deposição de barras arenosas no Rio Nhundiaquara.

A fotografia abaixo (figura 20) foi registrada na manhã do dia 1 de novembro de 2021 pela Defesa Civil, evidenciando o perímetro imediato as margens do Rio Nhundiaquara sendo inundado. O local na figura 20 é próximo ao sistema de alerta exposto na figura 19.



Figura 20: Rio Nhundiaquara em inundação 1 de novembro de 2021. (Imagem: Defesa Civil do Paraná)

Vila das Palmeiras

A Vila das Palmeiras está a sudeste do centro urbano de Morretes, localizada entre os rios Marumbi e Rio do Pinto (figura 21). O local foi atingido pela inundação de 1 novembro de 2021 e registrou o maior prejuízo dentro do município, com mais de 300 residências atingidas de acordo com o CENACID (2021).

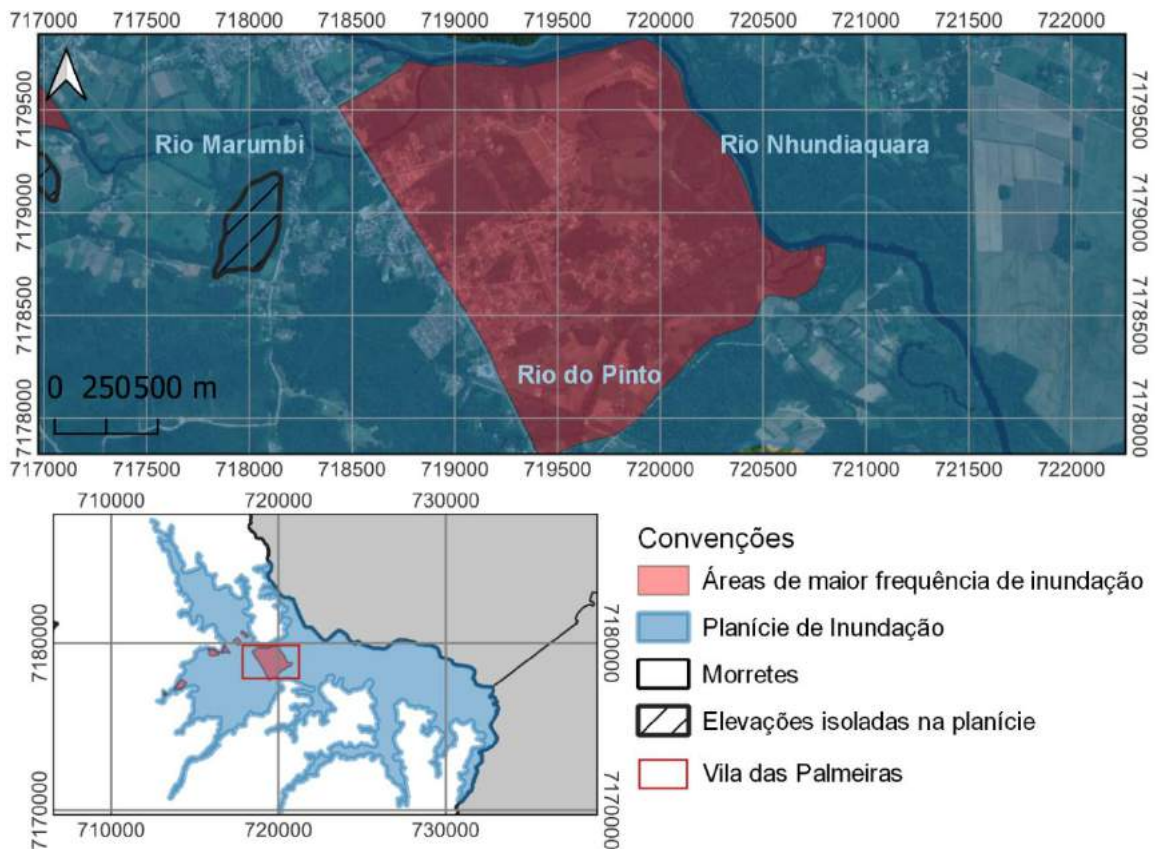


Figura 21: Localização da área delimitada da Vila das Palmeiras.

Neste local, os rios Marumbi e Rio do Pinto confluem com o Rio Nhundiaquara. O Nhundiaquara em estado de cheia pode atuar como uma barreira para o fluxo dos afluentes, favorecendo o extravasamento dos canais neste local. Nesta porção a jusante dos Rios do Pinto e Marumbi o volume de água tende a ser muito superior ao observado a montante, o que se reflete nesta extensa área plana sendo inundada. Destaca-se que esta região está a jusante do centro de Morretes, onde se encontram obras de impermeabilização das margens do Rio Nhundiaquara, o que potencialmente torna a área ainda mais vulnerável, visto que a água escoada do centro se concentra neste trecho.

Nas proximidades do Rio Marumbi registrou-se nível d'água de cerca de 0,5m acima das margens, mais próximo ao Rio do Pinto foi registrado até 1,5m durante o evento de 2021 (figura 22 A). Os moradores do local relatam a perda de móveis, eletrodomésticos, alimentos, roupas, calçados e variados bens (figura 22 B). O escoamento da água nesta região também é lento, ocorrendo em alguns pontos a retenção das águas da inundação por alguns dias (figura 22 C e D).



Figura 22: Vila das Palmeiras após inundação em 2021. A) Marcação do nível d'água de 1,5m; B) Móveis perdidos; C e D) Represamento dois dias após o evento. (Imagens: Renato Lima, 2021).

Rio do Pinto (Pantanal)

A visitação de campo possibilitou a observação dos depósitos na região a montante do Rio do Pinto, na Estrada do Anhaia próximo ao Parque Estadual do Pau Oco (figura 23), onde a planície se inicia encaixada entre os morros da Serra, nas proximidades da localidade conhecida como Pantanal.

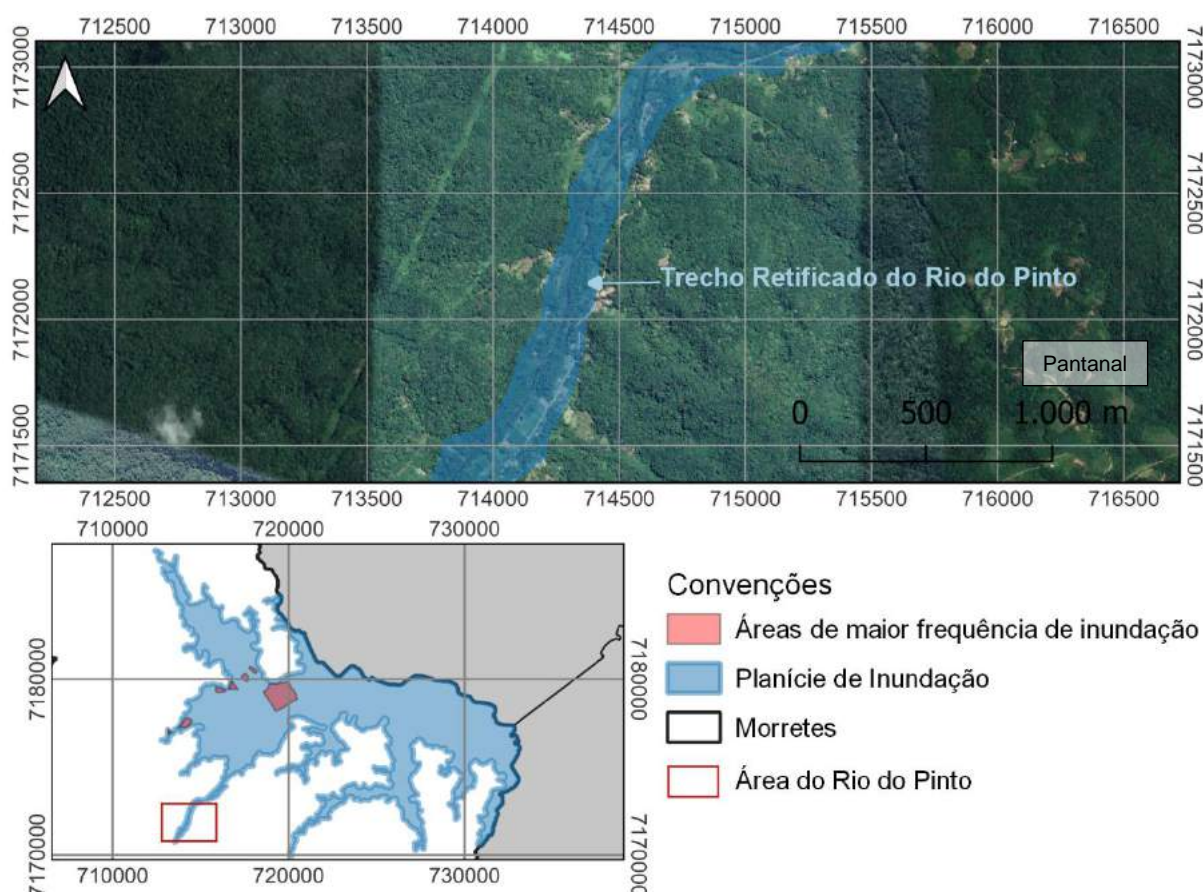


Figura 23: Localização da área canalizada e retificada do Rio do Pinto.

Nesta área se observaram depósitos de seixos e blocos decimétricos (figura 24 A), indicando as altas energias de fluxo associada as drenagens advindas da Serra. A Estrada do Anhaia teve trechos intransitáveis durante o evento de inundação de novembro de 2021, com seixos depositados e inundação das vias. O rio formava canais secundários nas áreas ocupadas durante os eventos de cheia. Nesta porção do Rio do Pinto existem diques artificiais e um trecho retificado do curso, em obra implantada pelo Governo do Paraná nos anos 2000, atualmente a estrutura do dique já se encontra deteriorada por erosão (figura 24 B).



Figura 24: Rio do Pinto. A) Depósitos de seixos e blocos no Rio do Pinto; B) Dique artificial nas margens do Rio do Pinto após o evento de inundação de novembro de 2021 (Imagem B: Renato Lima, 2021).

4.2. FONTES DE CONTAMINAÇÃO E IMPACTOS AMBIENTAIS

Foram registradas 87 fontes potenciais de contaminação, divididas nas categorias de resíduos: agroquímicos; dos serviços de saúde; e diversas. Dentro destas três categorias subdividiram-se os empreendimentos por setor de atividade. É importante destacar que quase a totalidade (pontuais exceções) das ocupações, comércios e indústrias do município se encontram dentro da planície de inundação. Esta condição se dá devido às características geomorfológicas de Morretes, que possui a planície limitada pelas elevações do embasamento cristalino e da Serra do Mar, áreas de difícil ocupação e de parques estaduais. O mapa de potenciais fontes de contaminação em escala 1:25.000 está disposto no Apêndice IV **MAPA DE FONTES POTENCIAIS DE CONTAMINAÇÃO EM MORRETES (PR)**.

Os impactos ambientais relatados e potenciais para as subdivisões de atividades estão dispostos na tabela 6 abaixo.

Tabela 6: Principais impactos ambientais relatados e potenciais para os setores em atividade em Morretes.

SETOR	Nº DE REGISTROS	TIPO DE RESÍDUO	POSSÍVEIS IMPACTOS			SOCIOECONÔMICO	POTENCIAL CONTAMINANTE (POSH)	REFERÊNCIAS
			ATMOSFERA	ÁGUA	SOLO			
Agricultura	49*	B e D	(N2) Alteração da qualidade do ar associada a substâncias tóxicas em agroquímicos, fertilizantes e na queima de combustíveis;	(N1) Contaminação da água superficial e subterrânea por agroquímicos; (N2) Eutrofização associada a fertilizantes;	(N1) Contaminação por agroquímicos e fertilizantes, acidificação do solo; (N2) Degradação e perda de solo, aceleração de processos erosivos; (N2) Perda de matéria orgânica e compactação do solo (diminuição da taxa de infiltração);	(R) Perda de cultivos, parcial ou completa, a depender da taxa de escoamento e infiltração; (N2) Risco a saúde da população devido a exposição a agrotóxicos e fertilizantes;	Elevado	Sambuichi et al. (2012)
Água envasada	1	B e D	(N2) Alteração da qualidade do ar por ações de desfragmentação de habitats (desmatamento) e gases liberados nos efluentes;	(N2) Alteração de qualidade por lançamento de efluentes (rejeito de filtração com altos valores de STD);	(N2) Salinização e alteração das condições do solo por lançamento de efluentes (rejeito de filtração com altos valores de STD);	--	Reduzido	Sobrinho et al. (2019)
Alambiques	5	B e D	(N2) Poluição atmosférica gerando óxidos de enxofre durante a queima do bagaço e da ponta de cana, com chance de ocorrência de chuva ácida;	(N1) Alteração de qualidade e contaminação de águas por vinhoto, eutrofização; (N2) Contaminação por óleos e graxas utilizados nos maquinários;	(N1) Aumento na acidez do solo pela exposição a vinhoto; (N2) Poluição do solo por resíduos sólidos comuns (embalagens etc.); (N2) Alteração das condições do solo por DBO contido no resíduo de filtragem;	(N2) Poluição visual por resíduos sólidos; (N2) Perda de fauna por exposição a vinhoto; (N2) Problemas respiratórios pela inalação de fuligem;	Moderado	Morais et al. (2013)
Cervejaria	1	B e D	(N2) Emissão de CO2 e gases de combustão durante produção	(N1) Alteração de qualidade por resíduos sólidos (bagaço de malte, trubs e levedura, compostos químicos inorgânicos variados) e efluentes (líquidos	(N1) Contaminação por resíduos sólidos (bagaço de malte, trubs e levedura, compostos químicos inorgânicos variados, embalagens) e efluentes (resíduos líquidos de limpeza, óleos de maquinário,	(N2) Mortalidade de peixes devido substâncias tóxicas presentes nos efluentes; (N2) Odores nocivos;	Moderado	Lima e Walter (2017)

SETOR	Nº DE REGISTROS	TIPO DE RESÍDUO	POSSÍVEIS IMPACTOS			POTENCIAL CONTAMINANTE (POSH)	REFERÊNCIAS
			ATMOSFERA	ÁGUA	SOLO		
				de limpeza, óleos de maquinário, resíduos de componentes utilizados na fabricação);	resíduos de componentes utilizados na fabricação);		
Descarte de Resíduos	2**	B, D e E	(N2) Alteração da qualidade do ar por exalação de gases e partículas provenientes do solo superficial contaminado;	(R) Contaminação da água subterrânea e superficial por chorume e metais como níquel, zinco e cobre;	(R) Contaminação do solo por chorume e metais como níquel, zinco e cobre; (N2) Dispersão de materiais perfurocontantes em caso de evento crítico;	(N1) Risco a saúde por ingestão de água contaminada;	Porfírio et al. (2014)
Farmácias	4	A, B e D		(N1) Dispersão e contaminação por fármacos e resíduos químicos;	(N1) Contaminação por fármacos e resíduos químicos;	(N2) Risco a saúde da população por contato com fármacos variados; (N2) Efeitos adversos e possível perda parcial de fauna e flora por contato com fármacos variados; (N2) Redução temporária na disponibilidade de medicamentos;	Bila e Dezotti (2003)
Hospitais e clínicas	3	A, B, D e E		(N1) Alteração de qualidade da água superficial e dispersão de resíduos químicos e infectantes; (N1) Contaminação por agentes biológicos e fármacos presentes no esgoto;	(N1) Contaminação por resíduos infectantes, perfurocontantes e químicos (fármacos, metais pesados presentes em equipamentos como raio-X etc.);	(N1) Risco a saúde da população por contato com resíduos hospitalares; (N2) Redução temporária na disponibilidade de atendimento e serviços hospitalares;	Bila e Dezotti (2003)
Indústria Papelreira	2	B e D		(N1) Alteração de qualidade por contato com resíduos sólidos (fibras, lodo orgânico); (N2) Alteração de qualidade por	(N2) Alteração das condições por contato com resíduos sólidos e efluentes líquidos; (N2) Contaminação por óleos e graxas	Moderado	Gallon (2008)

SETOR	Nº DE REGISTROS	TIPO DE RESÍDUO	POSSÍVEIS IMPACTOS			POTENCIAL CONTAMINANTE (POSH)	REFERÊNCIAS
			ATMOSFERA	ÁGUA	SOLO		
				lançamentos de efluentes líquidos (mudança de temperatura, DBO etc.); (N1)	de maquinários industriais;		
Materiais de Construção	8	B e D	(N2) Alteração da qualidade do ar por emissão de Compostos Orgânicos Voláteis (COV) presentes em tintas e revestimentos;	Contaminação por substâncias tóxicas diversas (compostos químicos em tintas, revestimentos, graxas, vernizes, colas etc.); (N1) Contaminação por metais, óleos, graxas, detergentes, componentes de tintas e efluentes líquidos (alta DQO); (N2) Alteração da qualidade devido lançamento de efluentes (turbidez, pH, sólidos dissolvidos etc.);	(N2) Contaminação por substâncias tóxicas diversas (compostos químicos em tintas, revestimentos, graxas, vernizes, colas etc.);	(N2) Risco a saúde por inalação de compostos tóxicos presentes nas tintas, revestimentos e demais produtos contendo COVs;	Matos (2017)
Metalurgia	3	B e E	(N2) Alteração da qualidade do ar devido atividade de operação (queima de material, fuligem, transporte de materiais etc);	(N2) Aumento da turbidez, alteração da hidrodinâmica e morfologia do canal; (N2) Contaminação por resíduos provenientes de maquinários (óleos, graxas etc.);	(N2) Remoção de solo e aceleração de processos erosivos; (N2) Aumento na instabilidade de margens e encostas; (N2) Alteração das condições como diminuição de plasticidade e aeração, danos à microbiota, contaminação por resíduos;	(N2) Mortalidade de fauna aquática devido eutrofização;	Elevado Edlinger et al. (2012)
Mineração (areais)	2	B e D	(N2) Alteração da qualidade do ar devido lançamento de gases e partículas sólidas provenientes de operações realizadas com maquinários (motores, trânsito de veículos, movimentação de sedimentos etc.);	(N2) Aumento da turbidez, alteração da hidrodinâmica e morfologia do canal; (N2) Contaminação por resíduos provenientes de maquinários (óleos, graxas etc.);	(N2) Remoção de solo e aceleração de processos erosivos; (N2) Aumento na instabilidade de margens e encostas; (N2) Alteração das condições como diminuição de plasticidade e aeração, danos à microbiota, contaminação por resíduos;	(N2) Aumento do risco de acidentes devido trânsito de veículos, de acidentes de trabalho e de banhistas; (N2) Redução de habitats devido remoção de vegetação, estresse e comprometimento da fauna aquática e silvestre; (N2) Impacto visual associado a atividade de extração;	Moderado Lelles et al. (2005)

SETOR	Nº DE REGISTROS	TIPO DE RESÍDUO	POSSÍVEIS IMPACTOS				POTENCIAL CONTAMINANTE (POSH)	REFERÊNCIAS
			ATMOSFERA	ÁGUA	SOLO	SOCIOECONÔMICO		
Odontologia	4	A, B, D e E		(N1) Contaminação por mercúrio presente em amálgama odontológica; (N1) Contaminação por resíduos infectantes, químicos e metais presentes em equipamentos (filmes radiográficos etc.);	(N1) Contaminação por mercúrio presente em amálgama odontológica; (N1) Contaminação por resíduos infectantes, químicos e metais pesados;	(N2) Risco a saúde da população por contato com resíduos hospitalares	-	Ramalho et al. (2010)
Postos de Combustível	3	B e D	(N2) Alteração da qualidade do ar por emissão de Compostos Orgânicos Voláteis (COV);	(N1) Contaminação da água subterrânea e superficial por derivados de petróleo;	(N1) Contaminação do solo por derivados de petróleo (óleos, graxas, combustíveis);	(N2) Risco a saúde da população devido exposição a gases e substâncias tóxicas; (N2) Redução temporária na disponibilidade de abastecimento de combustível;	Moderado	Lorenzett (2011), Lima e Walter (2017)

(N1): Impactos significativos, associados a substâncias tóxicas e/ou altamente contaminantes; (N2): Impactos pouco significativos, áreas localizadas e/ou ausência de substâncias perigosas; (R): Impactos relatados.

*Os pontos marcados como agricultura são referentes a áreas de cultivo, podem representar mais de um cultivo.

**Aterro Controlado e ACOMAREM: O aterro controlado está desativado; A Associação dos Coletores de Materiais Recicláveis de Morretes está ativa.

4.2.1. Atividades atingidas por eventos críticos

Dentre os empreendimentos considerados, foram atingidos pelo evento de inundação de novembro de 2021: uma clínica médica as margens do Nhundiaquara; um alambique a montante do Rio do Pinto; e áreas de cultivos e plantações nas bacias do Rio Marumbi e do Rio do Pinto. As margens do Nhundiaquara na região central, o nível d'água acima da margem chegou a cerca de 0,5m, não causando danos registrados. Este evento foi mais severo na região da Vila das Palmeiras, onde as ocupações são majoritariamente residenciais, e não atingiu a área central em grande extensão, onde se concentram as atividades comerciais e de serviço.

Em março de 2011, a área inundada foi muito superior àquela de 2021. Infelizmente não foi possível delimitar com precisão, porém os relatos de moradores e imagens do local ajudaram a estimar quais foram os empreendimentos atingidos e as perdas sofridas. Os gráficos abaixo apresentam os resultados dos questionamentos realizados no terreno e organizados no VICON SAGA.

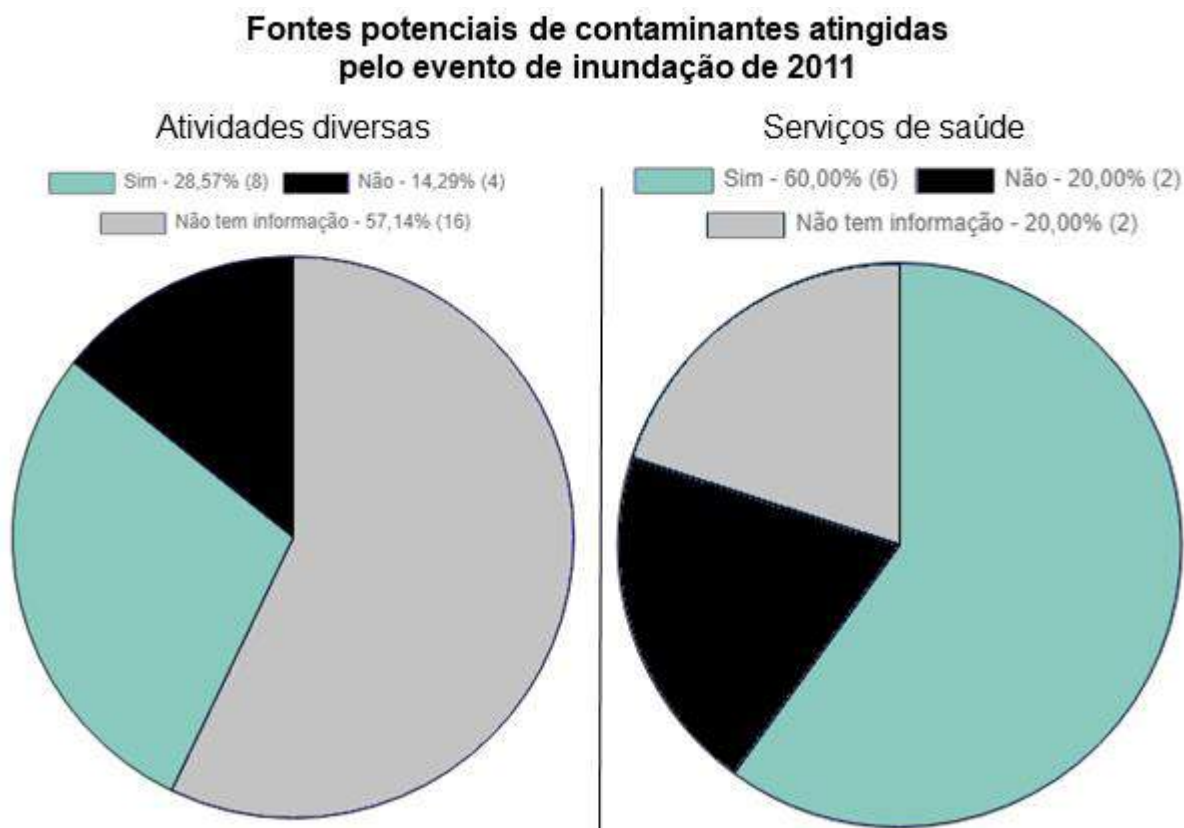


Figura 25: Número de empreendimentos atingidos pelo evento de inundação de 2011, considerando atividades diversas e serviços de saúde.

No caso das atividades diversas, não foi possível obter informações de um grande número de empreendimentos devido sua dispersão pela área, sendo inviável a visitação de cada local durante o campo. Dentre os 16 sem informação, 3 estão localizados fora da área delimitada da planície e 2 na região de Porto de Cima, área elevada e dificilmente atingida pelas inundações, assume-se que também não foram atingidos. Considerado os 8 empreendimentos em que foi confirmada a ocorrência, todos estão localizados no centro de Morretes, e correspondem a postos de combustível e lojas de tintas e materiais de construção. O nível d'água nesta área variou entre 0,5 a 2m.

Os postos de combustível atingidos relataram perdas de produtos das lojas de conveniência e alagamento das vias, sem danificação de estruturas. A construção dos tanques de armazenamento nos postos conta com um respiro (figura 26), sendo importante a verificação das boas condições da estrutura para evitar entrada de água ou saída do combustível.

Os serviços de saúde atingidos incluem as farmácias do município (4 ao total), clínicas médicas privadas e clínicas odontológicas. O Hospital e Maternidade de Morretes se encontra em terreno elevado em relação a área circundante, sendo que não houve registro de ser atingido pelos eventos de 2021 nem de 2011. Foi possível realizar o preenchimento dos formulários em todas as farmácias, constatou-se que em 2011 ocorreu entrada de água, porém nenhuma relatou perda de medicamentos, destaca-se que todas possuem entradas elevadas (figura 26). Uma problemática relatada pelos moradores é a geração de ondas pela passagem dos serviços de resgate, fazendo com que a água colidisse com estruturas e entrasse nos estabelecimentos.



Figura 26: A) Respiro elevado de tanque de armazenamento em posto de combustível; B) Exemplo de entrada elevada em cerca de 0,5m, padrão para os comércios no centro.

As fontes agroquímicas são áreas muito dispersas e extensas, e sem a delimitação de áreas atingidas em 2011 como base comparativa, não foi possível realizar estimativas. Destaca-se a maior vulnerabilidade das bacias do Rio Marumbi e Rio do Pinto, regiões que também apresentam extensos cultivos. No Rio do Pinto foi identificado balcão com corretivos agrícolas, próximo à área de cultivo na qual foi relatada perda parcial por retenção das águas de inundação.

Outros setores que devem ser mencionados são o saneamento, a coleta e descarte de resíduos, e as vias de transporte. Como descrito anteriormente, o saneamento em Morretes se concentra majoritariamente na região urbana, sendo que a área rural em geral depende de soluções individuais. No caso de inundações isto pode se tornar um fator que favorece a dispersão de patógenos e agentes biológicos, trazendo riscos à saúde da comunidade rural. Devido a baixa densidade populacional do município estima-se que a classificação deste setor na metodologia POSH seja moderada.

O descarte de resíduos atualmente é realizado no aterro sanitário de Paranaguá, após desativação do aterro controlado em Morretes no qual existem trabalhos indicando a contaminação do solo e da água por metais (Porfírio et al., 2014). O aterro controlado está próximo do limite de planície, as drenagens que saem do local escoam para a área de planície, sendo possível a maior dispersão dos

contaminantes no caso de inundações. Durante a visita ao local foi identificada a presença de chorume, além lixo em contato direto com a água (figura 27).



Figura 27: Lixo em contato com drenagem no aterro controlado de Morretes.

As vias de transporte, em especial as rodovias federais que cortam o município (BR-277 e BR-101), são fontes de impactos devido o trânsito de veículos intenso, que conta com caminhões com cargas perigosas e eventuais vazamentos de óleo em veículos. Substâncias dispersas em acidentes e vazamentos podem se espalhar ainda mais em uma situação de inundação. As vias interceptam a planície na porção inferior do Rio Sagrado. Segundo a metodologia POSH, rotas com tráfego intenso de veículos com cargas perigosas se classificam como potencial moderado de contaminação.

Os danos relatados das inundações, incluindo as residências, comércios, cultivos e indústrias estão resumidos abaixo:

- Bloqueio de estradas
- Perda de bens móveis (roupas, eletrodomésticos, alimentos etc.)
- Perda parcial de cultivos devido retenção da água
- Danificação de veículos
- Destruição e danificação de pontes

- Lavagem de óleos/graxas em pátios de oficinas e postos de combustível
- Erosão e colapso de margens dos canais fluviais
- Deposição de sedimentos em áreas ocupadas

5. DISCUSSÃO

De maneira geral, o que se observa na planície de inundação é a diminuição da capacidade destrutiva dos corpos hídricos a jusante.

A partir dos resultados identificou-se que as áreas com ocorrência de seixos e blocos decimétricos de origem fluvial correspondem a regiões com predominância de declividades entre 8 e 20%, sendo associado a segmentação de alto curso, como descrito por Afonso e Silva (2014). Os locais descritos que apresentam estas características estão nas porções de início de planície do Rio do Pinto e Rio Marumbi. Destaca-se que como esta segmentação trata de altas energias de fluxo, são as mais propensas a danificação de estruturas, edificações e bens móveis, no caso de eventos extremos. As atividades ativas potencialmente contaminantes nestas regiões são principalmente agricultura e alambiques, sendo que a disseminação dos agroquímicos (em especial pesticidas) aplicados nos cultivos seria um dos principais impactos ambientais para estas localidades. Também é um motivo de atenção a situação do saneamento nestas áreas, em geral dependentes de soluções individuais, o que pode se tornar um risco a saúde da população no caso de danificação das estruturas, podendo acarretar na contaminação do solo e da água.

As porções de médio curso seriam relativas à área da Estrada da Cruz Alta, América de Baixo e Porto de Cima, onde a planície é controlada por elevações suaves e morrotes, e ocorrência de depósitos arenosos com seixos. No caso de Porto de Cima, não foram identificados registros de inundação, por se localizar em terreno de maior altitude, em início da planície. No curso médio observam-se energias de fluxo moderadas, o que é refletido na maior presença de areia e argila nos depósitos com seixos centimétricos. Estas localidades apresentam declividades de até 20%, mas predominam valores entre 3 e 8%. As atividades identificadas nestes locais são agricultura, alambiques e cervejaria, fábrica de papel reciclado, e a ACOMAREM (associação de coletores de materiais recicláveis). Neste segmento também se

destaca o potencial de contaminação do solo e da água por agroquímicos e por resíduos do esgoto, se tratando de áreas rurais.

As áreas segmentadas como baixo curso são relativas à porção central de Morretes e a Vila das Palmeiras. Os depósitos são majoritariamente arenosos e argilosos com ocorrência de seixos localmente de até alguns centímetros, de maneira geral depósitos de granulação muito menor ao observado nas demais regiões. Nestas porções a energia de fluxo é menor, com predominância de declividades entre 0 e 8%, sendo a danificação das estruturas menos provável, porém ocorrem registros de retenção da água de inundação em alguns locais após o evento. As atividades comerciais e industriais se concentram nestas regiões da planície, sendo que a principal problemática está associada a postos de combustível, farmácias e tintas (materiais de construção e metalurgia). As clínicas médicas e odontológicas contam em geral somente com atendimento clínico e não apresentam grande risco por parte de fármacos ou resíduos infectados, considerando que o descarte e condicionamento seja feito de maneira adequada. No caso dos postos de combustível destaca-se a necessidade de monitoramento das estruturas de respiro e armazenamento para prevenir problemas, sendo o impacto causado pela lavagem dos resíduos de óleos nos pátios pouco significativo. Para os demais estabelecimentos observou-se a necessidade de medidas preventivas mais efetivas, sendo que foi reportada a entrada de água em alguns locais com entradas elevadas durante inundações passadas (em especial 2011). Alguns locais, além de entradas elevadas, contam também com “barricadas” portáteis, barreiras que impedem a entrada da água e estão em prontidão nos locais para o caso de inundação, o que demonstra a necessidade de soluções criativas por parte dos moradores.

Em relação ao potencial contaminante, os resultados indicam que as atividades classificadas como de elevado potencial pela metodologia POSH são relativas à agricultura (uso de pesticidas e fertilizantes) e metalurgia. No caso de Morretes, é necessária atenção ao caso dos agroquímicos, sendo os principais cultivos segundo o IBGE (2020) o arroz (2,38km²), cana-de-açúcar (1,48km²), mandioca (2,65km²), banana (2,15km²) e o palmito (6,6km²), mas com diversos outros de menor expressão. Apenas as áreas de produção agrícola citadas já somam cerca de 15% da planície do

município, algumas áreas de agricultura estão fora da área delimitada de planície, porém são pontuais, a maior parte ocorrendo dentro da planície (ver Apêndice IV).

Embora a área urbana central possua maior concentração de fontes potenciais de contaminação, estas foram classificadas como de potencial contaminante moderado a baixo segundo a metodologia POSH. Além disso, identificou-se certa preparação por parte dos comércios e moradores, com entradas e pisos elevados. A presença de estruturas reforçadas, saneamento adequado a quase toda a população da área e ausência de fontes de potencial contaminante elevado se tornam atenuantes para a região. Porém, em eventos extremos como o observado em março de 2011 foi relatada a entrada de água em diversos pontos da área central, o que evidencia a necessidade de melhor preparação.

O principal impacto relatado das atividades refere-se ao aterro “controlado” de Morretes. Esta estrutura precária de disposição de resíduos, embora atualmente inativa, já resultou em contaminação do solo e da água (Porfirio et al., 2014) e, se verificado o agravamento desta situação pode apresentar riscos a saúde da população no local, considerando que os arredores são ocupados majoritariamente por residências.

6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Durante o desenvolvimento deste estudo foi confirmada a alta frequência de eventos perigosos no município de Morretes, resultando em um conjunto amplo de informações sobre os processos de inundação e potenciais consequências. A planície de inundação delimitada para o município tem área aproximada de 103km².

As áreas mais frequentemente atingidas se concentram as margens dos rios Nhundiaquara, Marumbi e Rio do Pinto, nas localidades: América de Baixo; Estrada da Cruz Alta; Central; Vila das Palmeiras; e proximidades do Pantanal. A capacidade destrutiva dos cursos hídricos tende a diminuir a jusante. Nas regiões de início de planície têm-se maiores velocidades de fluxo e altas energias. Nas áreas a jusante observou-se menor energia de fluxo, indicada pela granulação mais fina dos depósitos fluviais, e são relatados alagamentos e represamento de águas de inundação.

Os processos de inundação são em geral associados a chegada do volume de água extraordinário dos afluentes no rio principal e do barramento dos afluentes pela

cheia no rio principal. Nos eventos críticos os cursos hídricos tendem a extravasar nos meandros, quando o fluxo chega com maior velocidade nestes locais e têm-se a cheia do canal impedindo seu escoamento. As interferências antrópicas no curso dos canais, em especial na região central, diminuem a capacidade de infiltração do solo e resultam em maiores taxas de escoamento superficial, concentrando ainda mais o volume de água a jusante destas áreas. Retificações também tendem a aumentar a velocidade de fluxo hídrico, e conseqüentemente sua energia, situação observada no Rio do Pinto.

Foram identificadas 87 fontes potenciais de contaminantes dentro da planície de inundação ou próximo ao seu limite, incluindo serviços de saúde, agricultura e fontes diversas. As fontes classificadas com potencial contaminante alto a moderado são relativas aos setores de agricultura, metalurgia, alambiques e cervejarias, mineração e postos de combustível. No caso do setor de saúde, o principal gerador de resíduo infectante ou químico corresponde ao Hospital e Maternidade de Morretes, localizado em ponto elevado da região central e, portanto, não atingido pelos eventos de inundação. As áreas rurais apresentam maior favorabilidade a contaminações associadas a agroquímicos, devido à presença de extensas produções agrícolas.

Observou-se a necessidade de melhor preparo e prevenção por parte dos comércios e estabelecimentos visitados na região central, sendo que em eventos críticos como o ocorrido em 2011 a água invadiu diversos locais. Quase a totalidade dos estabelecimentos contam com entradas elevadas, alguns locais também com soluções criativas para a barragem de água de inundações. Como esta área é a de maior densidade ocupacional do município, recomenda-se a conscientização da população para tomada de medidas preventivas mais eficientes (barreiras adaptáveis, condicionamento adequado de produtos perigosos), em especial para estabelecimentos como farmácias e postos de combustível.

Verificou-se a necessidade de estudos relacionados a presença de contaminantes no solo e na água, em especial em áreas associadas a agricultura. O único estudo encontrado sobre este tema no município é em relação ao aterro “controlado”, onde foi confirmada a presença de contaminação e deve ser monitorada a situação. Este trabalho possibilitou a identificação de diversos pontos de interesse

para pesquisas futuras relativas a impactos ambientais, bem como a necessidade de monitoramento.

As ações a serem tomadas para prevenção e redução de danos e prejuízos em inundações incluem toda a comunidade, sendo que idealmente a desocupação de áreas muito vulneráveis seria a melhor opção. Visto que nem sempre esta medida é viável, é necessária a conscientização da população e implantação de medidas preventivas, como construções elevadas (pilotis e rampas) e a manutenção e preservação de áreas de defesa natural contra inundações (como mangues, pântanos, etc.). O preparo dos órgãos públicos para atuar em situações de emergência é imprescindível, sendo que a comunicação com a população e a educação ambiental são ações preventivas muito importantes para a redução dos danos e perdas em eventos críticos.

REFERÊNCIAS

- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1985. NBR 8849: *Apresentação de projetos de aterros controlados de resíduos sólidos urbanos*. Rio de Janeiro, 9p. Disponível em: <http://licenciadorambiental.com.br/wp-content/uploads/2015/01/Nbr-8.849-NB-844-Apresentac%C3%A3o-de-Projetos-de-Aterros-Controlados-RSU.pdf/>. Acesso em julho de 2022.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1992. NBR 8419: *Apresentação de projetos de aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos*. Rio de Janeiro, 7p. Disponível em: <http://www.ipaam.am.gov.br/legislacao-online/nbr-8419-92-apresentacao-de-projetos-de-aterros-sanitarios-de-residuos-solidos-urbanos/>. Acesso em julho de 2022.
- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2004. NBR 10004: *Resíduos Sólidos: Classificação*. Rio de Janeiro, 71p. Disponível em: <https://www.unaerp.br/documentos/2234-abnt-nbr-10004/file/>. Acesso em julho de 2022.
- Afonso A., Silva T.M. 2014. *Geomorfologia geral*. v.1. Rio de Janeiro, Fundação CECIERJ, 222 pp. ISBN: 978-85-7648-922-1
- ANA – Agência Nacional de Águas. 2022. Portal HIDROWEB - Séries Históricas de Monitoramento. Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/hidroweb/serieshistoricas>. Acesso em agosto de 2022.
- Angulo R.J. 1992. *Geologia da Planície Costeira do Estado do Paraná*. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 334 pp. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/44/44136/tde-09122015-110705/>
- Angulo, R.J. 2004. Mapa Do Cenozoico do Litoral do Estado do Paraná. Boletim Paranaense de Geociências, v. 55. ISSN 0067-964X. <http://dx.doi.org/10.5380/geo.v55i0.4281>
- BDGEx – Banco de Dados Geográficos do Exército. 2022. Cartas Topográficas. Disponível em: <https://bdgex.eb.mil.br/bdgexapp/mobile/?l=963,953&c=-48.822051,-25.469019&z=9>. Acesso em maio de 2022.

Bigarella, J.J. (coord). 1978. A Serra do Mar e a porção oriental do Estado do Paraná. Um problema de segurança ambiental e nacional (contribuição à geografia, geologia e ecologia regional). Curitiba, SEPL, Associação de Defesa e Educação Ambiental (ADEA), 248 pp.

Bila, D.M. Dezotti, M. 2003. Fármacos no Meio Ambiente. Revista Química Nova, Sociedade Brasileira de Química, 26(4): 523-530. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422003000400015>

Borges, F.O. Ferreira, V.O. 2019. Planícies de inundação e áreas inundáveis: análise comparativa dos conceitos mediante aplicação nas bacias hidrográficas do Ribeirão Bom Jardim e Rio Das Pedras, Triângulo Mineiro. Revista Cerrados 17 (01):114-30. <https://doi.org/10.22238/rc2448269220191701114130>.

Brasil, 1945. Decreto-Lei Nº 7.841 de 8 de agosto de 1945. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/1937-1946/del7841.htm. Acesso em julho de 2022.

Brasil, 1978. Lei Nº 6.567 de 24 de setembro de 1978. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6567.htm. Acesso em julho de 2022.

Brasil, 1990. Decreto Nº 99.274 de 6 de junho de 1990. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/CCIVIL_03/decreto/Antigos/D99274.htm. Acesso em julho de 2022.

Brasil, 1993. Resolução Conama Nº 005, de 05 de agosto de 1993. “Define Resíduos Sólidos, Plano de Gerenciamento, o Sistema de Tratamento e o Sistema de Disposição Final de Resíduos Sólidos.” Brasília, DF. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/sophia/cnia/legislacao/MMA/RE0005-050893.pdf/>. Acesso em julho de 2022.

Brasil, 1997. Resolução Conama Nº 237, de 19 de dezembro de 1997. “Dispõe sobre conceitos, sujeição, e procedimento para obtenção de Licenciamento Ambiental, e dá outras providências.” Brasília, DF. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=95982>. Acesso em julho de 2022.

Brasil, 2000. Resolução Conama Nº 273, de 29 de novembro de 2000. “Dispõe sobre a instalação de sistemas de armazenamento de derivados de petróleo e outros combustíveis.” Brasília, DF. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=97050>. Acesso em julho de 2022.

Brasil, 2000. Resolução RDC Nº 306, de 7 de novembro de 2004. “Dispõe sobre o Regulamento Técnico para o gerenciamento de resíduos de serviços de saúde.” Brasília, DF. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2004/res0306_07_12_2004.html. Acesso em julho de 2022.

Brasil, 2010. Lei Nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Acesso em julho de 2022.

Brasil, 2013. Resolução RDC Nº 8, de 6 de março de 2013. “Dispõe sobre a aprovação de uso de aditivos alimentares para produtos de frutas e de vegetais e geleia de mocotó.” Brasília, DF. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inspecao/produtos-vegetal/legislacao-1/biblioteca-de-normas-vinhos-e-bebidas/resolucao-rdc-no-8-de-6-de-marco-de-2013.pdf/view>. Acesso em julho de 2022.

Brasil, 2018. Resolução RDC Nº 222, de 28 de março de 2018. “Regulamenta as Boas Práticas de Gerenciamento dos Resíduos de Serviços de Saúde e dá outras providências.” Brasília, DF. Disponível em: https://www.in.gov.br/web/quest/materia/-/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/8436198/do1-2018-03-29-resolucao-rdc-n-222-de-28-de-marco-de-2018-8436194. Acesso em julho de 2022.

Cavazzani, A.L.M. Gomes, S.A.R. (Orgs.). 2017. Memória Histórica de Morretes. 1ª ed. Editora UFPR, Curitiba, 516 pp. ISBN: 978-85-8480-076-6. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/63945>. Acesso em abril de 2022.

CENACID – Centro de Apoio Científico em Desastres. 2021. Inundação Morretes 2021. Disponível em: <https://www.viconsaga.com.br/cenacidmorretes2021>. Acesso em agosto de 2022.

Climate-data. 2021. Clima de Morretes. Disponível em: <https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/parana/morretes-28609/>. Acesso em agosto de 2022.

Defesa Civil do Paraná. 2022. SISDC - Sistema de Defesa Civil. Disponível em: http://www.sisdc.pr.gov.br/sdc/publico/relatorios/ocorrencias_geral.jsp. Acesso em setembro de 2022.

Edlinger, A.R. Salvador, J. Mattei, D. Assunção, M.G. Bettiol, V.R. 2012. Caracterização de Efluente de Indústria Metalúrgica e Proposta de Tratamento. Anais do III Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, Goiânia, v.3. ISSN 2179-8400. Disponível em: <https://www.ibeas.org.br/congresso/congresso3.htm>. Acesso em julho de 2022.

Foster, S. Hirata, R. Gomes, D. D'Elia, M. Paris, M. 2002. Groundwater Quality Protection: A guide for water utilities, municipal authorities, and environmental agencies. World Bank, GWMATE, Washington, 101pp. ISBN 0-8213-4951-1. Disponível em: <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/13843>. Acesso em agosto de 2022.

Giannini, P.C.F. Melo, M.S. 2009. Do grão à rocha sedimentar: erosão, deposição e diagênese. In: Teixeira W., Toledo M.C.M. de, Fairchild T.R., Taioli F. (Org.). Decifrando a Terra. São Paulo, Companhia Editora Nacional, p.240-277. ISBN: 978-85-04-01439-6

Giannini, P.C.F. Riccomini, C. Almeida, R.P. Mancini, F. 2009. Processos fluviais e lacustres e seus registros. In: Teixeira W., Toledo M.C.M. de, Fairchild T.R., Taioli F. (Org.). Decifrando a Terra. São Paulo, Companhia Editora Nacional, p.306-333. ISBN: 978-85-04-01439-6

IAT - Instituto Água e Terra, 2020. Divisão político-administrativa dos municípios do estado do Paraná. Disponível em: [https://geonode paranagua.pr.gov.br/layers/geonode:a_031_004_limitesMunicipais PR_IAT](https://geonode paranagua.pr.gov.br/layers/geonode:a_031_004_limitesMunicipais_PR_IAT). Acesso em junho de 2022.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 1992. Morretes. SG.22-X-DII-3 MI-2843-3. Morretes, Mapa Topográfico, escala 1:50.000.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2021. Censo. Disponível em <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pr/morretes.html>. Acesso em maio de 2022.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2020. Produção Agrícola. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pr/morretes/pesquisa/31/29644>. Acesso em agosto de 2022.

ITCG – Instituto de Terras Cartografia e Geociências. 2008a. Clima – Estado do Paraná. Curitiba, Mapa dos climas segundo a classificação de Köppen, escala 1:250.000. Disponível em: <https://www.iat.pr.gov.br/Pagina/Dados-e-Informacoes-Geoespaciais-Tematicos>. Acesso em maio de 2022.

ITCG – Instituto de Terras Cartografia e Geociências. 2008b. Geomorfologia – Estado do Paraná. Curitiba, Mapa geomorfológico, escala 1:250.000. Disponível em: <https://www.iat.pr.gov.br/Pagina/Dados-e-Informacoes-Geoespaciais-Tematicos>. Acesso em maio de 2022.

Keller, E.A. 2007. Introduction to environmental geology. 4ª ed. Santa Barbara, Pearson, 661 pp. ISBN 978-0132251501

Lelles, L.C. Silva, E. Griffith, J.J. Martins, S. 2005. Perfil ambiental qualitativo da extração de areia em cursos d'água. Revista Arvore, Viçosa - MG, 29(3):439-444. <https://doi.org/10.1590/S0100-67622005000300011>.

Lima, R.E. (coord.). 2000. Uso dos solos e dos rios – conceitos básicos e aplicações para a região de Curitiba. Curitiba, NIMAD – UFPR, 194 pp. ISBN 85-87828-01-0

Lima, D.A.P. Walter, F. 2017. Produção mais limpa e sustentabilidade na indústria da cerveja. Anais do XIX Encontro Internacional sobre Gestão Empresarial e Meio Ambiente. ISSN: 2359-1048. Disponível em: http://engemausp.submissao.com.br/19/anais/resumo.php?cod_trabalho=42. Acesso em agosto de 2022.

Lima, S.D. Oliveira, A.F. Golin, R. Caixeta, D.S. Lima, Z.M. Morais, E.B. 2017. Gerenciamento de áreas contaminadas por postos de combustíveis em Cuiabá, Mato

Grosso, Brasil. Revista Ambiente & Água - An Interdisciplinary Journal of Applied Science. ISSN 1980-993X. [doi:10.4136/1980-993X](https://doi.org/10.4136/1980-993X)

Lorenzetti, D.B. Rossato, M.V. Neuhaus, M. 2011. Medidas de gestão ambiental adotadas em um posto de abastecimento de combustíveis. Revista Gestão Industrial, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 7(3): 01-21. doi: [10.3895/S1808-04482011000300001](https://doi.org/10.3895/S1808-04482011000300001)

Mineropar. 2006a. Mapa Geomorfológico do Estado do Paraná. Curitiba, Mapa geomorfológico, escala 1:650.000. Disponível em: <https://www.iat.pr.gov.br/Pagina/Geomorfologia/>. Acesso em maio de 2022.

Mineropar. 2006b. Mapa Geológico do Estado do Paraná – Folha Curitiba. SG.22X.D. Curitiba, Mapa geológico, escala 1:250.000. Disponível em: <https://www.iat.pr.gov.br/Pagina/Mapeamento-Geologico/>. Acesso em maio de 2022.

Ministério da Infraestrutura. 2021. Dados georreferenciados das rodovias federais. Disponível em: <https://www.gov.br/infraestrutura/pt-br/assuntos/dados-de-transportes/bit/bitmodosmapas#maprodo>. Acesso em maio de 2022.

Miranda, R.E.S. 2008. Impactos Ambientais Decorrentes dos Resíduos Gerados na Produção de Papel e Celulose. Trabalho de Conclusão de Curso, Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 37f. Disponível em: <http://repositorio.im.ufrj.br:8080/jspui/handle/1235813/2848>. Acesso em julho de 2022.

Morais, M.P. Oliveira, J.M.S.R. Souza, M.F. Silva, A.R. 2013. Diagnóstico ambiental da produção de aguardente em uma cooperativa de produtores de cachaça de alambique na região calcária do centro-oeste de Minas Gerais. Revista Conexão Ciência Online, Centro Universitário de Formiga – MG. Disponível em: <https://periodicos.uniformg.edu.br:21011/ojs/index.php/conexaociencia/article/view/197>. Acesso em julho de 2022.

Neto A.F.C. 1984. Pesquisa de Ouro nos Aluviões da Região de Morretes – Litoral do Paraná. Anais do XXXIII Congresso Brasileiro de Geologia, Rio de Janeiro, 8:4067-4079. Disponível em: <https://www.iat.pr.gov.br/Pagina/Prospeccao-e-Pesquisa-Mineral/>

Observatório do Litoral. 2020. Rios principais e secundários. Disponível em: <http://www.litoral.ufpr.br/portal/observatoriolitoral/geodados/arquivos-shapefile/>.

Acesso em maio de 2022.

Paraná, 2002. Lei Nº 13.448, de 11 de janeiro de 2002. Disponível em: [https://leisestaduais.com.br/pr/lei-ordinaria-n-13448-2002-parana-dispoe-sobre-](https://leisestaduais.com.br/pr/lei-ordinaria-n-13448-2002-parana-dispoe-sobre-auditoria-ambiental-compulsoria-e-adota-outras-providencias)

[auditoria-ambiental-compulsoria-e-adota-outras-providencias](https://leisestaduais.com.br/pr/lei-ordinaria-n-13448-2002-parana-dispoe-sobre-auditoria-ambiental-compulsoria-e-adota-outras-providencias). Acesso em julho de 2022.

Paraná, 2006. Portaria IAP Nº 142, de 1 de agosto de 2006. “Estabelece os critérios para exigência de Auditoria Ambiental Compulsória.” Curitiba. Disponível em:

https://celepar7.pr.gov.br/sia/atosnormativos/form_cons_ato1.asp?Codigo=1391.

Acesso em julho de 2022.

Paraná, 2009. Resolução SEMA Nº 51, de 23 de outubro de 2009. “Dispensa de Licenciamento e/ou Autorização Ambiental Estadual de empreendimentos e atividades de pequeno porte e baixo impacto ambiental.” Curitiba. Disponível em:

<https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=144224>. Acesso em julho de 2022.

Paraná, 2013. Resolução SEMA Nº 304, de 26 de novembro de 2013. “Dispensa do Licenciamento Ambiental Estadual as atividades que especifica.” Curitiba. Disponível em:

<https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=144224>. Acesso em julho de 2022.

Paraná, 2019. Resolução SEMA Nº 212, de 12 de setembro de 2019. “Estabelece procedimentos e critérios para exigência e emissão de Autorizações Ambientais para as Atividades de Gerenciamento de Resíduos Sólidos.” Curitiba. Disponível em:

<https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=382463>. Acesso em julho de 2022.

Paraná, 2020. Resolução Cema Nº 107, de 9 de setembro de 2020. “Dispõe sobre o licenciamento ambiental, estabelece critérios e procedimentos a serem adotados para as atividades poluidoras, degradadoras e/ou modificadoras do meio ambiente e adota outras providências.” Curitiba. Disponível em:

<https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=401593>. Acesso em julho de 2022.

Paraná, 2020. Resolução SEDEST Nº 3, de 17 de janeiro de 2020. “Dispõe sobre o Licenciamento Ambiental, estabelece condições e critérios para Posto Revendedor, Posto de Abastecimento, Instalação de Sistema Retalhista de Combustível - TRR,

Posto Flutuante, Base de Distribuição de Combustíveis e dá outras providências.” Curitiba. Disponível em: <https://www.legisweb.com.br/legislacao/?id=389236>. Acesso em julho de 2022.

Passos, E. 2000. Classificação fitogeomorfológica de ecossistemas florestais numa porção do setor oriental do Estado do Paraná. Tese de Doutorado. Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/26747?show=full>.

Paz A.R. 2010. Geologia da Planície Costeira do Estado do Paraná. Tese de Doutorado. Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 233 pp. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/32461>

Porfírio, B. Gomes, J. Janissek, P.R. 2014. Avaliação de risco à saúde humana do aterro controlado de Morretes. Engenharia Sanitária e Ambiental, Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES), 19(4):441-452. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522014019000000444>

Ramalho, L.S. Uhlmann, V.O. Pfitscher, E.D. Rabelo, E.C. 2010. Avaliação da sustentabilidade dos aspectos e impactos ambientais de serviços odontológicos: um estudo de caso. Enfoque: Reflexão Contábil, Universidade Estadual de Maringá, 29(1):62-78. <https://doi.org/10.4025/enfoque.v29i1.10448>

Rocha, P. 2011. Sistemas rio-planície de inundação: Geomorfologia e conectividade hidrodinâmica. Presidente Prudente, Caderno Prudentino de Geografia. 33:50-67.

Sambuichi, R.H.R. Constantino de Oliveira, M.A. Moreira da Silva, A.P. Luedemann, G. 2012. A sustentabilidade ambiental da agropecuária brasileira: Impactos, políticas públicas e desafios. Texto para Discussão nº1782, Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), Brasília. ISSN 1415-4765. Disponível em: <https://www.econstor.eu/handle/10419/91310>

Santos, R.F. 2007. Vulnerabilidade Ambiental. MMA, Brasília, 192 pp. ISBN 978-85-7738-080-0

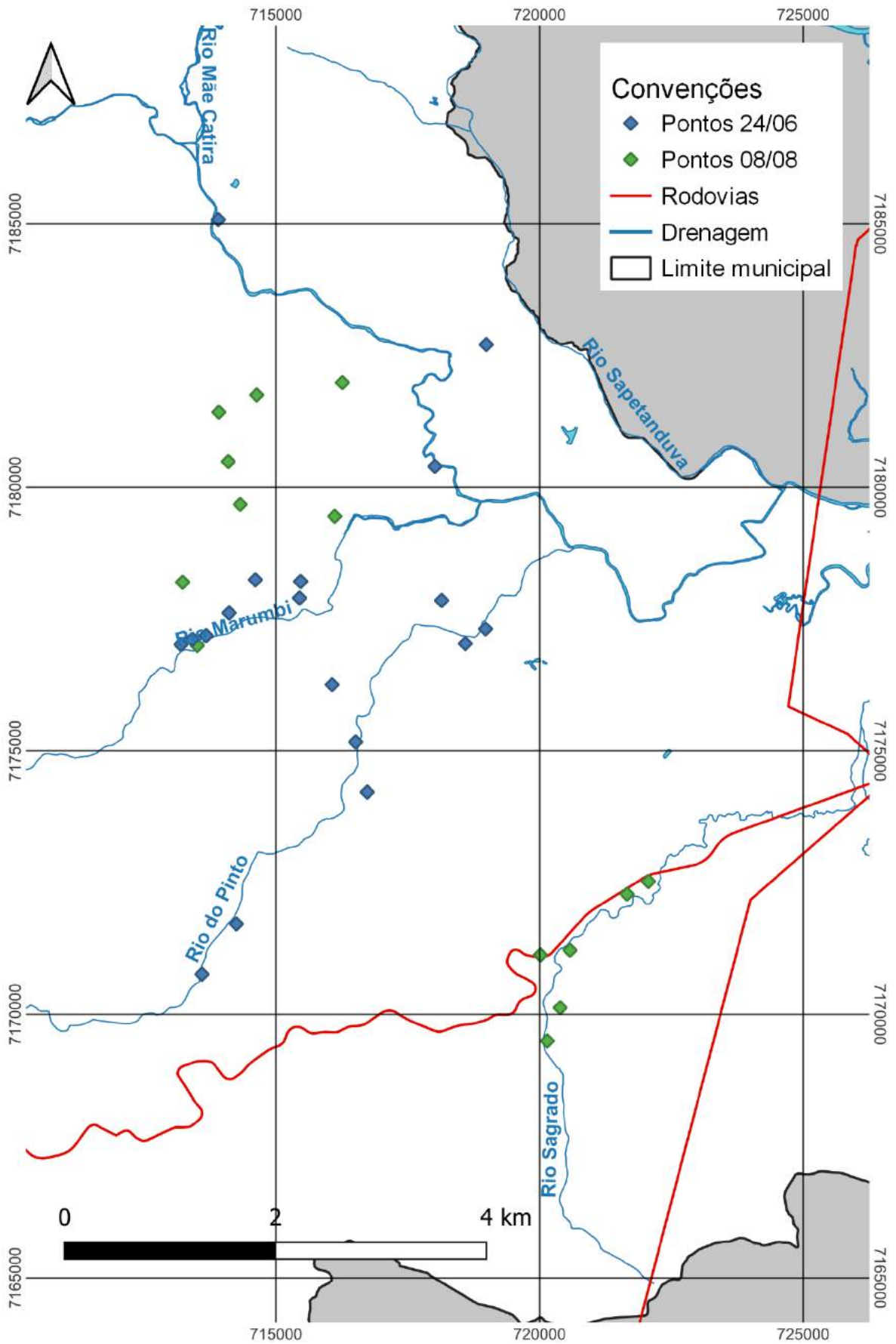
SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento. 2021. Diagnóstico Temático – Visão Geral. Brasília. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/diagnosticos/agua-e-esgotos>. Acesso em agosto de 2022.

Sobrinho, M.S. Filho, E.H.C. Sousa, G.S. Oliveira, A.C.M. 2019. Panorama do licenciamento ambiental das indústrias de envase de água no Ceará e os impactos dessa atividade ao meio ambiente frente às mudanças climáticas. Brazilian Journal of Animal and Environmental Research. ISSN: 2595-573X. Disponível em: <https://brazilianjournals.com/ojs/index.php/BJAER/article/view/1735>. Acesso em julho de 2022.

SUDERHSA. 2007. Bacias Hidrográficas do Paraná. Disponível em: <https://www.iat.pr.gov.br/Pagina/Mapas-e-Dados-Espaciais>. Acessado em agosto de 2022.

Uber, J.A. Kleina, M. Santos, L.J.C. 2016. Mapeamento das Unidades Geomorfológicas da Bacia Hidrográfica do Rio Sagrado (Morretes/PR). Anais do XI SINAGEO - Simpósio Nacional de Geomorfologia, Maringá. Disponível em: <http://www.sinageo.org.br/2016/trabalhos/6/6-405-1168.html>.








APÊNDICE I: LOCALIZAÇÃO DOS PONTOS VISITADOS EM CAMPO

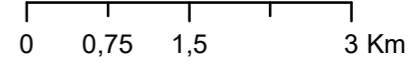


APÊNDICE II: PLANÍCIE DE INUNDAÇÃO DO MUNICÍPIO DE MORRETES

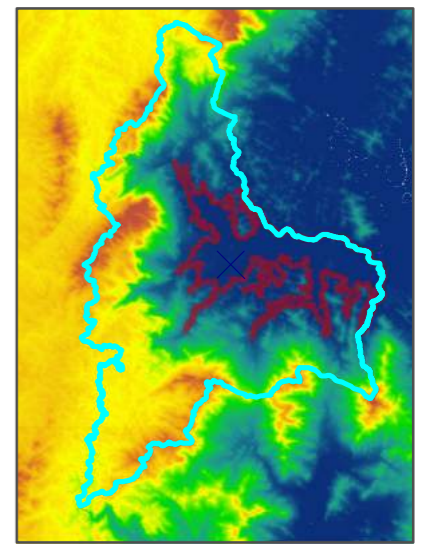
PLANÍCIE DE INUNDAÇÃO MORRETES (PR)

Convenções

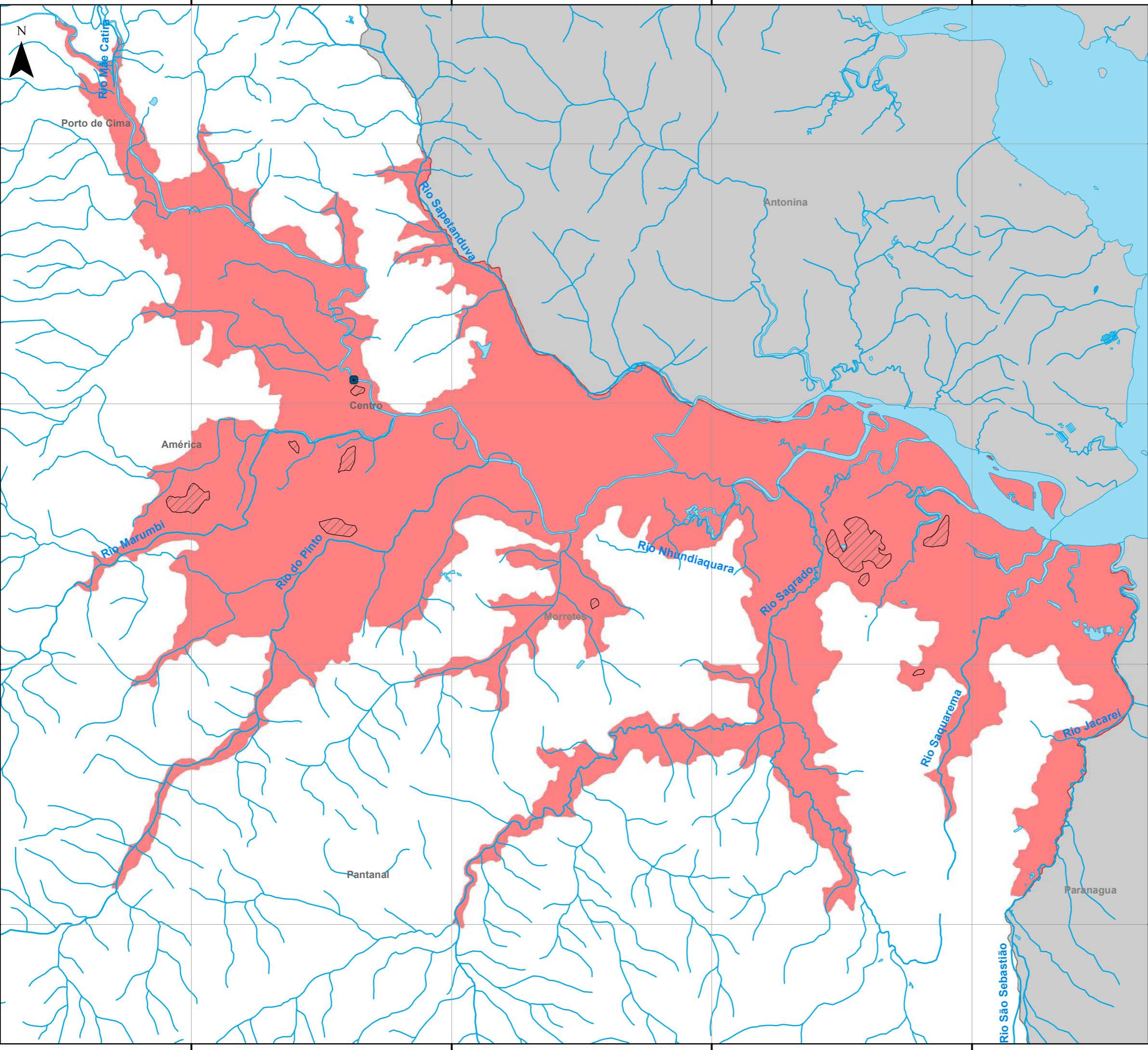
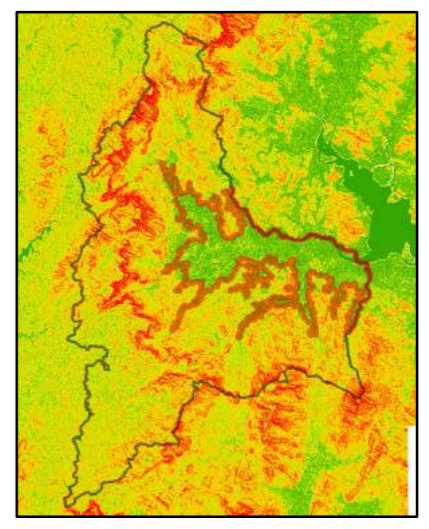
-  Estação Morretes-Nhundiaquara
-  Drenagens
-  Elevações isoladas na planície
-  Rio Principal
-  Massa de Água
-  Planície de Inundação
-  Limite Municipal de Morretes



HIPSOMETRIA (m)



DECLIVIDADE (%)



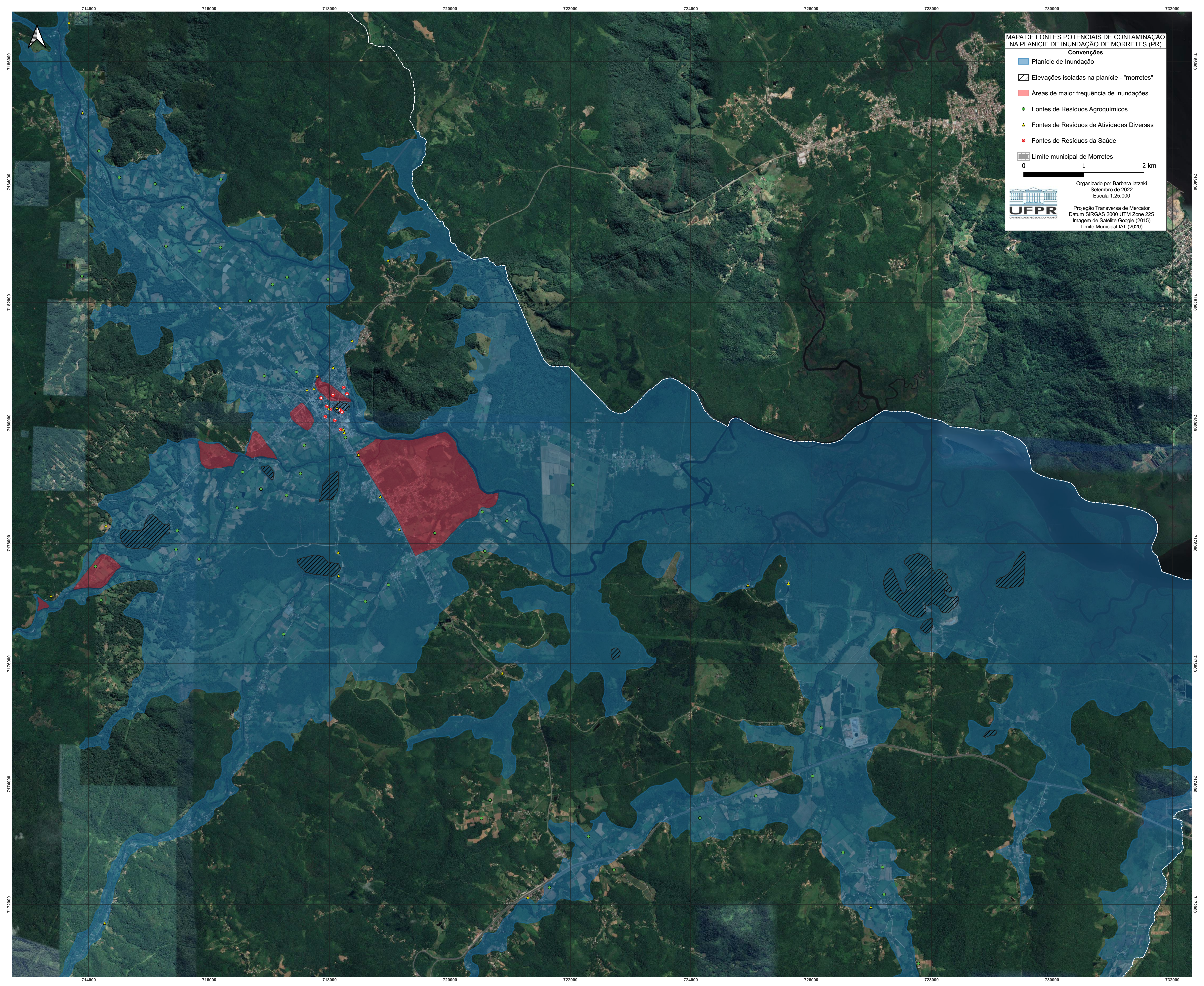
Escala: 1:70.000
 Limites municipais: IAT, 2020.
 MDE: ASF Alos Palsar
 Rios principais e secundários: Observatório do Litoral, 2020.
 Sistema de Coordenadas: SIRGAS 2000 UTM Zone 22S

APÊNDICE III: RESULTADOS DO CÁLCULO DE FREQUÊNCIA DE CHEIAS DO RIO NHUNDIAQUARA (1938-2019).

Ano	Vazão máxima (m³/s)	Ordem (m)	Tempo de recorrência (anos)
1969	498,991	1	82
1989	488,684	2	41
1948	481,654	3	27,33333333
1960	459,396	4	20,5
1995	428,708	5	16,4
2004	410,548	6	13,66666667
1972	398,910	7	11,71428571
1949	396,051	8	10,25
1952	387,991	9	9,111111111
2010	387,099	10	8,2
2011	387,099	10	8,2
1939	328,574	11	7,454545455
1944	310,552	12	6,833333333
2008	300,741	13	6,307692308
1983	300,331	14	5,857142857
2003	287,949	15	5,466666667
1970	287,456	16	5,125
1976	258,133	17	4,823529412
1991	256,585	18	4,555555556
1973	253,231	19	4,315789474
1943	251,808	20	4,1
1951	247,084	21	3,904761905
1958	243,962	22	3,727272727
1974	237,139	23	3,565217391
1981	237,139	23	3,565217391
1946	236,251	24	3,416666667
2001	233,363	25	3,28
2014	218,984	26	3,153846154
1994	214,242	27	3,037037037
1945	213,926	27	3,037037037
1959	202,512	28	2,928571429
1999	202,500	28	2,928571429
1965	195,551	29	2,827586207
2007	194,380	30	2,733333333
1990	193,218	31	2,64516129
1953	192,804	31	2,64516129
1964	191,438	32	2,5625
1996	190,925	32	2,5625

1947	188,723	33	2,484848485
1986	186,271	34	2,411764706
2013	185,202	35	2,342857143
1982	184,257	36	2,277777778
1993	181,788	37	2,216216216
1977	176,671	38	2,157894737
1988	173,687	39	2,102564103
1968	168,564	40	2,05
1998	168,296	41	2
1997	160,545	42	1,952380952
1955	159,008	43	1,906976744
2006	157,252	44	1,863636364
1954	155,337	45	1,822222222
1942	148,133	46	1,782608696
2017	144,470	47	1,744680851
2016	144,200	47	1,744680851
2018	138,310	48	1,708333333
1963	137,676	48	1,708333333
1967	135,409	49	1,673469388
2012	133,632	50	1,64
1956	130,937	51	1,607843137
1971	130,609	51	1,607843137
2000	130,486	52	1,576923077
1961	129,831	52	1,576923077
2009	128,400	53	1,547169811
2002	126,321	54	1,518518519
1940	125,461	55	1,490909091
1985	122,613	56	1,464285714
1966	121,172	57	1,438596491
1992	121,162	57	1,438596491
1975	117,299	58	1,413793103
1962	115,925	59	1,389830508
1978	111,215	60	1,366666667
1987	105,891	61	1,344262295
1980	102,295	62	1,322580645
2019	102,180	62	1,322580645
1950	97,135	63	1,301587302
1957	93,409	64	1,28125
1979	92,679	64	1,28125
1984	87,269	65	1,261538462
2015	83,820	66	1,242424242
1938	74,210	67	1,223880597
2005	70,958	68	1,205882353
1941	56,973	69	1,188405797

APÊNDICE IV: MAPA DE FONTES POTENCIAIS DE CONTAMINAÇÃO EM MORRETES (PR)



MAPA DE FONTES POTENCIAIS DE CONTAMINAÇÃO NA PLANÍCIE DE INUNDAÇÃO DE MORRETES (PR)

Convenções

- Planície de Inundação
- Elevações isoladas na planície - "morretes"
- Áreas de maior frequência de inundações
- Fontes de Resíduos Agroquímicos
- Fontes de Resíduos de Atividades Diversas
- Fontes de Resíduos da Saúde

Limite municipal de Morretes

0 1 2 km



Organizado por Barbara Iatzaki
Setembro de 2022
Escala 1:25.000

Projeção Transversa de Mercator
Datum SIRGAS 2000 UTM Zone 22S
Imagem de Satélite Google (2015)
Limite Municipal IAT (2020)