

# PLANOS DIRETORES: RECONSTRUÇÃO DO VALE DO TAQUARI

ZONEAMENTO DE  
ÁREAS DE RISCO

  
**Estrela**



GOVERNO DO ESTADO  
**RIO GRANDE DO SUL**

SECRETARIA DE  
DESENVOLVIMENTO URBANO  
E METROPOLITANO

# PLANOS DIRETORES: RECONSTRUÇÃO DO VALE DO TAQUARI

---

## ZONEAMENTO DE ÁREAS DE RISCO

**III**  
**Estrela**

Relatório de análise e zoneamento das áreas de risco para futuras cheias do Rio Taquari na cidade de Estrela.



GOVERNO DO ESTADO  
**RIO GRANDE DO SUL**

SECRETARIA DE  
DESENVOLVIMENTO URBANO  
E METROPOLITANO

## EQUIPE TÉCNICA SECRETARIA DO DESENVOLVIMENTO URBANO E METROPOLITANO - SEDUR

### Equipe do Departamento de Planejamento Urbano e Metropolitano

---

Tassiele Francescon	Arquiteta e Urbanista, Diretora de Planejamento Urbano e Metropolitano
Carlos Henrique de Brito Lima	Engenheiro Civil
Flavia de Azevedo Monteiro	Arquiteta e Urbanista
Isabel Luísa Rangel de Azeredo Coutinho	Arquiteta e Urbanista
Isabel Thees Castro	Arquiteta e Urbanista
Ivan José da Silva	Arquiteto e Urbanista, METROPLAN
Vitor dos Santos Vendruscolo	Arquiteto e Urbanista
Michele de Godoy	Analista administradora

## EQUIPE TÉCNICA UNIVERSIDADE DO VALE DO TAQUARI - UNIVATES

### Coordenação Institucional

---

Arq. Dra. Jamile Weizenmann CAU A76741-7	Arquiteta e Urbanista, Mestre e Doutora em Arquitetura (PROPAR/UFRGS)
---	--

### Coordenação Geral

---

Arq. Dra. Izabele Colusso CAU A43988-6	Arquiteta e Urbanista, Mestre e Doutora em Planejamento Urbano e Regional (PROPUR/UFRGS)
Arq. Dr. Marcelo Arioli Heck CAU A74761-0	Arquiteto e Urbanista, Mestre e Doutor em Planejamento Urbano e Regional (PROPUR/UFRGS)

### Coordenação Técnica

---

Arq. Bruna Zanoni Ruthner CAU A255799-1	Arquiteta e Urbanista (UNIVATES-RS), pós-graduanda em Cidades: Gestão Estratégica do Território Urbano (UNISINOS-RS)
Arq. Ma. Josiane Andréia Scotton CAU A184111-4	Arquiteta e Urbanista, Mestre e Doutoranda em Planejamento Urbano e Regional (PROPUR/UFRGS)
Arq. Esp. Marcio Luiz Oppitz Ribas CAU A48049-5	Arquiteto e Urbanista, MBA em Desenvolvimento Sustentável e Economia Circular (PUC-RS) e Pós-Graduando em Gestão de Cidades (UNISINOS-RS)

### Equipe Planejamento Territorial

---

Arq. Ma. Aline Cristiane Scheibe CAU A69956-0	Arquiteta e Urbanista, Mestre e Doutoranda em Planejamento Urbano e Regional (PROPUR/UFRGS)
Arq. Joseane Luísa Ludwig CAU A263010-9	Arquiteta e Urbanista, especialista em Cidades: Gestão Estratégica do Território Urbano (UNISINOS-RS)

Arq. Ma. Tailini da Silva Caminha Faleiro  
CAU A138694-8

Arquiteta e Urbanista, Mestre em Arquitetura e Urbanismo (UNISINOS-RS)

Arq. Me. Augusto Alves  
CAU A36430-4

Arquiteto e Urbanista, Mestre em Arquitetura e Urbanismo (UFRGS) e Doutorando em Planejamento Urbano e Regional (UFRGS)

Acad. Larissa Miki Makiyama

Graduanda em Arquitetura e Urbanismo (UNISINOS-RS)

Acad. Manuela Trajano Contart de Oliveira

Graduanda em Arquitetura e Urbanismo (UFRGS)

Acad. Maria Dupont Schwingel

Graduanda em Arquitetura e Urbanismo (UNISINOS-RS)

#### **Equipe Georreferenciamento**

---

Arq. Dra. Alice Rauber Gonçalves  
CAU 48683-3

Arquiteta e Urbanista, Mestre e Doutora em Planejamento Urbano e Regional (PROPUR/UFRGS)

Arq. Ma. Carolina Rezende Faccin  
CAU A150688-9

Arquiteta e Urbanista, Mestre e Doutoranda em Planejamento Urbano e Regional (PROPUR/UFRGS)

Arq. Isabelle Carolina Mangoni Soares  
CAU A141461-5

Arquiteta e Urbanista (UNISINOS-RS), Especialista em Geoprocessamento (PUC Minas) e Mestranda em Planejamento Urbano e Regional (PROPUR/UFRGS)

Arq. Maria Paloma Bernardi  
CAU A302978-6

Arquiteta e Urbanista (UFRGS)

## Equipe Recursos Hídricos e Meio Ambiente

---

Eng. Sofia Royer Moraes

CREA-RS 217 486

Engenheira Ambiental (UNIVATES-RS), mestre em Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento (UFRGS), doutoranda em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (IPH-UFRGS)

Eng. Daniel Martins dos Santos

CREA-RS 216 535

Engenheiro Ambiental (UNIVATES-RS)

Eng. Leonardo Laipelt

Engenheiro Ambiental (UFRGS), mestre em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental e doutorando (IPH-UFRGS)

Tiago Vier Fischer

Geólogo (UFRGS), mestre em Geociências na área de concentração em Estratigrafia e Paleontologia (UFRGS)

Acad. Marthina Levenzon Pimentel

Graduanda em Gestão Ambiental (INSTITUTO FEDERAL)

## Equipe Comunicação e Participação Social

---

Rodrigo Brod  
Coordenação

Graduado em Comunicação Social (ESPM-SP), especialista em Branding (UNISC-RS) e mestre em Espaço e Problemas Socioambientais (UNIVATES-RS)

Marina Sartori Becker

Graduada em Design (UNIVATES)

Flávia Leonhardt Miranda

Graduada em Design (UNIVATES)

Arthur Pereira Pezzi

Graduando em Design (UNIVATES)

Maria Eduarda Wendt

Cursando Técnico em Publicidade (UNIVATES)

Gisele Dhein

Graduada em Psicologia (UNISC-RS), mestre em Psicologia na área de concentração Psicologia Social PUCRS e doutora em Educação (UNISC-RS)

## Equipe Direito Urbanístico

---

Luciana Turatti

Graduada em Ciências Jurídicas e Sociais (UNISINOS), doutora em Direito (UNISC-RS) e pós-doutora em Direito pela Universidade de Sevilha.

Guilherme Weiss Niedermayer

Graduado em Direito (UNIVATES-RS), pós-graduando em Direito Ambiental (CEI) e mestrando em Ambiente e Desenvolvimento (UNIVATES-RS)

Vanêscia Prestes

Graduada em Ciências Jurídicas e Sociais (UCS-RS), mestre em Direito (PUC-RS), especialista em Direito Municipal (ESDM-RS), doutora em "Forme Dell' Evoluzione Del Diritto (Università Del Salento)

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>12</b>
<b>2. CARACTERIZAÇÃO.....</b>	<b>13</b>
2.1. Contexto Geral.....	13
2.2. A Bacia Hidrográfica Taquari-Antas.....	15
2.3. A Região do Vale do Taquari.....	18
2.4. O Município Estrela.....	21
2.4.1. Contexto Urbano de Estrela.....	25
2.4.2. Contexto Físico e Ambiental.....	36
2.4.2.1. Clima.....	36
2.4.2.2. Unidades de Paisagem Natural.....	38
2.4.2.3. Geologia e geomorfologia.....	41
2.4.2.3.1. Geologia.....	42
2.4.2.3.2. Geomorfologia.....	44
2.4.2.4. Tipos de solos.....	47
2.4.2.5. Recursos hídricos.....	51
2.4.2.6. Uso e cobertura do solo.....	54
2.4.2.7. Geotecnia.....	57
2.4.2.7.1. Altitudes.....	57
2.4.2.7.2. Declividades.....	58
2.4.2.7.3. Características geotécnicas gerais.....	61
2.4.2.8. Áreas de Preservação Permanente.....	62
<b>3. DO ZONEAMENTO DAS ÁREAS DE RISCO.....</b>	<b>68</b>
3.1. Fundamentação Legal.....	69
3.1.1. Política Nacional de Proteção e Defesa Civil - Lei nº 12.608/12.....	73
3.1.2. Plano Diretor e Estatuto da Cidade - Lei 10.257/01.....	74
3.1.3. Nota Técnica nº 1 de 2023, Secretaria Especial de Articulação e Monitoramento - Secretaria Adjunta VI - Recursos Hídricos.....	77
3.2. Áreas suscetíveis à fenômenos naturais e zoneamento de riscos.....	78
3.2.1. Áreas suscetíveis a inundações.....	78
3.2.1.1. Metodologia para identificação das zonas preliminares de arraste e áreas com suscetibilidade à inundação.....	81
3.2.1.2. Áreas com Suscetibilidade à Inundação - Estrela.....	86
3.2.2. Zoneamento das Áreas de Riscos - áreas suscetíveis a movimentos de massa.....	94
3.2.2.1. Metodologia para identificação das áreas com suscetibilidade a movimentos de massa.....	95
3.2.2.2. Áreas com Suscetibilidade a Movimentos de Massa.....	95
<b>4. SÍNTESE.....</b>	<b>100</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>105</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>115</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa da Bacia Hidrográfica do Rio Taquari-Antas.....	16
Figura 2: Mapa do Corede Vale do Taquari.....	20
Figura 3: Diagrama de localização e articulação do Vale do Taquari, Lajeado e Estrela com Porto Alegre.....	21
Figura 4: Articulação viária do município de Estrela com seu entorno imediato.....	23
Figura 5: Mapa do Município de Estrela.....	24
Figura 6: Diagrama comparativo entre a área urbana e a área rural de Estrela.....	26
Figura 7: Mapa ampliado da sede urbana do município de Estrela com manchas de densidade.....	28
Figura 8: Usos do solo no município de Estrela.....	29
Figura 9: Usos do solo no município de Estrela.....	31
Figura 10: Escadaria de Estrela nas enchentes de 1941 e 2023.....	33
Figura 11: Área central de Estrela na enchente de 2 de maio de 2024.....	34
Figura 12: Devastação no Bairro das Indústrias, em Estrela, após enchente de maio de 2024... 35	
Figura 13: Chuva acumulada (mm) de 30/04/2024 a 10/05/2024, no Rio Grande do Sul, com demarcação do município de Estrela.Fonte: INMET(2023), adaptado pela Equipe de Planejamento Territorial Univates.....	38
Figura 14: Unidades de Paisagem Natural no Vale do Taquari, com Estrela em destaque.....	39
Figura 15: Unidades de Paisagem Natural no Vale do Taquari, ampliação no município de Estrela.....	40
Figura 16: Rochas encontradas na região de Estrela.....	43
Figura 17: Mapa geológico de Estrela.....	44
Figura 18: Mapa de unidades geomorfológicas em Estrela.....	47
Figura 19: Mapa de pedologia de Estrela.....	50
Figura 20: Tipos de solos encontrados em Estrela.....	51
Figura 21: Mapa das regiões hidrográficas no Rio Grande do Sul e da Bacia Hidrográfica Taquari-Antas.....	53
Figura 22: Mapa dos principais cursos hídricos em Estrela.....	54
Figura 23: Mapa de uso e cobertura do solo de Estrela.....	56
Figura 24: Hipsometria no município de Estrela.....	58
Figura 25: Declividades no município de Estrela.....	60
Figura 26: Mapa síntese das restrições ambientais por APP no município de Estrela.....	66
Figura 27: Áreas de Preservação Permanente na sede de Estrela e entorno imediato.....	67
Figura 28: Situação das áreas inundáveis.....	79
Figura 29: Zoneamento de tipos de risco para áreas suscetíveis à inundação.....	80
Figura 30: Conjuntos mapeados no evento de setembro de 2023.....	85
Figura 31: Composição das zonas preliminares de arraste.....	86

Figura 32: Mancha de inundação do evento de maio de 2024 no município de Estrela.....	87
Figura 33: Corte esquemático de situação de inundação na localidade Arroio Boa Vista e Arroio Estrela, em Estrela, em maio de 2024.....	89
Figura 34: Corte esquemático de situação de inundação em área urbana de Estrela em maio de 2024.....	90
Figura 35: Mapa de suscetibilidade à inundação e zonas preliminares de arraste no município de Estrela.....	91
Figura 36: Mapa de suscetibilidade à inundação e zonas preliminares de arraste na sede urbana de Estrela.....	92
Figura 37: Registro do bairro Moinhos após o evento de Maio de 2024 em Estrela.....	93
Figura 38: Registro do Bairro das Indústrias após o evento de Maio de 2024 em Estrela.....	94
Figura 39: Gráfico que ilustra a frequência dos movimentos de massa em relação à declividade.....	97
Figura 40: Mapa de suscetibilidade a movimentos de massa no município de Estrela.....	98
Figura 41: Mapa de suscetibilidade a movimentos de massa na sede urbana.....	100
Figura 42: Mapa do Zoneamento de Risco no município de Estrela.....	102
Figura 43: Mapa do Zoneamento de Risco na sede urbana de Estrela.....	103

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Declividades e percentual de áreas no Município de Estrela.....	59
Tabela 2: Legislação, Planos e Estudos.....	70
Tabela 3: Percentual de áreas inundadas em Estrela.....	88
Tabela 4: Percentual de endereços inundados em Estrela.....	88
Tabela 5: número de endereços inundados em Estrela.....	89
Tabela 6: Frequência dos movimentos de massa em relação à declividade.....	96
Tabela 7: Classes de suscetibilidade.....	97
Tabela 8: Área e porcentagem das categorias de zona de risco em Estrela.....	104

## 1. INTRODUÇÃO

Conforme disposto no termo de referência, o Vale do Taquari foi fortemente atingido pelos eventos climáticos de setembro e novembro de 2023 e maio de 2024. Os municípios de Arroio do Meio, Colinas, Cruzeiro do Sul, Encantado, Estrela, Muçum e Roca Sales tiveram bairros inteiros arrasados, residências destruídas pela chuva e pela força da enxurrada. O município de Arroio do Meio teve 48,17% da sua população afetada pela catástrofe, com o comprometimento de 6.066 endereços. Em Colinas, a população afetada chegou a 49,61%, atingindo 647 endereços. O município de Cruzeiro do Sul teve bairros completamente devastados, como é o caso de Passo de Estrela, onde das 850 casas que faziam parte do bairro, 600 foram totalmente destruídas. Cruzeiro do Sul teve 41,37% da sua população afetada, com o comprometimento de 3.010 endereços. O município de Encantado teve 35,10% da sua população atingida pelo evento e 4.309 endereços atingidos. O município de Estrela teve 37,45% da sua população afetada, totalizando 6.814 endereços atingidos. Roca Sales teve 54,52% da sua população que sofreu com as cheias, o que resultou em 3.221 endereços atingidos. O município de Muçum também foi o mais atingido, com 79,07% da população afetada e 2.199 endereços atingidos. Neste cenário, conforme os dados apresentados<sup>1</sup>, ressalta-se que as residências destruídas necessitam de reconstrução em local seguro e onde a população não sofra mais as consequências das enchentes e enxurradas. Portanto, faz-se necessária a realocação de diversos bairros e um novo zoneamento para essas cidades.

A Universidade do Vale do Taquari - UNIVATES, por meio de Estudos e Mapeamento Geotécnico da região, desenvolverá o estudo que terá como objetivo a “identificação, avaliação e mapeamento das áreas vulneráveis e o mapeamento das áreas inundáveis de cada município” (Termo de Referência, página 9). O estudo faz uso de dados primários<sup>2</sup> e secundários, pois visa atender aos objetivos em um curto espaço de tempo, sendo utilizada a ampla base de dados existentes, incluindo mapeamentos municipais e das demais instâncias governamentais, bem como pareceres e estudos técnicos oficiais; incorporando, por

---

<sup>1</sup> Disponível em: [mup.rs.gov.br](http://mup.rs.gov.br). Acesso em: 04 out 2024.

<sup>2</sup> Como dados primários utilizou-se as modelagens hidrodinâmicas, a definição das zonas preliminares de arraste e registros fotográficos realizados em visita técnica ao município.

exemplo, o mapeamento de áreas de inundação, tipo de solo e áreas de deslizamento (Termo de Referência, página 9).

A primeira etapa deste contrato visa estabelecer o Zoneamento de Risco - PRODUTO 1A - Relatório de Diagnóstico das Áreas Inundáveis, e as Diretrizes Preliminares de Ocupação Prioritária - PRODUTO 1B - Relatório de Diretrizes. O presente documento trata-se do PRODUTO 1A - Zoneamento de Risco e atende o disposto no termo de referência para esta etapa, apresentando o mapeamento das áreas vulneráveis e das áreas inundáveis do Município de Estrela.

Para a compreensão do Município e sua inserção regional, estão apresentados nos títulos a seguir diversos aspectos de caracterização geral, contexto urbano, físico e ambiental de Estrela, Rio Grande do Sul.

## **2. CARACTERIZAÇÃO**

### **2.1. Contexto Geral**

É na análise do espectro do direito à cidade que as ocupações humanas em áreas de risco – áreas sujeitas a enchentes, inundações e deslizamentos – ganham visibilidade. O impacto (DANO) decorrente deste evento afeta não só aos habitantes dessas áreas, cuja condição e qualidade de vida não condizem com o direito à moradia adequada, mas onera a todos os habitantes da cidade com os custos sociais e econômicos, seja de remoção/reassentamento, controle ou afastamento do risco, seja sobre o impacto que a irregularidade causa no meio ambiente, saneamento básico e serviços públicos de um modo geral (RIO GRANDE DO SUL, Ministério Público do Estado do Rio Grande do Sul, 2024).

Em termos da definição de um desastre, segundo o Ministério da Integração Nacional, conforme Instrução Normativa nº 01 de 2012, considera-se desastre:

Art. 1º Para os efeitos desta Instrução Normativa entende-se como: I - desastre: resultado de eventos adversos, naturais ou provocados pelo homem sobre um cenário vulnerável, causando grave perturbação ao funcionamento de uma comunidade ou sociedade envolvendo extensivas perdas e danos humanos, materiais, econômicos ou ambientais, que excede a sua capacidade de lidar com o problema usando meios próprios (BRASIL, 2012).

De acordo com o Manual de Capacitação Básica em Defesa Civil, a partir do conhecimento das ameaças mais prováveis e com vulnerabilidades mais acentuadas, um criterioso mapeamento deve ser feito para cada tipo de desastre<sup>3</sup>.

Nesse contexto, o Município como executor da política de desenvolvimento urbano, é quem tem o grande desafio de implementar uma gestão eficiente de risco de desastres, atuando frente à ocupação irregular do espaço urbano - fator que agrava os danos causados, incorporando na gestão de desastres - e vice-versa - as políticas de ordenamento territorial, de recursos hídricos, saneamento, moradia, meio ambiente, entre outras (RIO GRANDE DO SUL, Ministério Público do Estado do Rio Grande do Sul, 2024).

Trabalhar para reduzir o risco é mais eficiente que tentar reduzir os desastres, pois quando se trata de desastres naturais não há como minimizar as ameaças como, por exemplo, chuvas intensas, ventos fortes e um terremoto (UFSC, 2011).

A gestão de risco de desastre é um processo sistemático de uso de políticas administrativas, organização, habilidades e capacidades operacionais para implantar políticas e fortalecer as capacidades de enfrentamento, a fim de reduzir o impacto negativo. É realizada, na maior parte do tempo, em períodos de normalidade, com medidas de prevenção e preparação, para que a ocorrência do desastre seja menos impactante e a resposta e reconstrução sejam mais eficazes (UFSC, 2011).

Conforme apontado no Manual de capacitação básica em Defesa Civil, para identificar o risco, o primeiro passo é fazer um levantamento de dados históricos de recorrência de desastres e, a partir disso, reconhecer as ameaças e as vulnerabilidades. Sendo que as ameaças podem ter origem natural ou antropogênica, variam de acordo com o local analisado e sua incidência diante das vulnerabilidades será fator decisivo no momento de mapear o risco.

Com um bom mapeamento de risco, as decisões políticas podem ser trabalhadas para reduzir vulnerabilidades com políticas de ocupação urbana, moradias sociais, mobilidade, saúde, saneamento, educação, segurança pública, todas podem se basear em um mapa de risco (UFSC, 2011).

---

<sup>3</sup> Capacitação básica em Defesa civil: livro texto para educação à distância. Brasília: Defesa Civil Nacional, 2011. Disponível em: <https://www.cepel.ufsc.br/wp-content/uploads/2012/01/Capacitação-Básica-em-Defesa-Civil-livro-texto.pdf>

Neste contexto, e considerando que o Vale do Taquari localiza-se em uma zona sensível às inundações<sup>4</sup> do Rio Taquari, com uma frequência significativa de ocorrência destes eventos e fortemente atingido pelos eventos climáticos de setembro e novembro de 2023 e maio de 2024, torna-se essencial a realização da identificação e mapeamento dos riscos nesta região para que seja possível repensar o planejamento nos municípios, incorporando as áreas de risco nas políticas de planejamento e uso do solo.

No título a seguir está apresentada a Bacia Hidrográfica Taquari-Antas e a inserção do município de Estrela neste contexto.

## **2.2. A Bacia Hidrográfica Taquari-Antas**

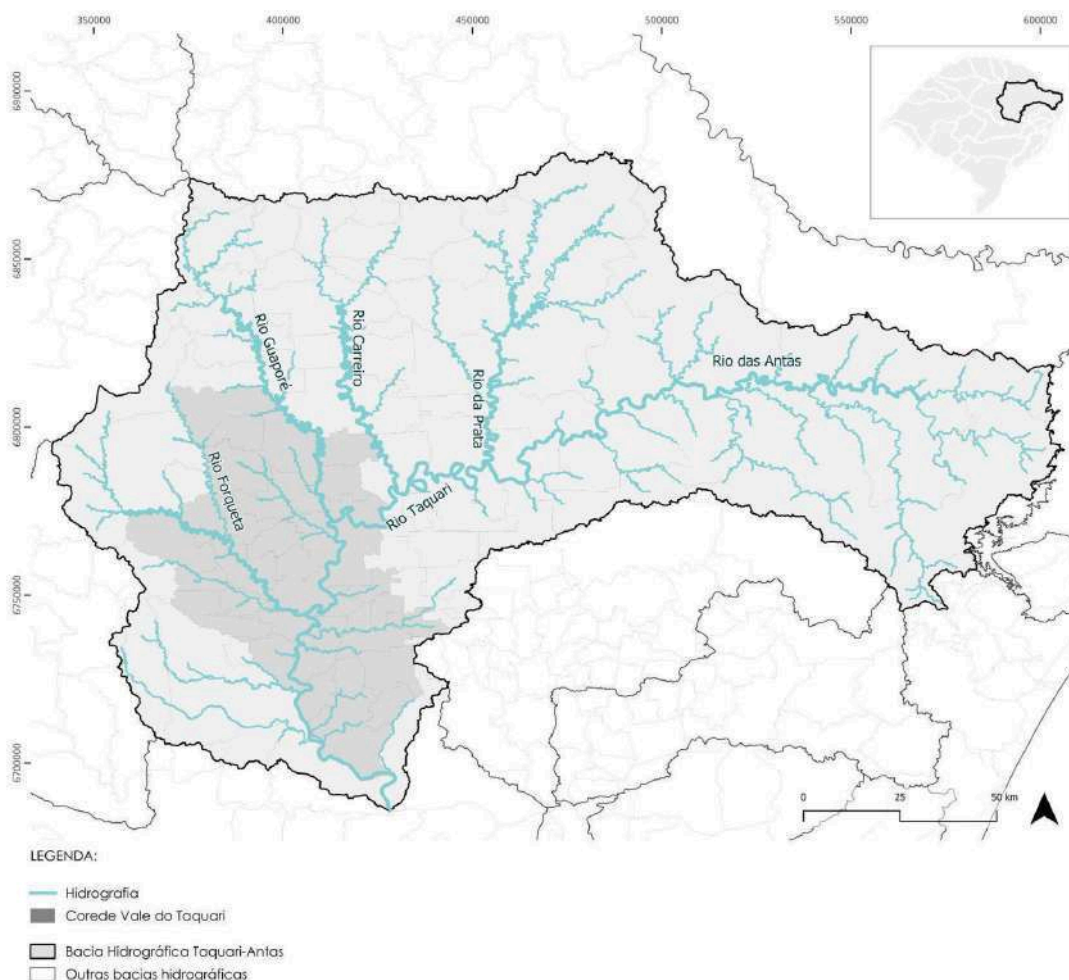
A Bacia Hidrográfica<sup>5</sup> Taquari-Antas (Figura 1) é uma das bacias mais extensas e importantes do estado do Rio Grande do Sul, compõe a Região Hidrográfica do Guaíba e abrange uma área de 26.430 km<sup>2</sup> e uma população de aproximadamente 1,38 milhão de pessoas. Ela inclui totalmente 82 municípios e parcialmente 37, totalizando 119 municípios que são abrangidos direta ou indiretamente por essa bacia (SEMA, 2020).

---

<sup>4</sup> Inundação: Submersão de áreas fora dos limites normais de um curso de água em zonas que normalmente não se encontram submersas. O transbordamento ocorre de modo gradual, geralmente ocasionado por chuvas prolongadas na bacia hidrográfica. (BRASIL, 2013)

<sup>5</sup> Entende-se por bacia hidrográfica toda a área de captação natural da água da chuva que escoar superficialmente para um corpo de água ou seu contribuinte. O artigo 171 da Constituição Estadual do Rio Grande do Sul estabeleceu um modelo sistêmico para a gestão dos recursos hídricos, sendo regulamentado pela Lei Estadual 10.350/1994. Esta lei exige a formação de um comitê de gerenciamento para cada uma das 25 bacias hidrográficas do Estado. Além disso, a legislação agrupa essas bacias em três Regiões Hidrográficas: a região do rio Uruguai, que corresponde à bacia nacional do Uruguai; a região do Guaíba; e a região do litoral, que se alinham com a bacia nacional do Atlântico Sudeste. O Decreto nº 53.885, de 18 de janeiro de 2018, formaliza a subdivisão das Regiões Hidrográficas do Estado em 25 Bacias Hidrográficas. Disponível em: <https://sema.rs.gov.br/bacias-hidrograficas>. Acesso em 23 de agosto de 2024.

Figura 1: Mapa da Bacia Hidrográfica do Rio Taquari-Antas.



Fonte: Elaborado por Equipe Planejamento Territorial Univates com base em dados disponíveis de hidrografia (SEMA/FEPAM, 2018) e limites municipais (IBGE, 2022).

O Rio Taquari-Antas, que dá nome à bacia, nasce no extremo leste da região e segue um curso de 546 km. Inicialmente conhecido como Rio das Antas, ele adota o nome de Rio Taquari a partir da confluência com o Rio Carreiro e, finalmente, deságua no Rio Jacuí. A bacia se caracteriza por sua extensão de 359 km como Rio das Antas e 187 km como Rio Taquari, refletindo a importância de ambos os trechos na configuração da bacia como um todo (SEMA, 2012). Seus principais afluentes pela margem esquerda são os rios Camisas, Tainhas, Lajeado Grande e São Marcos, e pela margem direita, os rios Quebra-Dentes, da Prata, Carreiro, Guaporé, Forqueta e Taquari-Mirim (MORAES, 2015).

Quanto às cheias e inundações, a Bacia Taquari-Antas apresenta considerável dinâmica de ocorrência uma vez que seus afluentes apresentam significativas variações das vazões decorrentes de chuvas intensas e distribuídas sobre as áreas de cabeceira da bacia, o

que a acarreta na concentração de grandes volumes de água que se propagam rapidamente a jusante do canal (FERRI, 1991; FERREIRA; BOTH, 2001; BOMBASSARO; ROBAINA, 2010, MORAES, 2015).

Quanto a variação de relevo e topografia, a Bacia Hidrográfica Taquari-Antas apresenta uma amplitude de aproximadamente 1.000 metros e declividades superiores a 15% em praticamente 90% da bacia. Tais fatores, associados com solo pouco desenvolvido, favorecem o escoamento superficial e a ocorrência de inundações e enxurradas, principalmente na região do Vale do Taquari, especialmente nos períodos de inverno e primavera (BOMBASSARO; ROBAINA, 2010; MORAES *et al.*, 2024).

A Bacia Hidrográfica Taquari-Antas enfrenta frequentes transbordamentos de suas águas, especialmente com as inundações do Rio Taquari em sua porção mais baixa, a região do Vale do Taquari. Nessa área, onde há uma maior densidade populacional nas margens do rio, os danos causados por essas inundações costumam ser os mais significativos (FERRI, 1991).

Cabe destacar, que as inundações que ocorrem na região baixa do Vale do Taquari são decorrentes de fatores naturais da Bacia Hidrográfica do Rio Taquari-Antas, como hidrografia, pedologia, geomorfologia, clima, vegetação, dentre outros. Logo, as inundações que ocorrem ao longo do Rio Taquari não são geradas por ações antrópicas, como o desmatamento, a impermeabilização do solo, as obras no canal fluvial, dentre outros. No entanto, essas ações tendem a intensificar o alcance das cotas de inundação, agravando ainda mais os impactos causados pelas inundações nas áreas antropizadas durante períodos secos (FERREIRA; BOTH, 2001).

Devido às características topológicas da Bacia Taquari-Antas e a localização no Vale do Taquari, é possível observar nessas regiões amplitudes verticais de elevação do nível do rio, que superam 20 metros em um curto intervalo de tempo. Nos municípios de Lajeado e Estrela, por exemplo, onde o nível normal do rio Taquari é de 13 m, enquanto que o alcance da lâmina de inundação em 02 de maio de 2024 foi de 33,66 m, ou seja, 20,66 m acima do nível normal.

Conforme o levantamento do Mapa Único Plano Rio Grande<sup>6</sup>, que leva em conta a área diretamente afetada e os dados populacionais do Censo IBGE 2022, a inundação ocorrida em maio de 2024 afetou 73.285 pessoas, o que corresponde a 20,3% da população da região. Além disso, 43.345 endereços foram atingidos, representando 21,5% do total. Em nota, o governo do Estado do Rio Grande do Sul informou que ainda está avaliando os custos relacionados à reconstrução.

No Vale do Taquari, 10 municípios fazem divisa com o leito principal do Rio Taquari e, por isso, são mais suscetíveis a ocorrência de inundações e enxurradas, sendo: Muçum, Encantado, Roca Sales, Colinas, Arroio do Meio, Lajeado, Estrela, Cruzeiro do Sul, Bom Retiro do Sul e Taquari (FERRI, 2001; MORAES, 2015).

A bacia é notável por abranger um número significativo de municípios, o maior entre todas as bacias hidrográficas em um comitê estadual no Brasil. É importante destacar ainda, que há uma significativa diversidade de usos e coberturas do solo na região de cobertura da Bacia Taquari-Antas, resultando em uma variedade de paisagens e atividades econômicas como agricultura, indústria de transformação, serviços e comércio, educação e recursos energéticos (SEMA, 2012).

### **2.3. A Região do Vale do Taquari**

O Corede<sup>7</sup> Vale do Taquari é formado por um conjunto de 36 municípios localizados na região central do Estado do Rio Grande do Sul, grande parte dos quais são banhados pelo Rio Taquari e têm sua história marcada pela colonização de imigrantes alemães, italianos e açorianos no século XIX (AGOSTINI; GREVE, 2009).

Geograficamente, o Vale do Taquari está situado a aproximadamente 117 km de Porto Alegre, na região central do estado do Rio Grande do Sul. A ocupação dessa área foi impulsionada, principalmente, pela fertilidade das terras e pelas várzeas do Rio Taquari e seus afluentes, que também facilitaram o escoamento da produção e a comunicação com a capital (AGOSTINI; GREVE, 2009).

---

<sup>6</sup> Disponível em: <https://mup.rs.gov.br/>. ADA Versão 27/04/2024. Acesso em 23 de agosto de 2024.

<sup>7</sup> COREDEs – Conselhos Regionais de Desenvolvimento - Fóruns constituídos e órgãos legalmente instituídos no Estado do Rio Grande do Sul para discutir estratégias e propor políticas e ações voltadas ao desenvolvimento regional. (SIEDENBERG, 2004, p.135)

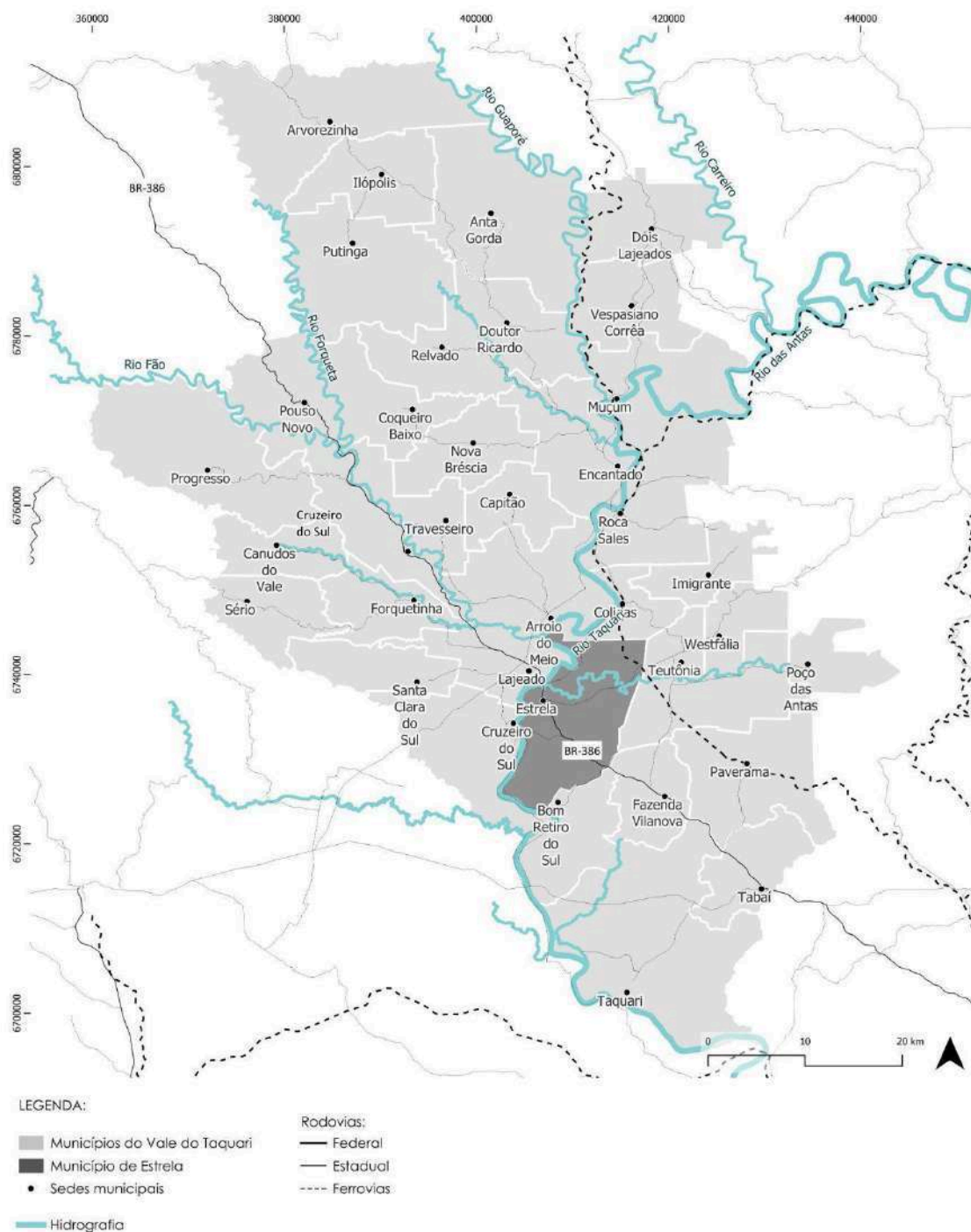
O Vale do Taquari apresenta atualmente uma população de 352.797 habitantes, concentrados em uma área de aproximadamente 4.825,81 km<sup>2</sup> (IBGE, 2022). Em 2021 o PIB per capita do Vale do Taquari chegou a R\$ 49.496,39, já o Produto Interno Bruto (PIB) da região superou R\$19 bilhões. A indústria respondia por 33% desse total, o setor de serviços por 41%, a agropecuária por 13% e a administração pública por 13% (RIO GRANDE DO SUL, 2021).

Ainda, de acordo com o Plano Estratégico de Desenvolvimento (AGOSTINI *et al.*, 2017) quanto a dimensão econômica, a região apresenta diversas potencialidades, como a diversificação produtiva no agronegócio (agricultura e pecuária), a variedade de cadeias produtivas, a forte presença do associativismo e cooperativismo, a disponibilidade de acessos rodoviários, a abundância de recursos hídricos e uma forte articulação e participação regional.

Quanto ao crescimento populacional da região nos últimos anos, houve uma significativa mudança: em 1970, 74,27% da população era rural, enquanto em 2010, 73,84% da população passou a ser urbana, praticamente invertendo os índices demográficos (IBGE, 1970; IBGE, 2022). De acordo com o Perfil Socioeconômico (2015), a região é servida por modais rodoviário, ferroviário e hidroviário, o que lhe confere uma posição estratégica favorável ao desenvolvimento socioeconômico.

Na figura 2 é possível identificar os Municípios que fazem parte do Vale do Taquari e os principais rios que compõem a hidrografia da região:

Figura 2: Mapa do Corede Vale do Taquari.



Fonte: Elaborado por Equipe Planejamento Territorial Univates com base em dados disponíveis de rodovias, hidrografia (FEPAM/SEMA, 2018) e limites municipais (IBGE, 2022).

No contexto do Vale do Taquari, o município de Lajeado é considerado o principal centro regional do Vale do Taquari, classificado como capital regional C (IBGE, 2018) e possui

uma taxa de urbanização de 99,6%, superando a média nacional de 84,2% (IBGE, 2010). O Município de Estrela faz divisa com a cidade de Lajeado e fica a cerca de 111 km de Porto Alegre, capital do estado. Na figura 3, a seguir é possível visualizar a localização do Município de Estrela no Estado do Rio Grande do Sul e sua posição em relação ao Município de Lajeado, principal centro regional, e da capital do Estado, Porto Alegre.

Figura 3: Diagrama de localização e articulação do Vale do Taquari, Lajeado e Estrela com Porto Alegre.



Fonte: Elaborado por Equipe Planejamento Territorial Univates.

## 2.4. O Município Estrela

De acordo com o IBGE (2021), a cidade de Estrela localiza-se na Mesorregião Centro Oriental Rio-grandense, pertencendo à Microrregião Lajeado-Estrela, que fica na Região Intermediária Santa Cruz do Sul-Lajeado, onde o município fica, mais precisamente, na Região Imediata de Lajeado. Segundo dados do IBGE (2022), a cidade de Estrela possui 32.183 habitantes e sua área territorial distribui-se ao longo de 185,026km<sup>2</sup>. Com isto, a cidade chega a uma densidade demográfica de 173,94 habitantes por quilômetro quadrado.

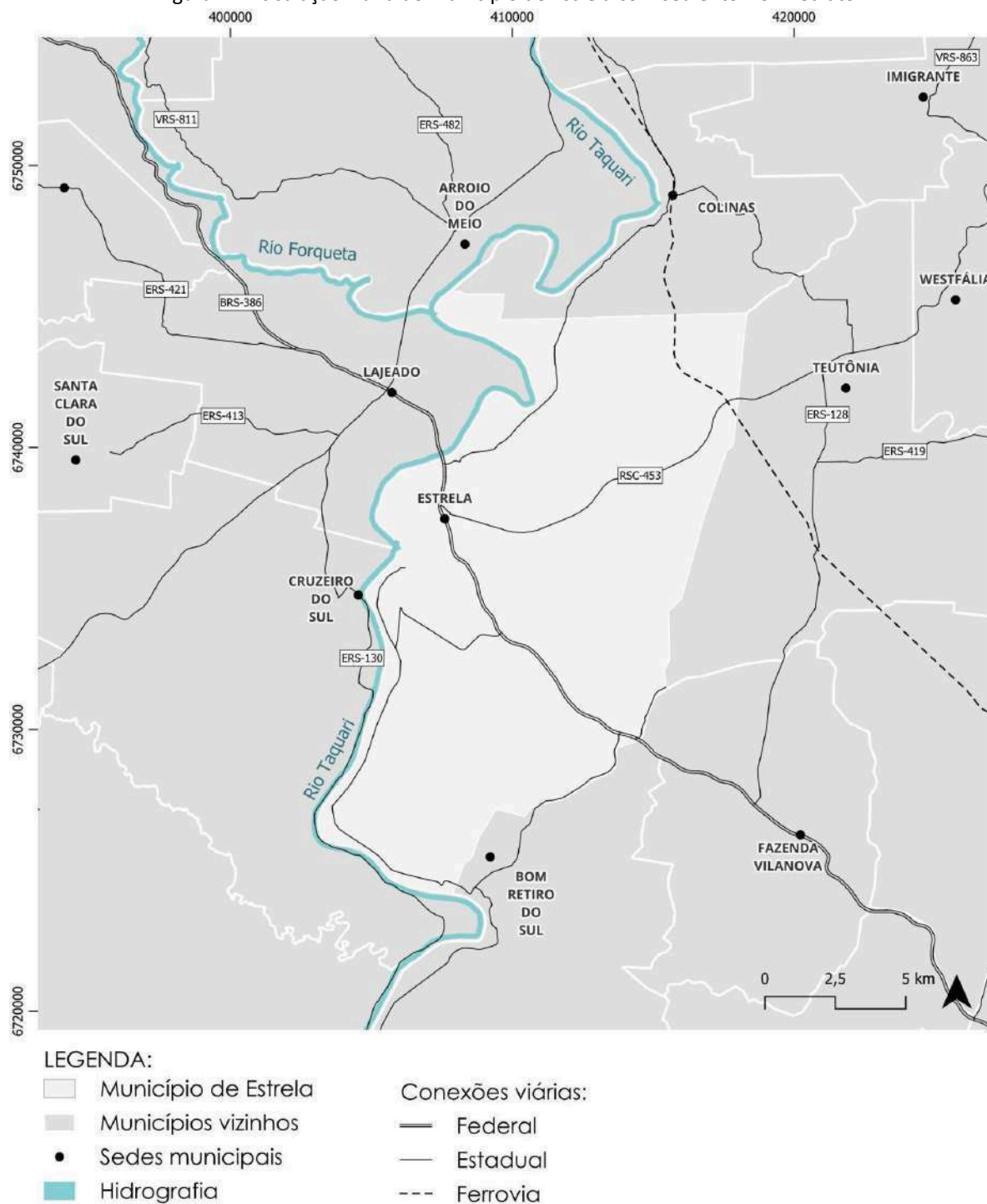
Ainda de acordo com o IBGE (2019), estima-se que 15,38km<sup>2</sup> da área territorial municipal seja urbanizada.

Conhecida como “Princesa do Vale”, Estrela pertence ao Vale do Taquari e tem sua fundação datada por volta do ano de 1856, através da implantação da Fazenda Estrella, naquela época, em terras ainda pertencentes à Freguesia de São José do Taquari (atual município de Taquari). Com a chegada de novas famílias e o desenvolvimento do comércio e da indústria no local, em 1873 foi criada a Freguesia de Santo Antônio de Estrela, o que deu início ao processo de emancipação, ocorrido em maio de 1876 (Prefeitura Municipal de Estrela, 2024). Atualmente, Estrela soma 148 anos desde a sua emancipação e figura entre os municípios mais antigos do Vale do Taquari.

O município de Estrela fica a aproximadamente 111 quilômetros da capital Porto Alegre. Seus municípios limítrofes são Arroio do Meio e Colinas ao norte, Bom Retiro do Sul ao sul, Cruzeiro do Sul a sudoeste, Fazenda Vilanova a sudeste, Teutônia a nordeste e Lajeado a noroeste, onde o município de Estrela também é delimitado pelo Rio Taquari.

Em termos de infraestrutura rodoviária, conforme apresenta a figura 4, o território é atravessado de sudeste a noroeste pela Rodovia Governador Leonel de Moura Brizola (BR 386), um importante eixo de conexão entre diversas regiões do Rio Grande do Sul e o estado de Santa Catarina. A RSC 453, conhecida como Rota do Sol, também passa pelo município de Estrela, ligando o Vale do Taquari à região serrana do estado, e é uma rota amplamente utilizada para o turismo no Rio Grande do Sul. Além disso, a ERS 129, que atravessa o município de Estrela de sul a norte, é um dos principais corredores logísticos do Vale do Taquari.

Figura 4: Articulação viária do município de Estrela com seu entorno imediato.

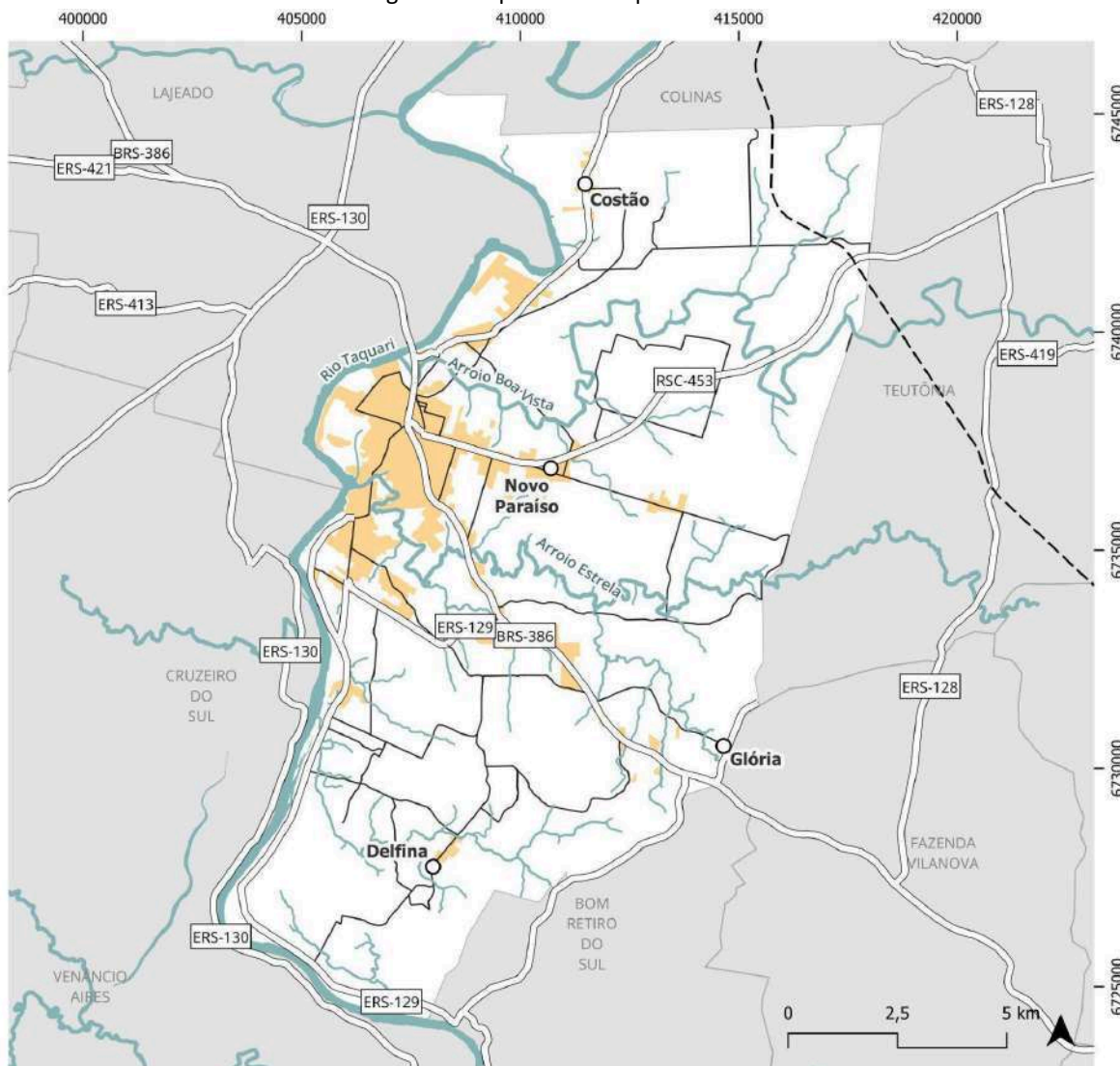


Fonte: Elaborado por Equipe Planejamento Territorial Univates com base em dados disponíveis de rodovias, hidrografia (FEPAM/SEMA, 2018), limites municipais (IBGE, 2022) e áreas urbanizadas (IBGE, 2019).

O município possui uma economia diversificada, composta por 10,02% nos serviços, 28,62% no comércio, 28,66% na produção primária e 33,84% na indústria, dados que colocam Estrela na 4ª colocação em índice de retorno de ICMS do Vale do Taquari. Além

disto, o município abriga o Porto de Estrela, que conta com um entroncamento rodo-hidro-ferroviário, interligando a BR-386, o Rio Taquari e a Ferrovia do Trigo, o que impulsionou a indústria local, tornando o município um dos maiores polos industriais da região (Prefeitura Municipal de Estrela, 2024).

Figura 5: Mapa do Município de Estrela.



LEGENDA:

- |                                 |                                |
|---------------------------------|--------------------------------|
| — Rodovias estaduais e federais | ■ Hidrografia                  |
| — Rodovias municipais           | ■ Áreas urbanizadas de Estrela |
| - - - Ferrovia                  | ○ Núcleos urbanos isolados     |

Fonte: Elaborado por Equipe Planejamento Territorial Univates com base em dados disponíveis de rodovias, hidrografia (FEPAM/SEMA, 2018), limites municipais (IBGE, 2022) e áreas urbanizadas (IBGE, 2019).

Colonizada por germânicos, Estrela destaca-se pela sua organização urbana, com ruas limpas e floridas, praças bem arborizadas e jardins residenciais bem cuidados. A cidade possui alguns eventos tradicionais, como a Maifest e o Natal em Estrela. Além disto, merece destaque o turismo local, que é impulsionado pelo Roteiro Delícias da Colônia. No Setor Educacional, a cidade conta com um dos menores índices de analfabetismo do país, possuindo o selo Município Livre de Analfabetismo. (Prefeitura Municipal de Estrela, 2024).

A figura 5 apresentada, acima, mostra uma aproximação com o Município de Estrela, onde é possível identificar a mancha urbanizada, bem como as principais rodovias e cursos d'água que cortam o Município, com destaque para o Rio Taquari e os Arroios Estrela e Boa Vista.

#### **2.4.1. Contexto Urbano de Estrela**

A Fazenda Estrella, que originou a cidade de Estrela, tinha como limites territoriais o Arroio Grande da Boa Vista ao norte, o Arroio do Ouro ao sul, a Fazenda dos Barros a direita e o Rio Taquari a esquerda. (GREGORY, 2015). Os primeiros traçados de desenvolveram ao longo do Rio Taquari e a expansão da cidade se deu ao redor destes, em direção ao sentido oposto ao Rio.

O Arroio Estrela e o Arroio Boa Vista permeiam parte da área urbana de Estrela, desaguardo na principal barreira natural da cidade, o Rio Taquari que, por sua vez, se estende por toda a margem oeste e noroeste do município de Estrela. Desta forma, com a presença de um limitador de expansão no sentido oeste, pode-se dizer que, além do crescimento oposto ao rio, a cidade também se desenvolveu de uma forma mais linear, tanto no sentido norte-sul, quanto ao longo da BR 386 e da RSC 453.

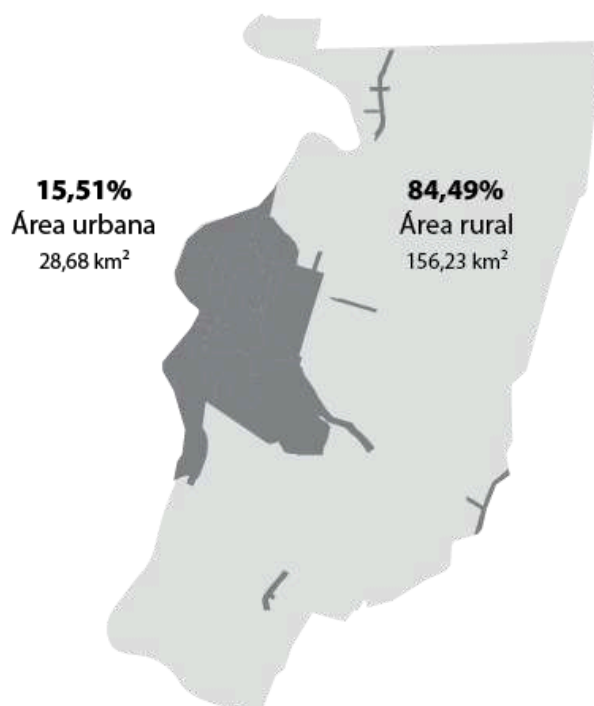
Os principais acessos ao município de Estrela são feitos através das rodovias BR 386, ERS 129 e RSC 453, estas rodovias atravessam diferentes pontos da cidade. O Plano de Mobilidade atual prevê uma rede cicloviária, que propõe ciclovias, ciclofaixas, espaços cicláveis e ciclovias lúdicas. Além disto, está em execução o projeto de ciclovia intermunicipal, conectando a cidade de Estrela com Colinas e Imigrante, com quase de 40km de extensão ao longo da ERS 129, o que também deve contribuir para o desenvolvimento econômico e turístico da região.

Além da área urbana e da área de expansão urbana, Estrela possui uma área rural com extensão significativa, composta por distritos e localidades que abrigam atividades agrícolas e comunidades. No município, identificam-se quatro distritos: Delfina, Costão, Glória e Novo Paraíso que, juntos, compõem a macrozona de ocupação dos distritos.

Conforme o Plano Diretor vigente, a área urbana é dividida em quatro macrozonas: ocupação prioritária, expansão urbana e preservação ambiental. Na área rural, o território também se organiza em quatro macrozonas: ocupação dos distritos, expansão urbana dos distritos, preservação ambiental e rural.

Conforme apresentado na figura 6, Estrela possui uma área rural equivalente a 156,24km<sup>2</sup>, o que representa cerca de 5,5 vezes a área urbana do município, equivalente a 28,68km<sup>2</sup>, considerando a área urbana definida pelo IBGE (2010).

Figura 6: Diagrama comparativo entre a área urbana e a área rural de Estrela.



Fonte: Elaborado por Equipe Planejamento Territorial Univates com base em dados do IBGE (2010).

Quanto à mancha de ocupação urbana, foram utilizadas as áreas urbanizadas identificadas pelo IBGE para o ano de 2019, classificadas em áreas densas, pouco densas e loteamentos vazios. Conforme a metodologia do IBGE (2022a), áreas densas são manchas de ocupação urbana contínuas que apresentam maior proximidade entre as edificações, com poucos espaços vazios ou arborizados e grande capilaridade de vias. Comumente,

apresentam arruamento bem definido, à exceção de algumas áreas de Aglomerados Subnormais<sup>8</sup>, incluem espaços de construções adjacentes sem espaço livre ao seu redor, ou com pequenos quintais. Tais áreas são mais características de centros urbanos, porém é possível também encontrar pequenas localidades com número de edificações inferior a 50 que sejam densas, segundo a sua proximidade (IBGE, 2022a).

Já as áreas pouco densas são caracterizadas por feições urbanas compostas por edificações espaçadas entre si (características das áreas em processo de ocupação de periferias de Cidades e de localidades afastadas dos centros urbanos) que, muitas vezes, apresentam arruamento pouco definido e sem asfaltamento, caminhos e trilhas (IBGE, 2022a).

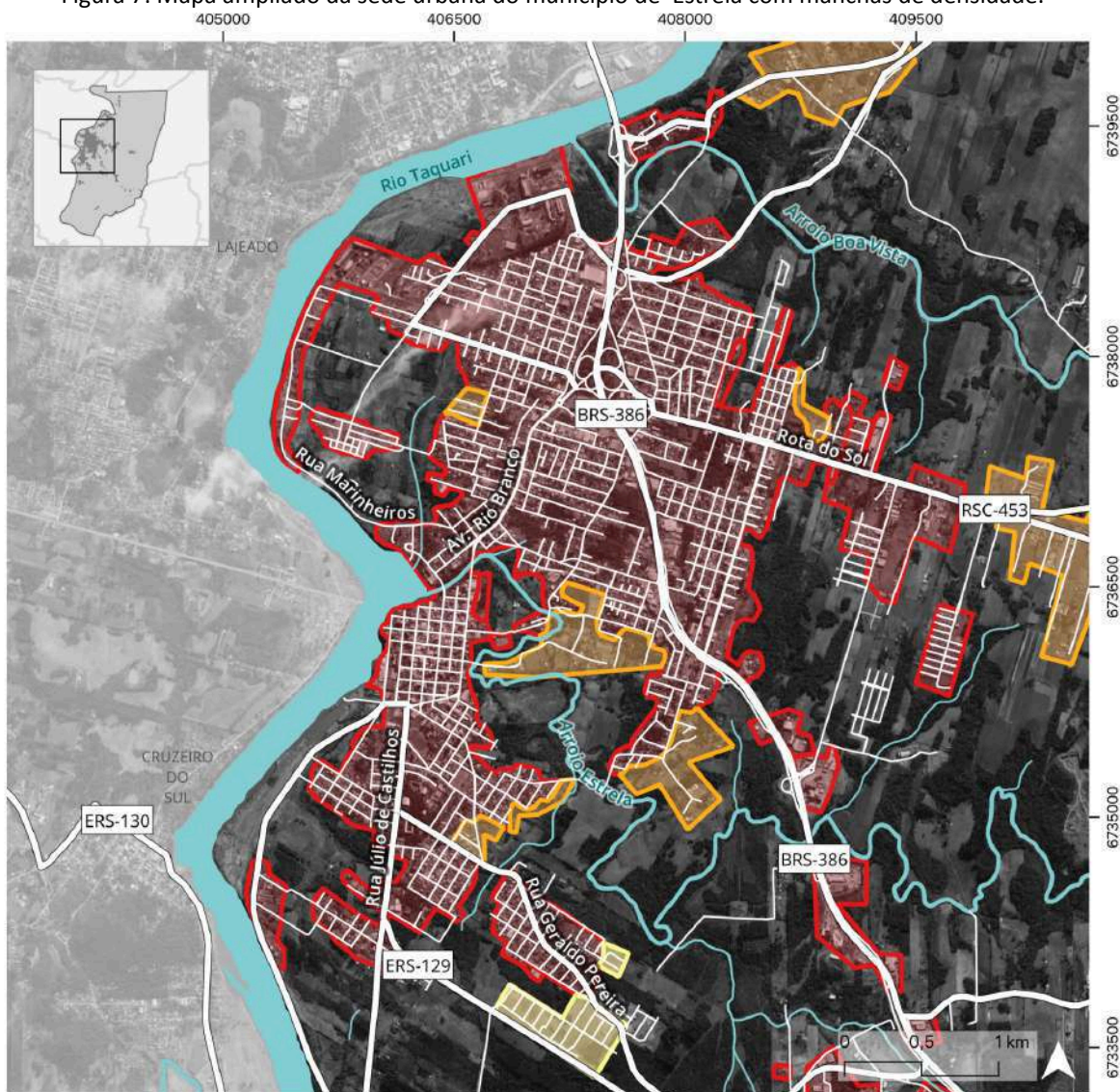
Por fim, as áreas de loteamentos vazios são definidas como aquelas áreas alteradas pela ação antrópica, presumivelmente destinadas a serem áreas urbanizadas, com arruamentos bem definidos e delimitados (IBGE, 2022a). Nestas áreas, as edificações estão ausentes ou em quantidade insuficiente para classificação como área urbanizada pouco densa. Em termos conceituais, o IBGE (IBGE, 2022a) considera que os loteamentos vazios ainda não estabeleceram as relações que caracterizam o modo de vida urbano, não sendo considerados, portanto, como áreas urbanizadas propriamente ditas, mas sim apontam uma tendência de expansão delas. Nesse sentido, no cômputo de áreas urbanizadas, é realizado o somatório das áreas densas e pouco densas, enquanto as áreas de loteamentos vazios são apresentadas em separado.

Dito isto, na figura 7, é possível visualizar o contexto da sede urbana do Município de Estrela, onde as áreas urbanizadas, classificadas conforme a densidade, distribuem-se junto à área central da cidade e, principalmente, como ao longo de rodovias. Observa-se que a área considerada densa localiza-se no entorno do eixo de ligação entre a BR 386 e a RSC 453, seguindo para o centro da cidade, na divisa com o Rio Taquari.

---

<sup>8</sup> Antiga denominação adotada pelo IBGE (2020a, p. 5), como “formas de ocupação irregular de terrenos de propriedade alheia (públicos ou privados) para fins de habitação em áreas urbanas e, em geral, caracterizados por um padrão urbanístico irregular, carência de serviços públicos essenciais e localização em áreas que apresentam restrições à ocupação”. A nova denominação, que foi discutida amplamente pelo IBGE com movimentos sociais, comunidade acadêmica e diversos órgãos governamentais, será “Favelas e Comunidades Urbanas” (IBGE, 2024).

Figura 7: Mapa ampliado da sede urbana do município de Estrela com manchas de densidade.



LEGENDA:

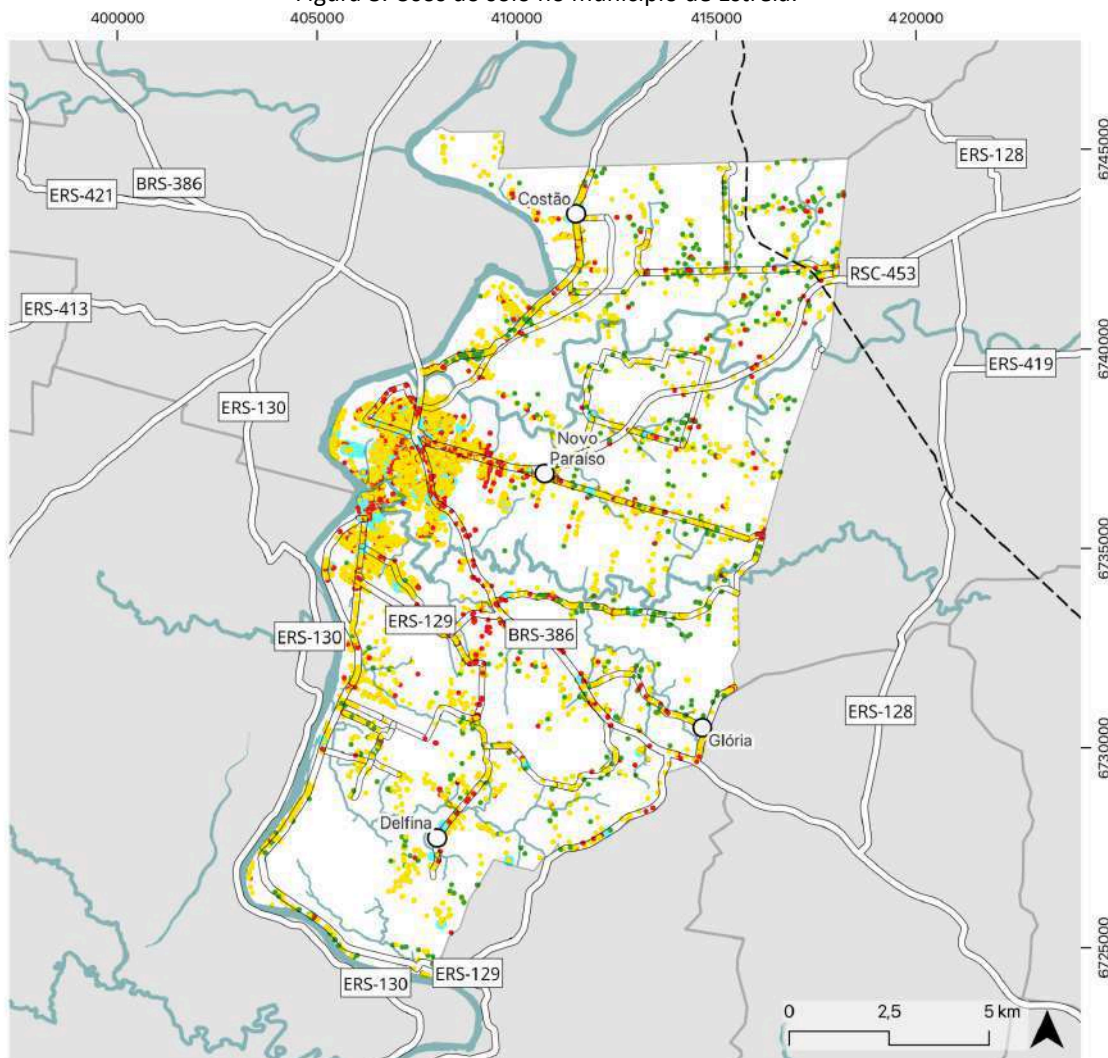
Áreas urbanizadas - Densidade	Rodovias
Densa	Vias
Loteamento vazio	Hidrografia
Pouco densa	

Fonte: Elaborado por Equipe Planejamento Territorial Univates com base em dados disponíveis de rodovias, hidrografia (FEPAM/SEMA, 2018), áreas urbanizadas (IBGE, 2019) e limites municipais (IBGE, 2022).

Ainda na figura 7, observam-se áreas pouco densas na região central da cidade, nas proximidades com a RSC 453 e ao norte do território, no caminho que leva a Colinas. Entretanto, essas áreas aparecem em menor número. São observados dois pontos de

loteamentos vazios ao sul da área urbana, próximos a Rua Geraldo Pereira e a outros loteamentos com manchas de áreas densas.

Figura 8: Usos do solo no município de Estrela.



LEGENDA:

Espécie do endereço:

- Residencial
- Agropecuária
- Institucional
- Outras finalidades

-- Ferrovia

— Rodovias federais e estaduais

— Rodovias municipais

■ Hidrografia

Fonte: Elaborado por Equipe Planejamento Territorial Univates com base em dados do CNEFE - IBGE (2022).

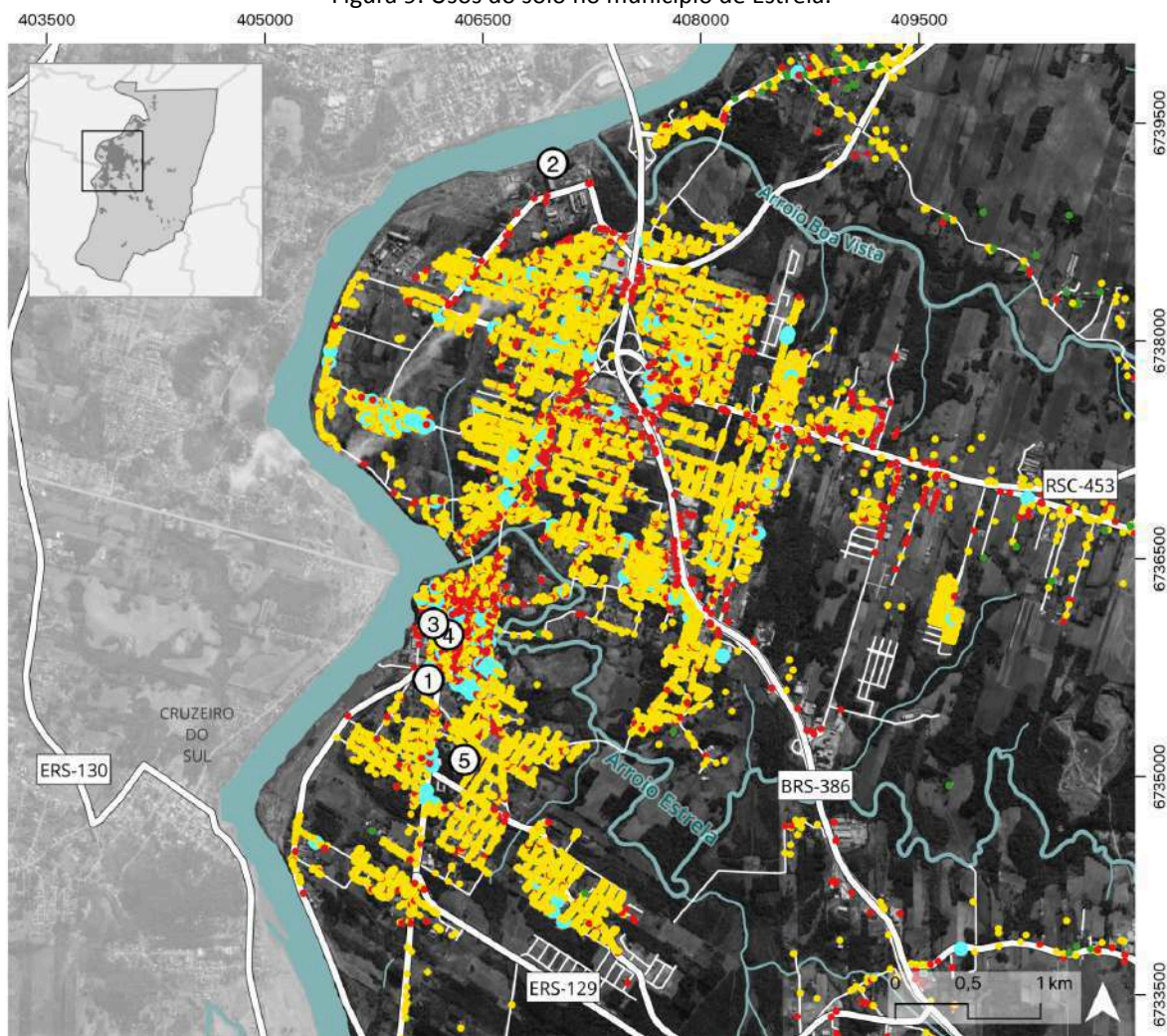
Quanto ao uso do solo, foram usados dados os endereços do Cadastro Nacional de Endereços para Fins Estatísticos - CNEFE (IBGE, 2022), que podem ser classificados conforme seus usos e permitem uma leitura sobre a distribuição de uso do solo e atividades desenvolvidas no município. Para fins de análise visual, as categorias do CNEFE foram

agrupadas da seguinte forma: a) Residencial, que agrupa as categorias domicílio particular e domicílio coletivo; b) Outras finalidades, que se refere à categoria estabelecimentos de outra finalidade, representando a atividade comercial e industrial; c) Institucional, que agrega estabelecimentos de educação, saúde e religiosos; d) Agropecuária, que se refere aos estabelecimentos agropecuários.

Analisando o mapa da figura 8, identifica-se a predominância de atividades residenciais em todo o território do município. Ao longo da BR 386, da RSC 453 e da Avenida Rio Branco, as atividades residenciais dividem espaço com estabelecimentos de outras finalidades, que também estão presentes em todo o território, porém de forma mais rarefeita. Os usos institucionais localizam-se em maior número na área central da cidade, e as atividades agropecuárias distribuem-se por toda a área rural do município.

No que se refere à área urbana do município, na figura 9, a seguir, observa-se que a área mais densa está localizada na área central da cidade. O uso do solo é mais diversificado nas proximidades com a BR 386, região em que se encontram usos comerciais, industriais, institucionais e residenciais. No centro da cidade, há uma maior concentração de estabelecimentos de outras finalidades, por exemplo, comerciais e serviços, bem como usos e atividades gastronômicas (restaurantes). É nesta área que também se encontram escolas, clínicas, hospital e prédios administrativos, região que faz divisa com o Rio Taquari. No entorno do centro, ainda que ocorram atividades de outras finalidades, há a predominância de uso residencial.

Figura 9: Usos do solo no município de Estrela.



LEGENDA:

Espécie do endereço

- Agropecuária
- Institucional
- Outras finalidades
- Residencial

Pontos de referência

- ① Parque Princesa do Vale
- ② Porto de Estrela
- ③ Praça Menna Barreto
- ④ Prefeitura Municipal
- ⑤ Sociedade Ginástica Estrela

— Rodovias

— Vias

— Hidrografia

Fonte: Elaborado por Equipe Planejamento Territorial Univates com base em dados do CNEFE - IBGE (2022).

No que diz respeito ao Rio Taquari, é importante mencionar o histórico de cheias significativas, que afetam diversas cidades em seu curso, incluindo Estrela. Estes eventos climáticos que ocorrem devido a intensas chuvas, costumam causar o transbordamento do rio, inundando as cidades próximas a ele. Pela proximidade com o Rio Taquari, a cidade de

Estrela frequentemente é exposta a estes eventos climáticos, causando impactos sociais e econômicos não apenas no município, mas na região.

Dentre as inúmeras ocorrências de inundações ao longo dos anos, destaca-se a cheia de maio de 1941 que, até então, figurava como a maior da história, chegando ao nível de 29,92m em Estrela. De acordo com Santos (2023), foram 22 dias de chuva, somando cerca de 619mm de água, que culminaram em uma das maiores enchentes da história em maio de 1941, deixando desabrigadas 40 mil pessoas no Rio Grande do Sul. Já Fernando Dornelles, em entrevista para Rollsing (2023), relata 35 dias de chuva e um acúmulo de 900mm para o mesmo ano.

Santos (2023) ainda cita diversos outros episódios, do quais destacam-se a enchente de 1956, onde a cota chegou a 28,86m em Estrela, deixando um rastro de destruição nas estradas do interior e a cheia de 2020, onde o rio subiu 86cm por hora na cidade, ultrapassando o dique de contenção do Bairro das Indústrias e obrigando diversas famílias a saírem de suas casas em áreas de risco, até a estabilização da cota, que marcou 27,39m na madrugada do dia 9 de julho.

Após estas, as cheias de maior destaque aconteceram em setembro e novembro de 2023, as quais chegaram à cota de, respectivamente, 29,62m e 28,94m em Estrela. De acordo com Rollsing (2023), tais medições foram feitas em régua manual, pois em setembro a força das águas destruiu o equipamento de monitoramento do CPRM. De acordo com Rollsing (2023), naquele momento, foi registrado o maior número de óbitos por desastres naturais, no Rio Grande do Sul, desde 1980. Na figura 10 é possível observar a semelhança entre as cotas das enchentes de maio de 1941 e setembro de 2023, na tradicional escadaria de Estrela.

Figura 10: Escadaria de Estrela nas enchentes de 1941 e 2023.



Fonte: Acervo pessoal Airton Engster dos Santos/GZH Digital.<sup>9</sup>

Conforme dito anteriormente, ainda em novembro de 2023, em meio às etapas de recuperação das perdas de setembro, o rio Taquari passou novamente por um período de cheia, atingindo a cota de 28,94m no Porto de Estrela. O Arroio Boa Vista, em Estrela, foi um dos vários cursos hídricos da região central do vale, que deu alta vazão ao Rio Taquari na parte baixa, o que acumulou com a água que desceu das cabeceiras. (FALEIRO, 2023).

<sup>9</sup> Disponível em: <https://gauchazh.clicrbs.com.br/colunistas/leandro-staudt/noticia/2023/09/em-fotos-veja-tradicional-ponto-de-estrela-nas-enchentes-de-1941-e-2023-clmjaxd4m0055010i6z7pyjkg.html>. Acesso em: 12 set. 2024

Figura 11: Área central de Estrela na enchente de 2 de maio de 2024.



Fonte: Virtugrafia, 2024.<sup>10</sup>

Por fim, a enchente de maio de 2024, superou a marca histórica de 1941 e chegou a 34,05m em Estrela (em Lajeado a 33,35m), uma das marcas mais devastadoras da região. Na quinta-feira, dia 02 de maio, a água chegou à ponte da BR 386 entre Estrela e Lajeado, bloqueando o trânsito. Além disto, outras pontes foram arrastadas pela água em cidades da região, o que deixou diversos municípios ilhados (FALEIRO, 2024). A figura 11 mostra a área central do município de Estrela tomada pelas águas.

Os eventos climáticos de maio de 2024 levaram a cenários de destruição não apenas no Vale do Taquari, mas em diversas cidades do estado, seja pelas cheias ou pelos movimentos de massa. De acordo com Faleiro (2024), após a água baixar, devido aos danos na ponte seca e a necessidade de avaliação da ponte sobre o Rio Taquari na BR 386, a travessia entre Estrela e Lajeado foi permitida apenas para pedestres durante dois dias, para possibilitar o transporte de equipamentos e itens de primeira necessidade.

<sup>10</sup> Disponível em:

[https://virtugrafia.com.br/cheias2024/?startscene=0&startactions=lookat\(12.93,20.96,120,0,0\)](https://virtugrafia.com.br/cheias2024/?startscene=0&startactions=lookat(12.93,20.96,120,0,0)). Acesso em: 12 set. 2024.

Figura 12: Devastação no Bairro das Indústrias, em Estrela, após enchente de maio de 2024.



Fonte: Virtugrafia, 2024.<sup>11</sup>

O último evento resultou na inundação de diversas cidades do vale, causando inúmeros danos. A força da água na cidade de Estrela provocou enorme devastação em alguns pontos, conforme mostra na figura 12, a imagem aérea do Bairro das Indústrias. Conforme Prazeres e Mata (2024), no ápice da cheia, a cidade teve 75% da sua área afetada e 6 mil pessoas chegaram a ficar em abrigos. Alguns moradores não tiveram para onde voltar, pois tiveram suas casas arrastadas, localizadas em bairros que não receberão mais infraestrutura para moradia.

Em meio a tantos episódios de enchentes ao longo da história do Vale do Taquari, o evento de maio de 2024 destacou-se não apenas pela gravidade de seus efeitos, mas também pela superação de uma marca histórica. Os níveis atingidos, as destruições causadas e o impacto social reforçam a vulnerabilidade da região frente a desastres naturais, enquanto evidenciam a urgência de ações mais efetivas de prevenção e mitigação. Assim, o ciclo de enchentes, que tantas vezes já castigou o estado, apesar de deixar uma nova cicatriz,

<sup>11</sup>Disponível em:

[https://virtugrafia.com.br/cheias2024/?startscene=10&startactions=lookat\(-88.97,35.46,120,0,0\);](https://virtugrafia.com.br/cheias2024/?startscene=10&startactions=lookat(-88.97,35.46,120,0,0);). Acesso em: 12 set. 2024.

também é uma lição sobre a necessidade de adaptação e resiliência das comunidades afetadas.

De modo geral, Estrela pode ser vista como uma cidade de médio porte, que possui um centro urbano consolidado, com uma ocupação rarefeita nas áreas periféricas e mais densa no centro e ao longo das principais rodovias. Além disto, seu perfil econômico tem grande influência na sua localização, tanto pela presença de rodovias que fomentam a economia, quanto pela proximidade com Lajeado, visto que existe uma relação de moradia, estudo e trabalho entre as cidades.

#### **2.4.2. Contexto Físico e Ambiental**

A seguir estão apresentados aspectos físicos e ambientais do Município de Estrela, incluindo especificações do clima predominante, as unidades de paisagem, a geomorfologia e os tipos de solo e aspectos dos recursos hídricos.

##### **2.4.2.1. Clima**

O Plano Estratégico do Vale do Taquari (AGOSTINI *et al.*, 2017) aponta que a dinâmica das massas de ar e as variações de altitude influenciam fortemente no clima do Vale do Taquari. A região é afetada pela Massa de Ar Polar Atlântica, que ao interagir com as Massas Tropicais Atlântica e Continental, formam frentes frias que causam as chuvas predominantes durante o inverno. No verão, as massas de ar Tropical Atlântica e Continental dominam, trazendo calor e umidade que favorecem chuvas rápidas e localizadas (AGOSTINI *et al.*, 2017).

De acordo com o sistema de classificação de Köppen (2016) que considerou o período de análise de dados de 1980 a 2016, o município de Estrela no Vale do Taquari, é enquadrado na classificação climática CFA, clima subtropical com verão quente, que se caracteriza por apresentar chuva durante todos os meses do ano e possuir a temperatura média do mês mais quente superior a 22°C e a do mês mais frio superior a 3°C. O município apresenta o clima típico da Unidade Patamares da Serra Geral, ou seja, uma classificação D1q (clima úmido a subúmido), com alto grau de umidade, de acordo com o decreto nº 1.545/03, de 18 de março de 2003. De acordo o Atlas Climático da Região Sul do Brasil

(WREGGE *et al*, 2012), os meses de maior umidade relativa do ar na região do município são abril, maio e junho, onde a porcentagem varia de 82% a 84%.

Com relação às precipitações, o Estado apresenta uma distribuição relativamente equilibrada das chuvas ao longo de todo o ano, em decorrência das massas de ar oceânicas que penetram no território. O volume de chuvas, no entanto, é diferenciado. Ao sul a precipitação média situa-se entre 1.299 e 1.500 milímetros e, ao norte a média está entre 1.500 e 1.800 (RIO GRANDE DO SUL, 2022).

No ano de 2023, de acordo a Nota Meteorológica do INMET<sup>12</sup> (Instituto Nacional de Meteorologia) “Balanço de inverno/2023 no Brasil”, a precipitação acumulada entre os dias 21 de junho e 21 de setembro de 2023 em Estrela chegou a 600mm, período marcado por chuvas e temporais constantes devido à passagem de frentes frias e ocorrência de ciclones extratropicais, gerando inundações e devastando grande parte da cidade.

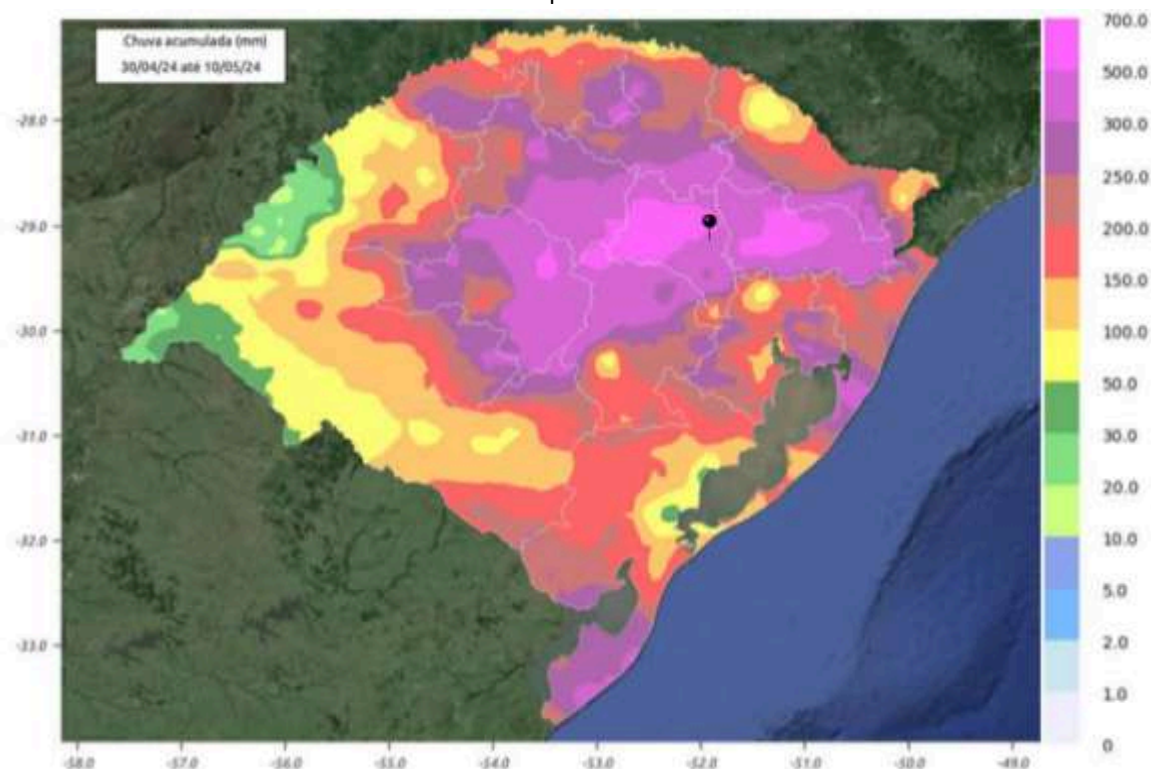
Na figura 13 é possível observar as precipitações no evento extremo de 30 de abril de 2024 a 10 de maio de 2024, onde a cidade teve um acumulado de chuva de 500 a 700mm, uma diferença significativa de mais de  $\frac{1}{3}$  do volume da média anual de que é de 1700 a 1800mm.

---

<sup>12</sup>Disponível em:

<[https://portal.inmet.gov.br/uploads/notastecnicas/Balanco\\_Inverno\\_Brasil\\_2023\\_final-rr.pdf](https://portal.inmet.gov.br/uploads/notastecnicas/Balanco_Inverno_Brasil_2023_final-rr.pdf)>. Acesso em: 25 set 2024.

Figura 13: Chuva acumulada (mm) de 30/04/2024 a 10/05/2024, no Rio Grande do Sul, com demarcação do município de Estrela.



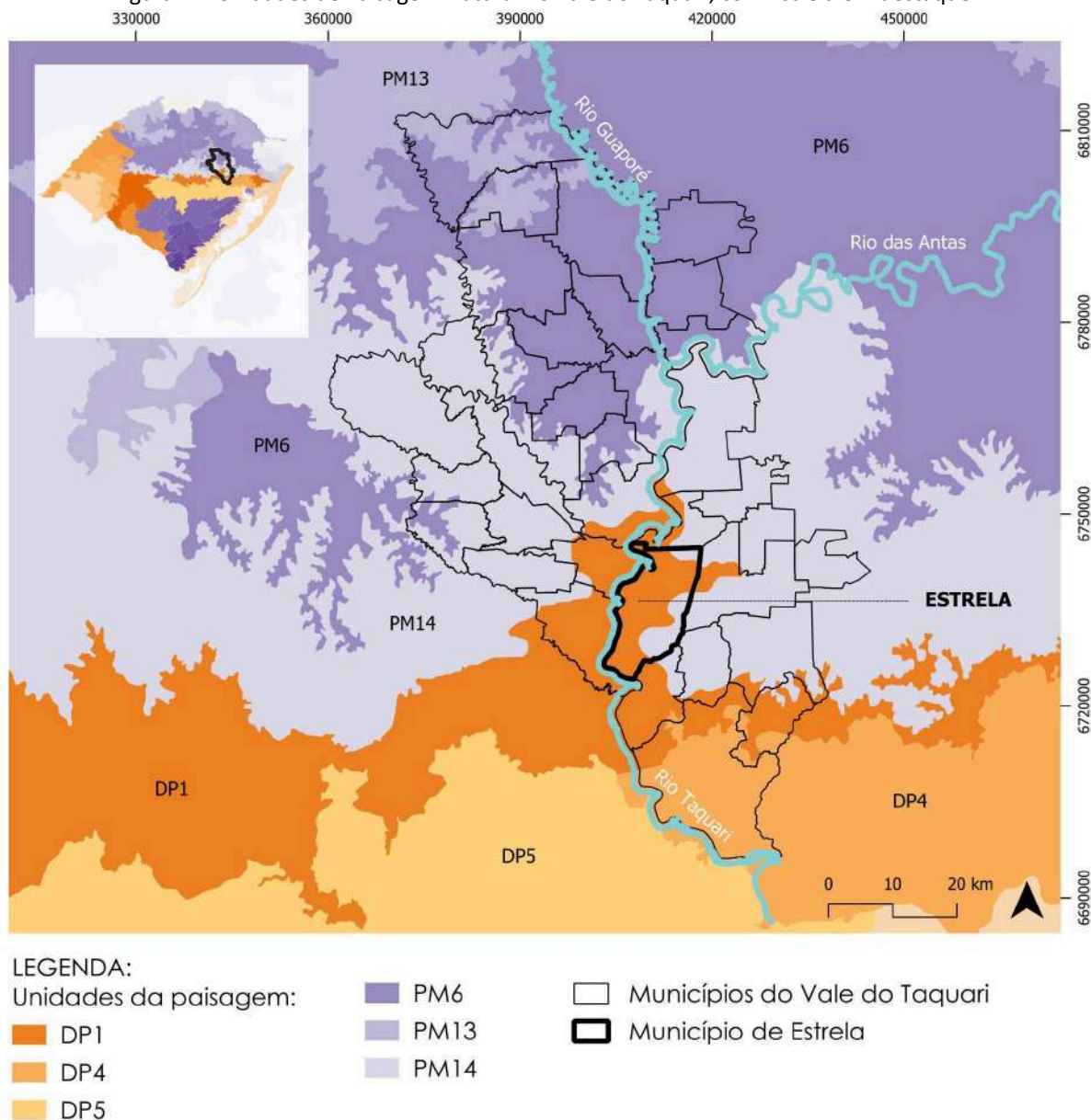
Fonte: INMET(2023), adaptado pela Equipe de Planejamento Territorial Univates.

#### 2.4.2.2. Unidades de Paisagem Natural

Uma Unidade de Paisagem considera os atributos abióticos, bióticos e antrópicos (Bertrand, 1978; Bolós, 1981 apud OLIVEIRA, S.N. et al., 2007), ou seja, efetua uma síntese cartográfica dos diferentes temas que compõem a paisagem, como: geologia, clima, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso da terra (Martins et al., 2002 apud OLIVEIRA, S.N. et al., 2007).

No Rio Grande do Sul, as Unidades de Paisagem Naturais (UPN) foram estabelecidas pela FEPAM (2010a, 2010b). Sua nomenclatura foi definida com base na localização no território estadual, dividindo-se em cinco grupos: Planalto Meridional (PM); Depressão Central (DP); Planície Costeira (PL); Planalto da Campanha (PC); e Planalto ou Escudo Sul Rio-Grandense (PS). O Vale do Taquari, situado no encontro da Depressão Central com o Planalto Meridional, abrange tanto Unidades de Paisagem relacionadas à Depressão Central quanto ao Planalto Meridional. A figura 14, a seguir, mostra as UPNs presentes no Vale do Taquari, com destaque para o território de Estrela.

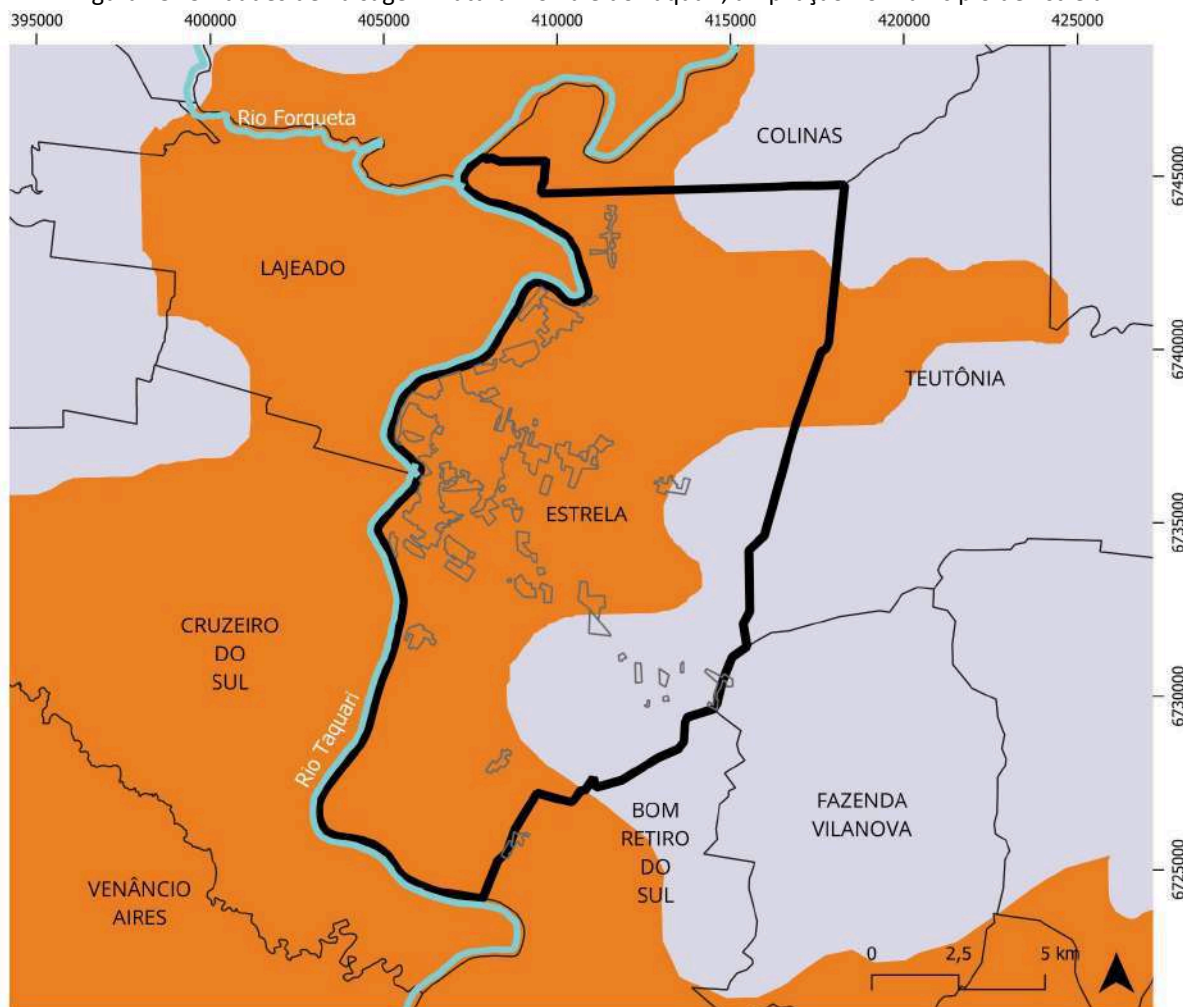
Figura 14: Unidades de Paisagem Natural no Vale do Taquari, com Estrela em destaque.



Fonte: Elaborado por Equipe Planejamento Territorial Univates com base nas Unidades de Paisagem Natural disponibilizadas pela FEPAM

O território de Estrela é formado, predominantemente, pela UPN-DP1, além de porções a leste, sudeste e a nordeste do território ser formado pela UPN-PM14, conforme é possível observar no mapa apresentado na figura 15.

Figura 15: Unidades de Paisagem Natural no Vale do Taquari, ampliação no município de Estrela.



LEGENDA:

□ Áreas urbanizadas de Estrela

Unidades da paisagem:

DP1

PM14

Fonte: Elaborado por Equipe Planejamento Territorial Univates com base nas Unidades de Paisagem Natural disponibilizadas pela FEPAM

A Unidade de Paisagem DP1 abrange uma região de planície situada ao norte do rio Jacuí, na Depressão Central, desde Santa Maria até as proximidades de Porto Alegre. Originalmente coberta por Floresta Estacional de Terras Baixas, a área possui uma topografia plana, com altitudes variando de 0 a 100 metros e morros testemunhos que alcançam até 400 metros. Atualmente, a vegetação original foi quase completamente substituída por cultivos, com destaque para o cultivo de arroz nas várzeas. A região é caracterizada por pequenos estabelecimentos rurais, exceto pela orizicultura (cultivo de arroz irrigado), que

tem áreas de alta produtividade. Em relação a fauna e flora, identifica-se, respectivamente, cinco espécies ameaçadas de extinção e presença de cactáceas e algumas plantas raras.

De acordo com a SEMA (2010), a Unidade de Paisagem PM14 corresponde à região do Planalto dos Campos Gerais, caracterizada pela escarpa sul da Serra Geral, que faz a transição entre o planalto e a depressão central. Esta área apresenta uma vegetação predominante de Floresta Estacional Decidual e altitudes que variam de 50 a 600 metros, com uma topografia acidentada e vales.

Ressalta-se que a DP1 e a PM14 se diferem principalmente na geomorfologia. Enquanto a DP1, por exemplo, é caracterizada por relevos planos e baixas altitudes, a UPN-PM14 se caracteriza por relevos acidentados e vales. Esse contraste entre as UPN citadas mostra uma peculiaridade do Vale do Taquari, que é justamente a transição entre esses dois tipos de paisagem.

Em Estrela, de acordo com a plataforma InfoSanbas, que utiliza dados do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA) e da Fundação Nacional dos Povos Indígenas (FUNAI), não há nenhum quilombo certificado pela Fundação Cultural Palmares, nenhuma terra indígena ou área de assentamento de reforma agrária, embora seja possível a sua existência em áreas não demarcadas.

No que se refere a sítios arqueológicos, Fiegenbaum *et al.* (2003)<sup>13</sup>, destacam três Sítios Pré-Coloniais, sendo: Sítio RS 84 Albino Knebel, onde são encontrados artefatos cerâmicos; Sítio RS T 18 Guilherme Genehr, com a presença de lítico lascado; e Sítio RS T 15 Lauro Heberle, com material cerâmico e lítico polido.

Ressalta-se que, com as cheias de 2023 e 2024, as águas do Rio Taquari também revelaram materiais arqueológicos que sugerem costumes de outros povos no Vale do Taquari. O que pode indicar o surgimento de outros sítios arqueológicos na região (GIRARDI, 2024).

#### **2.4.2.3. Geologia e geomorfologia**

A Geologia é uma ciência interdisciplinar que lida com o estudo da Terra, incluindo a sua composição, estrutura, propriedades físicas, origem e evolução da vida, ambientes e

---

<sup>13</sup>Disponível em: [https://www.inicepg.univap.br/cd/INIC\\_2003/trabalhos/inic/7cienciashumanas/IC7-28.pdf](https://www.inicepg.univap.br/cd/INIC_2003/trabalhos/inic/7cienciashumanas/IC7-28.pdf). Acesso em: 26 set 2024.

exploração de recursos naturais, entre eles: petróleo, gás, minérios e água subterrânea. Em seu nível mais fundamental, a Geologia é o estudo dos processos que levaram às mudanças e ciclos que a Terra experimentou desde a sua formação (CASTRO, s.d.). Já a geomorfologia trata da análise quantitativa das características do relevo de bacias hidrográficas e sua associação com o escoamento (CASTRO, s.d.).

#### **2.4.2.3.1. Geologia**

A Bacia do Paraná configura-se como uma extensa depressão situada na porção centro-leste do continente Sulamericano, identificada como sinéclise paleozóica, intracratônica, preenchida, no seu centro geométrico, por até aproximadamente 6.000 m de sedimentos. Estendendo-se pelo Brasil, Paraguai, Uruguai e Argentina, a bacia apresenta um formato alongado na direção entre Norte e Nordeste (N-NE). A coluna estratigráfica da Bacia do Paraná conta com cinco supersequências deposicionais principais, cujas idades são associadas ao Siluriano, Devoniano, Permo-Carbonífero, Triássico e Juro-Cretáceo. O preenchimento sedimentar da bacia é essencialmente siliciclástico, com expressão vulcano sedimentar relativa à supersequência juro-cretácea (MILANI *et al.*, 2007).

No Município de Estrela a Formação Serra Geral desponta como principal substrato litológico, como delimita CPRM (2006). Essas rochas representam as sequências mais superficiais da influência gondvânica na Bacia do Paraná, relacionadas ao início da fragmentação do supercontinente (ALMEIDA, 1969). Assim, a Formação Serra Geral é produto de um dos mais imponentes eventos de magmatismo fissural já registrados no planeta. As rochas vulcânicas compreendidas por essa unidade apresentam um conjunto de composições variáveis, sendo essencialmente básicas, mas com substancial registro de termos intermediários a ácidos. Os pacotes de rochas resultantes desse processo têm espessuras significativas, da ordem de 800 m. Essas rochas possuem alto grau de coesão e textura fina, e entre elas podem ocorrer níveis amigdaloides, brechados, arenitos intertrápicos ou mesmo sedimentos vulcanogênicos, com comportamentos hidráulico e geomecânico distintos das rochas propriamente vulcânicas, sendo menos coesivas e mais permeáveis.

A área de estudo é predominantemente recoberta pela Fácies Gramado, dentro da unidade litoestratigráfica já mencionada. As rochas abrangidas por essa subdivisão são

constituídas de derrames basálticos granulares finos a médios de cor cinza com horizontes vesiculares preenchidos por zeolitas e carbonatos; apresentam estruturas de fluxo e são comuns intertraps de arenitos Botucatu (CPRM, 2006) (Figura 16). Numa porção muito pequena, ao sul, há ocorrências de rochas que representam a Formação Botucatu, composta principalmente por arenito fino a grosso, grãos bem arredondados e com alta esfericidade, relacionados a depósitos de dunas eólicas em paleoambiente continental desértico.

Figura 16: Rochas encontradas na região de Estrela.



Fonte: Acervo pessoal Tiago Fischer (2017).

Adicionalmente, nas margens, planícies de inundação e calhas dos grandes sistemas fluviais contíguos à área observam-se, segundo CPRM (2006) depósitos aluviais de areia grossa a fina.

A seguir, a figura 17 ilustra o mapa com a disposição física dessas unidades em relação aos limites municipais de Estrela. Verifica-se que, ao longo do Rio Taquari predominam os Depósitos aluvionares, já no restante do território do município o predomínio é da Formação Serra Geral - Fácies Gramado, com pequena manifestação de rochas da Fm. Botucatu ao sul.

Figura 17: Mapa geológico de Estrela.



LEGENDA:

Litologia

- Formação Serra Geral - Fácies Caxias
- Formação Serra Geral - Fácies Gramado
- Formação Botucatu
- Depósitos aluvionares

- Estrutura
- Curso d'água

Fonte: Elaborado por Equipe Planejamento Territorial Univates com base em CPRM (2006).

#### 2.4.2.3.2. Geomorfologia

Conforme JUSTUS *et al.* (1986), a área está inserida no Domínio Morfoestrutural das Bacias e Coberturas Sedimentares, correspondente a um planalto do tipo monoclinal, cuja inclinação aponta para oeste, apresentando uma amplitude altimétrica de cerca de 1.200 m, a leste, e 100 m, a oeste.

As diferentes feições geomorfológicas observadas nesse domínio obedecem principalmente às condicionantes estruturais e modelados de dissecação. Os relevos resultantes são mais homogêneos em direção ao Rio Uruguai, em uma vasta superfície composta por discretas colinas e topos planos, enquanto, para leste, salientam-se acidentes mais pronunciados, com intensa dissecação, esculpidos essencialmente pela rede de drenagem. Dentre as três regiões geomorfológicas individualizadas neste domínio, responsáveis pela arquitetura dos relevos planálticos, impõe-se, na área de estudo, a Região Geomorfológica Planalto das Araucárias, ocupando uma área de cerca de 61.300 km<sup>2</sup>.

As formas de relevo dessa região morfológica foram esculpidas especialmente em rochas efusivas ácidas da Formação Serra Geral, que ocorrem normalmente capeando as rochas efusivas básicas que correspondem, geralmente, aos relevos mais conservados dessa região geomorfológica. Em áreas mais restritas, os modelados de dissecação do relevo se desenvolveram em rochas efusivas básicas, geralmente e consequentemente resultando em formas de relevo mais dissecadas. Outras vezes, posicionadas nas partes basais das vertentes escarpadas que ocorrem nas bordas dessa região geomorfológica, as formas de relevo se desenvolvem em arenitos da Formação Botucatu, entre outras unidades adjacentes.

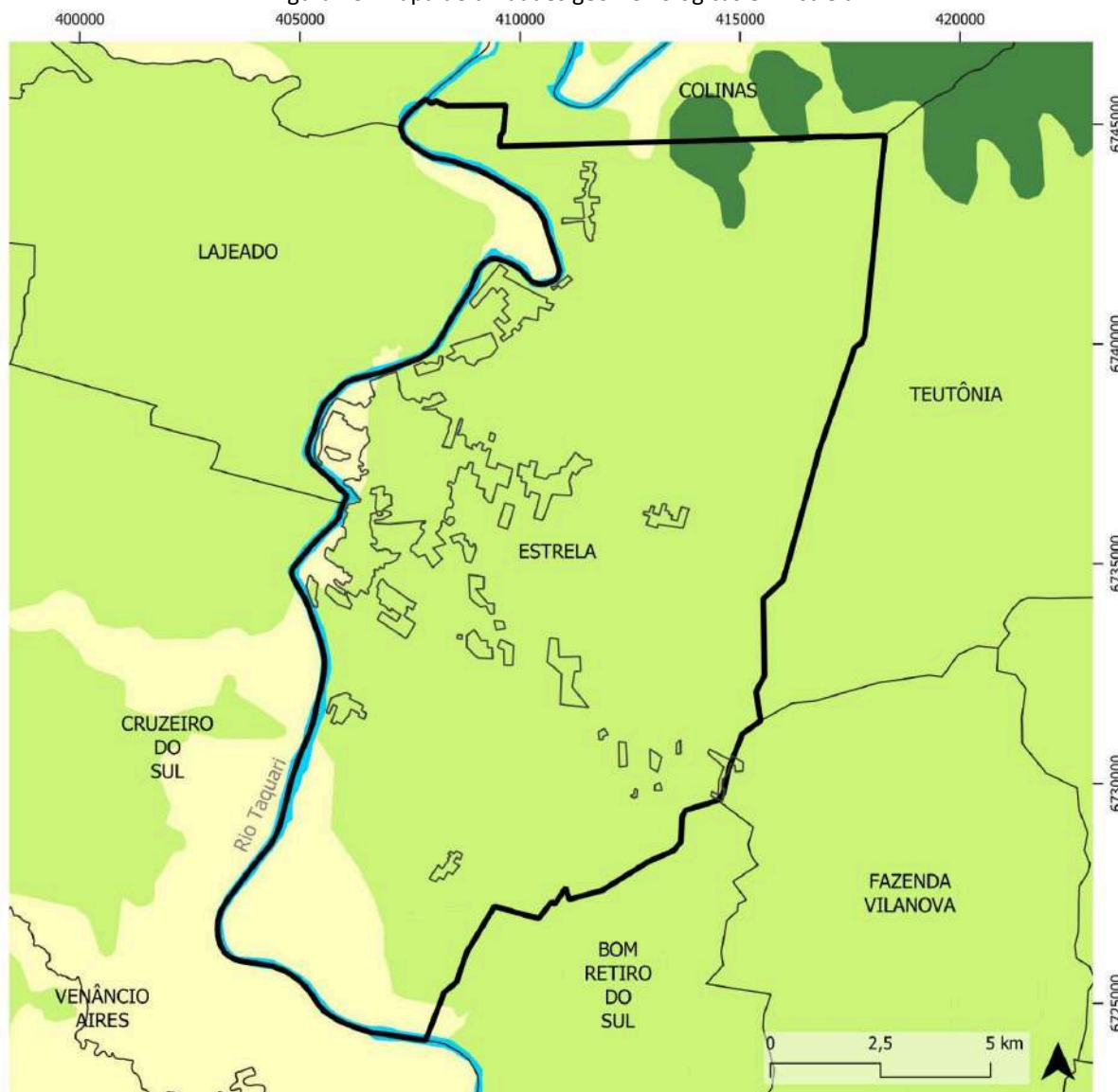
No mapa da figura 18 é possível visualizar que parte do território de Estrela é constituído predominantemente pela Unidade Geomorfológica (UG) Patamares da Serra Geral. Esta UG corresponde aos terminais mais rebaixados do planalto das araucárias, como testemunhos do recuo da linha de escarpa. Onde o entalhamento fluvial é muito profundo, ou próximo a rebaixamentos topográficos, é possível visualizar os arenitos da Formação Botucatu aflorando nos perfis estratigráficos. As formas de relevo são principalmente colinas com pequeno aprofundamento dos vales fluviais, formas de relevo que apresentam forte controle estrutural e, localizadamente, ocorrem formas planares. A altitude média encontrada nos terrenos incluídos nessa unidade é de 98 m, com uma distribuição entre 24 e 172 m em aproximadamente 90% da área da UG. Também em 90% da área registram-se declividades menores do que 17,2%, com média de 7,9%.

Além desta, ao longo das margens do Rio Taquari, bordejando o limite oeste do município, de centro a sul, registra-se a UG Planícies Alúvio-Coluvionares, representada por superfícies planas, posicionadas no nível inferior da bacia. A altitude média desse

compartimento é de 24 m e 90% da área de planície apresenta declividades inferiores a 6,42%, com média de 2,2% (OLIVEIRA *et al.*, 2015).

Por fim, um pequeno segmento ao norte é contemplado pela UG Serra Geral que estabelece o recuo da linha de escarpa. As formas de relevo nesta UG apresentam-se bastante abruptas com vales fluviais bem aprofundados (muitas vezes superiores a 400 m de desnível) e muitos topos de morros angulares ou estreitos. As declividades encontradas podem chegar a 50,6%, com média em 27,2% (OLIVEIRA *et al.*, 2015).

Figura 18: Mapa de unidades geomorfológicas em Estrela.



LEGENDA:

Unidades geomorfológicas

Planícies Alúvio-coluvionares

Patamares da Serra Geral

Serra Geral

Corpo d'água continental

□ Áreas urbanizadas de Estrela

Fonte: Elaborado por Equipe Planejamento Territorial Univates com base em dados do IBGE (2023).

#### 2.4.2.4. Tipos de solos

A Pedologia é a ciência da gênese, morfologia e classificação dos solos. Busca compreender a interação entre os fatores e processos de formação do solo e sua influência nos atributos morfológicos, físicos, químicos e mineralógicos (PEREIRA et al., 2019). A

interação dos diferentes fatores dá origem aos processos pedogenéticos, que, de acordo com a intensidade com que atuam, são responsáveis pela variabilidade dos tipos de solo na paisagem (PEREIRA et al., 2019).

Na região do Vale do Taquari, são identificados seis tipos de solo. Conforme figura 19, destacam-se, no município de Estrela, os seguintes tipos de solo: Planossolos Háplicos Eutróficos + Gleissolos Melânicos Ta Eutróficos + Argissolos Acinzentados Eutróficos e Neossolos Litólicos Eutróficos + Cambissolos Háplicos Tb Eutróficos + Chernossolos Argilúvicos Órticos.

Planossolos Háplicos Eutróficos são aqueles com saturação por bases  $\geq 50\%$  na maior parte do horizonte B (inclusive BA ou BE) dentro de 150 cm a partir da sua superfície. Quando o horizonte B plânico ocorrer abaixo de 150 cm de profundidade, deve-se considerar a maior parte deste dentro de 200 cm a partir da superfície do solo (EMBRAPA, 2018). Gleissolos Melânicos Ta Eutróficos são aqueles com argila de atividade alta e saturação por bases  $\geq 50\%$ , ambas na maior parte dos horizontes B e/ou C (inclusive BA ou CA) dentro de 100 cm a partir da superfície do solo (EMBRAPA, 2018). Argissolos Acinzentados Eutróficos possuem saturação por bases  $\geq 50\%$  na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B (inclusive BA) (EMBRAPA, 2018).

Neossolos Litólicos Eutróficos compreendem solos rasos, em que geralmente a soma dos horizontes sobre a rocha não ultrapassa 50 cm, estando associados normalmente a relevos mais declivosos (EMBRAPA, 2021). Cambissolos Háplicos Tb Eutróficos são solos fortemente, até imperfeitamente, drenados, rasos a profundos, de cor bruna ou bruno-amarelada, e de alta a baixa saturação por bases e atividade química da fração coloidal (EMBRAPA, 2021). Por fim, Chernossolos Argilúvicos Órticos se caracterizam por apresentar um horizonte A escuro, rico em matéria orgânica, sobre um horizonte B com acúmulo de argila. Além disso, possui uma profundidade rasa, sendo menor que 30 cm (EMBRAPA, 2021).

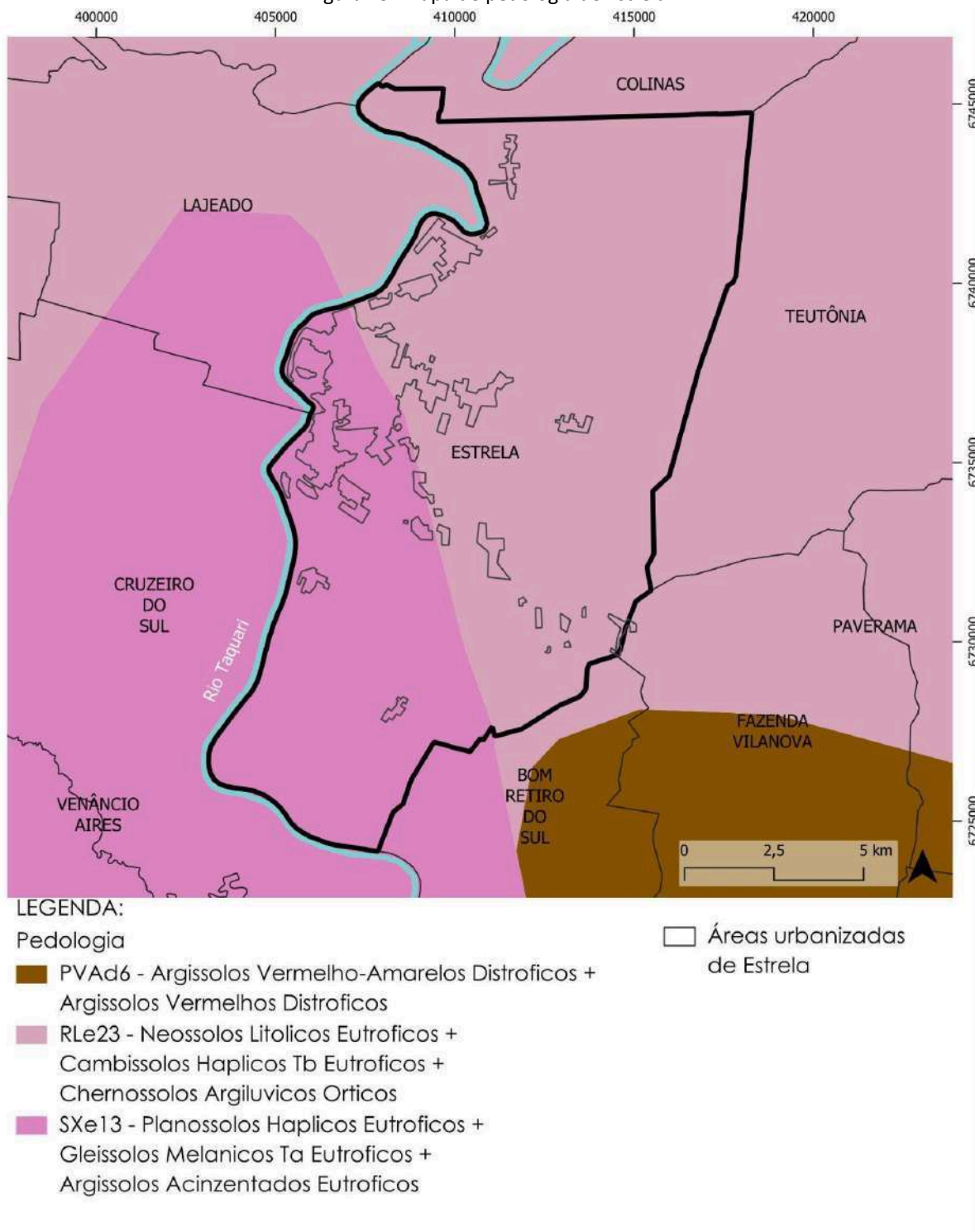
Os Planossolos, segundo Jacomine (2009), são solos minerais imperfeitamente ou mal drenados, com horizonte superficial ou subsuperficial eluvial, de textura mais leve, que contrasta abruptamente com o horizonte B ou com transição abrupta conjugada com acentuada diferença de textura do A para o horizonte B, imediatamente subjacente,

adensado, geralmente de acentuada concentração de argila, permeabilidade lenta ou muito lenta. A qualidade de “Háplicos”, de acordo com o autor, detona que esses solos não apresentam horizonte plânico com caráter sódico imediatamente abaixo do horizonte A ou E.

Os Gleissolos são caracterizados, segundo Jacomine (2009), como solos hidromórficos, constituídos por material mineral, que apresentam horizonte glei dentro de 150cm da superfície do solo, imediatamente abaixo de horizontes A ou E (com ou sem gleização), ou de horizonte hístico com espessura insuficiente para definir a classe dos Organossolos. Esses solos não apresentam textura exclusivamente areia ou areia franca em todos os horizontes dentro dos primeiros 150cm da superfície do solo ou até um contato lítico, tampouco horizonte vértico, ou horizonte B textural com mudança textural abrupta acima ou coincidente com horizonte glei ou qualquer outro tipo de horizonte B diagnóstico acima do horizonte glei. Horizonte plântico, se presente, deve estar a uma profundidade superior a 200cm da superfície do solo. A classe “Melânicos”, segundo o autor, denota que esses solos possuem horizonte H hístico com menos de 40cm de espessura, ou horizonte A húmico, proeminente ou chernozêmico.

Os Argissolos, de acordo com Jacomine (2009), são solos constituídos por material mineral, que têm como características diferenciais a presença de horizonte B textural de argila de atividade baixa, ou alta conjugada com saturação por bases baixas ou caráter alético. O horizonte B textural (Bt) desses solos encontra-se imediatamente abaixo de qualquer tipo de horizonte superficial, exceto o hístico, sem apresentar, contudo, os requisitos estabelecidos para serem enquadrados nas classes dos Luvisolos, Planossolos, Plintossolos ou Gleissolos.

Figura 19: Mapa de pedologia de Estrela..



Fonte: Elaborado por Equipe Planejamento Territorial Univates com base em dados de solos da Embrapa (SANTOS *et al.*, 2011).

Os Neossolos, segundo Jacomine (2009), são solos constituídos por material mineral, não hidromórficos, ou por material orgânico pouco espesso, que não apresentam alterações expressivas em relação ao material originário devido à baixa intensidade de atuação dos

processos pedogenéticos. São solos pouco desenvolvidos que não apresentam horizonte B diagnóstico. Possuem sequência de horizontes A–R, A–C–R, A–Cr–R, A–Cr, A–C, O–R ou H–C. A qualidade de “litólicos”, segundo o autor, denota que esses solos possuem horizonte A ou hístico, assentados diretamente sobre a rocha, sobre horizonte Cr e/ou sobre material com 90% (por volume) ou mais de sua massa constituída por fragmentos de rocha com diâmetro maior que 2 mm, apresentando um contato lítico ou fragmentário dentro de 50 cm da superfície do solo.

Segundo CPRM (2010), os solos residuais encontrados no Município de Estrela são férteis, com elevado teor de bases permutáveis, principalmente cálcio e magnésio. Apresentam resistência natural à erosão devido ao alto grau de flocculação das argilas, à homogeneidade estrutural e à alta porosidade e permeabilidade.

Na figura 20, a seguir, é possível visualizar os tipos de solo presentes no Município de Estrela.

Figura 20: Tipos de solos encontrados em Estrela.



Fonte: EMBRAPA (2006).

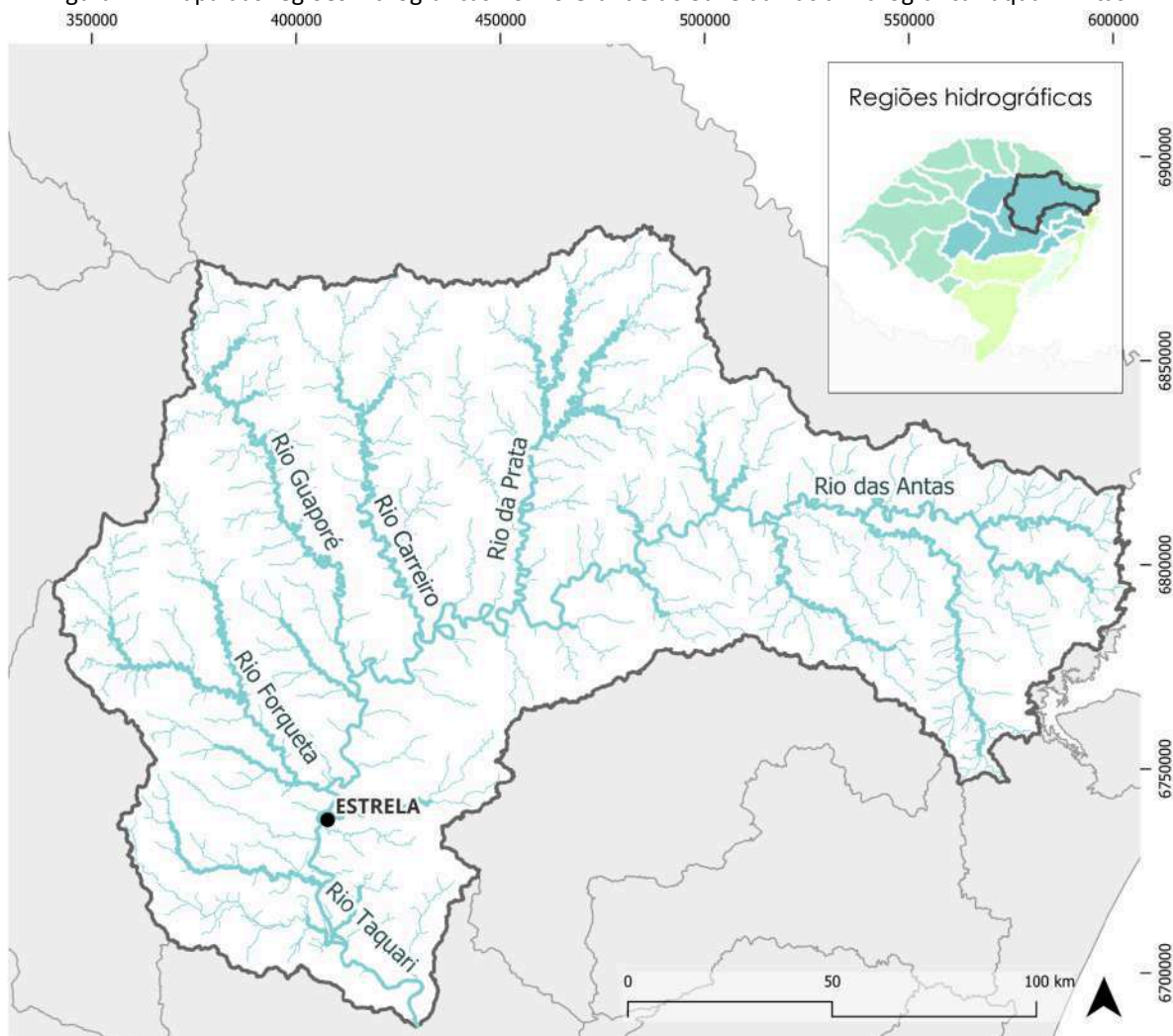
#### 2.4.2.5. Recursos hídricos

A hidrologia é a ciência que trata da água na terra, sua ocorrência, circulação e distribuição, suas propriedades físicas e químicas e sua relação com o meio ambiente, incluindo sua relação com a vida. Diante da sua amplitude e complexidade, a hidrologia foi

compartimentada, sendo objeto de estudo por especialidades como meteorologia, oceanografia, limnologia, ecologia e hidrogeologia. Atualmente, a hidrologia preocupa-se, basicamente, com os aspectos quantitativos da fase terrestre do ciclo hidrológico (GALDINO; VICTORIA, 2014).

O estado do Rio Grande do Sul é composto por três Regiões Hidrográficas, como é possível observar no mapa da figura 21, sendo: a Região Hidrográfica da Bacia do Guaíba, a Região Hidrográfica da Bacia do Rio Uruguai, e a Região Hidrográfica das Bacias Litorâneas. No mapa, em destaque, está a Bacia Hidrográfica Taquari-Antas, com seus principais cursos hídricos: Rio Taquari, Rio das Antas, Rio Forqueta, Rio Guaporé, Rio Carreiro e Rio da Prata.

Figura 21: Mapa das regiões hidrográficas no Rio Grande do Sul e da Bacia Hidrográfica Taquari-Antas.




LEGENDA:

Bacias hidrográficas:

 Bacia hidrográfica Taquari-Antas


 Outras bacias hidrográficas


 Hidrografia

 Localização do município de Estrela

Regiões Hidrográficas:

 Região Hidrográfica da Bacia do Guaíba

 Região Hidrográfica da Bacia do Rio Uruguai

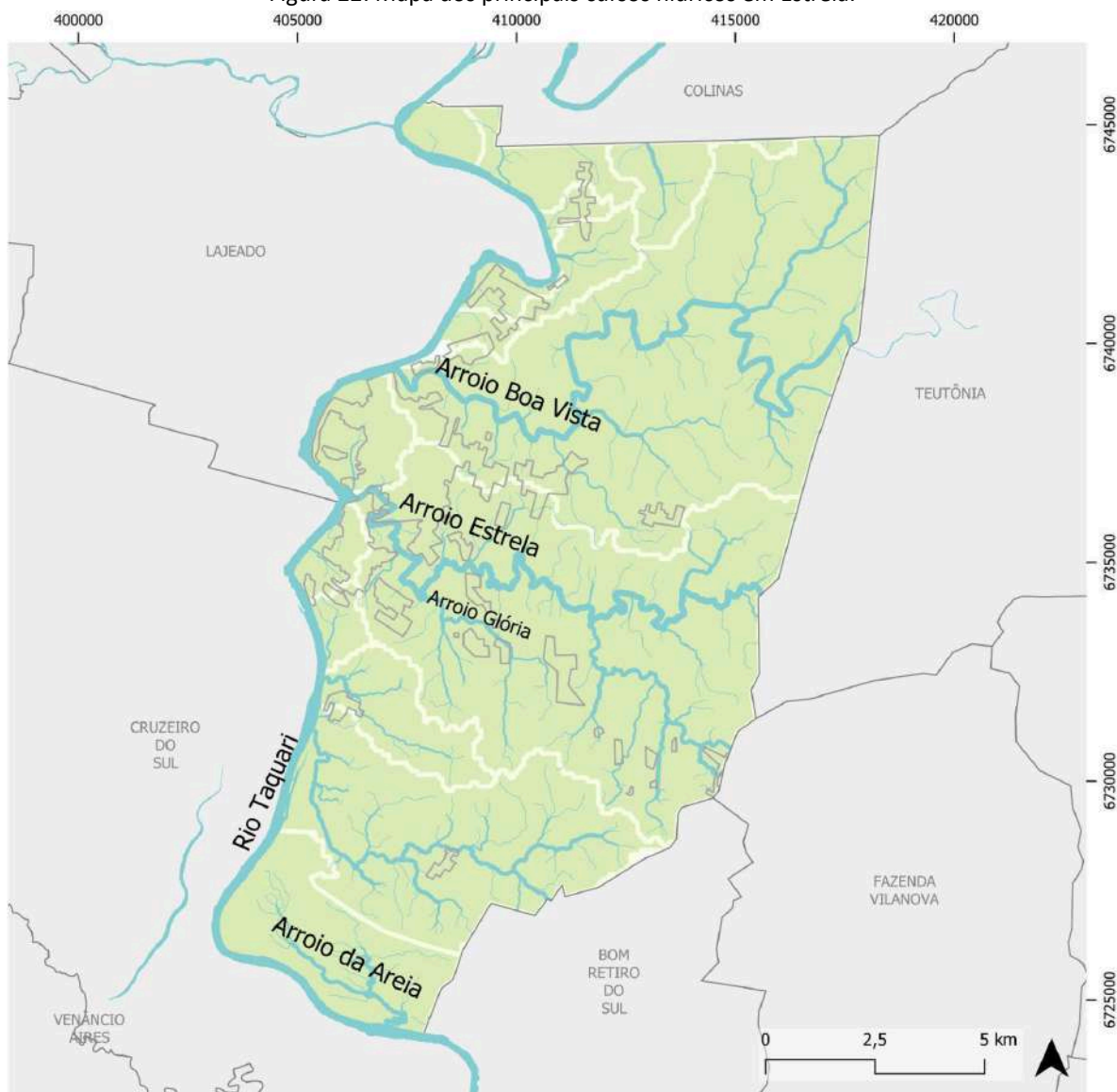
 Região Hidrográfica das Bacias Litorâneas

Fonte: Elaborado por Equipe Planejamento Territorial Univates com base em dados de hidrografia da FEPAM/SEMA (2018).

Já no mapa da figura 22, está apresentada uma aproximação com o Município de Estrela onde é possível visualizar os principais arroios que permeiam o município, sendo: Arroio Boa Vista ao norte, Arroio Estrela e Arroio Glória ao centro, e o Arroio da Areia ao sul. Dentre os cursos hídricos mencionados, além do Rio Taquari que percorre o limite oeste de Estrela, destacam-se o Arroio Boa Vista e o Arroio Estrela como os maiores em extensão

dentro do município. Ambos atravessam o território de leste a oeste até desembocarem no Rio Taquari.

Figura 22: Mapa dos principais cursos hídricos em Estrela.



LEGENDA:

- Hidrografia
- Sub bacias
- Áreas urbanizadas de Estrela

Fonte: Elaborado por Equipe Planejamento Territorial Univates com base em dados de hidrografia da FEPAM/SEMA (2018).

#### 2.4.2.6. Uso e cobertura do solo

A expressão “uso e cobertura do solo” pode ser entendida como sendo a forma pela qual o espaço está sendo ocupado pelo homem (ECKHARDT *et al.*, 2008). Ainda, de acordo com o MapBiomas<sup>14</sup>, o estudo e mapeamento dessas características, revela as transformações do território por meio da ciência e torna acessível o conhecimento sobre a cobertura e o uso da terra, possibilitando a busca da conservação e o manejo sustentável dos recursos naturais, como forma de combate às mudanças climáticas.

Novos dados do MapBiomas revelam que, até 1985, o Brasil já havia perdido 20% de suas áreas naturais. Nos 39 anos seguintes (1985-2023), essa perda se ampliou para mais 13% do território, o que equivale a 110 milhões de hectares, totalizando 33% em 2023. As perdas nesse período recente são alarmantes, representando 33% de toda a transformação causada pela ação humana desde o início da colonização europeia até 2023. Áreas naturais incluem vegetação nativa, superfícies de água e áreas não vegetadas naturais, como praias e dunas. Metade dessa perda (55 milhões de hectares) ocorreu na Amazônia. A rapidez e a extensão da mudança na cobertura e uso do solo são fatores que aumentam o risco climático em todas as regiões do Brasil.

No Vale do Taquari, Rempel *et al.* (2015) classificam o uso e cobertura do solo em 10 classes: Floresta Estacional Decidua, Floresta Ombrófila Mista, Floresta Industrial, Vegetação Secundária, Campos (nativos e antrópicos), Agricultura, Solo Exposto, Água, Áreas Urbanas e banhados.

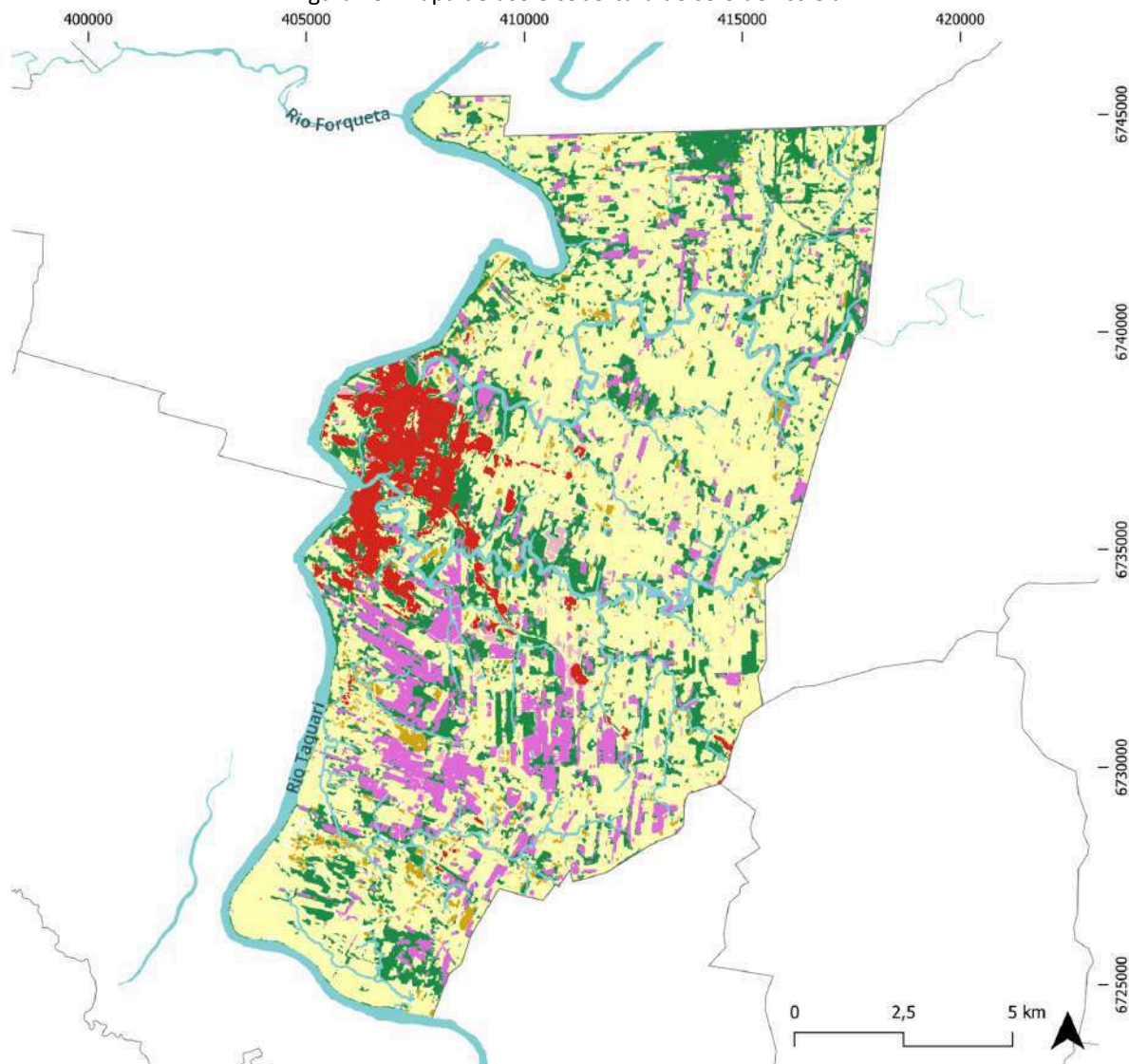
Na figura 23, é apresentado o mapa de uso e cobertura do solo (elaborado com dados do Projeto MapBiomas para o ano de 2022) do município de Estrela. A Agropecuária (71,12%), que engloba a silvicultura e outras classes, em termos de ocupação, abrange mais da metade do território do município, perdendo força próximo à região central da cidade, onde o espaço é mais ocupado por áreas de urbanização (5,61%), resultando na região mais densa da cidade, próxima ao Rio Taquari (que junto com os arroios da cidade compõem o percentual de Água 2,43%). A Vegetação (20,84%) se distribui de forma rarefeita por todo o território, entretanto, aparece de forma mais concentrada ao norte e nas imediações do Arroio Estrela.

---

<sup>14</sup> Disponível em: <https://brasil.mapbiomas.org/>. Acesso em: 12 de ago. de 2024.

De acordo com as classes do Projeto MapBiomas (2022), a Vegetação (Formação Florestal) do município de Estrela pertence ao Bioma Mata Atlântica (Floresta Ombrófila Densa, Aberta e Mista e Floresta Estacional Semi-Decidua, Floresta Estacional Decidua e Formação Pioneira Arbórea). Quanto à Agropecuária - Outras Classes é possível classificar a agricultura como áreas de Pastagem, Lavoura Temporária (Soja e outras lavouras temporárias) e Agropecuária - Silvicultura em espécies arbóreas plantadas para fins comerciais, como por exemplo plantio de pinus e eucalipto. A urbanização (área urbanizada) é definida como áreas com significativa densidade de edificações e vias, incluindo áreas livres de construções e infraestrutura.

Figura 23: Mapa de uso e cobertura do solo de Estrela.



LEGENDA:

Usos e cobertura do solo:

Água

Agropecuária

Agropecuária - Silvicultura

Urbanização

Vegetação

Formação natural não vegetada

Outras áreas não vegetadas

Fonte: Elaborado por Equipe Planejamento Territorial Univates com base nos dados de Uso e Cobertura do Solo do Projeto MapBiomas, para o ano de 2022.

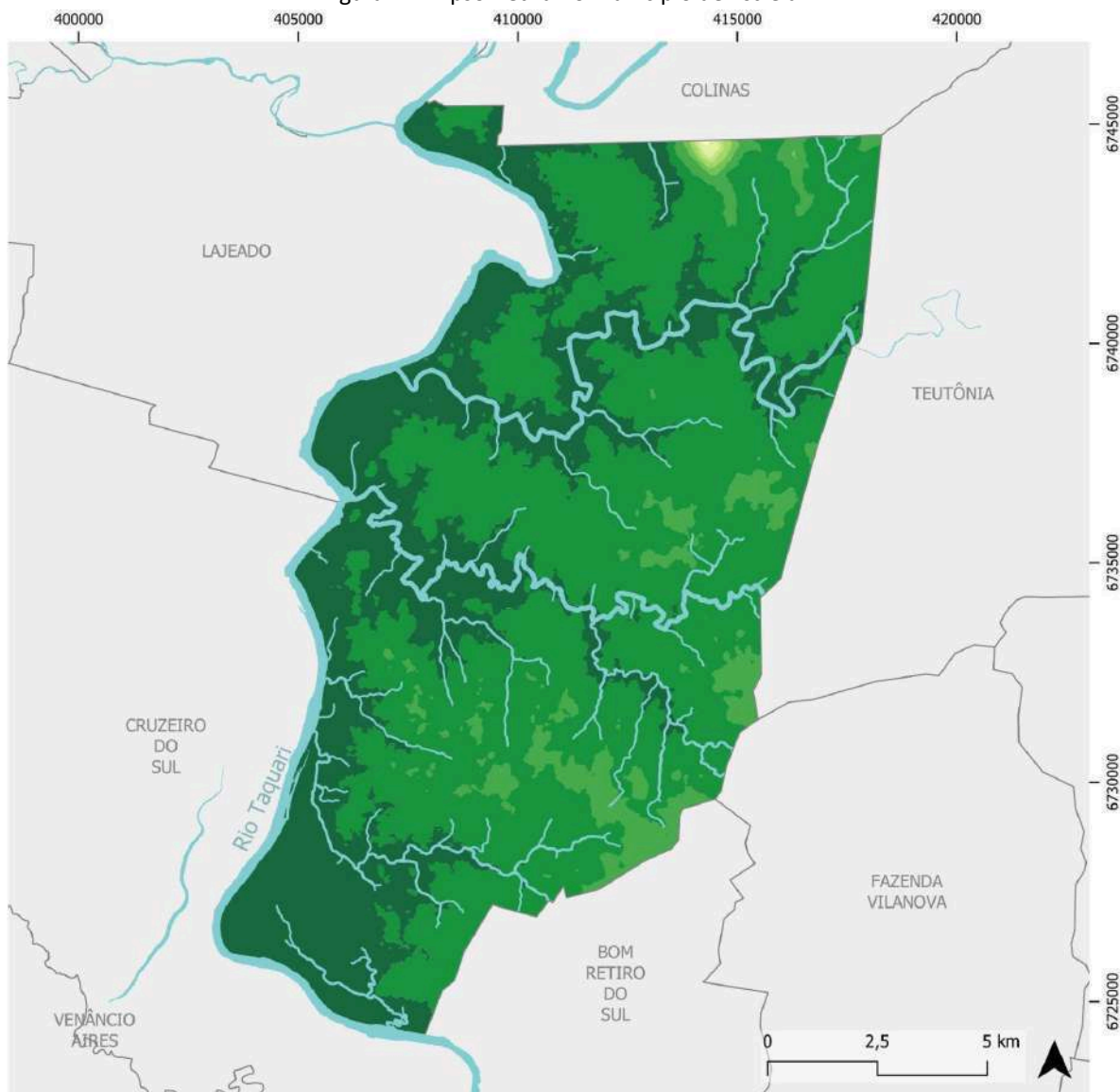
#### **2.4.2.7. Geotecnia**

##### **2.4.2.7.1. Altitudes**

A hipsometria é uma técnica de representação da elevação de um terreno onde geralmente é utilizado um sistema de graduação de cores (ALAGOAS, 2021.). No Vale do Taquari, de acordo com Eckhardt (2005), a cota mais baixa (6 metros) localiza-se no município de Taquari e a cota mais alta (800 metros) no município de Arvorezinha. Eckhardt (2005), divide o Vale do Taquari em três regiões baseado nas classes hipsométricas: a Região Sul, que cobre 30% da área, situa-se entre 0 e 100 metros de altitude; a Região Central, abrangendo 61,78% da área, possui variações altimétricas entre 100 e 600 metros; e a Região Norte, com 8,22% da área, apresenta altitudes que variam entre 600 e 800 metros.

O mapa da figura 24 apresenta a hipsometria no Município de Estrela, com as altitudes classificadas em faixas de 50 em 50 metros, gerada a partir do Modelo Digital de Elevação do satélite Alos Palsar (ALASKA SATELLITE FACILITY, s.d.), de 2011, com resolução espacial de 12,5 metros. As altitudes no Município variam entre 12 e 367 metros. Observa-se, contudo, que as distribuições de altitudes indicam variações muito sutis e graduais, o que levará a formas de relevo pouco acidentadas ao longo da área do município. Os morros são baixos e pouco declivosos, enquanto as menores altitudes podem ser encontradas na porção centro-oeste do Município e nas margens do Rio Taquari.

Figura 24: Hipsometria no município de Estrela.



**LEGENDA:**

**Altitudes**

0 a 50 metros	201 a 250 metros
51 a 100 metros	251 a 300 metros
101 a 150 metros	301 a 350 metros
151 a 200 metros	350 a 400 metros

Fonte: Elaborado por Equipe Planejamento Territorial Univates com base em dados de altitude extraídos do Modelo Digital de Elevação do satélite Alos Palsar.

#### 2.4.2.7.2. Declividades

As declividades representam uma importante condicionante à urbanização. Áreas com declividades baixas e moderadas são passíveis de ocupação enquanto áreas com declividade igual ou superior a 30% são, a princípio, vedadas ao parcelamento do solo,

conforme Art.3º, inc. III da Lei de Parcelamento do Solo - Lei Federal 6.766/1979. Já as áreas com declividade igual ou acima de 45º são consideradas Áreas de Preservação Permanente, conforme Art. 4º, inc. V, do Código Florestal - Lei federal 12.651/2012.

As declividades do Município de Estrela foram geradas a partir do Modelo Digital de Elevação do satélite Alos Palsar (ALASKA SATELLITE FACILITY, s.d.) e classificadas conforme as classes descritas na Tabela 1 e representadas no mapa da Figura 25.

Verifica-se que no Município de Estrela, foi realizada uma análise da distribuição da declividade sobre a área total de 173,916 km<sup>2</sup>, considerando diferentes faixas percentuais de inclinação do terreno. A maior parte do território de Estrela (58,61%) está localizada na faixa de declividade entre 0% e 9,99%, o que indica áreas predominantemente planas ou com inclinação suave. A segunda faixa mais representativa (33,58%) está entre 10% e 19,99% de declividade. Já as áreas com declividade entre 20% e 29,99% representam 6,35% do território, enquanto terrenos com inclinações superiores a 30% abrangem apenas 1,46%. Em declividades superiores a 30%, o uso do solo torna-se mais restrito, demandando práticas específicas de conservação para prevenir processos erosivos. Áreas com inclinações extremas, superiores a 100%, praticamente não estão presentes no município, representando apenas uma fração insignificante (0,0008 km<sup>2</sup>).

Tabela 1: Declividades e percentual de áreas no Município de Estrela.

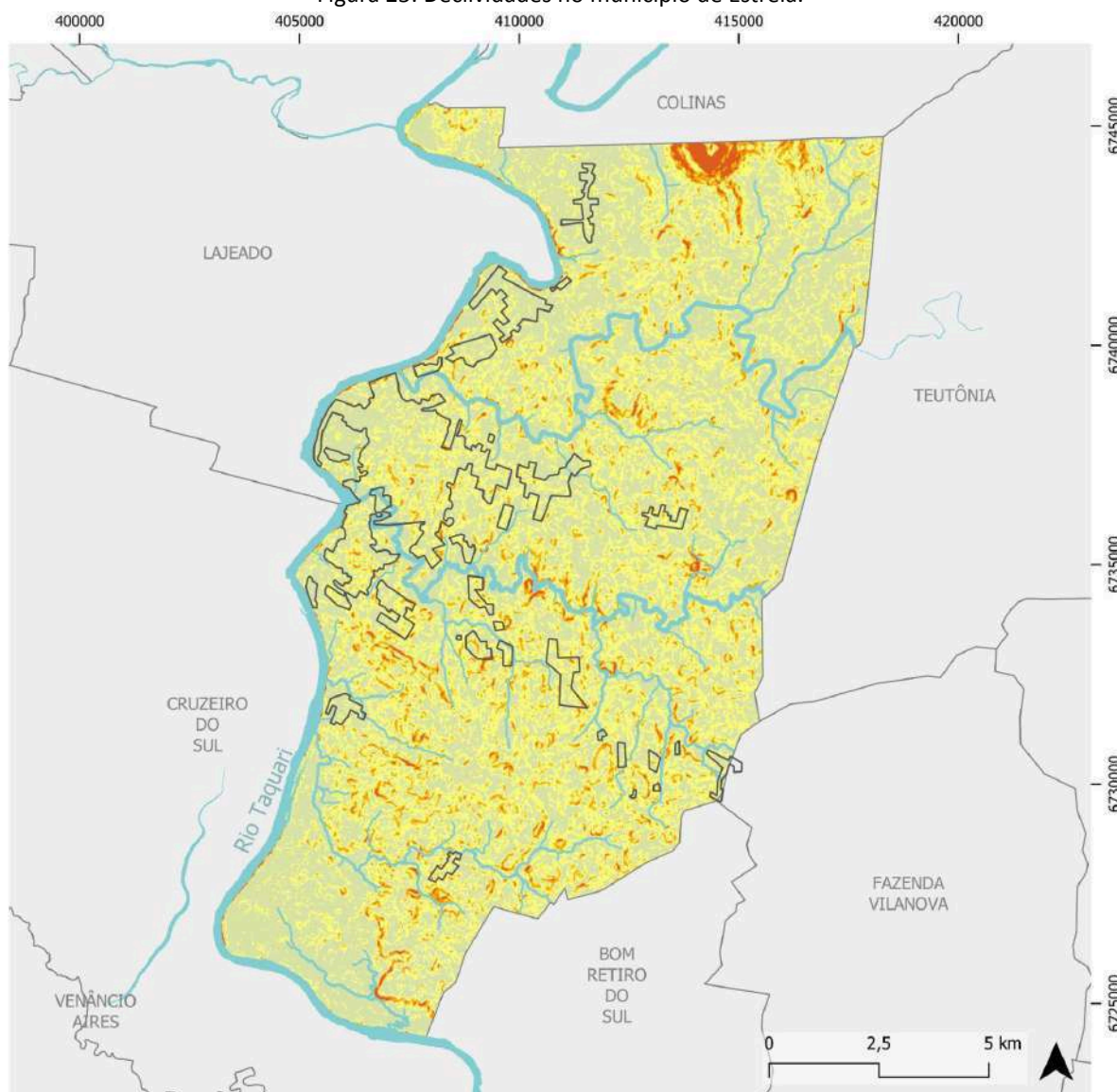
Declividade	Área (km <sup>2</sup> )	Percentual em relação à área total do município (%)
0 a 9,99%	123,99	58,61%
10 a 19,99%	71,04	33,58%
20 a 29,99%	13,44	6,35%
30 a 99,99%	3,09	1,46%
100% ou mais	0,01	0,00%

Fonte: Elaborado pela Equipe Planejamento Territorial Univates.

No mapa da figura 25 a distribuição da declividade em Estrela destaca a importância do planejamento territorial, com vistas à ocupação sustentável das áreas mais inclinadas e ao aproveitamento racional das regiões mais planas, já que o município é bastante plano, representando pouco mais de 90% de todo o território, dentro de uma faixa de 0% a 19,99%. O conhecimento dessas características geomorfológicas permite a elaboração de diretrizes

voltadas ao desenvolvimento urbano e rural, além de auxiliar na mitigação de riscos associados à erosão e à instabilidade do solo. Esse panorama da declividade deve ser integrado aos planos municipais de uso do solo, buscando o equilíbrio entre as atividades econômicas e a preservação ambiental, especialmente nas áreas de maior sensibilidade geomorfológica.

Figura 25: Declividades no município de Estrela.



LEGENDA:

Declividades

- 0 a 10%
- 10 a 20%
- 20 a 30%
- 30 a 100%

Áreas urbanizadas de Estrela

Fonte: Elaborado por Equipe Planejamento Territorial Univates com base em dados de altitude extraídos do Modelo Digital de Elevação do satélite Alos Palsar.

#### **2.4.2.7.3. Características geotécnicas gerais**

Segundo CPRM (2010), os relevos com encostas declivosas, encontrados principalmente nas margens dos vales fluviais mais pronunciados que entalham localmente as adjacências da área de estudo, estão sujeitos à erosão e à ocorrência de movimentos de massa lentos tipo rastejo. Assim, no que diz respeito às características do maciço rochoso, a presença ou não de fendas e fraturas, bem como a sua densidade de ocorrência, pode ser determinante para a estabilização geotécnica das rochas, principalmente em intervenções que pressupõem a execução de taludes de corte. Em porções de maior coesão e textura mais fina das rochas, quando possuírem boa homogeneidade geomecânica horizontal e vertical, principalmente por ausência de fraturamentos, haverá registro de estabilidade mesmo em taludes verticais, além de alta resistência ao corte e à penetração, necessitando o uso de explosivos para desmonte. As rochas apresentam, em geral, boa capacidade de suporte para obras de grande porte. Os solos residuais, por sua vez, apresentam baixa capacidade de carga, mas boa escavabilidade e sujeição à compactação, quando bem desenvolvidos, sendo em geral profundos, bem drenados e com pequeno gradiente textural. Adicionalmente, não é comum oferecerem problemas com relação a fundações, pois se comportam como pré-adensados. Também apresentam resistência natural à erosão devido ao alto grau de floclulação das argilas, homogeneidade estrutural e alta porosidade e permeabilidade, não sendo, contudo, indicada a utilização de sumidouros. Por outro lado, nas áreas de relevo mais íngreme podem ocorrer problemas de escavabilidade devido à existência de depósitos de encosta de composição bastante heterogênea. São áreas com alta suscetibilidade à ocorrência de movimentos de massa como escorregamentos, quedas de blocos e corridas. Os solos nesses casos podem ser rasos, argilosos e com presença de fragmentos de rocha.

Quando próximos ao Rio Taquari e seus principais tributários os terrenos são caracterizados por sua íntima relação com a demarcação de áreas de preservação permanente, sobretudo. Para CPRM (2010), suas características naturais, quando fora das APPs, incluem adequabilidades à ocupação, como boa capacidade de suporte para obras de até médio porte, facilidade de mecanização, baixo potencial erosivo, adaptabilidade para culturas de ciclo curto ou com afinidade ao encharcamento, utilização de areia e cascalho

autóctones para construção civil e baixo custo de exploração das águas superficiais. Por outro lado, como limitações são destacadas a proximidade do lençol freático à superfície, aumentando a vulnerabilidade à contaminação, risco de alagamentos e inundações, possibilidade de desestabilização de estruturas e materiais, além de recalques e rupturas de fundações pela baixa capacidade de suporte dos solos, acidez elevada do solo em locais com presença de turfa (podendo ocasionar corrosão de tubulações, por exemplo) e má drenagem do solo em geral.

Os focos erosivos, quando existentes, devem ser avaliados quanto às características descritas neste item.

#### **2.4.2.8. Áreas de Preservação Permanente**

Conforme definição da Lei n. 12.651/2012, Área de Preservação Permanente - APP é uma área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas (BRASIL, 2024).

No mapa da figura 26 está apresentada de forma complementar, a classificação das Áreas de Preservação Permanente (APP) presentes no Município de Estrela, de acordo com a Lei Federal Nº 12.651, de 25 de maio de 2012, a qual determina em seu Art. 4º as seguintes definições:

I - as faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima de: (Redação dada pela Lei nº 12.727, de 2012).

a) 30 (trinta) metros, para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura;

b) 50 (cinquenta) metros, para os cursos d'água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura;

c) 100 (cem) metros, para os cursos d'água que tenham de 50 (cinquenta) a 200 (duzentos) metros de largura;

d) 200 (duzentos) metros, para os cursos d'água que tenham de 200 (duzentos) a 600 (seiscentos) metros de largura;

e) 500 (quinhentos) metros, para os cursos d'água que tenham largura superior a 600 (seiscentos) metros;

II - as áreas no entorno dos lagos e lagoas naturais, em faixa com largura mínima de:

a) 100 (cem) metros, em zonas rurais, exceto para o corpo d'água com até 20 (vinte) hectares de superfície, cuja faixa marginal será de 50 (cinquenta) metros;

b) 30 (trinta) metros, em zonas urbanas;

- IV - as áreas no entorno das nascentes e dos olhos d'água perenes, qualquer que seja sua situação topográfica, no raio mínimo de 50 (cinquenta) metros;
- V - as encostas ou partes destas com declividade superior a 45° , equivalente a 100% (cem por cento) na linha de maior declive; (BRASIL, 2012)

Conforme as características físicas dos cursos hídricos existentes no município de Estrela, apresentadas na figura 26, as APPs de cursos d'água variam entre 30 e 50 metros. Cabe salientar, que todo curso hídrico tem sua formação por uma ou mais nascentes, as quais também são protegidas por lei, devendo haver no mínimo um raio de 50 metros do olho d'água de APP.

Em Estrela, a maior parte das APPs de curso d'água se enquadram na faixa de APP de 30m, ou seja, de cursos d'água com largura inferior a 10m, porém há exceções. Os arroios Estrela e Boa Vista, por exemplo, possuem larguras entre 10 e 50m, gerando, portanto, APP de 50m. Alguns arroios, afluentes do Rio Taquari, possuem uma variação de suas APPs, por diferentes larguras, onde à jusante, próximo do ponto que deságua no Rio Taquari a largura da calha ultrapassa os 10 metros, assim, enquadrando estes na faixa de 10 a 50 metros, gerando uma APP de 50 metros nestes trechos dos arroios. Esse é o caso do Arroio da Areia. Nos demais trechos, a calha não ultrapassa 10 metros, respeitando assim uma APP de 30 metros.

Já o Taquari, um rio de grande porte, possui largura de aproximadamente 200m, mas existe variação ao longo de seu leito, ora um pouco abaixo dos 200m, ora um pouco acima, o que o enquadraria tanto no critério de APP de 100m (cursos d'água entre 50 e 200m de largura) quanto no critério de APP de 200m (cursos d'água entre 200m e 600m de largura). Embora haja variação, pode-se dizer que há, no Vale do Taquari, dois padrões de largura no Rio Taquari, conforme se constata na base da FEPAM/SEMA (2018) - padrões estes que podem ser verificados a partir de medições em imagem de satélite: a) um trecho que abrange praticamente todo o município de Estrela e se estende em direção aos municípios mais ao sul, em que o Rio Taquari possui largura média ligeiramente acima de 200m; b) um trecho que abrange a porção norte de Estrela e se estende em direção aos municípios mais ao norte, em que o Rio Taquari possui largura média ligeiramente inferior a 200m. Por esse critério de medição, e seguindo o Código Florestal, o Rio Taquari se enquadra em dois tipos de APP, em que devem ser respeitadas faixas marginais de 100m ou de 200m, conforme o trecho (ver figura 26).

Porém, existem exceções quanto aos limites de APP para as áreas consolidadas. As áreas rurais consolidadas são as propriedades que já exerciam sua atividade anterior a 22 de julho de 2008, conforme definido no Art. 61-A da Lei 12.651 25 de maio de 2012:

Art. 61-A. Nas Áreas de Preservação Permanente, é autorizada, exclusivamente, a continuidade das atividades agrossilvipastoris, de ecoturismo e de turismo rural em áreas rurais consolidadas até 22 de julho de 2008. (Incluído pela Lei nº 12.727, de 2012). (Vide ADIN Nº 4.937)(Vide ADC Nº 42)(Vide ADIN Nº 4.902)

§ 1º Para os imóveis rurais com área de até 1 (um) módulo fiscal que possuam áreas consolidadas em Áreas de Preservação Permanente ao longo de cursos d'água naturais, será obrigatória a recomposição das respectivas faixas marginais em 5 (cinco) metros, contados da borda da calha do leito regular, independentemente da largura do curso d'água. (Incluído pela Lei nº 12.727, de 2012).

§ 2º Para os imóveis rurais com área superior a 1 (um) módulo fiscal e de até 2 (dois) módulos fiscais que possuam áreas consolidadas em Áreas de Preservação Permanente ao longo de cursos d'água naturais, será obrigatória a recomposição das respectivas faixas marginais em 8 (oito) metros, contados da borda da calha do leito regular, independentemente da largura do curso d'água. (Incluído pela Lei nº 12.727, de 2012).

§ 3º Para os imóveis rurais com área superior a 2 (dois) módulos fiscais e de até 4 (quatro) módulos fiscais que possuam áreas consolidadas em Áreas de Preservação Permanente ao longo de cursos d'água naturais, será obrigatória a recomposição das respectivas faixas marginais em 15 (quinze) metros, contados da borda da calha do leito regular, independentemente da largura do curso d'água. (Incluído pela Lei nº 12.727, de 2012).

§ 4º Para os imóveis rurais com área superior a 4 (quatro) módulos fiscais que possuam áreas consolidadas em Áreas de Preservação Permanente ao longo de cursos d'água naturais, será obrigatória a recomposição das respectivas faixas marginais: (Incluído pela Lei nº 12.727, de 2012).

Para as definições das áreas urbanas consolidadas, as mesmas devem atender alguns critérios conforme definido no Art. 3º Inc. XXVI da Lei 12.651 de 25 de maio de 2012, na qual apresenta as seguintes definições:

XXVI – área urbana consolidada: aquela que atende os seguintes critérios: (Redação dada pela Lei nº 14.285, de 2021)

a) estar incluída no perímetro urbano ou em zona urbana pelo plano diretor ou por lei municipal específica; (Incluída pela Lei nº 14.285, de 2021)

b) dispor de sistema viário implantado; (Incluída pela Lei nº 14.285, de 2021)

c) estar organizada em quadras e lotes predominantemente edificadas; (Incluída pela Lei nº 14.285, de 2021)

d) apresentar uso predominantemente urbano, caracterizado pela existência de edificações residenciais, comerciais, industriais, institucionais, mistas ou direcionadas à prestação de serviços; (Incluída pela Lei nº 14.285, de 2021)

e) dispor de, no mínimo, 2 (dois) dos seguintes equipamentos de infraestrutura urbana implantados: (Incluída pela Lei nº 14.285, de 2021)

1. drenagem de águas pluviais; (Incluída pela Lei nº 14.285, de 2021)

2. esgotamento sanitário; (Incluída pela Lei nº 14.285, de 2021)

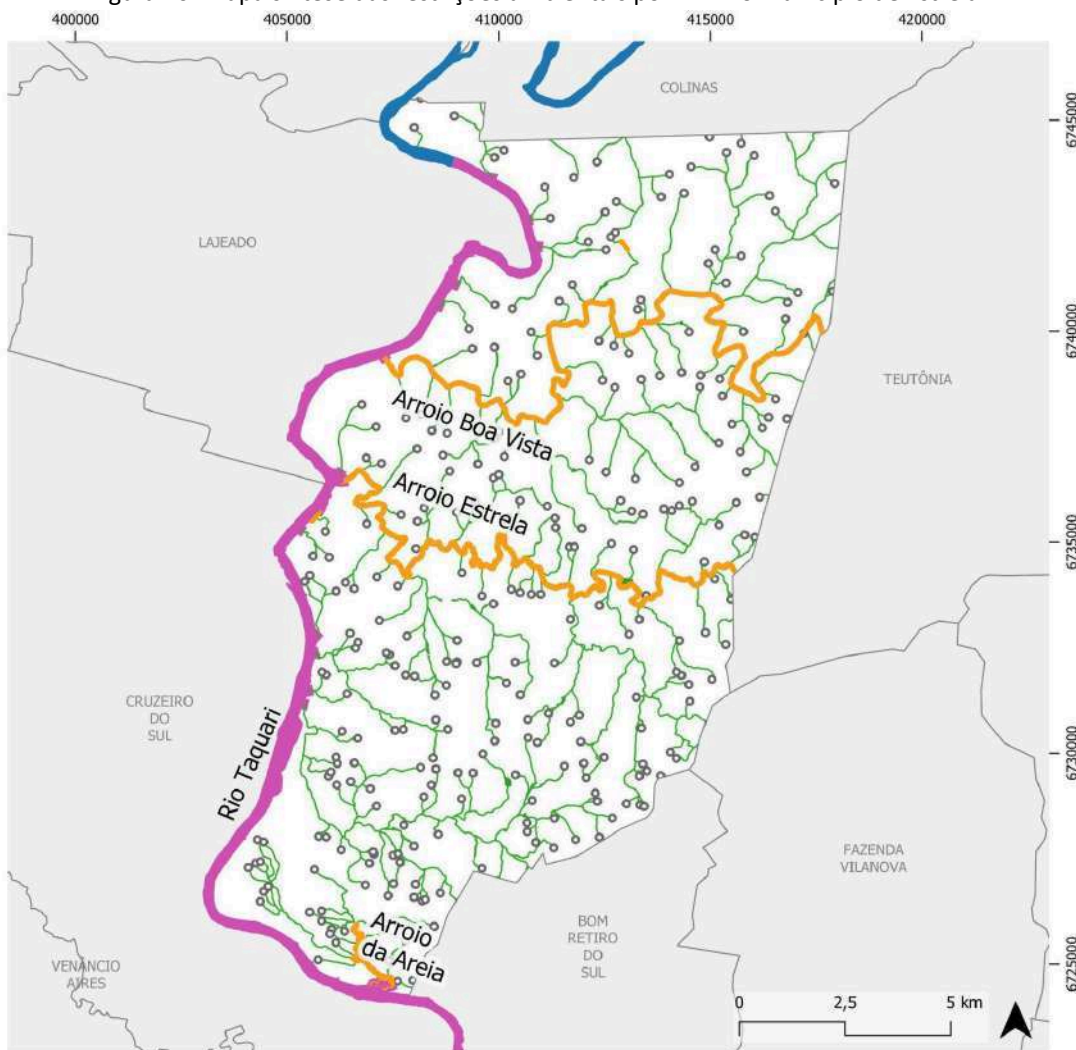
3. abastecimento de água potável; (Incluída pela Lei nº 14.285, de 2021)

4. distribuição de energia elétrica e iluminação pública; e (Incluída pela Lei nº 14.285, de 2021)
5. limpeza urbana, coleta e manejo de resíduos sólidos; (Incluída pela Lei nº 14.285, de 2021)

Quanto aos limites das Áreas de Preservação Permanente (APP) das áreas urbanas, devem ser respeitadas conforme disciplina o Artigo 22 § 5º da Lei nº 11.952, de 25 de junho de 2009:

§ 5º Os limites das áreas de preservação permanente marginais de qualquer curso d'água natural em área urbana serão determinados nos planos diretores e nas leis municipais de uso do solo, ouvidos os conselhos estaduais e municipais de meio ambiente.” (Incluída pela Lei nº 14.285, de 2021)

Figura 26: Mapa síntese das restrições ambientais por APP no município de Estrela.



**LEGENDA:**

APP cursos d'água:

— até 10m (APP 30m)

— 10 - 50m (APP 50m)

— 50 - 200m (APP 100m)

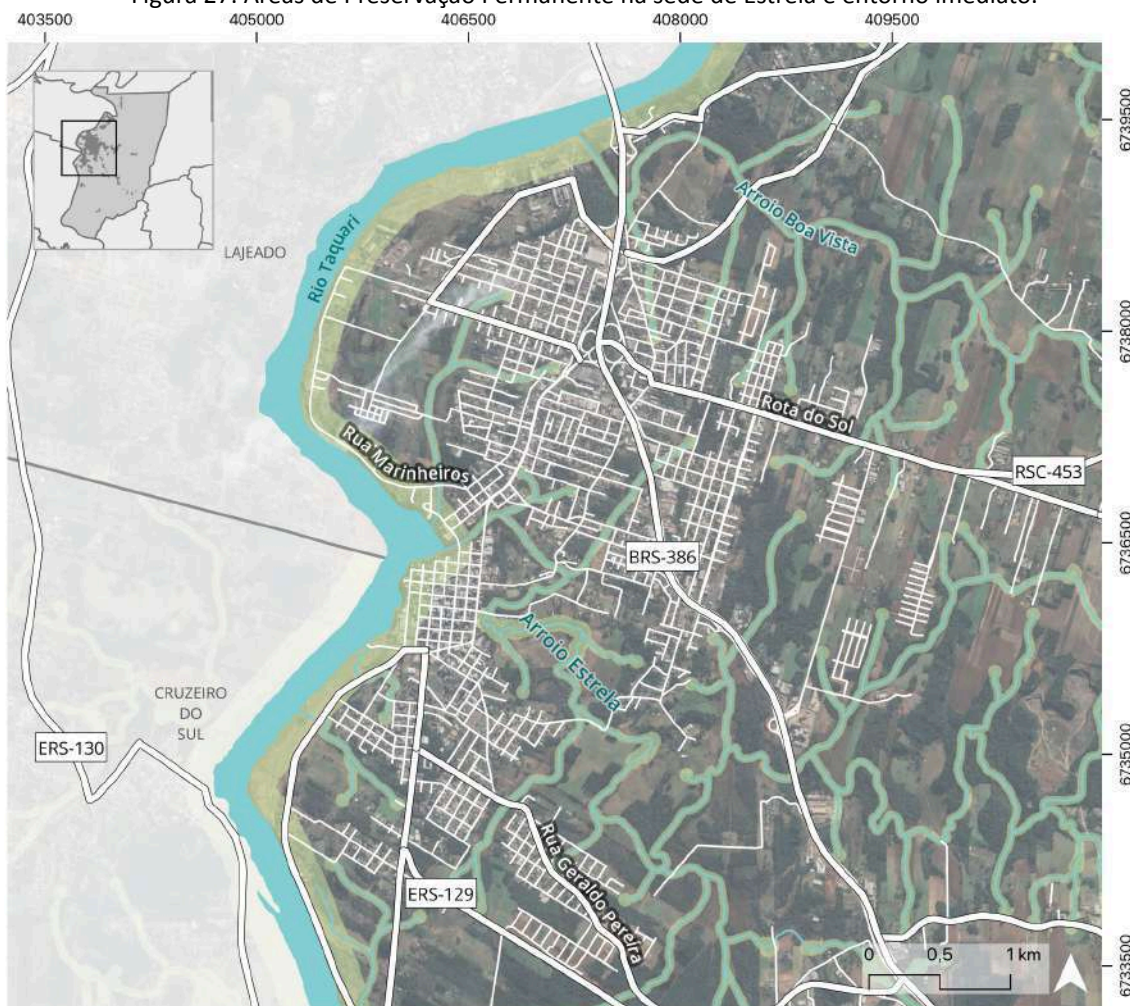
— acima de 200m (APP 200m)

• Nascentes (APP 50m)





Fonte: Elaborado por Equipe Planejamento Territorial Univates com base nos dados de hidrografia da FEPAM/SEMA (2018) e no Código Florestal (Lei 12.651/2012).

Acima, na figura 26 é possível visualizar, de forma esquemática, uma síntese das restrições ambientais por APP identificadas no Município de Estrela, mostrando: a) cursos d'água classificados conforme largura de Área de Preservação Permanente; b) nascentes. Destaca-se que só existem áreas de APP referente cursos hídricos, não foram encontradas áreas com declividade acima de 100%.

Figura 27: Áreas de Preservação Permanente na sede de Estrela e entorno imediato.



LEGENDA:

- |  |  |
|--|--|
|  Áreas de Preservação Permanente (APP de hidrografia e declividade) |  Rodovias |
|  Hidrografia  |  Vias     |

Fonte: Elaborado por Equipe Planejamento Territorial Univates com base nos dados de hidrografia da FEPAM/SEMA (2018) e no Código Florestal (Lei 12.651/2012).

Já no mapa da figura 27 está apresentada uma aproximação com a área urbanizada de Estrela, onde verifica-se as áreas de preservação permanente, já representadas com área e largura que realmente ocupam, e sua relação com a ocupação urbana consolidada do Município.

O item 2 apresentou a caracterização geral do Município de Estrela e, a partir disso, no título a seguir, será apresentado o Zoneamento das áreas de risco para o Município.

### 3. DO ZONEAMENTO DAS ÁREAS DE RISCO

O mapeamento das áreas de risco e os estudos de identificação de ameaças, suscetibilidades, vulnerabilidades e risco de desastre são instrumentos de prevenção e minimização de desastres, de competência de todos os entes federados: União, estados, Distrito Federal e municípios (BRASIL, 2012).

Nesse contexto, a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC) foi instituída pela Lei nº 12.608 de 2012 tendo como uma de suas diretrizes a prioridade às ações preventivas relacionadas à minimização de desastres (art. 4º, inciso III) (BRASIL, 2012).

A lei, em seu artigo 1º traz as seguintes definições:

V - desastre: resultado de evento adverso, de origem natural ou induzido pela ação humana, sobre ecossistemas e populações vulneráveis que causa significativos danos humanos, materiais ou ambientais e prejuízos econômicos e sociais; (Incluído pela Lei nº 14.750, de 2023).

[...]

VII - plano de contingência: conjunto de procedimentos e de ações previsto para prevenir acidente ou desastre específico ou para atender emergência dele decorrente, incluída a definição dos recursos humanos e materiais para prevenção, preparação, resposta e recuperação, elaborado com base em hipóteses de acidente ou desastre, com o objetivo de reduzir o risco de sua ocorrência ou de minimizar seus efeitos; (Incluído pela Lei nº 14.750, de 2023).

VIII - prevenção: ações de planejamento, de ordenamento territorial e de investimento destinadas a reduzir a vulnerabilidade dos ecossistemas e das populações e a evitar a ocorrência de acidentes ou de desastres ou a minimizar sua intensidade, por meio da identificação, do mapeamento e do monitoramento de riscos e da capacitação da sociedade em atividades de proteção e defesa civil, entre outras estabelecidas pelos órgãos do Sinpdec; (Incluído pela Lei nº 14.750, de 2023).

[...]

XIII - risco de desastre: probabilidade de ocorrência de significativos danos sociais, econômicos, materiais ou ambientais decorrentes de evento adverso, de origem natural ou induzido pela ação humana, sobre ecossistemas e populações vulneráveis; (Incluído pela Lei nº 14.750, de 2023).

Pontuando, ainda, em seu artigo segundo, que é dever da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios adotar as medidas necessárias à redução dos riscos de acidentes ou desastres.

Quando se trata, então, de investigar situações de riscos e desastres, algumas informações se destacam por sua relevância na compreensão das dinâmicas territoriais, das transformações no uso e na ocupação do solo e dos impactos ambientais (BRASIL, 2021).

Em complemento, o artigo segundo do Decreto nº 10.692, de 2021 define deslizamentos de grande impacto, inundações bruscas, áreas de risco e plano de contingência, conforme descrito a seguir:

Art. 2º Para fins do disposto neste Decreto, considera-se:

- I - deslizamentos de grande impacto - os movimentos gravitacionais de massa, caracterizados pelo escorregamento de materiais sólidos, solos, rochas, vegetação ou materiais de construção ao longo de terrenos inclinados, com probabilidade de provocar danos humanos e materiais relevantes, além de graves prejuízos econômicos e sociais em decorrência da exposição de comunidades vulneráveis;
- II - inundações bruscas - os transbordamentos de água da calha normal de rios, de lagos e de açudes e o volume de água que escoar na superfície de terrenos caracterizados pela grande magnitude e pela rápida evolução, com probabilidade de provocar danos humanos e materiais relevantes, além de graves prejuízos econômicos e sociais em decorrência da exposição de comunidades vulneráveis;
- III - áreas de risco - as áreas suscetíveis à ocorrência de desastres, caracterizadas pela relevância dos elementos expostos a danos humanos, materiais e prejuízos econômicos e sociais; e
- IV - plano de contingência de proteção e defesa civil - o conjunto de medidas preestabelecidas destinadas a responder a desastres de forma planejada e intersetorialmente articulada, com o objetivo de minimizar os seus efeitos (BRASIL, 2021).

As áreas de risco são, portanto, aquelas áreas suscetíveis à ocorrência de desastres, caracterizadas pela relevância dos elementos expostos a danos humanos, materiais e prejuízos econômicos e sociais.

Os mapeamentos de riscos se configuram, então, como importantes instrumentos de planejamento e prevenção, sendo estratégicos para indicar: suscetibilidade (áreas que apresentam predisposição natural para ocorrência de processos físicos, como uma inundação, que podem se tornar ameaças); aptidão geotécnica à urbanização (as potencialidades e as limitações dos terrenos para sua ocupação urbana com segurança); a setorização e graus de Risco (delimitação dos espaços territoriais sujeitos a riscos e análise da potencialidade de ocorrência por meio dos respectivos graus de risco) (BRASIL, 2021).

No contexto das cidades, envolve essencialmente as questões ambientais, urbanas e sociais, sendo importante considerar todas elas para a compreensão da realidade do município e da região quando do mapeamento das áreas de risco. Neste escopo, as leis vigentes cumprem importante papel de orientação. A seguir, trata-se então da fundamentação legal pertinente ao mapeamento das áreas de risco.

### 3.1. Fundamentação Legal

As inundações e movimentos de massa ocorridos em diferentes localidades no Vale do Taquari representam problemas de ordem ambiental, social e econômica. Embora esses fenômenos na região sejam de ordem natural, os impactos decorrentes são resultados de um modelo de urbanização que tem mostrado falhas ao não considerar de forma efetiva os riscos de desastres naturais, evidenciando a necessidade de uma abordagem integrada no uso e ocupação do solo.

A Lei nº 12.608/2012, que instituiu a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDEC) é um marco importante nesse contexto, ela trouxe alterações ao Estatuto da Cidade, incluindo novos requisitos para os planos diretores dos municípios, incorporando os artigos 42-A e 42-B que exigem a inclusão de diretrizes para a gestão de riscos e desastres nas estratégias urbanísticas e têm o objetivo de assegurar que os planos diretores considerem os riscos de desastres, integrando estratégias de proteção e defesa civil ao planejamento urbano. Visando, com isso, assegurar que as cidades estejam preparadas para lidar com eventos adversos, minimizando os impactos e protegendo a população e o meio ambiente.

Textos legais como a Lei nº 12.608/2012 são um passo importante para enfrentar os desafios das cidades brasileiras frente a desastres naturais, mas é importante que haja uma aplicação prática eficaz e um comprometimento contínuo com a proteção e a segurança das comunidades. Neste sentido, apresenta-se aqui um panorama geral de legislações, planos e estudos pertinentes ao Zoneamento de Áreas de Risco em âmbito federal, estadual e municipal.

Tabela 2: Legislação, Planos e Estudos.

LEGISLAÇÃO, PLANOS E ESTUDOS	
FEDERAL	<ul style="list-style-type: none"><li>• Constituição Federal de 1988;</li></ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Política Nacional do Meio Ambiente (Lei nº 6.938 de 1981);</li> <li>• Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (Lei nº 12.608 de 2012);</li> <li>• Decreto Nº 10.692, de 3 de maio de 2021;</li> <li>• Estatuto da Cidade (Lei 10.257 de 2001);</li> <li>• Nota Técnica nº 1/2023/SADJ-VI/SAM/CC/PR</li> <li>• Lei de Parcelamento do solo urbano (Lei nº 6.766 de 1979);</li> <li>• Código Florestal (Lei nº 12.651 de 2012);</li> <li>• COBRADE - Classificação Brasileira de Desastres (BRASIL, 2017);</li> </ul>
<b>ESTADUAL</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Código Estadual de Meio Ambiente do Rio Grande do Sul (Lei nº 11.520 de 2000);</li> <li>• Código Florestal do Estado do Rio Grande do Sul (Lei nº 9.519 de 1992)</li> <li>• Zoneamento Ecológico-Econômico do Rio Grande do Sul (ZEE-RS)</li> <li>• Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERH/RS)</li> <li>• Reserva da Biosfera da Mata atlântica</li> <li>• Constituição do Estado do Rio Grande do Sul de 3 de outubro de 1989</li> <li>• Lei Estadual de Desenvolvimento Urbano, Lei nº 15.788, de 23 de dezembro de 2021</li> </ul>
<b>REGIONAL</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plano Bacia Hidrográfica Taquari-Antas</li> </ul>
<b>MUNICIPAL<sup>15</sup></b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plano Diretor de Desenvolvimento (Lei Municipal nº 4.314/06);</li> <li>• Plano de Mobilidade (Lei Municipal nº 6.841/16);</li> <li>• Plano Municipal de Saneamento Básico (Lei Municipal nº 7.703/22), que trata da política municipal de saneamento básico);</li> <li>• Lei de Loteamento (Lei Municipal nº 1.621/79);</li> <li>• Código de edificações (Lei Municipal nº 1.622/79);</li> <li>• Código de Posturas (Lei Municipal nº 7.527/2021);</li> <li>• Lei de Licenciamento Ambiental (Lei nº 6.458/14)</li> <li>• Projeto Verde Urbano de Estrela</li> <li>• Relatório de áreas de Risco 2023</li> </ul>

Fonte: Elaborado por Equipe Planejamento Territorial Univates Equipe Planejamento Territorial Univates.

Destaca-se, neste contexto, o artigo 164 da Constituição do Estado do Rio Grande do Sul que trata do papel do Estado, conforme transcrito a seguir:

Art. 164. O Estado manterá programas de prevenção e socorro nos casos de calamidade pública em que a população tenha ameaçado os seus recursos, meios de abastecimento ou de sobrevivência.

<sup>15</sup> Legislação vigente no Município de Estrela.

Parágrafo único. Lei complementar disporá sobre o sistema estadual de Defesa Civil, a decretação e o reconhecimento do estado de calamidade pública, bem como sobre a aplicação dos recursos destinados a atender às despesas extraordinárias decorrentes (RIO GRANDE DO SUL, 1989).

Já da Lei Estadual de Desenvolvimento Urbano, Lei nº 15.788, de 23 de dezembro de 2021, que alterou a Lei nº 10.116, de 23 de março de 1994 (Institui a Lei do Desenvolvimento Urbano), destaca-se o seguinte:

Art. 17. Fica vedado o parcelamento do solo para fins urbanos:

I - em terrenos sujeitos a inundações;

II - em terrenos alagadiços antes de proceder-se à drenagem definitiva e à compactação do solo, atendidas as exigências dos órgãos competentes;

III - em terrenos ou parcelas de terreno com declividade superior a 30% (trinta por cento), salvo se atendidas exigências específicas das autoridades competentes;

[...]

V - em terrenos onde as condições geológicas e hidrológicas não aconselhem a edificação;

VI - em terrenos situados fora do alcance dos serviços públicos de abastecimento de água potável e de energia elétrica, salvo se atendidas as exigências específicas dos órgãos competentes;

VII - nas áreas de preservação permanente, instituídas por lei;

[...] (RIO GRANDE DO SUL, 1994).

E ainda,

Art. 43. São áreas de urbanização restrita aquelas em que se revele conveniente conter os níveis de ocupação, notadamente em função de:

I - vulnerabilidade a alagamento, desmoronamentos ou outras condições adversas;

[...] (RIO GRANDE DO SUL, 1994).

Estes trechos estão diretamente relacionados ao uso e ocupação do solo urbano e estão alinhados com a Lei nº 6.766/79 que regula o Parcelamento do Solo Urbano a nível nacional. Em complemento, a seguir estão destacadas outras leis e políticas federais pertinentes ao tema.

Para as leis municipais em Estrela, é importante citar o conjunto de leis para o desenvolvimento e planejamento territorial: o Plano Diretor de Desenvolvimento (Lei Municipal nº 4.314/06), o Plano de Mobilidade (Lei Municipal nº 6.841/16), o Plano Municipal de Saneamento Básico (Lei Municipal nº 7.703/22), a Lei de Loteamento (Lei Municipal nº 1.621/79), o Código de Edificações (Lei Municipal nº 1.622/79) e o Código de Posturas (Lei Municipal nº 7.527/2021).

Há também, alguns estudos e projetos que são importantes citar: Projeto Verde Urbano que visa implementar Soluções Baseadas na Natureza (SBN) como jardins de chuva,

canteiros pluviais, biovaletas e wetlands flutuantes; e a implementação de um Parque Linear Multifuncional com jardins filtrantes e reservatório de amortecimento de cheias, onde busca-se mitigar os efeitos das inundações, e melhorar a drenagem e a qualidade da água que deságua no Rio Taquari.

Entre alguns estudos, o poder Executivo vem trabalhando em alguns estudos e análises. Entre eles, o relatório sobre áreas de risco de inundações e outros eventos adversos, onde apresenta uma avaliação dos riscos de enchentes e das condições ambientais do município, classificando áreas em médio, alto e muito alto risco para movimentos de massa, enchentes e inundações. A setorização é baseada em dados dos relatórios do CPRM de 2012 e 2020, além de informações coletadas pelo município após eventos climáticos extremos ocorridos em setembro de 2023.

### **3.1.1. Política Nacional de Proteção e Defesa Civil - Lei nº 12.608/12**

A Política Nacional de Proteção e Defesa Civil vem regulada pela Lei nº 12.608/12 e traz como dever da União, Estados e Municípios adotar as medidas necessárias à redução dos riscos de desastre, preventivas e mitigadoras, ainda que incerta seja sua ocorrência (artigo 2.º), integrando-se tais ações com a política de desenvolvimento urbano e demais políticas setoriais (artigo 3.º, parágrafo único). O COBRADE (Classificação Brasileira de Desastres), sistema desenvolvido pelo governo brasileiro para categorizar e sistematizar os diferentes tipos de desastres naturais e antrópicos que podem ocorrer no país. Essa classificação visa facilitar a identificação, monitoramento e gestão dos desastres, além de aprimorar a resposta e a recuperação das comunidades afetadas. Utiliza uma estrutura que organiza os desastres em classes e tipos, promovendo uma abordagem mais eficiente e integrada para a prevenção, mitigação e assistência em situações de emergência. Para fins deste relatório, foram utilizadas nomenclaturas equivalentes ao Cobrade, em especial no que se refere aos fenômenos naturais, grupos Geológico (Movimentos de Massa) e Hidrológico (Inundações, Enxurradas e Alagamentos).

Dentre as relevantes diretrizes desta política, priorizam-se: a adoção de ações preventivas; a adoção da bacia hidrográfica como unidade de análise das ações de prevenção de desastres relacionados a corpos d'água; e o planejamento com base em pesquisas e

estudos sobre áreas de risco e incidência de desastres no território nacional (artigo 4.º) (RIO GRANDE DO SUL, Ministério Público do Estado do Rio Grande do Sul, 2024b).

Ao lado dos Planos de Contingência, a política nacional de proteção e defesa civil promoveu importantes alterações na política de desenvolvimento urbano, concretizada no Estatuto da Cidade, incorporando a ideia de prevenção no planejamento e organização das cidades (RIO GRANDE DO SUL, Ministério Público do Estado do Rio Grande do Sul, 2024b).

A Lei nº 12.608/12 está relacionada diretamente com o Estatuto da Cidade, ao colocar como responsabilidade dos Municípios o dever de constante vigilância pelo controle do uso e ocupação do solo urbano de modo a evitar ou mitigar a exposição da população a riscos de desastres, e de normatização, seja pela obrigatoriedade de elaboração do Plano Diretor, seja pela ampliação do seu conteúdo mínimo (inclusive por ocasião da revisão), ou ainda na necessidade de delimitação dessas áreas na expansão do perímetro urbano, traçando um olhar permanente sobre a redução de riscos de desastres na gestão das cidades, conhecendo suas áreas de risco e definindo as estratégias, de uso do solo, para evitar ou conter ocupações nestes locais (RIO GRANDE DO SUL, Ministério Público do Estado do Rio Grande do Sul, 2024b).

A Lei nº 12.608/12 tem reflexos também em outros instrumentos da política de desenvolvimento urbano, como a Lei nº 6.766/79, Lei do parcelamento do solo urbano, que passa a exigir, para aprovação do projeto de parcelamento nos Municípios inseridos no cadastro nacional com áreas suscetíveis a desastres, o atendimento aos requisitos constantes da carta geotécnica de aptidão à urbanização, sendo igualmente vedada, em quaisquer municípios, a aprovação de projetos em áreas definidas no Plano Diretor ou legislação correlata como não edificáveis (RIO GRANDE DO SUL, Ministério Público do Estado do Rio Grande do Sul, 2024b).

### **3.1.2. Plano Diretor e Estatuto da Cidade - Lei 10.257/01**

O Plano Diretor é um instrumento básico da política de desenvolvimento do município, sendo sua principal finalidade orientar a atuação do poder público e da iniciativa privada na construção dos espaços urbano e rural, na oferta dos serviços públicos essenciais, visando assegurar melhores condições de vida à população. A elaboração do Plano Diretor visa definir objetivos, diretrizes e propostas de intervenção para o desenvolvimento do

município, levando em consideração o Estatuto da Cidade, na garantia do direito à cidade sustentável e da gestão democrática.

O Estatuto da Cidade é a Lei Federal nº 10.257, de 10 de julho de 2001, que estabelece diretrizes gerais para o desenvolvimento urbano no Brasil. Esta legislação visa promover o desenvolvimento das cidades de forma ordenada e sustentável, integrando aspectos sociais, econômicos e ambientais.

O artigo 42-A do Estatuto da Cidade, conforme a Lei nº 12.608/2012, estabelece medidas específicas que devem ser incorporadas ao plano diretor dos municípios listados no cadastro nacional de áreas suscetíveis a desastres, como deslizamentos e inundações. Estas medidas visam a integração de estratégias para a prevenção e mitigação dos riscos associados a esses eventos. O artigo 42-A é detalhado em seis incisos, conforme descrito e comentado a seguir:

I - parâmetros de parcelamento, uso e ocupação do solo, de modo a promover a diversidade de usos e a contribuir para a geração de emprego e renda; (Incluído pela Lei nº 12.608, de 2012);

Os planos devem prever e permitir uma variedade de usos para o solo, como residencial, comercial, industrial e de serviços. A diversidade de usos pode contribuir para a vitalidade econômica e a integração social dos bairros. Assim como, incluir estratégias que favoreçam a criação de empregos e oportunidades econômicas, por meio do desenvolvimento de áreas comerciais e industriais, por exemplo, e de projetos que estimulem a atividade econômica local.

II - mapeamento contendo as áreas suscetíveis à ocorrência de deslizamentos de grande impacto, inundações bruscas ou processos geológicos ou hidrológicos correlatos (Incluído pela Lei nº 12.608, de 2012);

O mapeamento ajuda a direcionar políticas públicas e ações de mitigação, além de auxiliar no planejamento urbano e na gestão de riscos. Esse mapeamento é uma ferramenta fundamental para a gestão de riscos e para a criação de estratégias de prevenção e resposta a desastres.

III - planejamento de ações de intervenção preventiva e realocação de população de áreas de risco de desastre (Incluído pela Lei nº 12.608, de 2012);

O planejamento de ações de intervenção preventiva e realocação de populações de áreas de risco de desastre é um componente essencial para a mitigação e gestão de riscos de

desastres naturais. Este processo envolve várias etapas e estratégias, incluindo a identificação e análise de áreas de risco; desenvolvimento de planos de intervenção preventiva; realocação da população, implementação e monitoramento, e Participação Comunitária.

IV - medidas de drenagem urbana necessárias à prevenção e à mitigação de impactos de desastres (Incluído pela Lei nº 12.608, de 2012);

Medidas de drenagem urbana são essenciais para a prevenção e mitigação dos impactos de desastres relacionados a inundações e outros problemas associados à gestão de águas pluviais. Implementar essas medidas ajuda a minimizar o impacto de desastres relacionados a águas pluviais, reduzindo a probabilidade de inundações e melhorando a resiliência urbana frente a eventos climáticos extremos.

V - diretrizes para a regularização fundiária de assentamentos urbanos irregulares, se houver, observadas a Lei no 11.977, de 7 de julho de 2009, e demais normas federais e estaduais pertinentes, e previsão de áreas para habitação de interesse social por meio da demarcação de zonas especiais de interesse social e de outros instrumentos de política urbana, onde o uso habitacional for permitido (Incluído pela Lei nº 12.608, de 2012);

A regularização fundiária e o planejamento para habitação de interesse social são aspectos críticos na gestão urbana, especialmente em assentamentos urbanos irregulares. Essas diretrizes visam promover a legalização, melhorar as condições de vida e assegurar que o desenvolvimento urbano atenda às necessidades da população de forma sustentável. Implementar essas diretrizes assegura não apenas a legalização dos assentamentos urbanos irregulares, mas também promove a inclusão social e o desenvolvimento urbano ordenado, atendendo às necessidades habitacionais de forma equitativa.

VI - identificação e diretrizes para a preservação e ocupação das áreas verdes municipais, quando for o caso, com vistas à redução da impermeabilização das cidades (Incluído pela Lei nº 12.983, de 2014);

A identificação e preservação das áreas verdes municipais são fundamentais para o planejamento urbano sustentável e a redução da impermeabilização das cidades. As áreas verdes desempenham um papel crucial na gestão das águas pluviais, no controle de temperaturas e na promoção da qualidade de vida urbana. Seguir essas diretrizes ajuda a manter a integridade das áreas verdes, melhorar a gestão das águas pluviais e promover um ambiente urbano mais sustentável e saudável.

Ainda, o Art. 42-B, incluído pela Lei nº 12.608, de 2012 estabelece que ao ampliar o perímetro urbano de um município é necessário elaborar projeto específico, além de seguir as diretrizes do plano diretor, se houver. Essa medida visa garantir que a expansão urbana seja planejada de forma adequada, levando em conta as condições ambientais, sociais e urbanísticas. A lei (projeto específico ou plano diretor) que ampliar o perímetro urbano municipal deve apresentar o conteúdo mínimo expresso nos incisos do art. 42-B do Estatuto da Cidade.

### **3.1.3. Nota Técnica nº 1 de 2023, Secretaria Especial de Articulação e Monitoramento - Secretaria Adjunta VI - Recursos Hídricos**

A nota técnica número 1 de 2023 atualiza os critérios e indicadores para a identificação dos municípios mais suscetíveis à ocorrência de deslizamentos, enxurradas e inundações para serem priorizados nas ações da União em gestão de riscos e de desastres naturais. Utiliza como base os dados históricos de desastres das últimas décadas, mapeamentos atuais e informações do Censo Demográfico 2022, como segue:

- a) Atlas de Desastres e Sistema Integrado de Informações sobre Desastres – S2ID, de 1991 a 2022 (Sedec/MIDR);
- b) Atlas de Vulnerabilidade a Inundações (ANA, 2014);
- c) Base Territorial Estatística de Áreas de Risco – BATER (Cemaden/MCTI – IBGE);
- d) Cartas de Risco Geológico – Setorizações Áreas de Risco Alto e Muito Alto a Movimentos de Massa e Inundações, Escala detalhe 1:2.000 (SGB-CPRM/MME);
- e) Dados de dias com chuvas superiores a 50 mm em todos os municípios do Brasil, período de 1981-2022 (Cemaden/MCTI)
- f) Dados de Adaptação à Mudança do Clima (SMC/MMA);
- g) Dados relativos aos Planos Municipais de Risco (SNP/MCID);
- h) Dados relativos aos planos municipais de drenagem e saneamento básico, (SNSA/MCID);
- i) Informações do Censo 2022 – nome do município, nome do estado, código de identificação e população total (IBGE, 2022).
- j) Municípios monitorados para inundações ribeirinhas (SGB-CPRM/MME);
- l) Municípios monitorados para movimento de massa e processos hidrológicos (Cemaden/MCTI); e
- m) Municípios apoiados com obras do PAC e seus respectivos valores para macrodrenagem e contenção de encostas (MCID)(BRASIL, 2023).

Considerando esta base de dados, a nota estabelece os indicadores mais relevantes para a identificação dos municípios mais suscetíveis, como segue:

- a) lista de municípios críticos de 2012;
- b) registro de óbitos entre 1991 e 2022;
- c) registros de eventos entre 1991 e 2022;
- d) desalojados ou desabrigados no período de 1991 a 2022;
- e) estimativa de população em áreas mapeadas com riscos geo-hidrológicos;
- f) vulnerabilidade a inundações (ANA, 2014);
- g) dias de chuvas acima de 50 mm, de 1981 a 2022 (BRASIL, 2023).

A partir disso, no anexo 1 da nota, consta a lista dos 1.942 municípios brasileiros mais suscetíveis a ocorrências de deslizamentos, enxurradas e inundações para serem priorizados nas ações da União em gestão de risco e de desastres naturais, onde encontram-se listados os Municípios de Arroio do Meio, Colinas, Cruzeiro do Sul, Encantado, Estrela, Muçum e Roca Sales. Os tipos de riscos identificados em cada um deles são: Encantado - Deslizamento, Enxurrada e Inundação; Roca Sales - enxurrada e inundação; Muçum – deslizamento, enxurrada e inundação; Estrela – enxurrada e inundação; Cruzeiro do Sul - deslizamento, enxurrada e inundação; Colinas: Enxurrada e Inundação; e Arroio do Meio – enxurrada e inundação.

Com base no diagnóstico físico e eventos extremos recentes vivenciados na região do Vale do Taquari, com registros de enxurradas, inundações e deslizamentos, a seguir estão apresentados o mapeamento das áreas suscetíveis à ocorrência de inundações e movimentos de massa para o município de Estrela.

### **3.2. Áreas suscetíveis à fenômenos naturais e zoneamento de riscos**

O zoneamento de áreas de risco de inundações, bem como de movimentos de massa, é uma medida não-estrutural que permite reduzir os impactos de cheias fluviais e deslizamentos através do disciplinamento do uso do solo. Para tal, se faz necessário compreender quais são as áreas suscetíveis e a tipologia do fenômeno natural incidente nestas áreas, passos estes preliminares à etapa da determinação das zonas de risco.

#### **3.2.1. Áreas suscetíveis a inundações**

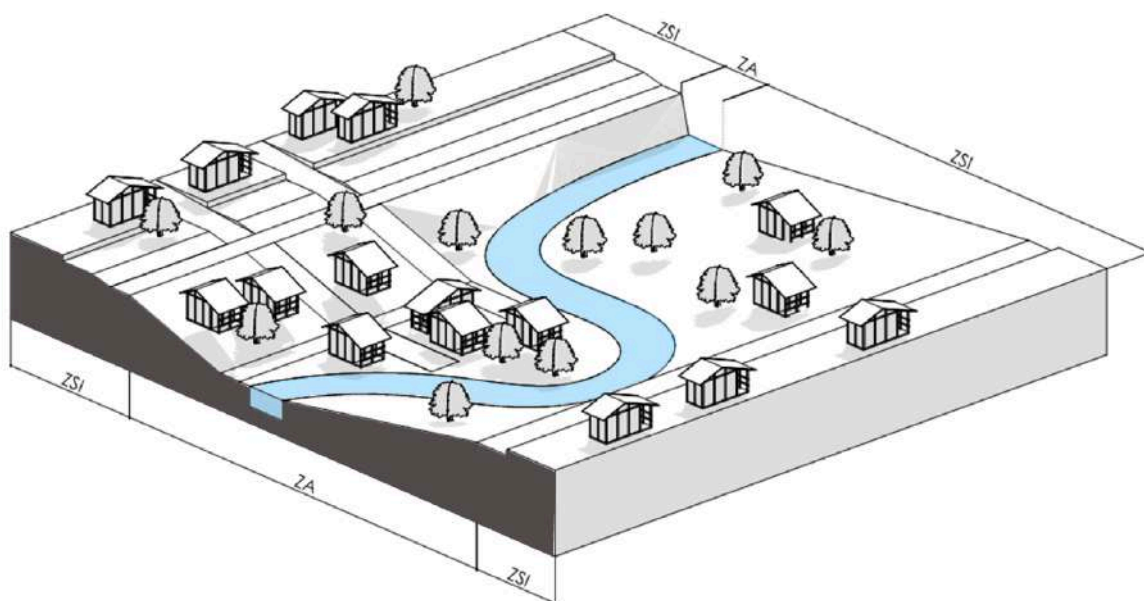
No que tange o zoneamento de risco para áreas suscetíveis à inundações, faz-se necessário destacar que em locais com ocorrência frequente destes fenômenos, o

zoneamento deve considerar diferentes magnitudes de inundação, das mais frequentes às inundações raras. A **ZSI (Zona de Suscetibilidade à Inundação)** é uma área que apresenta maior risco de alagamentos devido a fatores como topografia, uso do solo, tipo de solo e condições climáticas. A metodologia utilizada para espacializar esta mancha será descrita abaixo.

Ao analisar a região de inserção do presente projeto, se faz necessário avaliar os mecanismos físicos singulares da região. Nesse sentido, ao observar o conjunto de características físicas da Bacia Hidrográfica do Taquari-Antas e a localização do Vale do Taquari na porção média-baixa da bacia, é observado que, com a ocorrência de chuvas intensas e volumosas, resultam enxurradas. Esse tipo de fenômeno tem acentuadas características de velocidade e energia de escoamento da água, gerando um efeito de arraste em algumas áreas que se propagam, onde os maiores impactos ocorrem meandros erosivos do recurso fluvial. Desta forma, para a região do Vale do Taquari, também faz-se necessário trabalhar com a segmentação de Zoneamento de Arraste.

Logo, as **Zonas de Arraste (ZA)** são áreas adjacentes às margens erosivas de zonas meândricas, ou seja, regiões de ocorrência de curvas acentuadas. Nas Zonas de Arraste, quando da ocorrência de enxurradas, ocorre a desfragmentação da paisagem que compõe a linha de corte do fenômeno.

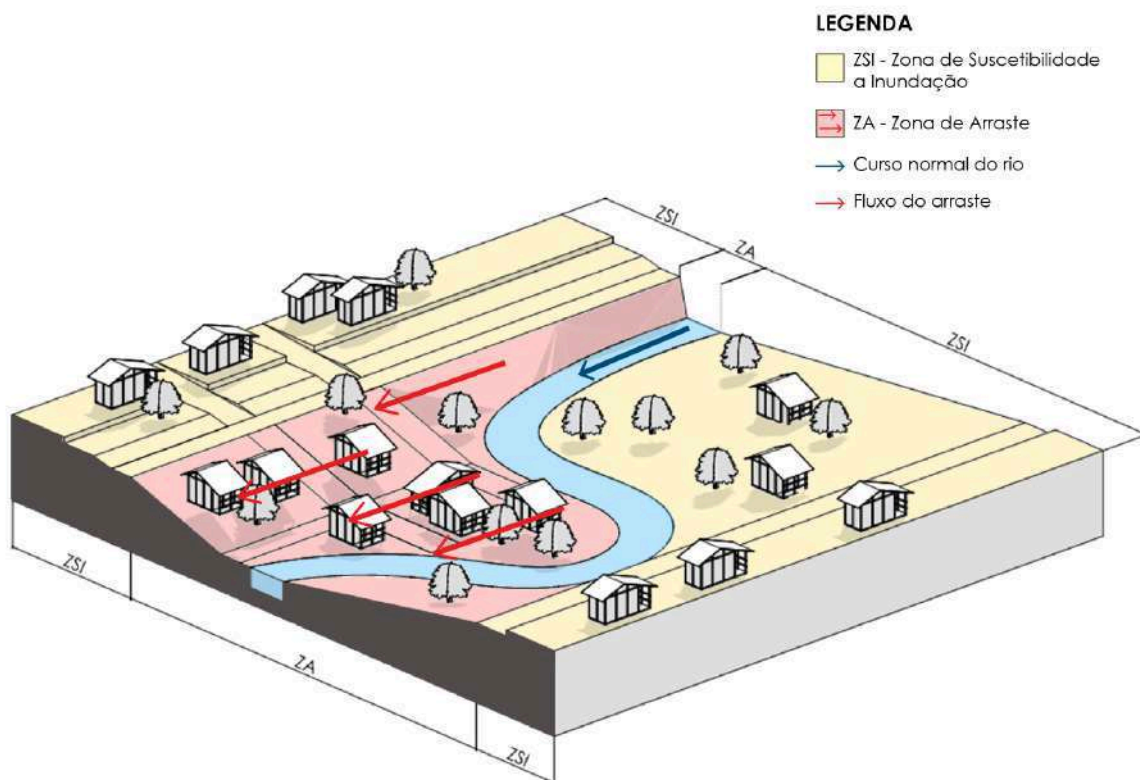
Figura 28: Situação das áreas inundáveis.



Fonte: Elaborado por Equipe Planejamento Territorial Univates.

Na figura 28, é possível visualizar uma simulação do perfil das áreas inundáveis em um ambiente urbano e na figura 29 pode-se identificar a espacialização da Zona de Suscetibilidade a Inundação (ZSI) em amarelo, que abrange toda a área inundável; e da Zona de Arraste (ZA), em vermelho, que é uma área inserida na área inundável, e é onde ocorre a desfragmentação da paisagem.

Figura 29: Zoneamento de tipos de risco para áreas suscetíveis à inundação.



Fonte: Elaborado por Equipe Planejamento Territorial Univates.

Para a composição do mapeamento das zonas de risco em regiões mais declivosas como a Bacia Taquari-Antas, diferentes dados devem ser levantados. Para a ZSI, por exemplo, se faz necessário o estudo estatístico das máximas históricas de inundações de uma série confiável de pelo menos 30 anos de dados, associadas há uma revisão aprofundada e comparativa da diferença de topologias existentes entre dados, considerando montante e jusante dos pontos de leitura das cotas máximas. Além disso, se faz necessário a validação de dados de campo e, devido ao tempo que demanda este tipo de análises, esses resultados estão em fase de estruturação para avanço e entregas a posterior. Apesar disso, para a presente etapa foi modelada a mancha de inundação referente a cheia de 02 de maio de 2024, conforme descrito a seguir.

### **3.2.1.1. Metodologia para identificação das zonas preliminares de arraste e áreas com suscetibilidade à inundação**

A seguir, são apresentadas as etapas metodológicas para a modelagem das áreas inundáveis.

#### **Equipamentos, materiais e *softwares***

Para a execução da modelagem e das simulações foram utilizados dados de vazão, níveis, condições de contorno, batimetria, topobatimetria (seções que integram a batimetria do canal com a topografia da planície de inundação) para todas as seções transversais, parâmetro de atrito (coeficiente de rugosidade) em cada seção transversal e um MDE no pós-processamento para o espreado da inundação em um plano 2D. As seções topobatimétricas utilizadas no estudo foram obtidas a partir do projeto Taquari Antas, desenvolvido pelo IPH-UFRGS e Univates em 2015. Cabe destacar que variações das condições hidráulicas podem ocorrer devido às mudanças de declividade do fundo do canal, presença de pontes, ilhas e obstruções; alargamentos ou estreitamentos da seção transversal, dentre outros motivos (MONTE *et al*, 2016).

#### **Configurações do modelo hidrológico**

No *software* de modelagem hidrodinâmica HEC-RAS, a simulação da propagação do escoamento pode ser realizada considerando o fluxo em 1D e 2D. No fluxo 1D, o HEC-RAS permite que o regime de escoamento ocorra em regime permanente ou não permanente. Em 2D somente é possível realizar as simulações em regime não permanente. Em cada um desses casos, o HEC-RAS aplica diferentes equações matemáticas para obtenção dos resultados. No presente estudo, a modelagem foi realizada com fluxo 1D, em regime de escoamento permanente e não permanente. Esta ferramenta possibilita a análise da influência da obstrução do fluxo na margem (representando a ocupação do solo), observando tanto a largura quanto a elevação da linha d'água em cada seção transversal, permitindo a simulação das áreas de maior e menor risco.

#### **Modelagem hidrodinâmica**

A execução da modelagem hidrodinâmica com fluxo não permanente 2D para a cidade de Estrela foi realizada com base no manual hidráulico do HEC-RAS (USACE-RAS, 2016b). A primeira etapa da modelagem envolveu a inserção dos dados de entrada no modelo (DEM, declividade do canal, rugosidade, batimetria, seções transversais, infraestruturas, vazão, entre outras), utilizando os valores máximos de vazões obtidos por diferentes estações fluviométricas ao longo do rio Taquari para calibração do modelo. Os resultados foram avaliados através das simulações das lâminas de inundação, além do uso de imagens de satélite como Planet e Sentinel para validação da mancha de inundação.

Um dos parâmetros essenciais para a modelagem hidrodinâmica é o ajuste do coeficiente de rugosidade de Manning ( $n$ ). Inicialmente, foram considerados os valores definidos por Chow (1959), sendo 0,04 para o canal principal dos cursos de água naturais e 0,3 para margens dos cursos de água no modelo. Após uma etapa de calibração manual, buscando a melhor representação das variações das características de uso do solo em Estrela, foram definidos os valores de 0,03 para o canal principal e 0,2 para as margens.

#### **Condição de contorno de montante**

Para os eventos de inundações simulados na primeira etapa de modelagem 2D, foram considerados os dados de vazão arbitrados com base nos valores máximos de vazão das estações localizadas a montante, na seção de Muçum.

#### **Condições de contorno de jusante**

Para os eventos de inundações simulados nesta primeira etapa da modelagem, a condição de jusante inserida foi a declividade da linha de energia, igualada à declividade do fundo do canal do rio Taquari. Foi utilizado um valor de declividade de  $0,0003 \text{ m.m}^{-1}$ , obtido através dos dados disponibilizados pelas seções topobatimétricas utilizadas nesse estudo até a região da barragem eclusa de Bom Retiro do Sul (AGROSIG; FEENG, 2016).

#### **Modelo Digital de Terreno (MDT) e Topobatimetria**

Para a representação da superfície na modelagem hidrodinâmica, foi utilizado o Modelo Digital de Terreno (MDT) ANADEM (LAIPÉL et al., 2024) desenvolvido pela Agência Nacional de Águas (ANA) em parceria com o Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH). O MDT remove o efeito da vegetação a partir do produto Copernicus GLO DEM, com resolução

espacial de 30 metros, disponibilizado pela Agência Espacial Europeia (ESA). Além disso, foi realizado um ajuste nos valores de elevação do canal principal do MDT com dados de topobatimetria disponíveis, para melhorar a representação do escoamento ao longo do trecho do rio simulado.

Adicionalmente, os resultados do modelo foram comparados com informações obtidas de manchas de inundação registradas por imagens de satélite, visando uma delimitação mais precisa da cota máxima da mancha de inundação de 02 de maio de 2024.

### **Definição das Zonas preliminares de Arraste**

Para a determinação das Zonas de Arraste, são cruzados um conjunto de variáveis. Dentre essas variáveis, as condições meândricas, considerando flancos de erosão e sedimentação da calha principal, declividade e, foram cruzados os mapeamentos por conjuntos da região.

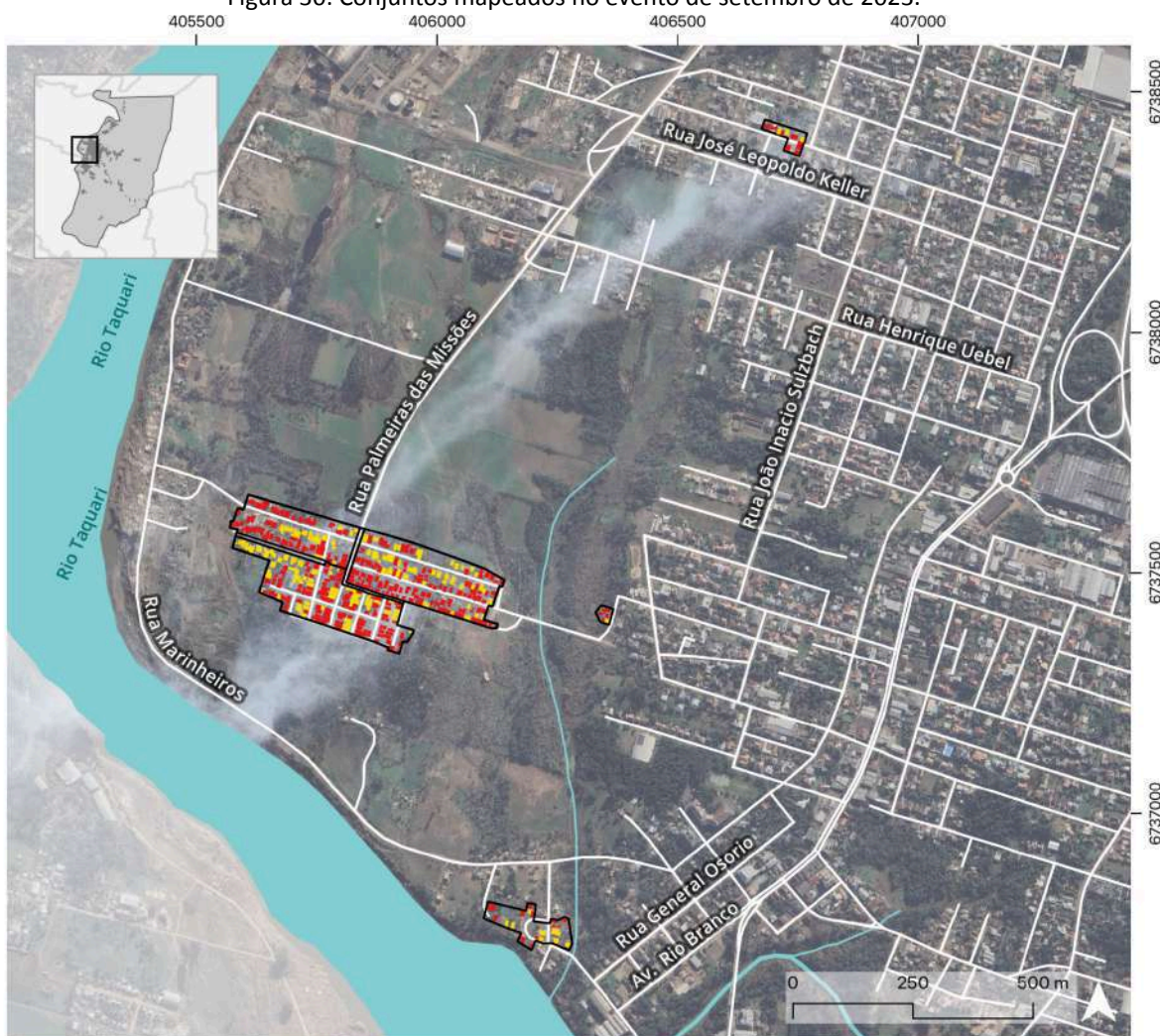
O mapeamento de conjunto é uma metodologia utilizada para elaboração de material gráfico para compor Planos de Trabalho orientados pela portaria 998 de 5 de abril de 2022, do Ministério do Desenvolvimento Regional/Gabinete do Ministro (BRASIL, 2022). Esses planos são cadastrados para solicitação de recursos, junto ao governo federal, para novas unidades habitacionais, as quais, se aprovado plano de trabalho, devem ser implementadas em áreas sem risco. Os planos de trabalho devem apresentar os danos relacionados à habitação, classificando as unidades habitacionais atingidas em destruídas, interditadas ou adjacentes. A proposição de uma intervenção de baixo custo para o local atingido, que tem por objetivo evitar a reincidência de habitações nesse local, deve ser encaminhada junto ao mapeamento. Esse mapeamento contempla imagens de satélite anteriores ao evento e ortomosaicos registrados após o evento, sobre os quais devem estar mapeadas e identificadas as unidades habitacionais georreferenciadas.

A SEDUR e a Univates, em apoio aos municípios atingidos pelas cheias nos eventos climáticos de setembro de 2023 e maio de 2024, realizaram o mapeamento de conjuntos em diversos municípios gaúchos. Em Estrela foram mapeados 6 conjuntos, entretanto, ressalta-se que nem todos estão em áreas caracterizadas como zonas preliminares de

arraste, uma vez que essas áreas foram sobrepostas aos dados que são apresentados no decorrer desta seção.

O mapa a seguir, apresentado na figura 30, ilustra os conjuntos atingidos pelo evento de setembro de 2023, mapeados na sede urbana de Estrela. Observa-se uma concentração a leste do município, próximo a margem do Rio Taquari, no Bairro Moinhos, no ponto em que o território forma uma curva junto ao rio, onde diversas edificações foram destruídas, conforme representado na figura 37 deste relatório.

Figura 30: Conjuntos mapeados no evento de setembro de 2023.



LEGENDA:

Edificações atingidas (set/2023)

■ Edificações destruídas

■ Edificações adjacentes

□ Conjuntos para intervenção de baixo custo

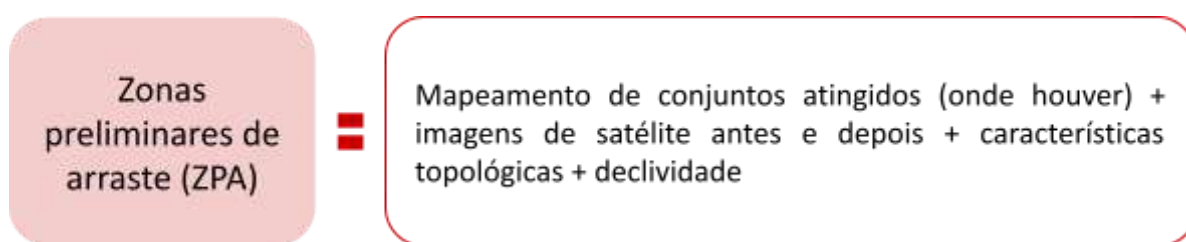
— Vias

— Hidrografia

Fonte: Elaborado por Equipe Planejamento Territorial Univates com base no mapeamento de conjuntos realizado em setembro de 2023.

Logo, para a definição das zonas de arraste, foram realizada análises por meio de imagens de satélite anteriores e após os eventos de setembro de 2023 e ortomosaicos coletados após os eventos, bem como, associadas a características topológicas meândricas, de declividade e condições das estruturas danificadas (edificações destruídas e danificadas observadas nos mapeamentos de conjunto), sendo geradas dessa forma, as zonas preliminares de arraste (ZPA). Destaca-se que a variável de maior relevância, são as variáveis meândricas, pois nessas regiões, a maior tendência é a ocorrência de fluxos contínuos, de maior velocidade de escoamento, gerados a partir de precipitações intensas e/ou volumosas.

Figura 31: Composição das zonas preliminares de arraste.



Fonte: Elaborado por Equipe de Planejamento Territorial Univates com base em metodologia descrita neste relatório.

Para definição das zonas definitivas de arraste, os dados acima devem ser cruzados com a modelagem hidrodinâmica, que ilustrará a velocidade atingida, evidenciando em caráter mais aproximado a caracterização do arraste.

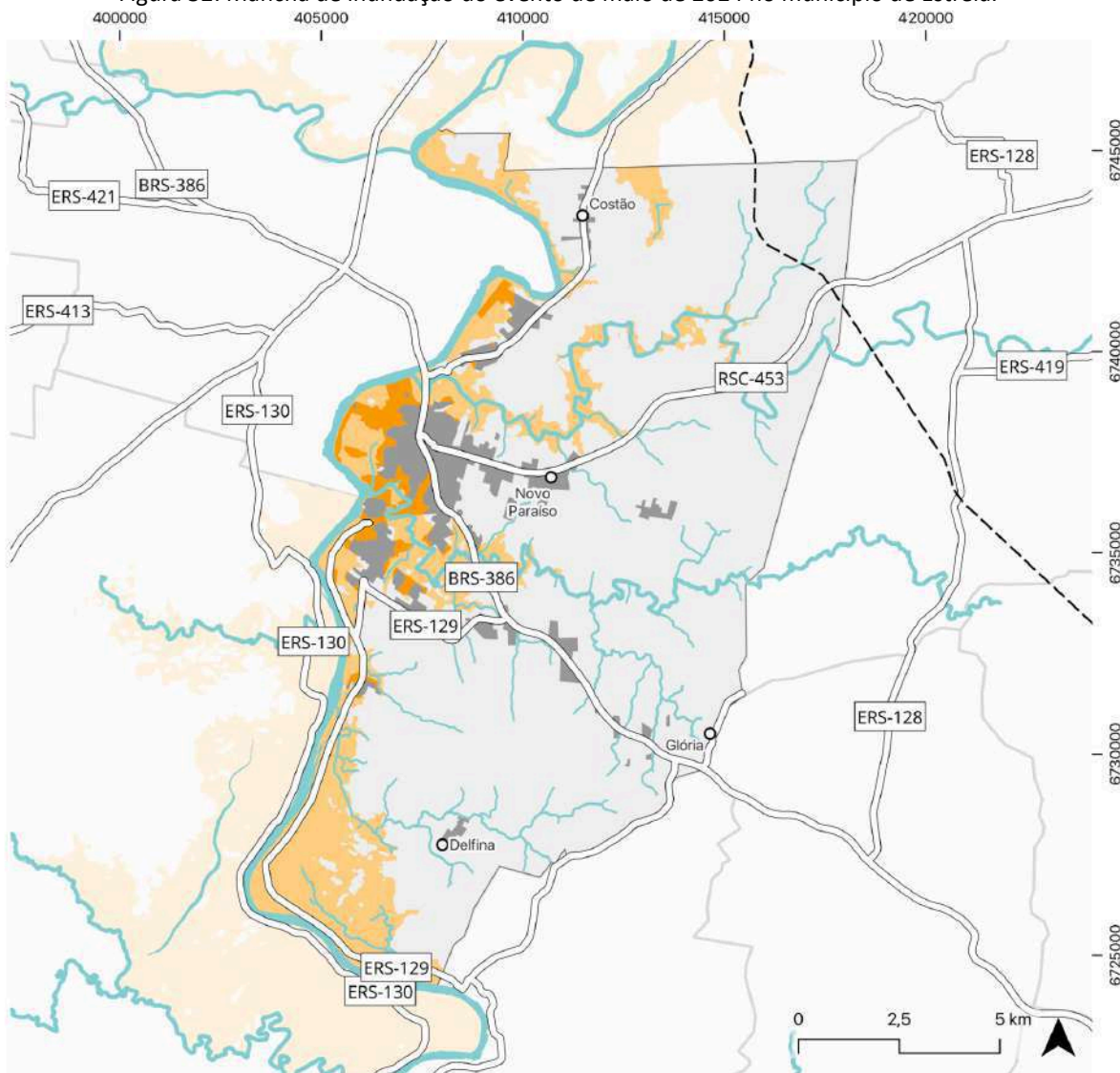
### 3.2.1.2. Áreas com Suscetibilidade à Inundação - Estrela

No mapa da Figura 32, está apresentada a mancha de inundação referente ao evento de maio de 2024 no Município de Estrela, onde é possível verificar que algumas áreas urbanizadas da sede do município, uma parte do entorno da BR 386 e um ponto da região norte, onde segue para a localidade de Costão, sinalizados em laranja, foram afetados.

Adicionalmente, é possível observar, ainda na figura 32, que as áreas de inundação no município se estendem por toda a região da sede e por boa parte das imediações da BR 386 e da ERS 129, o que compromete acessos importantes não somente ao município em questão, mas aos arredores, como áreas rurais e outras cidades. Ainda ao norte,

representado na figura 38, estão as edificações atingidas no Bairro das Indústrias no entorno do Arroio Boa Vista. Também ao sul, são observados outros pontos de inundação conforme o evento de maio de 2024 e representado na figura 37, no bairro Moinhos.

Figura 32: Mancha de inundação do evento de maio de 2024 no município de Estrela.



LEGENDA:

- |  |                                 |
|--|---------------------------------|
| ■ Áreas urbanizadas                                  | — Rodovias estaduais e federais |
| ■ Suscetibilidade à inundação                        | -- Ferrovias                    |
| ■ Área urbanizada diretamente afetada pela inundação | ■ Hidrografia                   |
| ○ Núcleos urbanos isolados                           |                                 |

Fonte: Elaborado por Equipe Planejamento Territorial Univates com base na mancha de inundação elaborada a partir de metodologia descrita no presente relatório.

O município teve 5,26% do total da sua área inundada; quando considerada somente a área urbana, 26,63% do total foi inundada<sup>16</sup>, conforme apresentado na tabela 3, a seguir. Esses percentuais foram obtidos cruzando a mancha de inundação de maio de 2024 com a área dos setores censitários considerados urbanos pelo IBGE em 2010.

Tabela 3: Percentual de áreas inundadas em Estrela.

Área total (km²)	Área total inundada (km²)	Área urbana (km²) (IBGE, 2010)	Área urbana inundada (km²)	Percentual de área inundada (total)	Percentual de área inundada (urbana)
184,91	9,72	7,64	28,68	5,26%	26,63%

Fonte: Elaborado pela Equipe Planejamento Territorial Univates com base em IBGE 2010<sup>17</sup>.

Ainda, nas tabelas 4 e 5, é possível observar que 23,77% dos endereços do Município cadastrados no Cadastro Nacional de Endereços para Fins Estatísticos - CNEFE (IBGE, 2022)<sup>18</sup> foram atingidos, ou seja, 4.307 de um total de 18.116 endereços cadastrados. Os números apresentados nas tabelas 4 e 5 foram obtidos a partir do cruzamento da mancha de inundação de maio de 2024, modelada conforme metodologia descrita no presente relatório, com a base georreferenciada de endereços do CNEFE divulgados pelo IBGE para o ano de 2022.

Tabela 4: Percentual de endereços inundados em Estrela.

Percentual de endereços inundados conforme o uso (IBGE, 2022)	
Espécie de endereço	Estrela
Domicílio particular	24,56%
Domicílio coletivo	0
Estabelecimento agropecuário	7,95%
Estabelecimento de ensino	22,73%
Estabelecimento de saúde	22,73%
Estabelecimento de outras finalidades	24,58%

<sup>16</sup> Para o cômputo das áreas foi utilizada a malha de setores censitários do Censo 2010 (IBGE, 2010), tendo em vista que o Censo 2022 não havia divulgado até o fechamento deste relatório a classificação dos setores em urbano e rural.

<sup>17</sup> Para fins de cálculo foram utilizados os setores censitários do Censo 2010, tendo em vista que o Censo 2022 não havia divulgado até o fechamento deste relatório a classificação dos setores em urbano e rural.

<sup>18</sup> O Cadastro Nacional de Endereços para Fins Estatísticos - CNEFE é uma base de dados de abrangência nacional criada em 2005. Esse cadastro contempla endereços georreferenciados de domicílios e estabelecimentos de todo o país. Na atividade do CNEFE, endereços distribuídos por todo o território brasileiro são registrados tanto nas áreas urbanas quanto nas áreas rurais. Nessas áreas, o IBGE atualiza endereços localizados em áreas regulares e consolidadas, bem como em áreas de expansão urbana e de difícil acesso, onde o registro de endereços tende a ser frágil e não formalizado (IBGE).

Edificação em construção ou reforma	24,50%
Estabelecimento religioso	37,84%
<b>Total</b>	<b>23,77%</b>

Fonte: Elaborado por Equipe Planejamento Territorial Univates com base no CNEFE (IBGE, 2022).

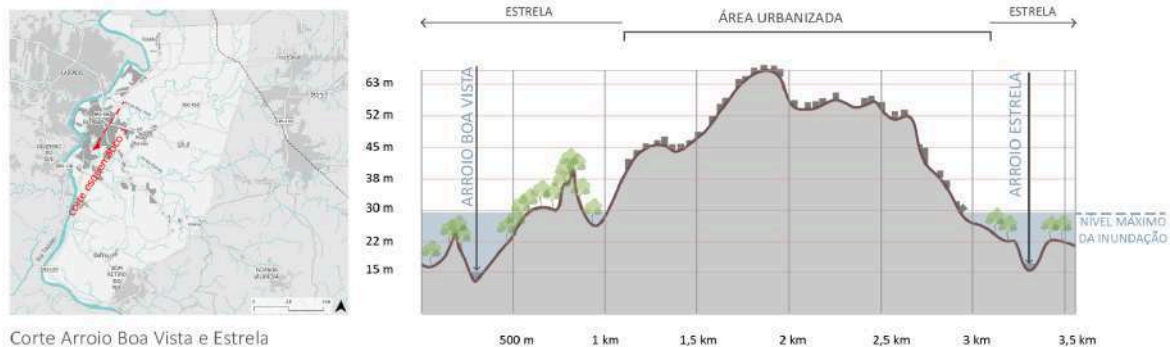
Tabela 5: número de endereços inundados em Estrela.

Número de endereços inundados conforme o uso (IBGE, 2022)		
Espécie de endereço	Estrela	
	Total	Inundadas
Domicílio particular	14.539	3.571
Domicílio coletivo	11	0
Estabelecimento agropecuário	893	71
Estabelecimento de ensino	44	10
Estabelecimento de saúde	44	10
Estabelecimento de outras finalidades	2.209	543
Edificação em construção ou reforma	302	74
Estabelecimento religioso	74	28
<b>Total</b>	<b>18.116</b>	<b>4.307</b>

Fonte: Elaborado por Equipe Planejamento Territorial Univates com base no CNEFE (IBGE, 2022).

As figuras 33 e 34, ilustram de forma esquemática o nível que a água atingiu na inundação de maio de 2024 na sede urbana e na localidade Arroio Boa Vista e o Arroio Estrela, em Estrela. Os cortes foram elaborados a partir de perfis de elevação obtidos da topografia disponível na base do Google Earth, associados à mancha de suscetibilidade à inundação. Ressalta-se que tais cortes são ilustrativos e possuem margens de imprecisão devido à diferença de escalas e altimetria.

Figura 33: Corte esquemático de situação de inundação na localidade Arroio Boa Vista e Arroio Estrela, em Estrela, em maio de 2024.



Fonte: Elaborado por Equipe Planejamento Territorial Univates com base na mancha de inundação de maio de 2024.

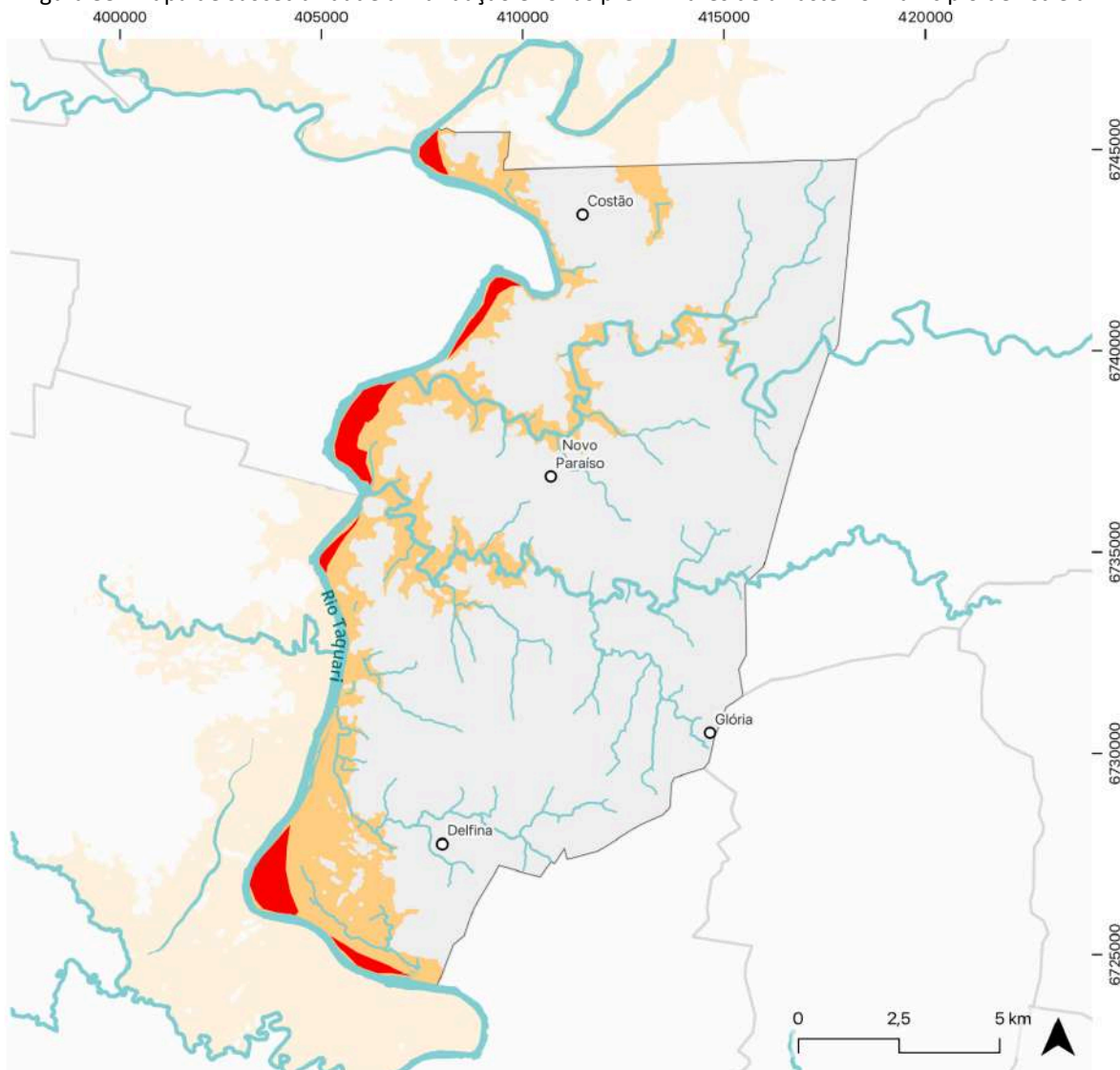
Figura 34: Corte esquemático de situação de inundação em área urbana de Estrela em maio de 2024.



Fonte: Elaborado por Equipe Planejamento Territorial Univates com base na mancha de inundação de maio de 2024.

Já as zonas preliminares de arraste estão apresentadas no mapa da figura 35, o qual mostra a área de suscetibilidade à inundação acrescidas das zonas preliminares de arraste, o que representa 1,77% da área total do município, identificadas conforme metodologia descrita na seção 3.2.1.1. Esse mapa pode ser conferido em maior resolução e ampliação no Anexo 1.

Figura 35: Mapa de suscetibilidade à inundação e zonas preliminares de arraste no município de Estrela.



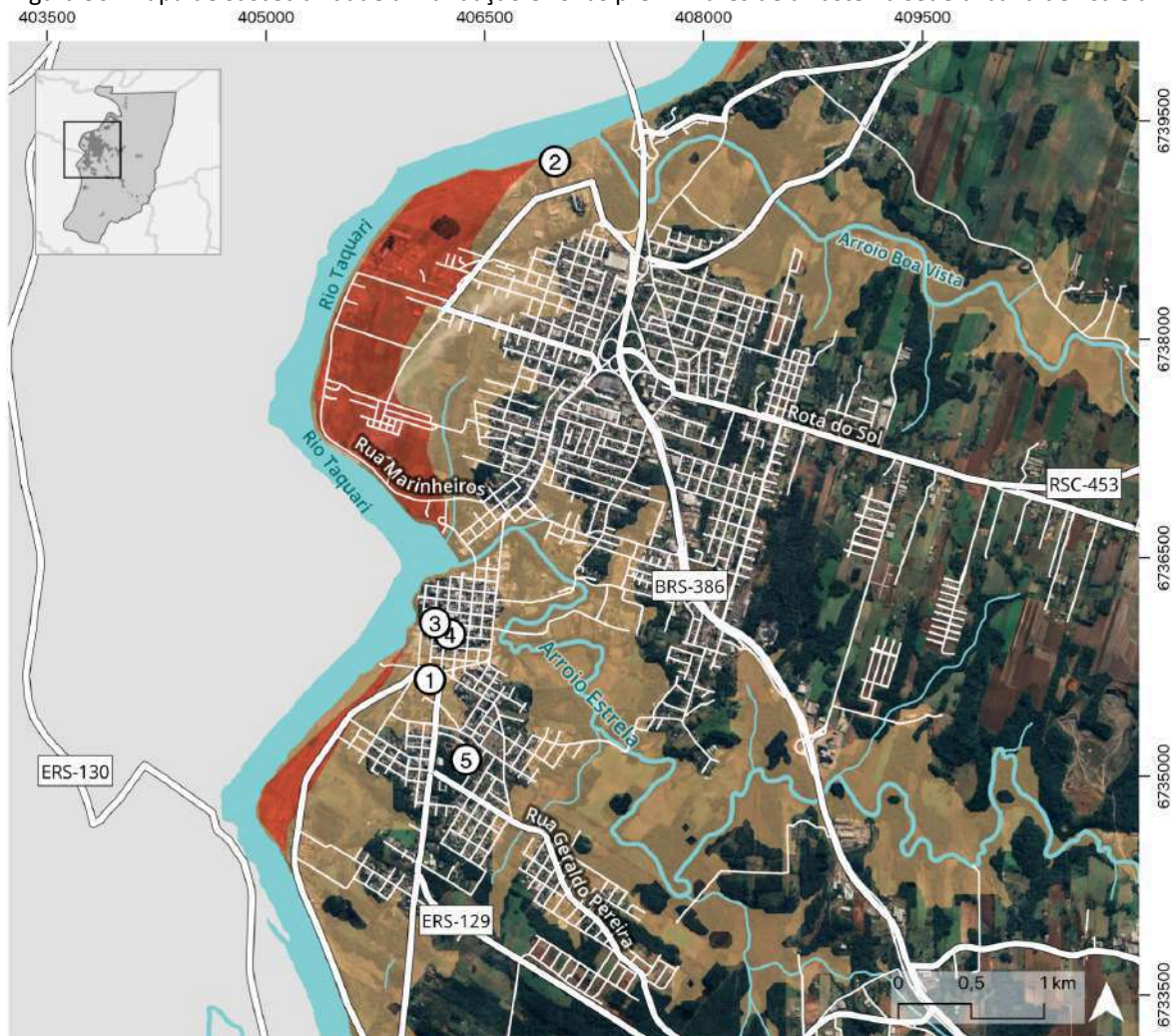
LEGENDA:

- |   |   |
|---|---|
| <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #FFD700; border: 1px solid black;"></span> Suscetibilidade à inundação   | <span style="display: inline-block; width: 20px; border-bottom: 2px solid black;"></span> Rodovias estaduais e federais                 |
| <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #FF0000; border: 1px solid black;"></span> Zonas preliminares de arraste   | <span style="display: inline-block; width: 20px; border-bottom: 2px dashed black;"></span> Ferrovia                                     |
| <span style="display: inline-block; width: 0; height: 0; border-left: 5px solid transparent; border-right: 5px solid transparent; border-bottom: 8px solid black;"></span> Núcleos urbanos isolados | <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #ADD8E6; border: 1px solid black;"></span> Hidrografia |

Fonte: Elaborado por Equipe Planejamento Territorial Univates com base na mancha de inundação elaborada a partir de metodologia descrita no presente relatório.

No mapa da Figura 36, que pode ser visualizado em maior dimensão e detalhe no Anexo 2, está apresentada uma aproximação com a sede urbana de Estrela, onde é possível observar a sobreposição da mancha de inundação com a área urbanizada do Município, bem como a demarcação das zonas preliminares de arraste identificadas.

Figura 36: Mapa de suscetibilidade à inundação e zonas preliminares de arraste na sede urbana de Estrela.



LEGENDA:

- Zonas preliminares de arraste
- Suscetibilidade à inundação
- Hidrografia
- Rodovias
- Vias

Pontos de referência

- ① Parque Princesa do Vale
- ② Porto de Estrela
- ③ Praça Menna Barreto
- ④ Prefeitura Municipal
- ⑤ Sociedade Ginástica Estrela (Sede Campestre)

Fonte: Elaborado por Equipe Planejamento Territorial Univates com base na mancha de inundação elaborada a partir de metodologia descrita no presente relatório.

Através da figura 36, percebe-se que as áreas com suscetibilidade a inundação, além de concentrarem-se próximas ao rio, estendem-se de forma significativa nas imediações dos Arroios Boa Vista e Estrela, o que amplia a mancha de inundação no território municipal, afetando rodovias como a BR 386 e a RS 129. Entre as áreas de maior densidade urbana

inundadas, estão o entorno da área central, onde fica o Parque Princesa do Vale, as imediações do encontro do Arroio Estrela com o Rio Taquari, atingindo o centro e o bairro Moinhos, e nas proximidades do Porto de Estrela, onde encontram-se algumas empresas e o Bairro das Indústrias. Além disso, observam-se áreas de inundação entre os bairros Cristo Rei e Auxiliadora, nas imediações da Rua Geraldo Pereira.

No que se refere às zonas preliminares de arraste, verificam-se duas manchas ao longo da área urbanizada do município. A de menor proporção fica a sudoeste, no bairro Chacrinha, onde algumas edificações foram atingidas. Já a maior zona preliminar de arraste, está demarcada a noroeste, próxima ao Porto de Estrela, afetando o Bairro das Indústrias e o Bairro Moinhos, nos quais diversas edificações foram devastadas. Nesta área, conforme exposto na figura 30, apresentada anteriormente, configuraram-se conjuntos, nos quais foram propostas intervenções de baixo custo que, se aprovadas, restringem a ocupação nesse local.

Complementarmente, apresentam-se registros fotográficos (figuras 37 e 38) do município de Estrela, após a ocorrência do evento climático de maio de 2024.

Figura 37: Registro do bairro Moinhos após o evento de Maio de 2024 em Estrela.



Fonte: Rodney Costa/O TEMPO, 2024<sup>19</sup>.

<sup>19</sup>

Disponível em: <<https://www.otempo.com.br/brasil/2024/5/18/-cidade-tomada-pela-lama---enchente-levou-paredes-e-deixou-u-somen>>. Acesso em: 26 set. 2024

Figura 38: Registro do Bairro das Indústrias após o evento de Maio de 2024 em Estrela.



Fonte: Mauro Schaefer, 2024<sup>20</sup>.

### 3.2.2. Zoneamento das Áreas de Riscos - áreas suscetíveis a movimentos de massa

Segundo Meng (2021), deslizamentos são movimentos de massas de rochas, terra ou detritos em geral que ocorrem em encostas quando a força da gravidade ou uma tensão gerada sobre esses materiais excedem a resistência da estrutura do material, fazendo com que ele se desloque. As causas desse rompimento estrutural são muito variadas, incluindo a erosão natural, escavação, sobrecarga de peso, percolação de água, esvaziamento ou soerguimento de lençol freático, acúmulo de material ou mesmo outras perturbações (Porto Alegre, 2024).

Ocorre em áreas de relevo acidentado, das quais foram retiradas a cobertura vegetal original que é responsável pela consistência do solo e que impede, através das raízes, o escoamento das águas. O deslizamento de terra se difere dos processos erosivos pela quantidade de massa transportada a uma grande velocidade. Esses fenômenos naturais e/ou antrópicos, causam problemas imediatos para a população, independentemente de sua condição social, e também para o meio ambiente (FUNDEPAR, 2024).

Já a erosão, segundo Galdino (2003), é um processo natural e ocorre mesmo em ecossistemas em equilíbrio e a intervenção humana eleva a taxa de incidência desse processo, gerando a “erosão acelerada”. Esta constitui um fenômeno de grande importância

<sup>20</sup>

Disponível em: <https://www.correiodopovo.com.br/not%C3%ADcias/cidades/moradores-de-estrela-vivem-em-meio-a-ru%C3%A9m-ap%C3%B3s-enchente-1.1491969>. Acesso em 26 set. 2024.

em razão da rapidez de seu desencadeamento e por acarretar grandes prejuízos não só para a exploração agropecuária, mas também para diversas outras atividades econômicas e ao meio ambiente.

#### **3.2.2.1. Metodologia para identificação das áreas com suscetibilidade a movimentos de massa**

Para a elaboração dos mapas de suscetibilidade a movimentos de massa (deslizamentos, escorregamento, tombamento de rocha, queda de bloco, corrida de materiais, espraçamento), primeiramente foram identificados os locais onde ocorreram e as características físicas de cada movimento, a partir de cicatrizes de movimentos de massa. A principal fonte de informações consultada é a base de dados existente, desenvolvida por equipe da UFRGS, intitulada “Mapeamento das cicatrizes de movimentos de massa decorrentes do acumulado de chuva no RS entre 27/04 e 13/05 de 2024” (ANDRADES FILHO & MEXIAS, 2024).

Por meio dessa base de dados, gerou-se uma base de pontos dos locais onde ocorreram as rupturas de cada movimento de massa para os sete municípios do Vale do Taquari que fazem parte do estudo, totalizando 887 registros. Contudo, no município de Estrela, não foram identificadas cicatrizes de movimentos de massa.

#### **3.2.2.2. Áreas com Suscetibilidade a Movimentos de Massa**

Como resultado do cruzamento entre os pontos de registro de movimento de massa e a base de declividade, foram discriminadas 21 classes, conforme apresentado na Tabela 6. Dessa intersecção entre as bases foi possível identificar a frequência dos movimentos de massa para cada classe e verificar o comportamento de acordo com os diferentes percentuais de declividade. Observa-se que em declividades menores e maiores as frequências de movimentos de massa são menores, sendo possível perceber um comportamento com maiores eventos entre 25% e 75%, com o seu pico de eventos nas classes de 35% a 60%. Para suavizar a frequência da base de declividade, que apresentou comportamento bimodal, foi adotado um filtro de média móvel.

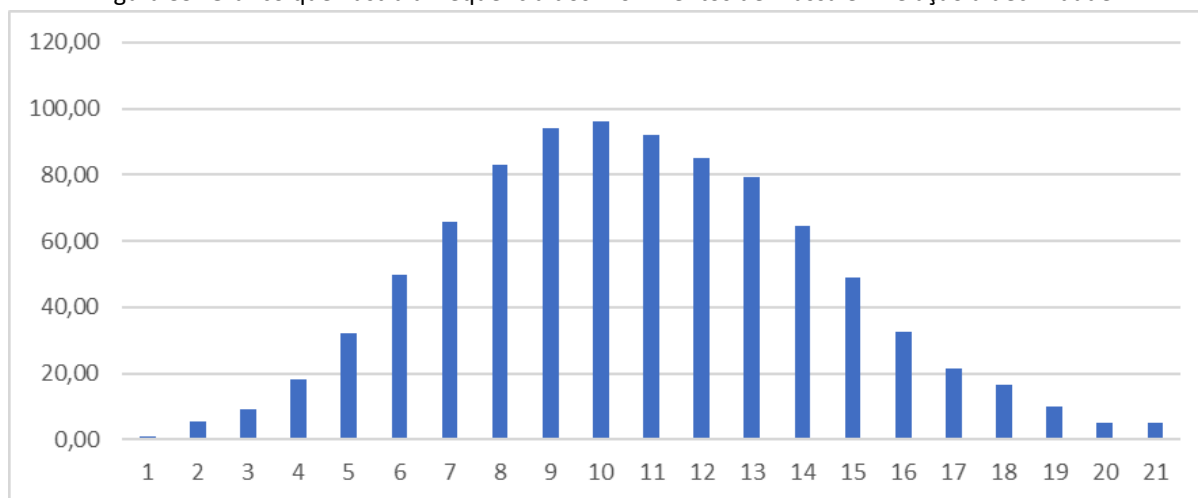
Tabela 6: Frequência dos movimentos de massa em relação à declividade.

DECLIVIDADE			
CLASSES (%)	Nº DE MOVIMENTOS	FILTRO	
0 a 5	1	1,00	1,00
5 a 10	2	5,33	5,33
10 a 15	13	9,00	9,00
15 a 20	12	18,33	18,33
20 a 25	30	32,00	32,00
25 a 30	54	50,00	50,00
30 a 35	66	66,00	66,00
35 a 40	78	83,00	83,00
40 a 45	105	94,00	94,00
45 a 50	99	96,33	96,33
50 a 55	85	92,00	92,00
55 a 60	85	85,00	85,00
60 a 65	74	79,50	79,50
65 a 70	55	64,50	64,50
70 a 75	43	49,00	49,00
75 a 80	22	32,50	32,50
80 a 85	21	21,50	21,50
85 a 90	12	16,50	16,50
90 a 95	8	10,00	10,00
95 a 100	8	8,00	5,00
> 100	14	11,00	5,00
<b>TOTAL</b>	<b>887</b>	<b>924,50</b>	<b>915,50</b>

Fonte: Elaborado por Equipe Planejamento Territorial Univates com base na metodologia descrita no presente relatório.

A seguir se realizou a classificação das áreas Sem Suscetibilidade, Baixa Suscetibilidade, Média Suscetibilidade e Alta Suscetibilidade, em relação aos movimentos de massa. Para facilitar a análise, foi gerado um gráfico demonstrando a frequência de eventos por classe (Figura 39).

Figura 39: Gráfico que ilustra a frequência dos movimentos de massa em relação à declividade.



Fonte: Elaborado por Equipe Planejamento Territorial Univates com base na metodologia descrita no presente relatório.

De acordo com os dados apresentados na Tabela 6 e Figura 40, as classes de suscetibilidade foram definidas e seguem apresentadas na Tabela 7.

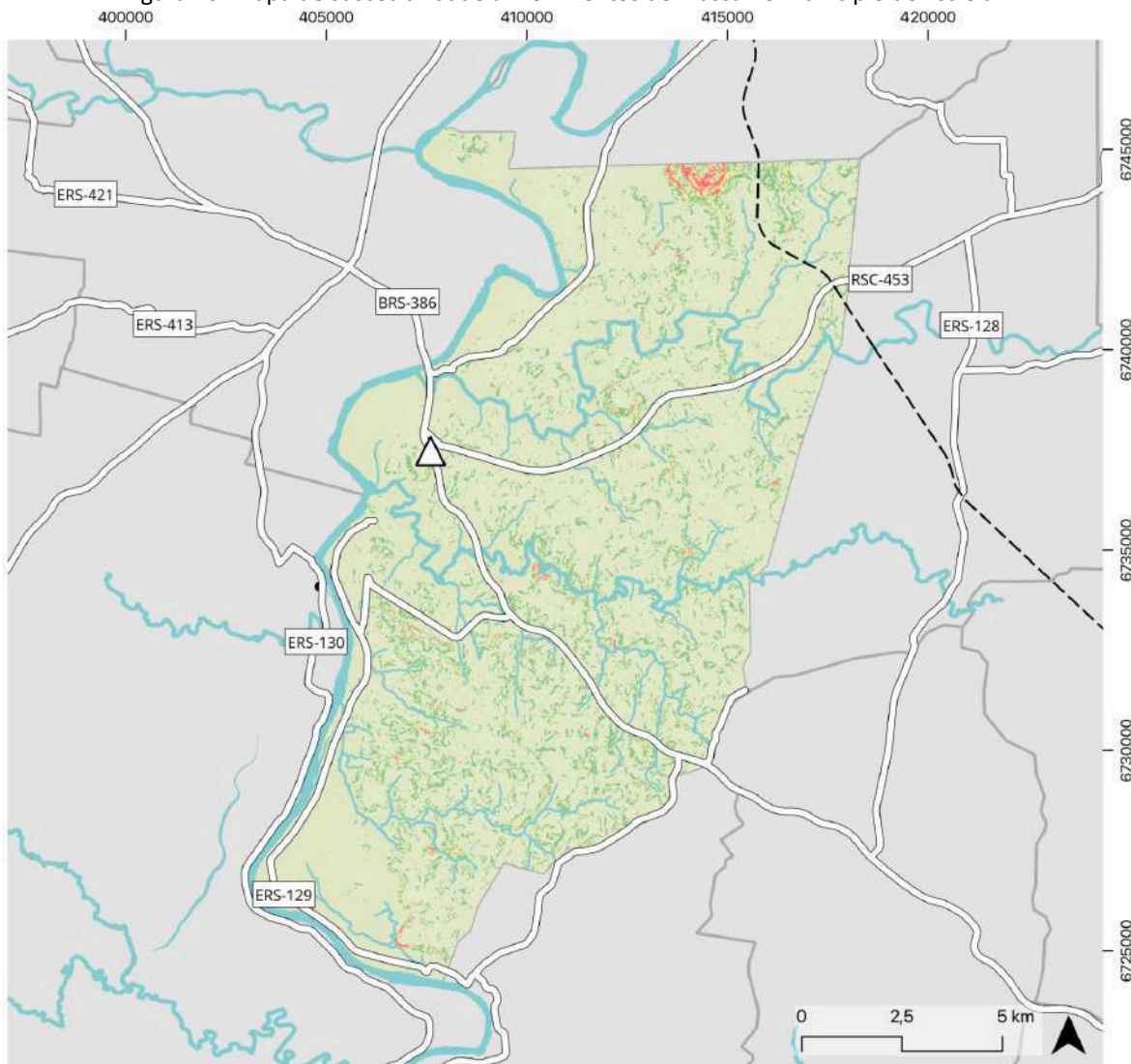
Tabela 7: Classes de suscetibilidade.

Classes de Suscetibilidade	Declividades
Sem Suscetibilidade	De 0 a 10%
Baixa Suscetibilidade	De 10 a 25% e >75%
Média Suscetibilidade	De 25 a 35% e de 60 a 75%
Alta Suscetibilidade	De 35 a 60%

Fonte: Elaborado por Equipe Planejamento Territorial Univates com base na metodologia descrita no presente relatório.

Conforme dito anteriormente, no município de Estrela há ausência de registros de movimentos de massa que possam causar danos ou alterar áreas de encostas. Esse dado resulta na inobservância de cicatrizes, que por sua vez, são marcas visíveis deixadas por consequência de movimentos de massa ou outros processos erosivos. Isso indica que a área de estudo não possui contribuições significativas para a classificação de riscos dessa natureza. Ainda, o principal marcador para essa condição está relacionado ao relevo registrado para o município, caracterizado predominantemente por inclinações entre 10% e 25%, valores geralmente fora do risco de processos de instabilidade geológica.

Figura 40: Mapa de suscetibilidade a movimentos de massa no município de Estrela.



LEGENDA:

Suscetibilidade a movimentos de massa

- Alta Suscetibilidade
- Média Suscetibilidade
- Baixa Suscetibilidade
- Sem Suscetibilidade

● Pontos de ruptura dos movimentos de massa (2024)

△ Sede municipal

— Rodovias estaduais e federais

-- Ferrovia

— Hidrografia

Fonte: Elaborado por Equipe Planejamento Territorial Univates com base na metodologia descrita no presente relatório.

Com efeito, em geral, as inclinações são moderadas e não tendem a propiciar movimentos de massa, especialmente quando há vegetação local, de preferência nativa, e sem intervenção antrópica, que ajuda a garantir a preservação das condições originais do substrato. Contudo, cabe ressaltar que ao norte do município podem ocorrer inclinações

mais acentuadas, o que pode aumentar a suscetibilidade a processos erosivos, o que exigiria maior atenção ao tema. Portanto, pode-se concluir que a maior parte do território de Estrela está em locais sem e baixa suscetibilidade a movimentos de massa, com poucas áreas apresentando média e alta suscetibilidade, conforme ilustrado na figura 40. Esse mapa pode ser visualizado em maior dimensão e detalhe no Anexo 3.

Já na figura 41, que pode ser visualizada em maior dimensão e resolução no Anexo 4, é possível observar o mapa de suscetibilidade a movimentos de massa na região da sede urbana de Estrela e em seu entorno imediato. É possível observar manchas de alta suscetibilidade de movimento de massa próximas à área central da cidade, a sudeste, no entorno do Arroio Estrela. Além disso, pode-se dizer que grande parte do mapa demonstra áreas sem e baixa suscetibilidade.

Figura 41: Mapa de suscetibilidade a movimentos de massa na sede urbana.



LEGENDA:

Suscetibilidade a movimentos de massa

- Alta Suscetibilidade
- Média Suscetibilidade
- Baixa Suscetibilidade

Pontos de referência

- ① Parque Princesa do Vale
- ② Porto de Estrela
- ③ Praça Menna Barreto
- ④ Prefeitura Municipal
- ⑤ Sociedade Ginástica Estrela

— Rodovias

— Vias

— Hidrografia

Fonte: Elaborado por Equipe Planejamento Territorial Univates com base na metodologia descrita no presente relatório.

#### 4. SÍNTESE

Para esta primeira etapa de entrega, foi desenvolvido um diagnóstico regulatório e físico do município de Estrela, bem como a sua inserção em contexto de bacia-hidrográfica,

onde foram analisadas as áreas suscetíveis a ocorrências de fenômenos naturais, com inundações, enxurradas e movimentos de massa para a determinação das zonas de risco.

O estudo identificou as áreas vulneráveis do município com o objetivo de fornecer a orientação geral das áreas de risco no município, fornecendo um diagnóstico fundamental para embasar as políticas públicas de curto prazo necessárias para uma reconstrução do município com segurança socioambiental.

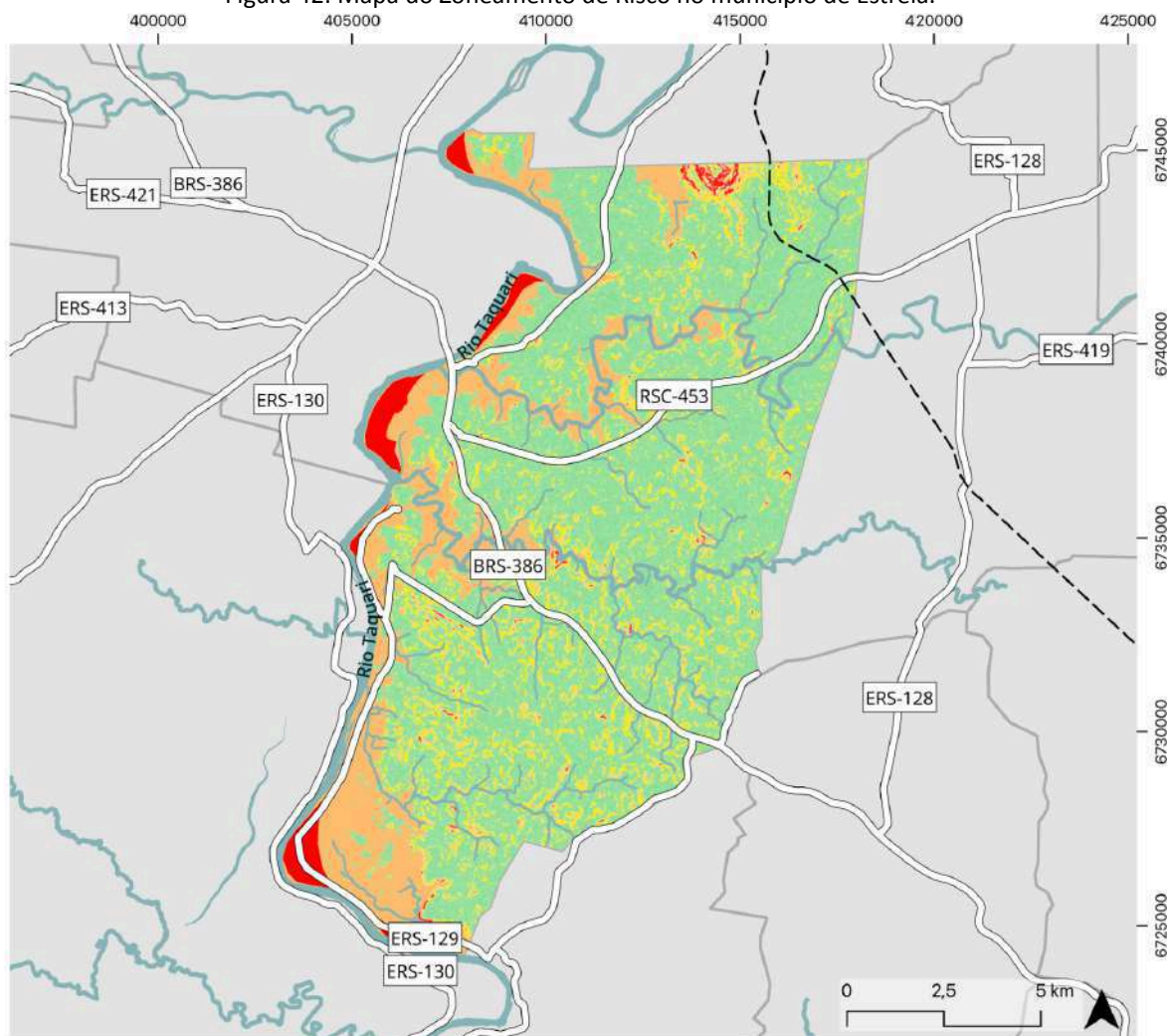
Os estudos utilizaram dados secundários, fazendo uso da ampla base de dados existentes, incluindo mapeamentos municipais e das distintas instâncias governamentais, bem como pareceres e estudos técnicos oficiais, incorporando o mapeamento de áreas de inundação, tipo de solo e áreas de movimentos de massa.

Com relação a suscetibilidade à ocorrência de inundações e enxurradas, a mesma apresenta regimes frequentes de inundações, decorrentes da dinâmica natural do Rio Taquari. Os mapas das figuras 42 e 43, que podem ser visualizados em maior tamanho e resolução respectivamente nos Anexos 5 e 6 apresentam as áreas zoneadas como zonas de risco, incluindo as áreas suscetíveis às inundações, zonas preliminares de arraste e movimentos de massa para o município de Estrela. As resultantes deste estudo consistem em um primeiro passo importante para a compreensão geral do ambiente, suscetibilidades e condições iniciais de zoneamento de riscos, para a determinação de diretrizes de ocupação do território.

O mapa apresenta 4 categorias de zonas de risco, sendo: alto risco (marcada em cor vermelha), médio risco (marcada em cor laranja), baixo risco (marcada em cor amarela) e sem risco (marcada em cor verde).

A zona de alto risco considerou a zona de arraste somada à zona de alta suscetibilidade a movimentos de massa. A zona de médio risco considerou a zona de suscetibilidade à inundação somada a zona de média suscetibilidade a movimentos de massa. A zona de baixo risco considerou a zona de baixa suscetibilidade a movimentos de massa, enquanto a zona sem risco é a zona que não apresenta suscetibilidade nem à inundação e nem a movimentos de massa.

Figura 42: Mapa do Zoneamento de Risco no município de Estrela.



LEGENDA:

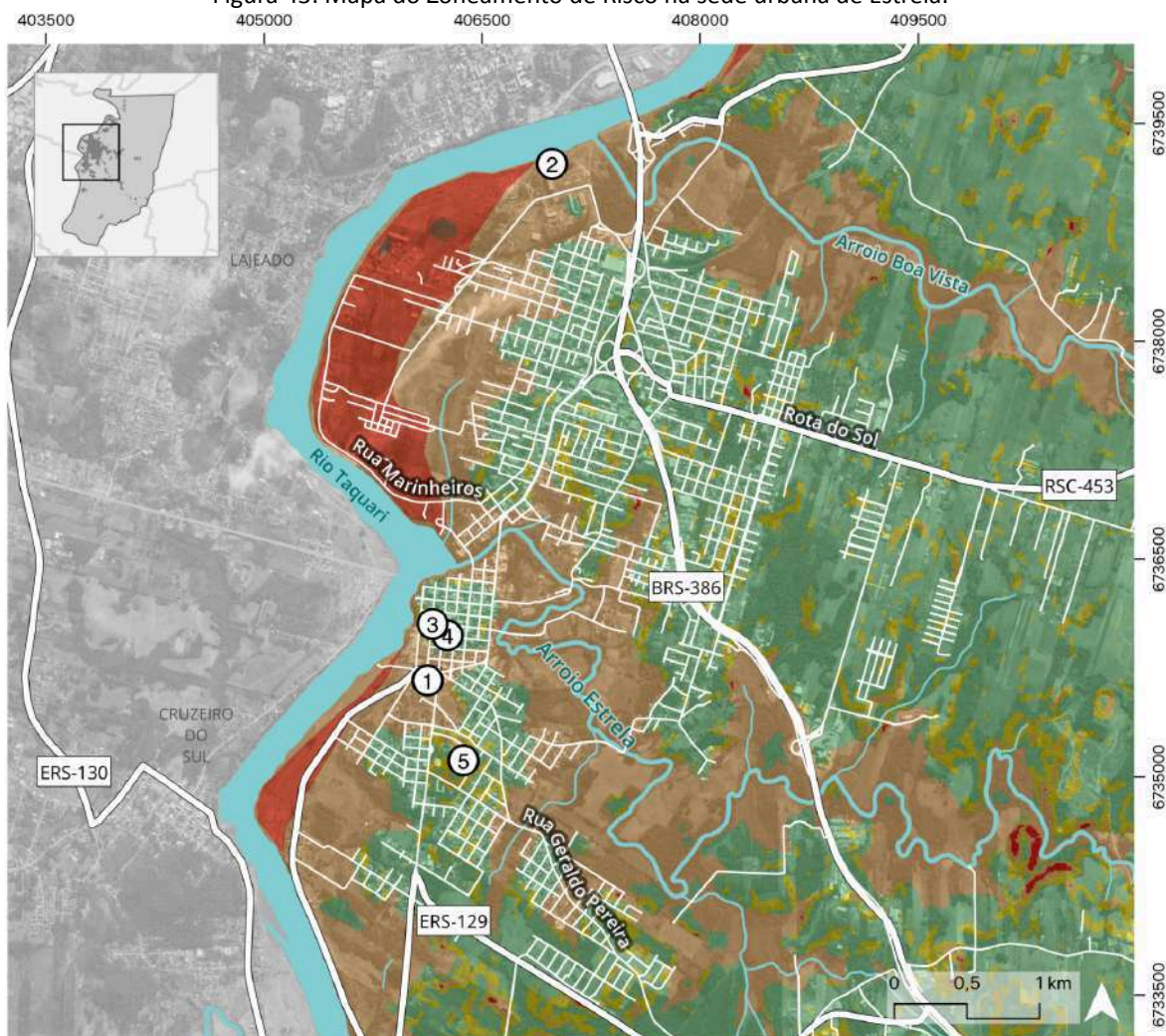
Classificação de zona de risco

- Alto Risco (zona de arraste e zona de alta suscetibilidade a movimentos de massa)
- Médio Risco (zona de inundação e zona de média suscetibilidade a movimentos de massa)
- Baixo Risco (zona de baixa suscetibilidade a movimentos de massa)

- Sem Risco (sem suscetibilidade a inundações ou a movimentos de massa)
- Hidrografia
- Núcleos urbanos isolados
- Rodovias estaduais e federais
- - Ferrovias

Fonte: Elaborado por Equipe Planejamento Territorial Univates com base em metodologia descrita na seção 3.2.1.

Figura 43: Mapa do Zoneamento de Risco na sede urbana de Estrela.



LEGENDA:

Classificação de zonas de risco

- Alto Risco
- Médio Risco
- Baixo Risco
- Sem Risco

Pontos de referência

- ① Parque Princesa do Vale
- ② Porto de Estrela
- ③ Praça Menna Barreto
- ④ Prefeitura Municipal
- ⑤ Sociedade Ginástica

Rodovias

- Vias
- Hidrografia

Fonte: Elaborado por Equipe Planejamento Territorial Univates com base em metodologia descrita na seção 3.2.1.

Na tabela 8, a seguir, é possível observar a área (em km<sup>2</sup>) ocupada por cada uma destas categorias no território municipal de Estrela, bem como a sua representação em porcentagem.

Tabela 8: Área e porcentagem das categorias de zona de risco em Estrela.

Estrela		
Área de risco	Área (km <sup>2</sup> )	%
Alto Risco	121,46	65,66
Médio Risco	21,24	11,48
Baixo Risco	3,39	1,83
Sem Risco	0,82	0,44
Total	184,97	100

Fonte: Elaborado por Equipe Planejamento Territorial Univates com base em metodologia descrita na seção 3.2.1.

Ressalta-se que, no presente Produto 1A – Zoneamento de Risco, o Zoneamento de Risco é apresentado de modo preliminar, tendo em vista a utilização de dados secundários obtidos até o momento e a necessidade de atender aos objetivos em um curto espaço de tempo, conforme estabelecido no Termo de Referência. Assim, nas próximas etapas este produto terá avanços, de modo que o Mapeamento Final de Risco será entregue na Etapa 2 - Plano Diretor e Plano do Perímetro Urbano, junto ao Produto 2B-1 Diagnóstico Técnico e Leitura Técnica, atendendo assim ao item 5.2.2.1 do Termo de Referência.

A definição desta categorização de zonas identificadas como risco deve nortear um conjunto de medidas preventivas e mitigatórias que devem ter como objetivo reduzir os danos e proteger as comunidades contra futuros eventos de inundações, enxurradas e movimentos de massa. As zonas identificadas como alto risco são regiões que devem impor níveis de restrição à ocupação de áreas residenciais, sendo que novas aprovações de loteamentos ou conjuntos habitacionais devem ser evitadas. Assim, em caráter urgente e preliminar, até o desenvolvimento de produtos com soluções técnicas que viabilizem algumas possibilidades seguras de ocupação (como o Plano Diretor e o Código de Obras e Edificações), indica-se a suspensão de aprovação de novos parcelamentos do solo e de novas construções residenciais em zonas consideradas de alto e médio risco.

O próximo relatório, Diretrizes Preliminares de Ocupação Prioritária, irá discriminar tais medidas por zonas. No contexto do Município de Estrela, torna-se indispensável estabelecer um conjunto de diretrizes que possam auxiliar na orientação da ocupação do território de forma prioritária pois, conforme apresentado, o desenvolvimento da área urbana da cidade se deu junto às margens do Rio Taquari, uma vez que existe um limitador

de topografia no sentido norte, característica de ocupação que contribui para que esta área seja diretamente afetada pelas recorrentes cheias.

A ferramenta que será apresentada ao longo do próximo relatório (produto 1B), representa um dos pontos de partida para a reconstrução da cidade de maneira segura e resiliente. Ao identificar as áreas com maior aptidão à ocupação será possível sugerir diretrizes que venham a contribuir com o processo de recuperação e desenvolvimento da cidade de Estrela. A implementação destas diretrizes, aliada a outros instrumentos urbanísticos, pode contribuir para a redução da vulnerabilidade da cidade frente a futuros desastres naturais, promovendo a qualidade de vida da população e o desenvolvimento sustentável a longo prazo.

Por fim, destacamos que os mapas foram elaborados com base nos dados do IBGE, utilizados como referência primária. No entanto, caso sejam identificadas divergências em relação a outros dados ou estudos complementares, essas diferenças serão abordadas e ajustadas nas etapas subsequentes do trabalho, garantindo precisão e atualização no desenvolvimento do projeto.

## REFERÊNCIAS

AGOSTINI, Cíntia; DUZZO, Carolini; ROESLER, Roque; GUERRA, Tiago; DANNENBERG, Weslly. **Plano estratégico de desenvolvimento do Vale do Taquari 2015-2030**. Cíntia Agostini (Coord.) - Lajeado: Ed. da Univates, 2017.

AGOSTINI, Cíntia; GREVE, Gustavo. **Plano estratégico regional do Vale do Taquari**. Lajeado, 2009. Disponível em: <https://www.univates.br/media/bdr/planejamento-estrategico.pdf>. Acesso em: 12 set. 2024.

AGROSIG, FEENG. **Relatório técnico final topobatimétrico no trecho do Rio Taquari compreendido entre a cidade de Encantado-RS e a barragem de Bom Retiro do Sul-RS**: Levantamento, consolidação e processamento de dados para determinação das seções.: 1. Porto Alegre: [s. n.], 2016.

ALAGOAS. Secretaria de Estado do Planejamento, Gestão e Patrimônio. **Mapa Hipsométrico** (2ª Edição). Disponível em: [https://dados.al.gov.br/catalogo/dataset/mapas-de-caracterizacao-territorial/resource/5dd56dd7-d72b-4d9b-8eb3-99663dc1ea69?inner\\_span=True#:~:text=Hipsometria%20%C3%A9%20uma%20t%C3%A9cnica%20de,sistema%20de%20gradua%C3%A7%C3%A3o%20de%20cores](https://dados.al.gov.br/catalogo/dataset/mapas-de-caracterizacao-territorial/resource/5dd56dd7-d72b-4d9b-8eb3-99663dc1ea69?inner_span=True#:~:text=Hipsometria%20%C3%A9%20uma%20t%C3%A9cnica%20de,sistema%20de%20gradua%C3%A7%C3%A3o%20de%20cores). Acesso em: 01 ago. 2024.

ALASKA SATELLITE FACILITY. **Modelo Digital de Elevação**. Disponível em: <https://search.asf.alaska.edu/#/>. Acesso em: 25 jul. 2024.

ALMEIDA, F.F.M. **Diferenciação tectônica da Plataforma Brasileira**. Congresso Brasileiro de Geologia, 23, Salvador. Anais. Salvador: SBG, 1969. p. 29-46.

ANDRADE, J. B. **Fotogrametria**. Curitiba: SBEE, 1998.

ANDRADES FILHO, C.O. & MEXIAS, L.F.S. **Mapeamento das cicatrizes de movimentos de massa decorrentes do acumulado de chuva no RS entre 27/04 e 13/05 de 2024**. Nota Técnica Conjunta IGEO/CEPSRM - 04/2024, Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Porto Alegre, 18 jul. 2024. Disponível em: <https://www.ufrgs.br/igeo/wp-content/uploads/2024/07/Nota-Tecnica-Conjunta-04-2024-.pdf>. Acesso em: 12 set. 2024.

ARAÚJO, R.C.; MEDEIROS, P. R.; SILVA, R.J.S.; LUCENA, R.L. **Mapeamento da Suscetibilidade a Movimentos de Massa no Estado de Alagoas, Brasil**. Cadernos do LOGEPA, João Pessoa, v. 10, n. 1, (Jan-Jun) p. 2-21, 2022.

BRASIL. **Caderno Técnico de Gestão Integrada de Riscos e Desastres**. Brasília, DF: Ministério do Desenvolvimento Regional, 2021. Disponível em: [https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/protecao-e-defesa-civil/Caderno\\_GIRD10\\_.pdf](https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/protecao-e-defesa-civil/Caderno_GIRD10_.pdf). Acesso em: 06 de ago. 2024.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil de 1988**. Promulgada em 5 de outubro de 1988. Brasília, DF: Presidência da República, 1988.

BRASIL. **Decreto nº 10.692 de 03 de maio de 2021**. Institui o Cadastro Nacional de Municípios com Áreas Suscetíveis à Ocorrência de Deslizamentos de Grande Impacto, Inundações Bruscas ou Processos Geológicos ou Hidrológicos Correlatos. Brasília, 2021.

BRASIL. **Instrução Normativa Nº 01, de 24 de agosto de 2012.** Estabelece procedimentos e critérios para a decretação de situação de emergência ou estado de calamidade pública pelos Municípios, Estados e pelo Distrito Federal, e para o reconhecimento federal das situações de anormalidade decretadas pelos entes federativos e dá outras providências. Brasília, DF: Ministério da Integração Nacional, 2012.

BRASIL. **Lei nº 6.766 de 19 de dezembro de 1979.** Dispõe sobre o parcelamento do solo urbano e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 1979.

BRASIL. **Lei nº 10.257 de 10 de julho de 2001. Estatuto da Cidade.** Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 2001.

BRASIL. **Lei nº 11.952 de 25 de junho de 2009.** Dispõe sobre a regularização fundiária das ocupações incidentes em terras situadas em áreas da União, no âmbito da Amazônia Legal; altera as Leis nos 8.666, de 21 de junho de 1993, e 6.015, de 31 de dezembro de 1973; e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 2009.

BRASIL. **Lei nº 12.608 de 10 de abril de 2012.** Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil - PNPDEC; dispõe sobre o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil - SINPDEC e o Conselho Nacional de Proteção e Defesa Civil - CONPDEC; autoriza a criação de sistema de informações e monitoramento de desastres; altera as Leis nºs 12.340, de 1º de dezembro de 2010, 10.257, de 10 de julho de 2001, 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.239, de 4 de outubro de 1991, e 9.394, de 20 de dezembro de 1996; e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 2012.

BRASIL. **Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012.** Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 2012.

BRASIL. **Lei nº 14.750 de 12 de dezembro de 2023.** Altera as Leis nºs 12.608, de 10 de abril de 2012, e 12.340, de 1º de dezembro de 2010, para aprimorar os instrumentos de prevenção de acidentes ou desastres e de recuperação de áreas por eles atingidas, as ações de monitoramento de riscos de acidentes ou desastres e a produção de alertas antecipados. Brasília, DF: 2023.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. **Classificação Brasileira de Desastres (Cobrade).** Brasília, 2017. Disponível em: <http://www.integracao.gov.br>. Acesso em: 27 set. 2024.

BRASIL. **Nota Técnica nº 1/2023/SADJ-VI/SAM/CC/PR de 2023.** Atualização dos critérios e indicadores para a identificação dos municípios mais suscetíveis à ocorrência de deslizamentos, enxurradas e inundações para serem priorizados nas ações da União em gestão de risco e de desastres naturais. Casa Civil Secretaria Especial de Articulação e Monitoramento Secretaria Adjunta VI - Recursos Hídricos. Brasília, 2023.

BRASIL. **Portaria Conjunta No - 148, de 18 de dezembro de 2013.** Estabelece o Protocolo de Ação Integrada para os casos de Inundação Gradual entre a Agência Nacional de Águas - ANA, o Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais - CEMADEN, representado pela Secretaria de Políticas e Programas de Pesquisa e Desenvolvimento - SEPED/MCTI, o Centro Nacional de Gerenciamento de Riscos e Desastres - CENAD, representado pela Secretaria Nacional de Defesa

Civil - SEDEC/MI e a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM. Brasília, DF: Secretaria Nacional de Defesa Civil, Ministério da Integração Nacional, 2013.

BRASIL. **Portaria Nº 998, de 5 de abril de 2022.** Dispõe sobre as diretrizes e os procedimentos para transferência de recursos da União para reconstrução de unidades habitacionais destruídas por desastres, provenientes de situação de emergência ou de estado de calamidade pública reconhecidos pelo Ministério do Desenvolvimento Regional no âmbito da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil. Brasília, DF: Ministério do Desenvolvimento Regional, 2022.

BOMBASSARO M.; ROBAINA L. E. de S. **Contribuição Geográfica para o Estudo das Inundações na Bacia Hidrográfica do Rio Taquari-Antas, RS.** Geografias artigos científicos, Belo Horizonte, 06(2), p. 69-86, jul./dez. 2010.

CASTRO, J. W. A. **O que é Geologia.** Laboratório de Geologia Costeira, Sedimentologia e Meio Ambiente - Laboratório de Geologia Costeira, Sedimentologia e Meio Ambiente LAGECOST, Museu Nacional/UFRJ. Disponível em: [https://dgp.museunacional.ufrj.br/O\\_que\\_e\\_geologia.pdf](https://dgp.museunacional.ufrj.br/O_que_e_geologia.pdf). Acesso em: 10 ago. 2024.

CHOW, V. T. **Open Channel Hydraulics.** Tokyo: McGraw Hill, 1959. 680 p.

CPRM – Serviço Geológico do Brasil. **Mapa geológico do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre, 2006. Escala 1:750.000.

CPRM. **Manual de Mapeamento de Perigo e Risco a Movimentos Gravitacionais de Massa – Projeto de Fortalecimento da Estratégia Nacional de Gestão Integrada de Desastres Naturais – Projeto GIDES.** (livro eletrônico): CPRM - Coordenação: Jorge Pimentel e Thiago Dutra dos Santos. Rio de Janeiro: CPRM/SGB – Serviço Geológico do Brasil, 2018; Versão 1. 213 p.

ECKHARDT, R.R. *et al.* **Proposta de zoneamento ambiental para a região político-econômica do Vale do Taquari (RS).** CLIMEP - Climatologia e Estudos da Paisagem, v. 3, n. 2, p. 5-38, 2008.

ECKHARDT, R. R. **Zoneamento Ambiental do Vale do Taquari-RS.** 67 f. TCC (Graduação), Curso de Ciências Biológicas, Centro Universitário, Universidade do Vale do Taquari, Lajeado, 2005. Disponível em: <https://www.univates.br/bduserver/api/core/bitstreams/0cc23a62-859d-458d-b0a4-d5d26ae1d1d1/content>. Acesso em: 01 ago. 2024.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Área de Preservação Permanente (APP).** EMBRAPA, 2024. Disponível em: <https://www.embrapa.br/codigo-florestal/entenda-o-codigo-florestal/area-de-preservacao-permanente>. Acesso em: 01 ago. 2024.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manejo de recursos hídricos.** Disponível em: <https://www.embrapa.br/tema-manejo-de-recursos-hidricos/perguntas-e-respostas#:~:text=Recurso%20h%C3%ADrico%2C%20por%20sua%20vez,toda%20%C3%A1gua%20%C3%A9%20recurso%20h%C3%ADrico>. Acesso em: 01 ago. 2024.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **O Novo Mapa de Solos do Brasil: Legenda Atualizada.** Rio de Janeiro, RJ: EMBRAPA, 2011. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/920267>. Acesso em: 15 ago. 2024.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de Classificação de solos.** Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 2. ed. - Rio de Janeiro: Embrapa-SPI, 2006. 360 p. Disponível em: <https://www.agrolink.com.br/downloads/sistema-brasileiro-de-classificacao-dos-solos2006.pdf>. Acesso em: 06 set. 2024.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de Classificação de solos.** Brasília, DF: EMBRAPA, 2018. Disponível em: <https://www.agroapi.cnptia.embrapa.br/portal/assets/docs/SiBCS-2018-ISBN-9788570358004.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2024.

FALEIRO, F. Enchente volta a castigar e região clama por um plano. **A Hora**, Lajeado, 21 nov. 2023. VALE DO TAQUARI. Disponível em: <https://grupoahora.net.br/conteudos/2023/11/21/enchente-volta-a-castigar-e-regiao-clama-por-um-plano/>. Acesso em: 12 set. 2024.

FALEIRO, F. A fúria devastadora das águas. **A Hora**, Lajeado, 18 maio 2024. Disponível em: <https://grupoahora.net.br/conteudos/2024/05/18/a-furia-devastadora-das-aguas/>. Acesso em: 13 set. 2024.

FEPAM. **Arquivos Geoespaciais Temáticos.** Disponível em: <https://www.fepam.rs.gov.br/arquivos-geoespaciais-tematicos>. Acesso em: 31 jul. 2024.

FEPAM-SEMA. **Base Cartográfica do Rio Grande do Sul versão 1.0.** Porto Alegre: Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler, Governo do Estado do RS, SEMA, 2018. Disponível em: <https://ww2.fepam.rs.gov.br/bcrs25>. Acesso em: 02 ago. 2024.

FERREIRA, E. R.; BOTH, G. C. **Estudo das enchentes no Vale do Taquari: causas e propostas de controle.** In: MEEP, 4. Lajeado. Anais... Lajeado: UNIVATES, 2001. 171 p.

FERRI, G. **História do Rio Taquari-Antas.** 1ª Ed. Encantado: Grafen, 1991.

FUNDEPAR. Secretaria da Educação do Paraná. **Deslizamentos.** Disponível em: <http://www.geografia.seed.pr.gov.b>. Acesso em: 05 de ago. 2024.

GALDINO, S.; VICTORIA, D. C. **Hidrologia - Capítulo 8.** UFRJ. Disponível em: <http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/jorge/downloads/APOSTILA/LICA%20Parte%201.pdf>. Acesso em 04 de agosto de 2024.

GALDINO, S.; VIEIRA, L. M.; SORIANO, B. M. A. **Erosão na Bacia do Alto Taquari.** Corumbá: Embrapa Pantanal, 2003. 46 p. (Documentos / Embrapa Pantanal ISSN 1517-1981; 52).

GIRARDI, Y. **Enchente do Vale do Taquari traz à tona descobertas arqueológicas sobre os povos Guarani.** GRUPO ZERO HORA, 08 jul. 2024. Disponível em: <https://gauchazh.clicrbs.com.br/tecnologia/noticia/2024/07/enchente-do-vale-do-taquari-traz-a-tona-descobertas-arqueologicas-sobre-os-povos-guarani-clyc8eide02sq013o53a27yuj.html>. Acesso em 09 set. 2024.

GREGORY, J. J. **Fazenda da Estrela:** um estudo de caso envolvendo posse territorial e negociações no sul do Brasil durante o século XIX. 2015. Monografia (Licenciatura em História) – Univates, Lajeado, 2015. Disponível em:

<https://www.univates.br/bduserver/api/core/bitstreams/c9c1f1e9-15b6-4d4c-9a01-3d96c19c85d8/content>. Acesso em: 12 de agosto de 2024.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Recenseamento Geral do Brasil 1970 – Censo Demográfico Estado do Rio Grande do Sul**. Rio de Janeiro: IBGE, 1970.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Brasileiro de 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2012.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Polígonos das áreas urbanizadas no Vale do Taquari**. Polígonos mapeados pelo IBGE, 2019. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-ambientais/cobertura-e-uso-da-terra/15789-areas-urbanizadas.html>.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Região de Influência: IBGE. Regiões de Influência das Cidades 2018**. Rio de Janeiro: IBGE, 2020. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/redes-e-fluxos-geograficos/15798-regioes-de-influencia-das-cidades.html?=&t=acesso-ao-produto>. Acesso em: 31 jul. 2020.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Região intermediária, Região imediata, Mesorregião, Microrregião**. IBGE, Divisão Territorial Brasileira - DTB, 2021.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Áreas urbanizadas do Brasil : 2019**. Coordenação de Meio Ambiente, Rio de Janeiro, Brasil, 2022a.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo demográfico 2022**. Rio de Janeiro: IBGE, 2024.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cadastro Nacional de Endereços para Fins Estatísticos - CNEFE**. Censo Demográfico 2022: notas metodológicas n. 04/2024: Cadastro Nacional de Endereços para Fins Estatísticos - CNEFE; Nota metodológica 04/2024; Nota metodológica n. 04; Notas explicativas: Censo 2022. Rio de Janeiro: IBGE, 2024.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Banco de Dados e Informações Ambientais (BDiA) - Mapeamento de Recursos Naturais (MRN)**. Rio de Janeiro: IBGE, 2023. Geomorfologia. 1:250.000. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-ambientais/geomorfologia/10870-geomorfologia.html?=&t=downloads>. Acesso em 23 ago. 2024.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Geomorfologia**. Rio de Janeiro: IBGE, 2023. Geomorfologia. 1:250.000. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-ambientais/geomorfologia/10870-geomorfologia.html>. Acesso em 08 ago. 2024.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Favelas e Comunidades Urbanas: IBGE muda denominação dos aglomerados subnormais**. Rio de Janeiro: IBGE, 2024. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/38962-favelas-e-comunidades-urbanas-ibge-muda-denominacao-dos-aglomerados-subnormais#:~:text=O%20IBGE%20est%C3%A1%20substituindo%20a,%E2%80%9CFavelas%20e%20Comunidades%20Urbanas%E2%80%9D>. Acesso em: 23 de agosto de 2024.

INFOSANBAS. **Estrela RS**. Disponível em: <https://infosanbas.org.br/municipio/estrela-rs/>. Acesso em: 26 set. 2024.

INMET - INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Boletim do inverno de 2023 no Brasil**. Brasília, DF: 2023. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/notasTecnicas#>. Acesso em: 11 set. 2024.

JACOMINE, P. K. T. **A Nova Classificação Brasileira de Solos**. Anais Da Academia Pernambucana De Ciência Agronômica, 5, 161–179. 2009. Disponível em: <https://www.journals.ufrpe.br/index.php/apca/article/view/178>. Acesso em: 16 ago. 2018.

JUSTUS, J. O.; MACHADO, M. L. A.; FRANCO, M. S. M. **Geomorfologia**. In: Projeto RADAMBRASIL, 33. Folha SH-22 – Porto Alegre e parte das folhas SH-21 – Uruguaiiana e SI-22 – Lagoa Mirim. Rio de Janeiro: IBGE, 1986, p. 313-404.

KOPPEN BRASIL. **Classificação climática de Köppen**, 2016. Disponível em: <https://koppenbrasil.github.io/>. Acesso em: 06 set. 2024.

KREUTZ, M. R. **Movimentações de populações Guarani, séculos XIII ao XVIII - Bacia Hidrográfica do Rio Taquari, Rio Grande do Sul**. Lajeado: UNIVATES, 2015. Tese (Doutorado) - Universidade do Vale do Taquari. Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Desenvolvimento do Centro Universitário Univates, Lajeado, RS - BR, 2015.

LAIPALT, L., ANDRADE, C. D.; COLLISCHONN, W.; TEIXEIRA, A. A.; DIAS DE PAIVA, R. C.; RUHOFF, A. **ANADEM: A Digital Terrain Model for South America**. Remote Sensing 16, no. 13: 2321. <https://doi.org/10.3390/rs16132321>

MENG, X. **Landslide | Definition, Types, Causes, & Facts | Britannica**. [s. l.], 2021. Disponível em: <https://www.britannica.com/science/landslide>. Acesso em 10 de agosto de 2024.

MILANI E.J., MELO, J.H.G, SOUZA, P.A., FERNANDES, L.A., FRANÇA, A.B. **Bacia do Paraná**. Boletim de Geociências da Petrobras, Rio de Janeiro, v.15, n.2, p. 265-287, 2007.

MONTE, B. *et al.* **Hydrological and hydraulic modelling applied to the mapping of flood-prone areas**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, [s.l.], v. 21, n. 1, p.152-167, 25 fev. 2016. Fap UNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.21168/rbrh.v21n1.p152-167>.

MORAES, S. R. **Mapeamento das áreas e edificações atingidas pelas inundações do Rio Taquari na área urbana do município de Lajeado/RS**. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade do Vale do Taquari - Univates, Lajeado. 2015. Disponível em: <https://www.univates.br/bdu/items/6c977a43-c93c-49bc-b809-d8712e36c152>.

MORAES, S. R.; COLLISCHONN, W.; BUFFON, F. T.; ECKHARDT, R. R. **Revisão e consolidação da série histórica dos níveis das cheias do rio Taquari em Lajeado de 1939 a 2023**. Porto Alegre, 2024. Nota técnica. Disponível em: [www.bibliotecadigital.ufrgs.br/da.php?nrb=001199403&loc=2024&l=7818d897802ef3c6](http://www.bibliotecadigital.ufrgs.br/da.php?nrb=001199403&loc=2024&l=7818d897802ef3c6).

OLIVEIRA, G.G; GUASSELLI, L.A.; BRUBACHER, J.P.; SIRANGELO, F.R. **Interpretação e mapeamento geomorfológico da bacia hidrográfica do rio Taquari Antas, com suporte de técnicas de geoprocessamento e utilização de dados orbitais e cartográficos**. Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, João Pessoa-PB, Brasil, 25 a 29 de abril, 2015.

OLIVEIRA, S. N. de *et al.* **Identificação de Unidades de Paisagem e sua implicação para o Ecoturismo no Parque Nacional da Serra dos Órgãos, Rio de Janeiro.** Revista Brasileira de Geomorfologia, S.l., v. 8, n. 1, p. 87-107, 2007. Disponível em: <https://rbgeomorfologia.org.br/rbg/article/view/88/81>. Acesso em: 11 ago. 2024.

PEREIRA, M. G. *et al.* **Formação e Caracterização de Solos.** In: TULLIO, L. *et al.* Formação, Classificação e Cartografia dos Solos. [S.L.]: Atena, 2019. p. 1-117. Disponível em: <https://atenaeditora.com.br/catalogo/ebook/formacao-classificacao-e-cartografia-dos-solos>. Acesso em: 16 ago. 2024.

PORTO ALEGRE. **Plano de Ação Climática - P3: Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas.** Porto Alegre, 2024. Disponível em: [https://prefeitura.poa.br/sites/default/files/usu\\_doc/sites/smamus/PMPOA23A\\_231116\\_P3\\_Relatorio\\_ARVC\\_V2.0%20%281%29.pdf](https://prefeitura.poa.br/sites/default/files/usu_doc/sites/smamus/PMPOA23A_231116_P3_Relatorio_ARVC_V2.0%20%281%29.pdf). Acesso em: 02 ago. 2024.

PRAZERES, L; MATA, J. 'É um cemitério isso aqui': a volta de uma família a bairro 'fantasma' após inundações no RS. **BBC News Brasil**, 21 maio 2024. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/articles/cj554e3zgmyo>. Acesso em: 13 set. 2024.

PROJETO COLABORA. **Chuvas no Sul, reconstrução impõe repensar ocupação urbana e rural.** 2024. Disponível em: <https://projetocolabora.com.br/ods11/chuvas-no-sul-reconstrucao-impoe-repensar-ocupacao-urbana-e-rural/>. Acesso em: 04 set. 2024

PROJETO MAPBIOMAS. **Coleção 9 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso da Terra do Brasil.** 2022. Disponível em: <http://brasil.mapbiomas.org>. Acesso em: 27 ago. 2024.

REMPEL, C. *et al.* **Urbanidade, Produção Agrícola e Conservação Ambiental - Estudo de Caso na Região do Vale do Taquari/RS/Brasil.** Holos, [S.L.], v. 1, p. 87-98, 10 fev. 2015. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN). <http://dx.doi.org/10.15628/holos.2015.2365>. Disponível em: <https://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/2365>. Acesso em: 01 ago. 2024.

RIO GRANDE DO SUL. **Atlas Socioeconômico do Rio Grande do Sul.** Secretaria de Planejamento, Governança e Gestão - SPGG. 7ª ed. Porto Alegre, set. 2022. Disponível em: <https://atlassocioeconomico.rs.gov.br>. Acesso em: 07 de agosto de 2024.

RIO GRANDE DO SUL. **Cartilha: Áreas de Risco: ocupações em planícies de inundação.** Ministério Público do Estado do Rio Grande do Sul, Centro de Apoio da Ordem Urbanística e Questões Fundiárias. Porto Alegre, 2024a. Disponível em: [https://www.mprs.mp.br/media/areas/urbanistico/arquivos/cartilha\\_areas\\_risco.pdf](https://www.mprs.mp.br/media/areas/urbanistico/arquivos/cartilha_areas_risco.pdf). Acesso em: 01 ago. 2024.

RIO GRANDE DO SUL. **Cartilha: O Uso e Ocupação do Solo em Áreas de Risco ou Suscetíveis a Desastres.** Ministério Público do Estado do Rio Grande do Sul, Centro de Apoio da Ordem Urbanística e Questões Fundiárias. Porto Alegre, 2024b. Disponível em: [https://www.mprs.mp.br/media/areas/urbanistico/arquivos/cartilha\\_areas\\_risco\\_atualizada.pdf](https://www.mprs.mp.br/media/areas/urbanistico/arquivos/cartilha_areas_risco_atualizada.pdf). Acesso em: 01 ago. 2024.

RIO GRANDE DO SUL. **Constituição do Estado do Rio Grande do Sul.** Texto constitucional de 3 de outubro de 1989 com as alterações adotadas pelas Emendas Constitucionais de n.º 1, de 1991, a 85, de 2023. Porto Alegre: Assembleia Legislativa do Estado do Rio Grande do Sul, 1989.

RIO GRANDE DO SUL. **Departamento de Economia e Estatística - DEE Dados, Ano-Base 2021.** Secretaria de Planejamento, Governança e Gestão - SPGG. Porto Alegre, 2021. Disponível em: <http://deedados.planejamento.rs.gov.br/feedados>. Acesso em 20 de agosto de 2024.

RIO GRANDE DO SUL. **Impacto das chuvas e cheias extremas no RS em maio de 2024.** Secretaria de Desenvolvimento Rural (SDR). Associação Riograndense de Empreendimentos de Assistência Técnica e Extensão Rural – Emater/RS. Porto Alegre: Emater, 2024. Disponível em: <https://www.estado.rs.gov.br/upload/arquivos/202406/relatorio-sisperdas-evento-enchentes-em-maio-2024.pdf>. Acesso em: 06 set. 2024.

RIO GRANDE DO SUL. **Lei nº 10.116, de 23 de março de 1994.** Institui a lei do Desenvolvimento Urbano, que dispõe sobre os critérios e requisitos mínimos para a definição e delimitação de áreas urbanas e de expansão urbana, sobre as diretrizes e normas gerais de parcelamento do solo para fins urbanos, sobre a elaboração de planos e de diretrizes gerais de ocupação do território pelos municípios e dá outras providências. Porto Alegre: Assembleia Legislativa do Estado, 23 mar. 1994.

RIO GRANDE DO SUL. **Lei nº 15.788, de 23 de dezembro de 2021.** Altera a Lei nº 10.116, de 23 de março de 1994, que institui a Lei do Desenvolvimento Urbano, que dispõe sobre os critérios e requisitos mínimos para a definição e delimitação de áreas urbanas e de expansão urbana, sobre as diretrizes e normas gerais de parcelamento do solo para fins urbanos, sobre a elaboração de planos e de diretrizes gerais de ocupação do território pelos municípios e dá outras providências. Porto Alegre: Assembleia Legislativa do Estado, 23 dez. 2021.

RIO GRANDE DO SUL. **Perfil Socioeconômico COREDE Vale do Taquari.** Secretaria do Planejamento, Mobilidade e Desenvolvimento Regional Departamento de Planejamento Governamental, Governo do Estado do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, nov. 2015.

RIO GRANDE DO SUL. **Termo de Referência - Contratação Emergencial de Assessoria Técnica e Metodológica para Elaboração do Plano de Reconstrução para os municípios do Vale do Taquari e revisão de Planos Diretores de Desenvolvimento Urbano - Universidade do Vale do Taquari/UNIVATES.** Secretaria de Desenvolvimento Urbano e Metropolitano - SEDUR. Porto Alegre, jun. 2024.

RIO GRANDE DO SUL. **Zoneamento Ambiental da Silvicultura: diretrizes da silvicultura por unidade de paisagem e bacia hidrográfica.** Secretaria Estadual do Meio Ambiente - SEMA. Porto Alegre, 2010. Disponível em: <file:///C:/Users/I/OneDrive/Desktop/02095820-resolucao-227-09-anexo-vol-2-diretrizes-da-silvicultura-por-unidade-de-paisagem-e-bacia-hidrografica.pdf>. Acesso em: 11 ago. 2024.

ROLLSING, C. Cheia do Rio Taquari é a segunda maior da história do rio. **Gaúcha ZH**, Porto Alegre, 07 set. 2023. GERAL. Disponível em: <https://gauchazh.clicrbs.com.br/geral/noticia/2023/09/cheia-do-taquari-e-a-segunda-maior-da-historia-do-rio-clm8djpk001o01368th6mxwh.html>. Acesso em: 12 set. 2024.

SAMPAIO, F. M. A. S; ROBAINA, L. E. S. **Suscetibilidade a movimentos de massa na bacia hidrográfica do rio Taquari/Antas.** Boletim Geográfico do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, n. 33, p. 85-105, jun. 2019.

SANTOS, A. E. A enchente de 1941 foi a mais comentada “até hoje”. **Jornal Nova Geração**, Estrela, 15 set. 2023. BAÚ DE MEMÓRIAS. Disponível em: <https://www.jornalng.net.br/noticias/a-enchente-de-1941-foi-a-mais-comentada-ate-hoje/>. Acesso em: 12 set. 2024.

SANTOS, D. M. **Zoneamento das áreas suscetíveis a movimentos de massa, enxurradas e inundações no município de Marques de Souza, RS. 2015.** Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Ambiental) - Centro Universitário Univates, Lajeado, 2015. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/51328839.pdf>. Acesso em: 24 Agosto 2024.

SANTOS, H. G. **Neossolos Litólicos.** Embrapa Solos, 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/solos-tropicais/sibcs/chave-do-sibcs/neossolos/neossolos-litolicos>. Acesso em: 16 ago. 2024.

SEMA. **Nota Técnica nº 002/2020/DIPLA/DRHS.** Porto Alegre, 7 ago. 2020. Disponível em: <https://sema.rs.gov.br/g040-bh-taquari-antas>. Acesso em: 9 set. 2024.

SEMA, DRH/SEMA, FEPAM. **Plano da Bacia Hidrográfica do Rio Taquari-Antas.** Comitê de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica do Rio Taquari-Antas: Encarte Final, out. 2012.

SEMA/FEPAM. **Base Cartográfica do Estado do Rio Grande do Sul 1:25.000 – BCRS25.** Versão 1.0. Documentação Técnica Geral. Porto Alegre, ago. 2018.

SIEDENBERG, D. R. **Condicionantes político-administrativos do desenvolvimento regional no RS - a experiência dos COREDES.** In: WITTMANN, M. L.; Ramos, M. P. (org.). Desenvolvimento regional: capital social, redes e planejamento. Santa Cruz do Sul: EDUNISC, v. 1, p. 135-158, 2004.

UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina. Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres. **Capacitação básica em Defesa civil: livro texto para educação à distância.** Brasília: Defesa Civil Nacional, 2011. Disponível em: <https://www.ceped.ufsc.br/wp-content/uploads/2012/01/Capacitação-Básica-em-Defesa-Civil-livro-texto.pdf>. Acesso em 01 de agosto de 2024.

USACE-RAS. “River Analysis System, HEC-RAS v5.0 – 2D Modeling User’s Manual.” US Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center, 2016b. 171 p.

WREGGE, M. S. *et al.* **Atlas climático da região sul do Brasil:** estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Marcos Silveira Wrege...[*et al.*], editores técnicos. Brasília, DF: Embrapa, 2012. Disponível em: <https://www.agricultura.rs.gov.br/upload/arquivos/202005/13110041-atlas-climatico-da-regiao-sul-do-brasil.pdf>. Acesso: em 11 set. 2024.

## ANEXOS

Anexo 1 - Suscetibilidade à Inundação e Zonas Preliminares de Arraste no Município de Estrela

Anexo 2 - Suscetibilidade à Inundação e Zonas Preliminares de Arraste na sede urbana de Estrela

Anexo 3 - Suscetibilidade a Movimentos de Massa no Município de Estrela

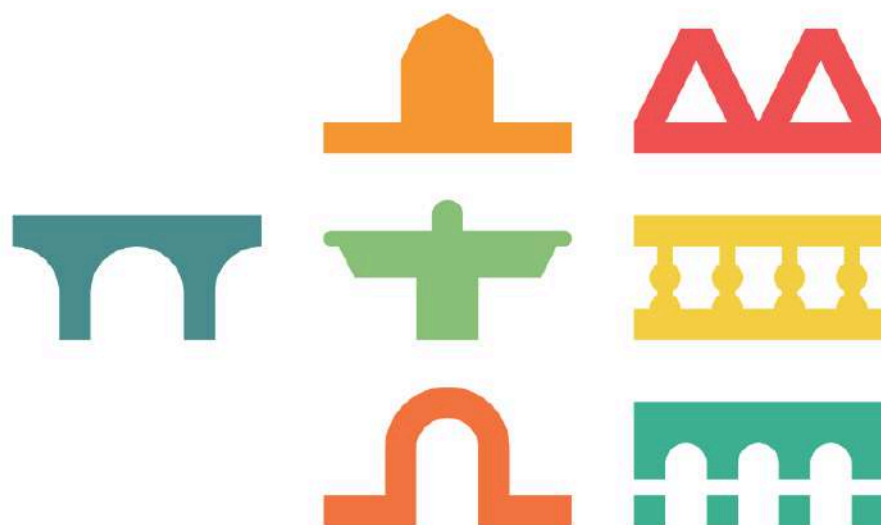
Anexo 4 - Suscetibilidade a Movimentos de Massa na sede urbana de Estrela

Anexo 5 - Zoneamento das Áreas de Risco no Município de Estrela

Anexo 6 - Zoneamento das Áreas de Risco na sede urbana de Estrela

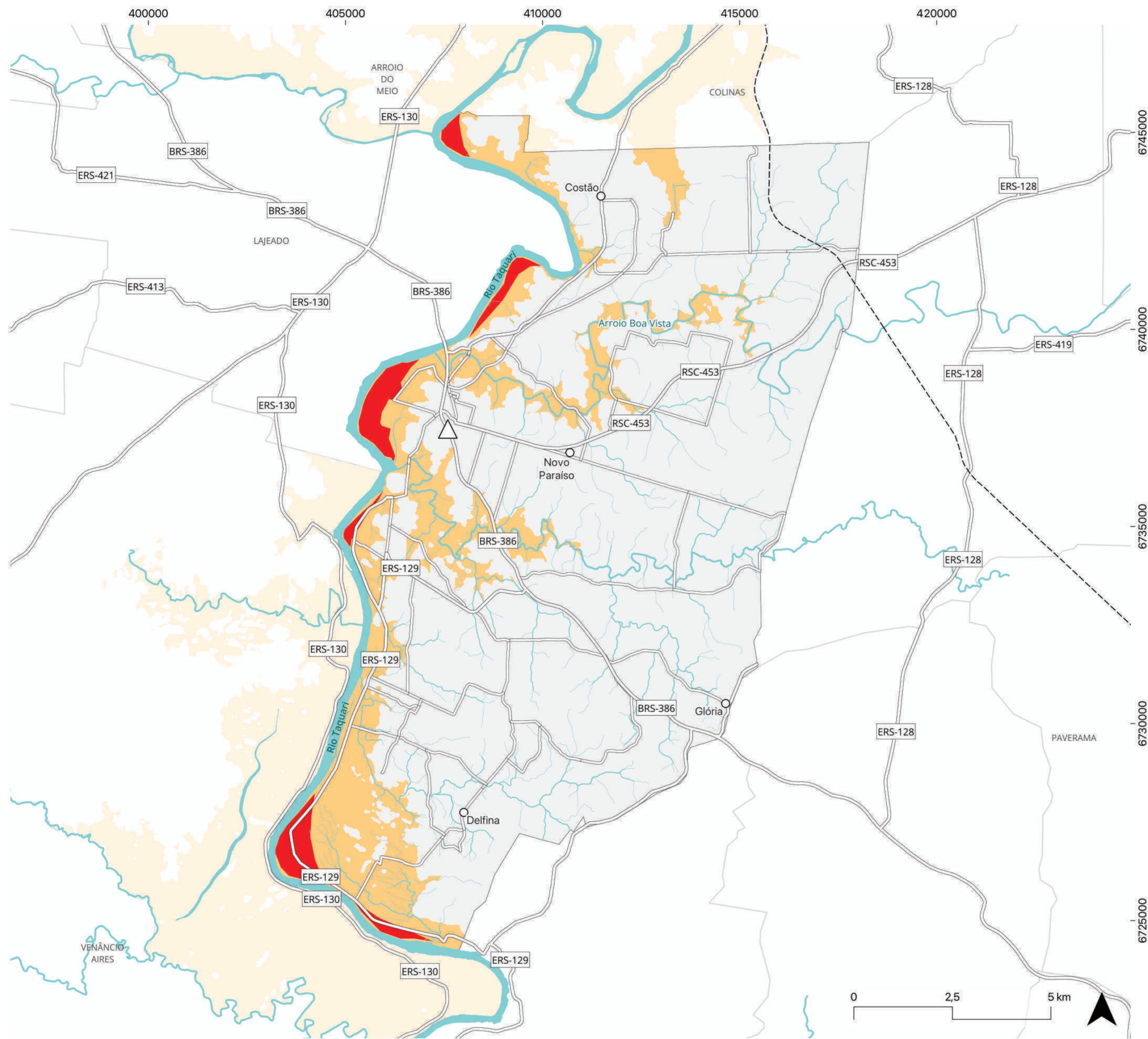
# PLANOS DIRETORES: RECONSTRUÇÃO DO VALE DO TAQUARI

---



GOVERNO DO ESTADO  
**RIO GRANDE DO SUL**

SECRETARIA DE  
DESENVOLVIMENTO URBANO  
E METROPOLITANO



LEGENDA:

- |   |   |
|---|---|
| <span style="color: red;">■</span> Zonas preliminares de arraste  | <span style="border-bottom: 1px solid black; width: 20px; display: inline-block;"></span> Rodovias estaduais e federais |
| <span style="color: orange;">■</span> Suscetibilidade à inundação | <span style="border-bottom: 1px solid black; width: 20px; display: inline-block;"></span> Rodovias municipais           |
| <span style="color: black;">△</span> Sede municipal               | <span style="border-bottom: 1px dashed black; width: 20px; display: inline-block;"></span> Ferrovia                     |
| <span style="color: black;">○</span> Núcleos urbanos isolados     | <span style="color: teal;">—</span> Hidrografia   |

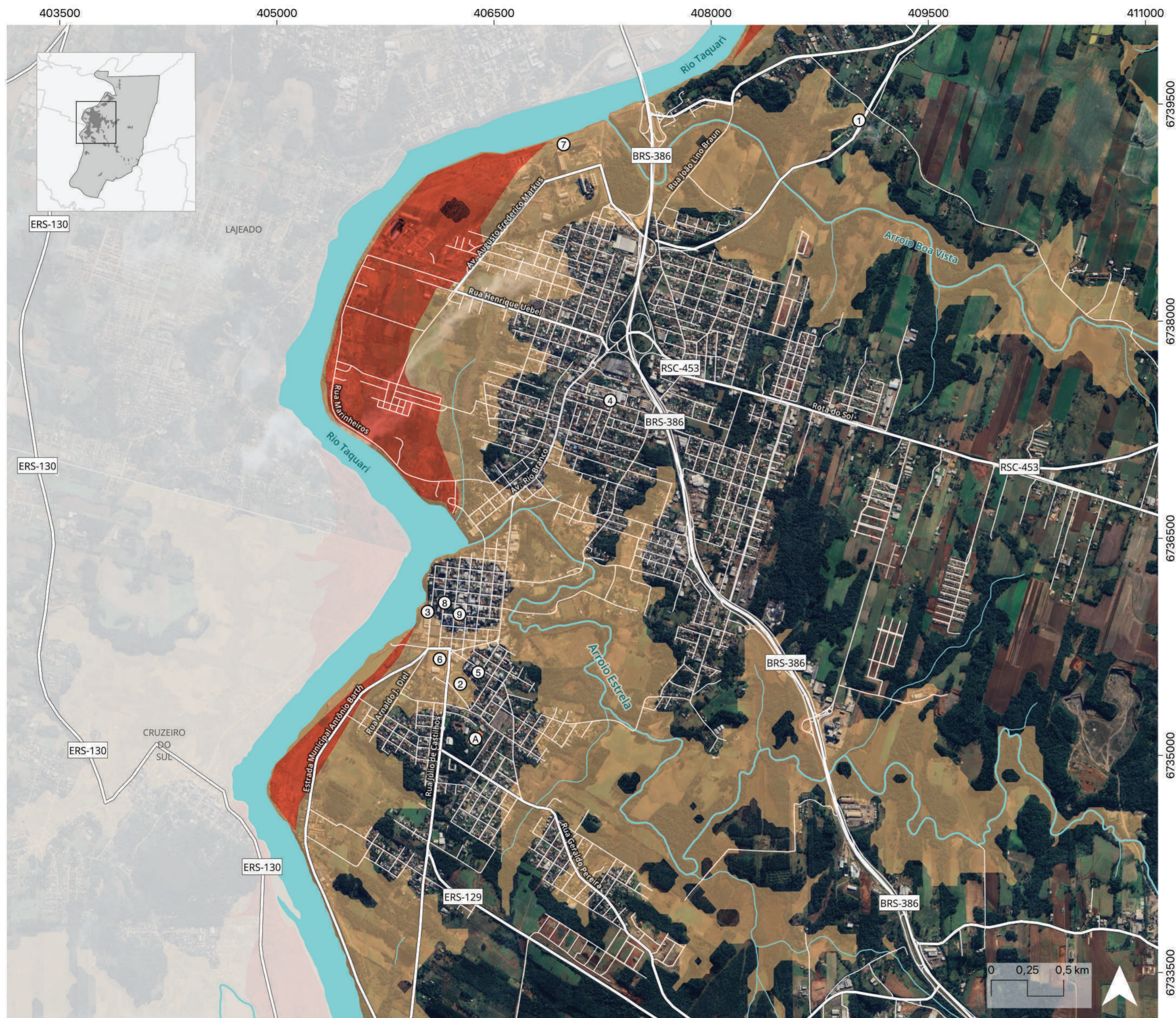
Datum: SIRGAS 2000  
Projeção: UTM Fuso 22 Sul

RELATÓRIO DE ZONEAMENTO DAS ÁREAS DE RISCO  
ESTRELA - RS

**ANEXO 1**  
SUSCETIBILIDADE À INUNDAÇÃO E ZONAS PRELIMINARES DE ARRASTE NO MUNICÍPIO

ESCALA GRÁFICA  
EQUIPE TÉCNICA UNIVATES  
SETEMBRO/2024





LEGENDA:

- Zonas preliminares de arraste
- Suscetibilidade à inundação
- Hidrografia
- Rodovias federais e estaduais
- Ferrovia
- Vias

Pontos de referência

- ① Alambique Berwanger
- ② Campo Centauros
- ③ Escadaria do Rio Taquari
- ④ Estação Rodoviária
- ⑤ Hospital Estrela

⑥ Parque Princesa do Vale

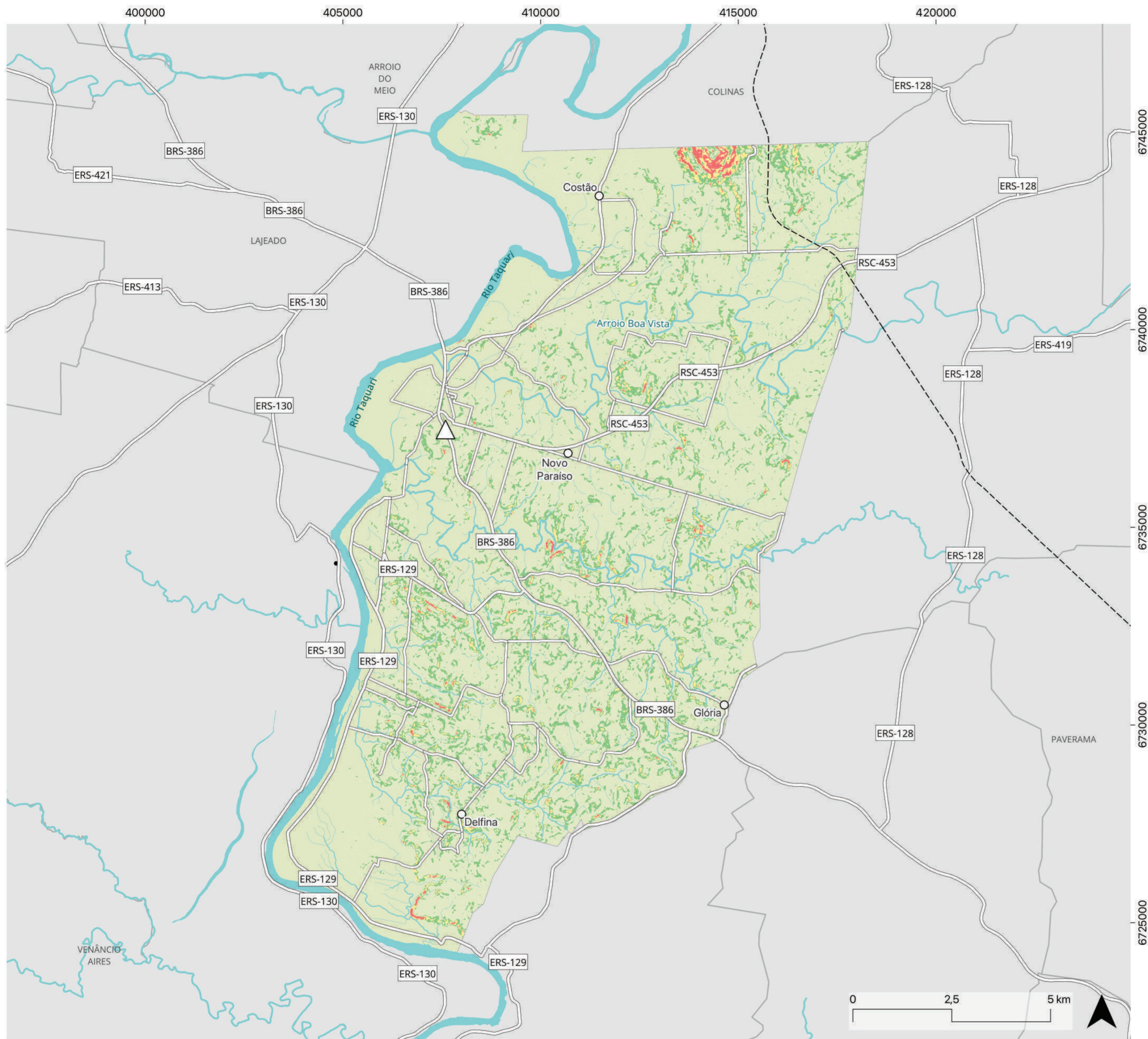
- ⑦ Porto de Estrela
- ⑧ Praça Menna Barreto
- ⑨ Prefeitura Municipal
- Ⓐ Sociedade Ginástica Estrela

RELATÓRIO DE ZONEAMENTO DAS ÁREAS DE RISCO  
ESTRELA - RS

ANEXO 2  
SUSCETIBILIDADE À INUNDAÇÃO E ZONAS PRELIMINARES DE ARRASTE NA SEDE URBANA

ESCALA GRÁFICA  
EQUIPE TÉCNICA UNIVATES  
SETEMBRO/2024





LEGENDA:

- |                                       |  |                                 |
|---------------------------------------|--|---------------------------------|
| Suscetibilidade a movimentos de massa | • Pontos de ruptura dos movimentos de massa (2024) | — Rodovias estaduais e federais |
| Alta Suscetibilidade                  | △ Sede municipal                                   | — Rodovias municipais           |
| Média Suscetibilidade                 | ○ Núcleos urbanos isolados                         | -- Ferrovia                     |
| Baixa Suscetibilidade                 | — Hidrografia                                      |                                 |
| Sem Suscetibilidade                   |  |                                 |

Datum: SIRGAS 2000  
Projeção: UTM Fuso 22 Sul

RELATÓRIO DE ZONEAMENTO DAS ÁREAS DE RISCO  
ESTRELA - RS

ANEXO 3  
SUSCETIBILIDADE A MOVIMENTOS DE MASSA NO MUNICÍPIO

ESCALA GRÁFICA  
EQUIPE TÉCNICA UNIVATES  
SETEMBRO/2024





LEGENDA:

Suscetibilidade a movimentos de massa

- Alta Suscetibilidade
- Média Suscetibilidade
- Baixa Suscetibilidade
- Pontos de ruptura dos movimentos de massa (2024)

Pontos de referência

- 1 Alambique Berwanger
- 2 Campo Centauros
- 3 Escadaria do Rio Taquari
- 4 Estação Rodoviária
- 5 Hospital Estrela

6 Parque Princesa do Vale

- 7 Porto de Estrela
- 8 Praça Menna Barreto
- 9 Prefeitura Municipal
- A Sociedade Ginástica Estrela

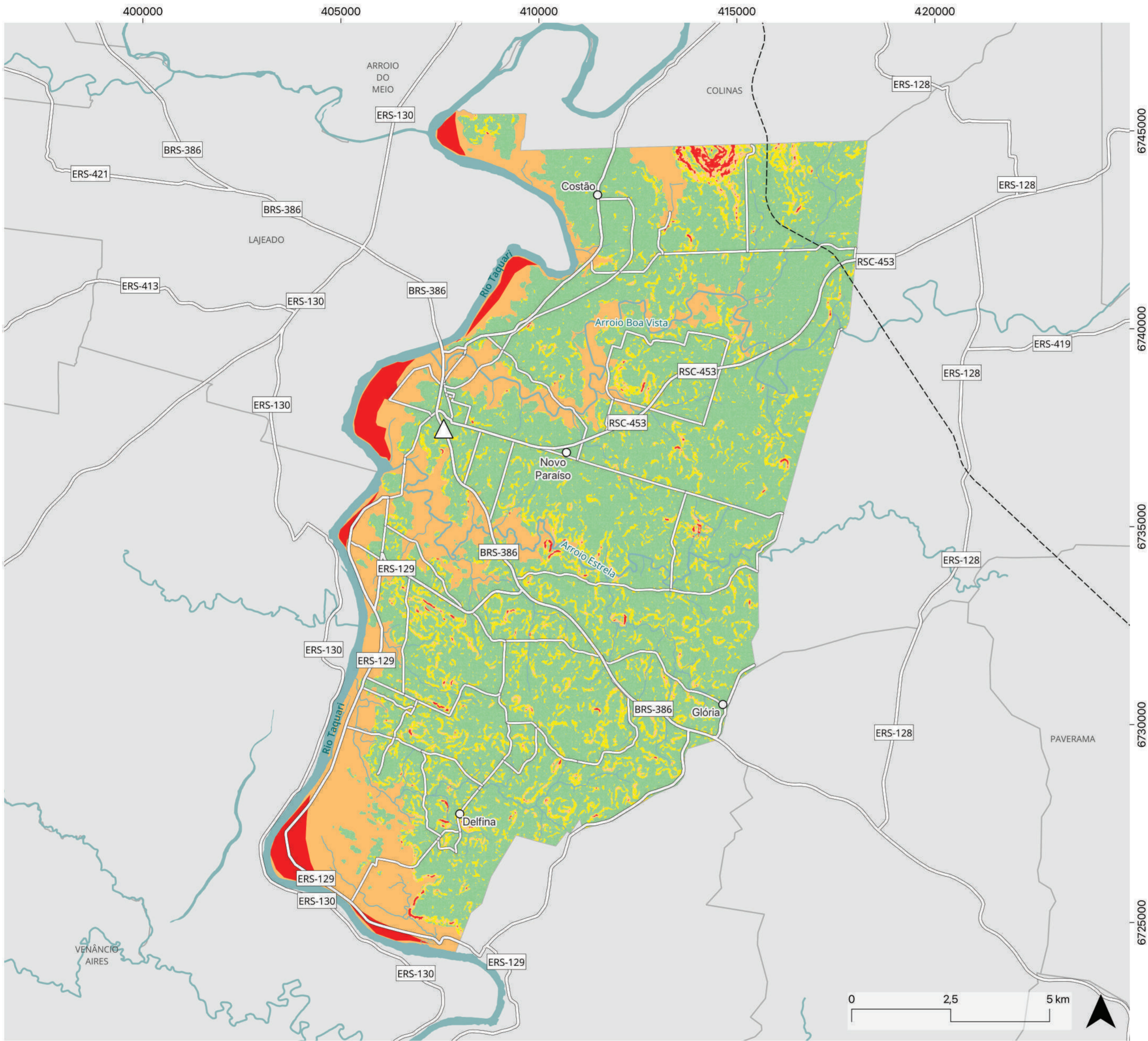
- Hidrografia
- Rodovias federais e estaduais
- Ferrovia
- Vias

Datum: SIRGAS 2000  
Projeção: UTM Fuso 22 Sul

RELATÓRIO DE ZONEAMENTO DAS ÁREAS DE RISCO  
ESTRELA - RS

ANEXO 4  
SUSCETIBILIDADE A MOVIMENTOS DE MASSA NA SEDE URBANA

ESCALA GRÁFICA  
EQUIPE TÉCNICA UNIVATES  
SETEMBRO/2024



LEGENDA:

Classificação de zona de risco

- Alto Risco (zona de arraste e zona de alta suscetibilidade a movimentos de massa)
- Médio Risco (zona de inundação e zona de média suscetibilidade a movimentos de massa)

- Baixo Risco (zona de baixa suscetibilidade a movimentos de massa)
- Sem Risco (sem suscetibilidade a inundações ou a movimentos de massa)
- Sede municipal
- Núcleos urbanos isolados

- Hidrografia
- Rodovias estaduais e federais
- Rodovias municipais
- Ferrovia

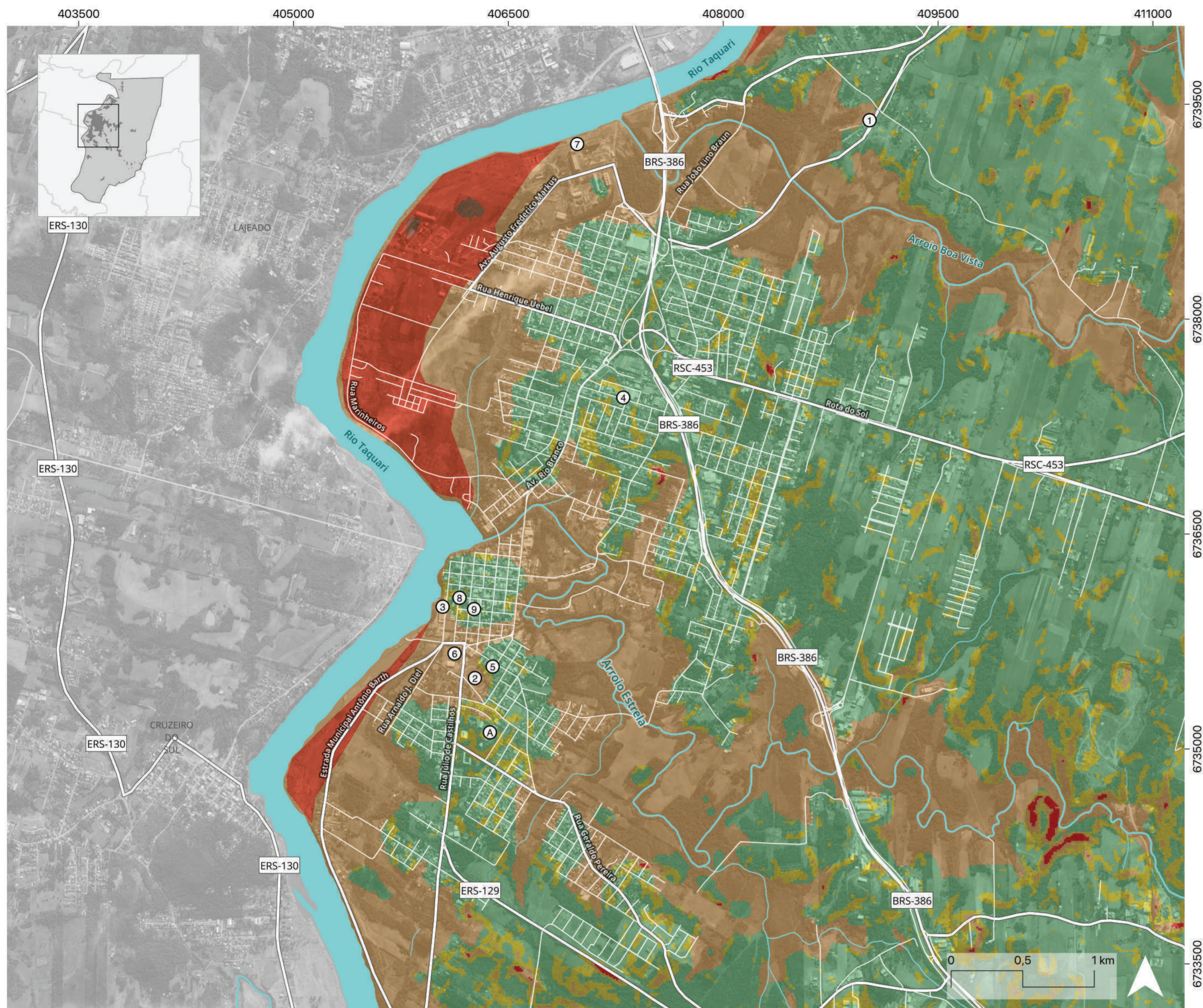
Datum: SIRGAS 2000  
Projeção: UTM Fuso 22 Sul

RELATÓRIO DE ZONEAMENTO DAS ÁREAS DE RISCO  
ESTRELA - RS

ANEXO 5  
ZONEAMENTO DAS ÁREAS DE RISCO NO MUNICÍPIO

ESCALA GRÁFICA  
EQUIPE TÉCNICA UNIVATES  
SETEMBRO/2024





LEGENDA:

Classificação de zonas de risco

- Alto Risco (zona de arraste e zona de alta suscetibilidade a movimentos de massa)
- Médio Risco (Zona de inundação e zona de média suscetibilidade a movimentos de massa)
- Baixo Risco (zona de baixa suscetibilidade a movimentos de massa)
- Sem Risco (sem suscetibilidade a inundações ou a movimentos de massa)

- Rodovias federais e estaduais
- Ferrovia
- Vias
- Hidrografia

Pontos de referência

- 1 Alambique Berwanger
- 2 Campo Centauros
- 3 Escadaria do Rio Taquari
- 4 Estação Rodoviária
- 5 Hospital Estrela
- 6 Parque Princesa do Vale
- 7 Porto de Estrela
- 8 Praça Menna Barreto
- 9 Prefeitura Municipal
- A Sociedade Ginástica Estrela

Datum: SIRGAS 2000  
Projeção: UTM Fuso 22 Sul

RELATÓRIO DE ZONEAMENTO DAS ÁREAS DE RISCO  
ESTRELA - RS

ANEXO 6  
ZONEAMENTO DAS ÁREAS DE RISCO NA SEDE URBANA

ESCALA GRÁFICA  
EQUIPE TÉCNICA UNIVATES  
SETEMBRO/2024

