



# **Análise de Risco e Vulnerabilidade Climática Canoas - RS**

28/04/2023

**PREFEITURA MUNICIPAL DE CANOAS - RS**





## **EXPEDIENTE**

### **ASSOCIADO**

Prefeitura Municipal de Canoas

### **PROJETO**

Análise de Risco e Vulnerabilidade  
Climática de Canoas

### **PREFEITURA MUNICIPAL DE CANOAS**

Bernardo Caron, Secretário Interino do  
Meio Ambiente

Vítor Augusto Schütt Zizemer,  
Presidente do Núcleo de Políticas de  
Mudança do Clima do Município de  
Canoas - NPMC

### **Apoio**

Damásio Dias, Secretaria de Meio  
Ambiente

Luiz Gustavo Rabaioli da Silva,  
Secretaria de Meio Ambiente

Thais Ramos, Secretaria de Meio  
Ambiente

Roberta Mallet, Secretaria de Meio  
Ambiente

Gabriela Hass, Secretaria de Meio  
Ambiente

Igor Souza, Defesa Civil

Daniel Souza, Defesa Civil

Ornei Hartmann, Defesa Civil

Giovani Thome, Secretaria de  
Desenvolvimento Urbano e Habitação

Alberto Silva, Secretaria de  
Desenvolvimento Urbano e Habitação

Adriano Lima, Secretaria de Serviços  
Urbanos

Alessandra Ramalho, Secretaria de  
Serviços Urbanos

Antonia Francois, Secretaria de Saúde  
Elisiane Amorim, Secretaria de Saúde

Maurício Brandão Feijó, Secretaria de  
Obras

### **ICLEI - Governos Locais pela Sustentabilidade**

Rodrigo Perpétuo, Secretário Executivo do  
ICLEI América do Sul;  
rodrigo.perpetuo@iclei.org

Rodrigo Corradi, Secretário Executivo  
Adjunto do ICLEI América do Sul;  
rodrigo.corradi@iclei.org

Leta Vieira, Gerente Técnica Regional de  
Baixo Carbono, Resiliência,  
Biodiversidade e Desenvolvimento  
Circular do ICLEI; leta.vieira@iclei.org

Ana Wernke, Coordenadora de Relações



Institucionais e Advocacy do ICLEI;  
ana.wernke@iclei.org

Cibele Carneiro, Coordenadora de  
Comunicação; cibele.carneiro@iclei.org

Keila Ferreira, Coordenadora de Baixo  
Carbono e Resiliência do ICLEI;  
keila.ferreira@iclei.org

Carolina Diniz, Assistente de Baixo  
Carbono e Resiliência do ICLEI;  
carolina.diniz@iclei.org

Lucas Rocha, Estagiário e Baixo  
Carbono e Resiliência do ICLEI;  
lucas.rocha@iclei.org

### **WayCarbon**

Melina Amoni, Gerente de Risco

Climático e Adaptação;  
melina.amoni@waycarbon.com

Rosangela Silva, Coordenadora de Risco  
Climático e Adaptação;  
rosangela.silva@waycarbon.com

Natalia D'Alessandro, Consultora Sênior  
de Risco Climático e Adaptação;  
natalia.dalessandro@waycarbon.com

Gregory Pitta, Especialista de Dados  
Sênior de Risco Climático e Adaptação;  
gregory.pitta@waycarbon.com

Cristiana Leite, Analista de Dados Pleno;  
cristiana.leite@waycarbon.com

Flora Simon, Analista de Sustentabilidade  
Júnior; flora.simon@waycarbon.com

**Nota explicativa:** A Análise de Risco e Vulnerabilidade Climática foi contratada pela Prefeitura Municipal de Canoas-RS e desenvolvida pelo ICLEI - Governos Locais pela Sustentabilidade em conjunto com a contratação técnica da WayCarbon.



## LISTA DE ACRÔNIMOS

ANA	Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
APP	Área de Preservação Permanente
CAGED	Cadastro Geral de Empregados e Desempregados
CDD	Consecutive Dry Days
CHIRPS	Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station
CMIP	Coupled Model Intercomparison Project
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CNM	Confederação Nacional de Municípios
CNN	Cable News Network
CV	Coefficiente de Variação
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DC	Diário de Canoas
DQO	Demanda Química de Oxigênio
DRH	Departamento de Recursos Hídricos
ETA	Estação de Tratamento de Água
ETE	Estação de Tratamento de Esgoto
GEE	Gases de Efeito Estufa
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDEB	Índice de Desenvolvimento de Educação Básica



IDESE	Índice de Desenvolvimento Socioeconômico
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano
IDHM	Índice de Desenvolvimento Humano Municipal
IM	Índice Morfométrico
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
IRGA	Instituto Rio Grandense do Arroz
MDE	Modelo Digital de Elevação
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MPA	Média da Precipitação Anual
OD	Oxigênio Dissolvido
OMM	Organização Meteorológica Mundial
OMS	Organização Mundial de Saúde
ONU	Organização das Nações Unidas
PIB	Produto Interno Bruto
PMC	Prefeitura Municipal de Canoas
RCP	Representative Concentration Pathway
SEBRAE	Serviço Brasileiro de Apoio às micro e pequenas Empresas
SEMA	Secretaria do Meio Ambiente e Infraestrutura do Estado do Rio Grande do Sul
SMS	Secretaria Municipal de Saúde



SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
SSP	Shared Socio-economic Pathway
TRENSURB	Empresa de Trens Urbanos de Porto Alegre S.A
UC	Unidade de Conservação
WHO	World Health Association
ZEI	Zona Especial de Interesse
ZTA	Zona de Transição Ambiental
ZUC	Zona de Uso Comercial
ZUI	Zona de Uso Industrial
ZUM	Zona de Uso Mista
ZUR	Zona de Uso Residencial



## CONCEITOS-CHAVE

**ADAPTAÇÃO:** Corresponde ao processo pelo qual a sociedade humana se ajusta ao clima e seus efeitos, sejam os atuais ou os previstos. A adaptação é promovida por estratégias e medidas disponíveis específicas, as quais podem ocorrer em níveis estruturais, institucionais, ecológicos ou comportamentais.

**AMEAÇAS CLIMÁTICAS:** A potencial tendência de ocorrência ou efetiva concretização de um evento físico natural ou humanamente induzido que possa causar danos ou impactos sobre a saúde, as infraestruturas, a propriedades materiais, modos de vida e de subsistência, provisão de serviços públicos e privados, ecossistemas e recursos naturais. Por exemplo, aumento da temperatura, diminuição/aumento da precipitação, inundações, deslizamentos de terra, ondas de calor, secas, aumento do nível do mar etc. Neste relatório, o termo “ameaça” geralmente se refere a eventos extremos relacionados ao clima.

**CAPACIDADE ADAPTATIVA:** É o quanto organismos vivos, sistemas e instituições têm de habilidade e recursos para se antecipar e se transformar de maneira física ou comportamental para se ajustar aos danos potenciais, tirar vantagem de oportunidades ou responder aos efeitos trazidos pelas mudanças do clima atuais ou previstos.

**CLIMA:** Uma sucessão habitual de tipos de tempo atmosférico sobre determinado lugar da superfície terrestre, descrita por meio de estudos e parâmetros estatísticos.

**EXPOSIÇÃO:** É a presença de pessoas; meios de subsistência; espécies ou ecossistemas; funções, serviços e recursos ecossistêmicos; infraestrutura; ou recursos econômicos, sociais ou culturais em locais e configurações que podem ser afetadas adversamente.

**IMPACTOS CLIMÁTICOS:** Efeitos positivos ou negativos dos eventos climáticos sobre os sistemas naturais e humanos. Ocorrem geralmente sobre a vida, meios de vida, saúde,



ecossistemas, economia, sociedade, cultura, serviços e infraestruturas. São resultantes da interação entre os eventos climáticos perigosos ou ameaças que ocorrem dentro de um período específico e a vulnerabilidade de uma sociedade ou um sistema exposto a certo perigo. Impactos também são referidos como consequências e resultados.

**MODELOS ACOPLADOS:** É um projeto global de simulações de modelos climáticos criado pelo Programa Mundial de Pesquisa Climática (*WCRP* na sigla em inglês). O projeto busca coordenar, arquivar e compartilhar as informações e dados de entrada e saída dessas simulações entre os grupos de pesquisa ao redor do planeta. Dessa forma, o CMIP fornece uma base para a comparação desses modelos por diversos grupos de pesquisa e das médias dos múltiplos modelos climáticos encontrados na literatura científica e nos relatórios do IPCC. Atualmente, o projeto encontra-se na sua sexta fase, sendo referido como CMIP6. O CMIP6 possui um equilíbrio de sensibilidade climática maior se comparada ao CMIP5, além de melhores representações de processos químicos, físicos e biológicos naturais junto a uma melhor resolução espacial.

**MUDANÇA DO CLIMA:** Refere-se às mudanças no estado do clima que podem ser identificadas por alterações na sua média e/ou na variabilidade de suas características, com essas alterações perdurando ao menos por algumas décadas. A mudança do clima pode ocorrer tanto por meio de processos internos naturais ou forçantes externos, como variações dos ciclos solares, erupções vulcânicas e interferências humanas constantes na composição da atmosfera ou no uso da terra.

**RESILIÊNCIA:** Corresponde à capacidade dos sistemas sociais, econômicos e ecológicos interconectados de lidar com um evento, tendência ou distúrbio perigoso, respondendo ou reorganizando-se de modo a manter suas funções, identidade e estrutura essenciais.



**RISCO CLIMÁTICO:** É a possibilidade de ocorrer consequências negativas para os sistemas humanos e naturais em decorrência de eventos climáticos. O risco pode surgir tanto dos possíveis impactos das mudanças do clima quanto pelas respostas humanas a essas mudanças. Ele é composto por “fatores de risco”, que são a ameaça, a exposição e a vulnerabilidade.

**SENSIBILIDADE:** Corresponde ao nível em que um sistema humano ou natural em qualquer escala, desde indivíduo até a escala populacional, é afetado pelos impactos positivos ou negativos da mudança do clima. Também é chamada de “susceptibilidade”.

**VULNERABILIDADE:** Propensão ou predisposição a ser adversamente afetado pelos impactos da mudança do clima. Vulnerabilidade engloba uma variedade de conceitos e elementos, incluindo a sensibilidade ou susceptibilidade a danos e a falta de capacidade de resposta ou de adaptação. O nível de vulnerabilidade pode variar conforme os conceitos e elementos levados em consideração.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de ordenamento urbano do município de Canoas	20
Figura 2. Mapa de áreas verdes e hidrografia do município de Canoas	22
Figura 3. Mapa das sub-bacias hidrográficas do município de Canoas	24
Figura 4. População absoluta por bairro no município de Canoas	26
Figura 5. Metodologia de Risco IPCC	33
Figura 6. Conceito de ordens de curso d'água, apresentado em uma bacia hipotética	39
Figura 7. Mapa do índice de exposição para o município de Canoas	55
Figura 8. Ameaça de inundação fluvial no município de Canoas para o período histórico, 2030 e 2050	59
Figura 9. Sensibilidade da população de Canoas a inundações fluviais	62
Figura 10. Adaptabilidade da população de Canoas a inundações fluviais	63
Figura 11. Vulnerabilidade da população de Canoas a inundações fluviais	64



Figura 12. Risco de inundação fluvial no município de Canoas para o período histórico, 2030 e 2050	66
Figura 13. Ameaça de ondas de calor no município de Canoas para o período histórico, 2030 e 2050	69
Figura 14. Sensibilidade da população de Canoas a ondas de calor	72
Figura 15. Adaptabilidade da população de Canoas a ondas de calor	73
Figura 16. Vulnerabilidade da população de Canoas a ondas de calor	74
Figura 17. Risco de ondas de calor no município de Canoas para o período histórico, 2030 e 2050	77
Figura 18. Ameaça de secas meteorológicas no município de Canoas para o período histórico, 2030 e 2050	79
Figura 19. Sensibilidade da população de Canoas a secas meteorológicas	82
Figura 20. Adaptabilidade da população de Canoas a secas meteorológicas	82
Figura 21. Vulnerabilidade da população de Canoas a secas meteorológicas	84



Figura 22. Risco de secas meteorológicas no município de Canoas para o período histórico, 2030 e 2050	86
Figura 23. Ameaça de vetores de arboviroses no município de Canoas para o período histórico, 2030 e 2050	88
Figura 24. Sensibilidade da população de Canoas a vetores de arboviroses	91
Figura 25. Adaptabilidade da população de Canoas a vetores de arboviroses	92
Figura 26. Vulnerabilidade da população de Canoas a vetores de arboviroses	93
Figura 27. Risco de vetores de arboviroses no município de Canoas para o período histórico, 2030 e 2050	95
Figura 28. Distribuição da população sujeita à cada classe de risco nas quatro ameaças para o período de 2050 no cenário SSP3-7.0	96

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Casos autóctones de Dengue em 2022 segundo o bairro de residência em Canoas/RS	28
Tabela 2. Escala de classes e cores dos indicadores de ameaça e risco	37



Tabela 3. Estimativas de aquecimento médio (em °C) conforme os cenários SSP-RCP para os períodos de 2021 a 2100. 51

Tabela 4. Tendências Climáticas para Canoas 53

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Indicadores utilizados no cálculo da sensibilidade para as quatro ameaças analisadas 47

Quadro 2. Indicadores utilizados no cálculo da capacidade adaptativa para as quatro ameaças analisadas, nos fatores socioeconômico e demográfico 48

Quadro 3. Indicadores utilizados no cálculo da capacidade adaptativa para as quatro ameaças analisadas, no fator de infraestrutura 49



## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>12</b>
<b>2. CONTEXTUALIZAÇÃO</b>	<b>12</b>
2.1 CONTEXTO SOCIOECONÔMICO	12
2.2 CONTEXTO GEOMORFOLÓGICO E AMBIENTAL	14
2.2.1 Uso e Ocupação do solo	14
1.1.1 Caracterização Ambiental	17
1.2 CONTEXTO DE INFRAESTRUTURA	21
1.2.1 Infraestrutura Existente	21
1.2.2 Histórico de Eventos Climáticos	25
<b>2. METODOLOGIA</b>	<b>27</b>
2.1 RISCO CLIMÁTICO	27
2.2 AMEAÇA	31
2.2.1 Inundação Fluvial	32
2.2.2 Ondas de Calor	34
2.2.3 Secas Meteorológicas	35
2.2.4 Vetores de Arboviroses (Aedes Aegypti)	38
2.3 VULNERABILIDADE	39
2.4 CENÁRIOS CLIMÁTICOS	43
<b>3. RESULTADOS</b>	<b>45</b>
3.1 TENDÊNCIAS CLIMÁTICAS	45
3.2 EXPOSIÇÃO	46
3.3 INUNDAÇÃO FLUVIAL	50
3.3.1 Ameaça	50
3.3.2 Vulnerabilidade	52
3.3.3 Risco	57
3.4 ONDAS DE CALOR	59
3.4.1 Ameaça	59
3.4.2 Vulnerabilidade	62
3.4.3 Risco	67
3.5 SECAS METEOROLÓGICAS	70
3.5.1 Ameaça	70
3.5.2 Vulnerabilidade	72



3.5.3 Risco	77
3.6 VETORES DE ARBOVIROSES	79
3.6.1 Ameaça	79
3.6.2 Vulnerabilidade	81
3.6.3 Risco	86
3.7 UM OLHAR PARA A POPULAÇÃO SUJEITA AO RISCO CLIMÁTICO	88
<b>4. LIMITAÇÕES E BARREIRAS</b>	<b>90</b>
<b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>92</b>
<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>94</b>



## 1. INTRODUÇÃO

As emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE) decorrentes da queima de combustíveis fósseis intensificam o efeito estufa, ocasionando mudanças na temperatura, precipitação, umidade e em outras variáveis climáticas. Esse desequilíbrio provoca o aumento na frequência e na intensidade de eventos extremos como inundações fluviais, deslizamentos, secas e ondas de calor, além da elevação do nível médio do mar, com impactos diferentes em cada região do planeta.

Em países em desenvolvimento como o Brasil, a vulnerabilidade às mudanças do clima é mais elevada, pois os índices de desigualdade social e pobreza são mais altos, causando maior suscetibilidade e menor capacidade de adaptação da população aos eventos extremos. Em escala municipal, o impacto dos eventos climáticos irá variar de acordo com a infraestrutura da cidade e uma série de fatores ambientais, como precipitação, hidrologia, áreas verdes, topografia e uso e ocupação do solo.

Além destas variáveis ambientais, é necessário que os municípios desenvolvam estudos climáticos de forma a identificar as principais ameaças climáticas atuais e futuras e os potenciais impactos para a cidade e seus habitantes. Neste contexto, este relatório apresenta a Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climática do município de Canoas/RS, contendo um diagnóstico das ameaças climáticas relevantes e as regiões mais susceptíveis aos eventos climáticos e que, por consequência, devem ser priorizadas ao se desenvolver ações e medidas de adaptação à mudança do clima.

## 2. CONTEXTUALIZAÇÃO

### 2.1 CONTEXTO SOCIOECONÔMICO

Localizada no estado do Rio Grande do Sul, a cidade de Canoas pertence à mesorregião da capital Porto Alegre, e à sua Região Metropolitana. De acordo com o Censo Demográfico de 2010 (IBGE,



2010) o município possuía um total de 323.827 residentes, sendo o quarto maior em número de habitantes no estado. Com projeção de alcançar 349.728 residentes em 2021 (IBGE, 2021) e abrangendo uma área de 131,1 km<sup>2</sup>, a cidade apresenta uma densidade demográfica de 2.668 hab/km<sup>2</sup>, com a população concentrando em sua totalidade em área urbana.

Em relação ao perfil populacional, no ano de 2010 a distribuição da população por faixa etária no município apresentava uma maior concentração de indivíduos entre 40 e 59 anos, que representavam 25,5% do total da população. O município ainda possui aproximadamente 37 mil pessoas com mais de 60 anos, alcançando 11,4% da população. Quanto à composição do gênero, as mulheres representam 51,9% da população, e os homens 48,2 % (IBGE, 2010).

O Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDH-M) de Canoas, referente ao ano de 2010, equivale a 0,750 (IBGE, 2010), enquadrando o município na faixa alta (IDH-M entre 0,700 e 0,799). Esse número coloca o município em 102<sup>a</sup> posição no estado do Rio Grande do Sul, de um total de 496 municípios. O IDH-M é composto por três indicadores de desenvolvimento humano: longevidade, educação e renda, em um número que pode variar entre 0 e 1. Canoas apresentava, em 2010, um índice muito alto de longevidade, de 0,864, e um índice alto de renda, com 0,768. O índice de educação encontra-se mais abaixo, em um nível médio, com 0,636.

O censo demográfico de 2010 apresentava para o município uma taxa de escolarização de 6 a 14 anos de idade de 95,9%, baixa considerando os altos índices no estado (IBGE, 2010). Já o Índice de Desenvolvimento de Educação Básica – IDEB foi de 5,5 para o ensino fundamental e 4,8 para rede pública, em 2021 (IBGE, 2021), índices também abaixo do restante do estado.

Em relação à empregabilidade da população, por se localizar em uma área com diversas indústrias, Canoas apresentou em 2019 cerca de 78 mil empregos formais e mais de 17 mil estabelecimentos cadastrados (CAGED, 2019). O município vem apresentando crescimento nos empregos formais, tendo gerado o quinto maior saldo de empregos entre maio de 2021 e 2022, com mais de 4,3 mil (GOV. RIO GRANDE DO SUL, 2022a).

Em relação ao Índice de Desenvolvimento socioeconômico - IDESE, que avalia a situação



socioeconômica dos municípios gaúchos quanto à educação, à renda e à saúde, considerando aspectos quantitativos e qualitativos do processo de desenvolvimento, Canoas apresenta-se na 11<sup>a</sup> posição no ranking de municípios do Rio Grande do Sul com mais de 100.000 habitantes, com um IDESE de 0,743 (GOV. RIO GRANDE DO SUL, 2021a).

A cidade possuía em 2019 o terceiro maior PIB per capita da região geográfica imediata, de R\$ 59.519,12 (IBGE, 2019), com 69,7% de sua receita oriunda de fonte externa. O PIB total da cidade para esse mesmo ano foi de cerca de R\$ 20,6 bilhões, com 49,8% do valor adicionado advindo do setor de serviços, seguido das participações da indústria, com 39,9%, e da administração pública, com 10,2%.

Ao se avaliar com mais detalhes a participação dos setores na cidade, verifica-se que, em 2019, os segmentos com maior participação foram o comércio varejista, com 7,4%, seguido do transporte rodoviário de carga, com 5,5%, e restaurantes e outros serviços alimentícios, com 3,9% (SEBRAE/RS, 2020).

No município também está presente, ao norte de seu território, a Refinaria Alberto Pasqualini, que ocupa uma área de 580 hectares e que, a partir de 2012, passou a ser integralmente da Petrobrás. A refinaria possui uma capacidade instalada para processar 32 mil m<sup>3</sup> por dia e atende principalmente o mercado regional, com foco na maximização da produção de óleo diesel (PETROBRAS, 2022).

## 2.2 CONTEXTO GEOMORFOLÓGICO E AMBIENTAL

### 2.2.1 Uso e Ocupação do solo

A cidade de Canoas se localiza na Depressão Central do estado, unidade geomorfológica que abrange todo o centro e o sudoeste do Rio Grande do Sul, e é formada de rochas sedimentares em terrenos de baixa altitude (GOV. RIO GRANDE DO SUL, 2021b). O território é bastante urbanizado, como pode-se visualizar no mapa de ordenamento urbano (Figura 1).

Com base em dados de 2021 disponibilizados pelo MapBiomias, 54% do município de Canoas pertence a áreas não vegetadas, com um elevado grau de urbanização (MAPBIOMAS, 2022). Outra

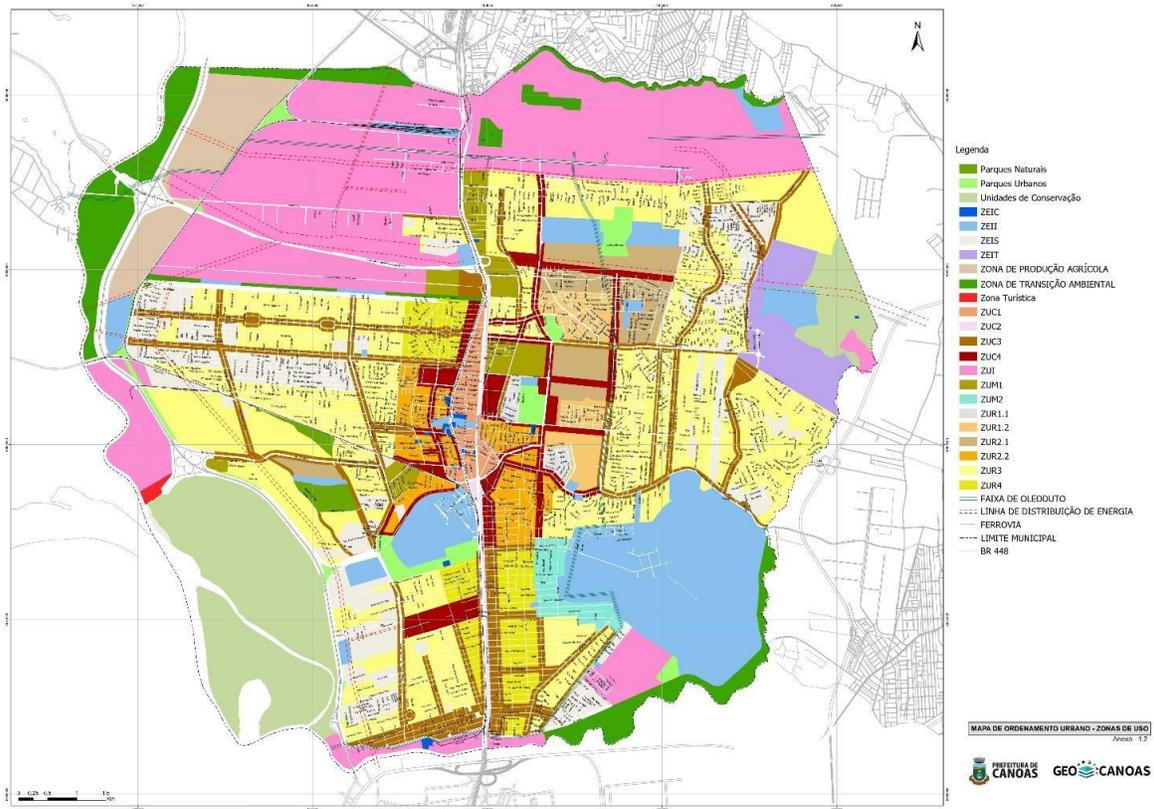


parcela do território, cerca de 15%, é usada para agricultura, em sua maior parte para cultivos de arroz. As áreas de floresta em formação correspondem a 15% da área total do município, enquanto as áreas de formação campestre, campos alagados e áreas pantanosas ocupam 14%. Por fim, os corpos hídricos ocupam os 2% restantes do território. Segundo um estudo de expansão urbana de Canoas (MARCOS; HASENACK; HOFMANN, 2017), a área de mata nativa correspondia a 5,4% do território em 2014.

Como é possível visualizar na Figura 1, a parte norte do município é onde se localiza o complexo industrial, de código ZUI – Zona de Uso Industrial. A parte central do município se caracteriza majoritariamente pelo uso urbano, de códigos ZUR – Zona de Uso Residencial. A cidade é dividida bem ao meio pela Rodovia RS-116, a qual conecta a capital Porto Alegre às cidades da Região Metropolitana localizadas ao norte de seu limite geográfico. Na parcela sudeste, se localiza a Base Aérea de Canoas, Zona Especial de Interesse Institucional (ZEII) que pertence à Força Aérea Brasileira e possui aeroporto próprio, destinado ao uso governamental.

Quanto à área de uso agrícola, esta concentra-se mais ao noroeste do município, nos bairros Industrial e São Luís. Segundo a Prefeitura Municipal de Canoas (PMC), a cidade também vem crescendo no setor de agricultura familiar, com polos localizados nos bairros Mato Grande e Estância Velha (PMC, 2021a). Em 2022, as propriedades somaram 52 hectares e 120 pessoas trabalhando diretamente no cultivo de alimentos como hortaliças e temperos (PMC, 2022a).

O município também possui Zonas de Transição Ambiental (ZTA) em regiões periféricas, que fazem limites com outros municípios, e algumas áreas menores espalhadas pelo território. Em relação a áreas verdes, duas grandes áreas se destacam: A área situada a sudoeste, que corresponde a uma parte da Unidade de Conservação (UC) do Parque Estadual do Delta do Jacuí (SEMA, 2021), e a área situada à leste, que corresponde ao Parque Fazenda Guajuviras.



**Figura 1. Mapa de ordenamento urbano do município de Canoas.**

Fonte: PMC (2022b).



### 1.1.1 Caracterização Ambiental

A origem da cidade de Canoas remete a seus aspectos ambientais. Em território característico de uma planície alagada, acredita-se que seu nome tenha sido influenciado pela necessidade de confecção de canoas para acessar a estação férrea, que se localizava às margens do rio dos Sinos.

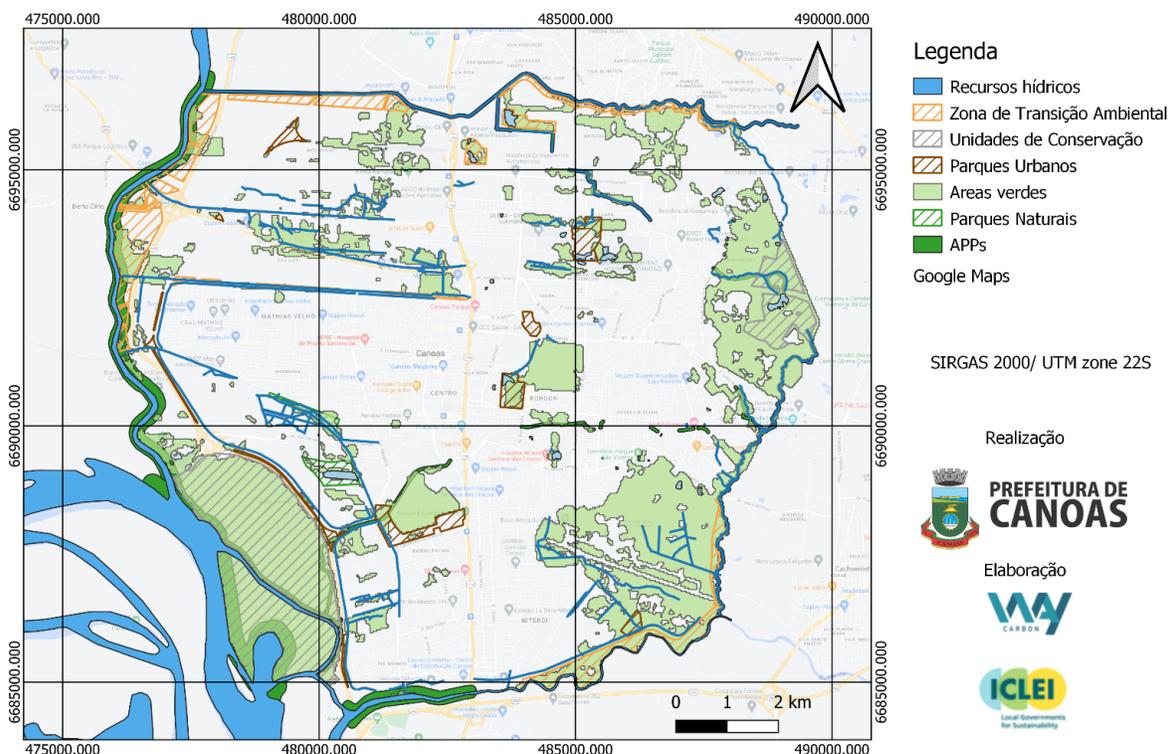
Em uma região plana, de altitude próxima ao nível do mar, Canoas não apresenta morros em seu território. As partes mais elevadas situam-se em Guajuviras e na região do Cemitério Parque Jardim São Vicente, chegando no máximo a 50 metros (PMC, 2022c). Em relação aos biomas, o município se situa próximo à divisa entre o bioma Mata Atlântica e o bioma Pampa, embora seu território se situe integralmente dentro deste segundo. O bioma Pampa é composto por um conjunto de vegetação de campo em relevo predominante de planície, sendo marcado pela presença de grande diversidade de fauna e flora ainda pouco conhecida (GOV. RIO GRANDE DO SUL, 2021b).

As áreas de parques e praças do município que não correspondem às Unidades de Conservação, Zonas de Transição Ambiental ou Áreas de Preservação Permanente também podem ser visualizadas na Figura 2. Um dos principais parques do município é o Parque Getúlio Vargas, situado à leste da BR-116, no bairro Marechal Rondon. Mais ao sudoeste, no entorno do 5º Comando Aéreo Regional, encontra-se o Parque Eduardo Gomes, no bairro Fátima. Há também parques menores distribuídos na região nordeste, nos bairros Igara e São José.

A precipitação pluviométrica anual varia entre 1000 e 2000 mm/ano, com maiores quantidades de chuva de junho a outubro (GOV. RIO GRANDE DO SUL, 2005). Avaliando-se a média entre 1981 a 2010, os meses de setembro e outubro são os mais chuvosos, com média de 151 mm, enquanto os meses de março e dezembro são os mais secos, com média de 104 mm (IRGA, 2018).



## MAPA DE ÁREAS VERDES E RECURSOS HÍDRICOS DE CANOAS



**Figura 2. Mapa de áreas verdes e hidrografia do município de Canoas.**

Fonte: WayCarbon e ICLEI com base em PMC (2022d).

O município de Canoas está localizado na Região Hidrográfica do Lago Guaíba, sendo abrangido por três bacias hidrográficas: Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí (G010), a sudeste, Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos (G020), ao norte, e Bacia Hidrográfica do Lago Guaíba (G080), a oeste (SEMA, 2022). A cidade é banhada pelo rio Gravataí, ao sul, e pelo rio dos Sinos, ao oeste. Além disso, conforme pode-se visualizar na Figura 3, em seu território estão presentes o Arroio Sapucaia, a nordeste; Arroio Brigadeira, a leste; Arroios Igara e São José, ao norte; e pelo Arroio Araçá, que nasce na fazenda Guajuviras e é afluente do Arroio das Garças, fluindo de nordeste a sudoeste (PMC, 2022e).

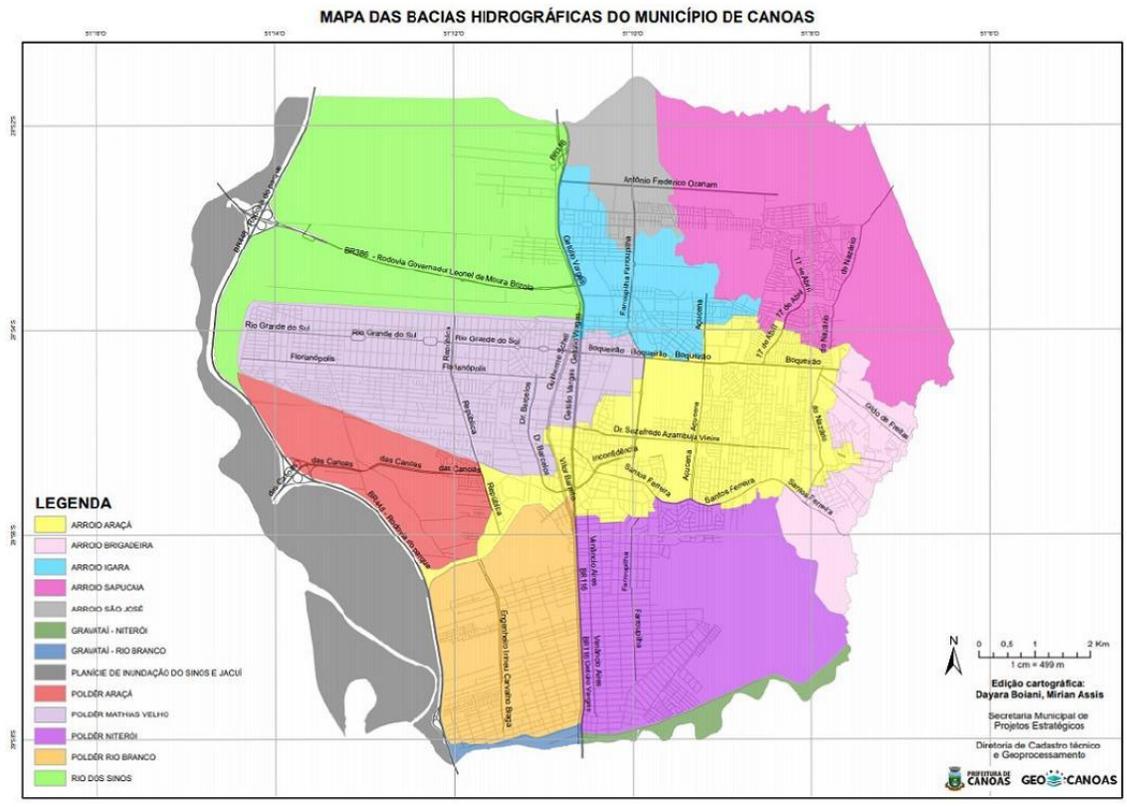
A região norte e oeste do município (56% da área total) está dentro da bacia de inundação do Rio dos Sinos, podendo chegar a um extravasamento de 6 km no bairro Mathias Velho, próximo à foz do



rio. Nessa parte da bacia, chamada de Baixo Sinos, o relevo apresenta cotas baixas e caracteriza-se como a área mais plana. A qualidade da água do superficial nesta região do Baixo Sinos foi classificada como Classe 3 segundo a Resolução Conama 357/2005, com teores mais críticos de Oxigênio Dissolvido (OD), fósforo e coliformes fecais (UNISINOS; PROSINOS; COMITESINOS, 2014). A água foi considerada inadequada para os atuais usos no município, dentre os quais estão abastecimento doméstico, irrigação de hortaliças e de arroz.

A região leste e sudeste do município, cerca de 15% do território, pertence à bacia do Baixo Gravataí. A estação de monitoramento mais próxima é aquela localizada na Foz do Rio Gravataí, no município de Porto Alegre. A água superficial na região apresentou níveis elevados de coliformes termotolerantes, demanda bioquímica de oxigênio (DBO) e fósforo, com médias alcançando a classe 4 da Resolução Conama 357/2005 (DRH/SEMA, 2012).

A parte da bacia do Lago Guaíba, que ocupa 29% do território de Canoas, é a margem esquerda do Delta do Jacuí, e se situa na região central do município, onde se localizam o Arroio das Garças e o Arroio Araçá, seu afluente. No ponto de medição localizado na Foz do Rio Gravataí, que fica no limite sul da cidade, a concentração de coliformes termotolerantes resulta na Classe 4, enquanto parâmetros como OD e DBO também apresentaram valores críticos. Outro ponto de medição é um dos locais onde o município capta água para abastecimento, local em que o OD apresentou valores baixos. Estes valores baixos de OD e elevados de DBO indicam elevada carga orgânica afluente dos rios Gravataí e Sinos, proveniente de efluentes domésticos lançados sem tratamento no corpo receptor (GOV. RIO GRANDE DO SUL; COMITÊ DO LAGO GUAÍBA; ECOPLAN, 2016).



**Figura 3. Mapa das sub-bacias hidrográficas do município de Canoas.**

Fonte: PMC (2022e).

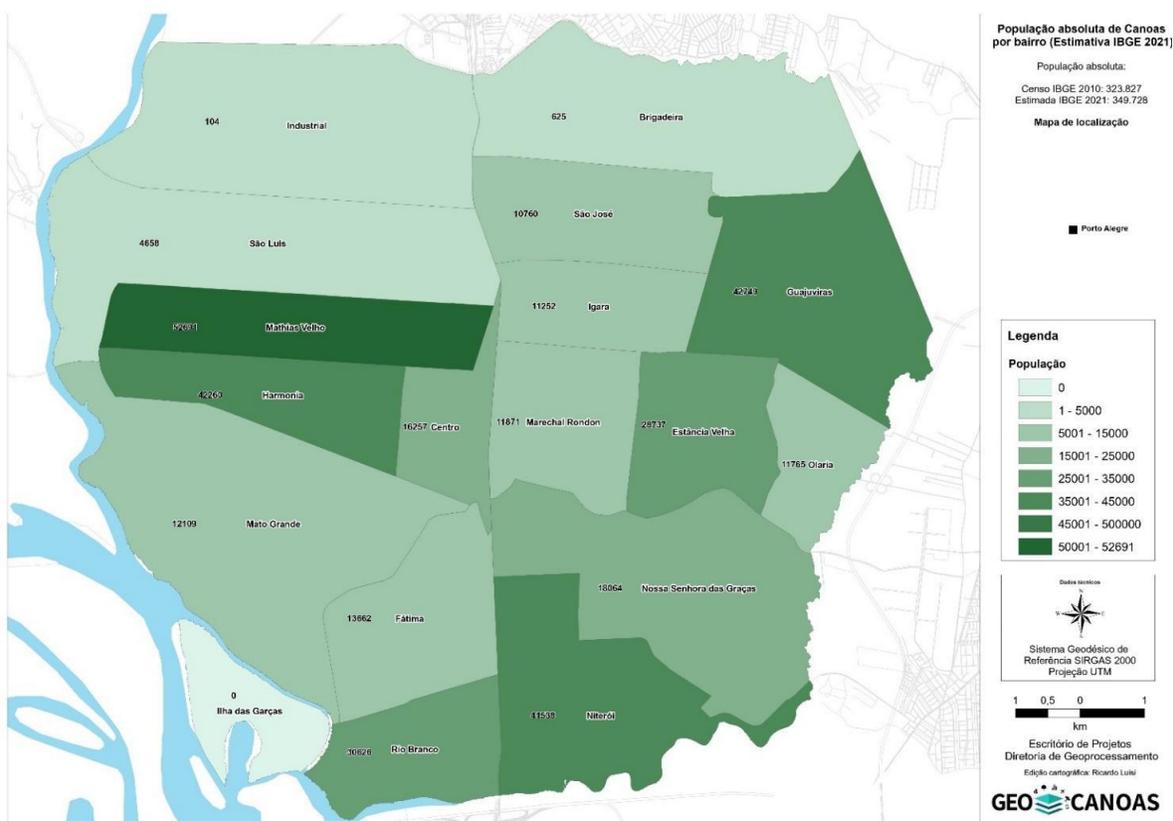


## 1.2 CONTEXTO DE INFRAESTRUTURA

### 1.2.1 Infraestrutura Existente

O município de Canoas se caracteriza pela alta concentração de população em sua região central, com 27% da população nos bairros de Mathias Velho e Harmonia (Figura 4), os quais também possuíam, em 2010, as maiores densidades populacionais: 8.120,8 hab/km<sup>2</sup> e 7.814,6 hab/km<sup>2</sup>, respectivamente.

Há um déficit populacional significativo no bairro Industrial, localizado a noroeste, que possui cerca de 100 habitantes, bem como seu bairro vizinho, São Luís, com menos de 5.000 habitantes. Outros bairros periféricos com pouca população São Brigadeira e São José, a nordeste (IBGE, 2010). Ressalta-se que os bairros Brigadeira e Mato Grande possuem as maiores áreas, mas estão dentre os bairros com menor densidade populacional, de 36,7 hab/km<sup>2</sup> e 730,2 hab/km<sup>2</sup> (PMC; INSTITUTO CANOAS XXI, 2010).



**Figura 4. População absoluta por bairro no município de Canoas.**

Fonte: PMC (2021b).

O sistema de abastecimento de água do município de Canoas é constituído por infraestruturas e instalações que atendem a população com água potável, sendo de titularidade da Prefeitura Municipal de Canoas e com concessão para Companhia Rio-grandense de Saneamento - CORSAN. As Estações de Tratamento de Água (ETAs) Rio Branco e Niterói, que representam 88% do abastecimento, se situam próximas ao Arroio das Garças, enquanto a outra ETA, que está em estado ruim de conservação, se situa dentro da Base Aérea (DRH/SEMA, 2012). Ressalta-se que 100% da população tem acesso ao serviço de abastecimento de água (SNIS, 2021a) e o consumo médio é de 137,74 l/hab.dia, o que está abaixo da média da região Sul (148,5 l/hab.dia) e do país (152,1 l/hab.dia).

Quanto a condições de habitação, segundo o Censo de 2010, Canoas possui 81,9% dos



domicílios urbanos em vias públicas com arborização e 59,6% dos domicílios urbanos em vias públicas com urbanização adequada, isto é, com presença de bueiro, calçada, pavimentação e meio-fio. Quando se avalia a área urbana, a taxa de cobertura de pavimentação e meio-fio é de 96,2% e a de vias públicas com redes ou canais pluviais subterrâneos é de 93,2% (SNIS, 2021b).

Em relação ao tratamento de esgoto, somente 44,6% do esgoto era tratado no ano de 2020 (SNIS, 2021a), um índice que levou município à 20ª posição de municípios com pior índice de tratamento (DIENSTMANN, 2022). Ainda na temática de saneamento, o Diagnóstico de Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos apresenta que 100% dos resíduos domiciliares são coletados, e este número baixa para 40,5% em relação à taxa de cobertura por coleta seletiva (SNIS, 2021c).

O município de Canoas consta com uma única Estação de Tratamento de Esgotos (ETE) que recebe todo o esgoto sanitário coletado na cidade, denominada ETE Mato Grande. A ETE está localizada no bairro Mato Grande, próximo ao Arroio Araçá, o qual deságua no Arroio das Garças e é o corpo receptor do efluente tratado (GOV. RIO GRANDE DO SUL; COMITÊ DO LAGO GUAÍBA; ECOPLAN, 2016). Alguns domicílios ainda empregam o tratamento por fossa séptica, sendo que o efluente final é lançado junto à rede de esgotos. Os bairros mais afetados pela falta de tratamento de esgotos são os periféricos, em todas as regiões de Canoas (PMC, 2014).

Outro dado que demonstra a importância das ações em saneamento está no número de internações por doenças de veiculação hídrica. De acordo com o Painel de Saneamento (TRATA BRASIL, 2020), no ano de 2010, o total de internações foi de 131, reduzindo para 82 em 2019, ou seja, 37%. Por outro lado, o número de óbitos devido a estas doenças aumentou de 3, no ano de 2010, para 8, no ano de 2019, mostrando que ainda há avanços a serem feitos no município para reduzir os casos.

A cidade de Canoas realiza o acompanhamento dos casos autóctones de dengue, por bairro e distrito, desde 2016. Na Tabela 1 pode-se visualizar os casos em 2022 por distrito e bairro. O bairro Mathias Velho, localizado no distrito nordeste e é o mais populoso da cidade, concentra



54,7% dos casos, e tem a maior incidência dentre os bairros. Outros bairros com maior percentual de casos são Harmonia, no distrito noroeste, Niterói, no sudeste, e Guajuviras, no nordeste. Quando avaliamos a incidência por 100 mil habitantes, calculada com a população de 2010 (IBGE, 2010), o bairro Olaria, na região nordeste, se destaca logo após o bairro Mathias Velho.

**Tabela 1. Casos autóctones de Dengue em 2022 segundo o bairro de residência em Canoas/RS.**

Distrito	Bairro	Nº de casos (2022)	Percentual (%) de casos sobre o total	Incidência por 100 mil hab (2022)
Nordeste	Brigadeira	0	-	-
	Estância Velha	18	2,5%	67,56
	Guajuviras	42	5,9%	106,26
	Igara	10	1,4%	96,15
	Mal. Rondon	8	1,1%	72,71
	Olaria	26	3,6%	238,86
	São José	20	2,8%	200,56
Noroeste	Centro	11	1,5%	73,01
	Harmonia	92	12,9%	235,45
	Industrial	0	-	-
	Mathias Velho	391	54,7%	801,13
	São Luís	3	0,4%	69,49
Sudeste	Niterói	47	6,6%	122,45
	Nossa Senhora das Graças	7	1,0%	41,85
Sudoeste	Fátima	9	1,3%	71,08
	Mato Grande	7	1,0%	62,37
	Rio Branco	24	3,4%	84,55



Distrito	Bairro	Nº de casos (2022)	Percentual (%) de casos sobre o total	Incidência por 100 mil hab (2022)
	V. Comar	0	-	-

Fonte: Adaptado de SECRETARIA MUNICIPAL DE SAÚDE (2022) com dados de população do IBGE (2010).



### 1.2.2 Histórico de Eventos Climáticos

No período de 2003 a 2017, no Rio Grande do Sul, registrou-se um total de 256 reconhecimentos de situação de emergência ou de calamidade pública decorrentes de eventos de inundação. O município de Canoas se destacou em número de população atingida (excluindo-se mortos, feridos, enfermos, desabrigados, desalojados e desaparecidos), alcançando um total de 58.320 afetados indiretamente no período (GOV. RIO GRANDE DO SUL, 2022b).

Uma vez que o município de Canoas se caracteriza por topografia predominantemente plana, e possui área urbanizada expressiva, há o favorecimento para ocorrência de inundação e alagamentos, os quais acontecem nestas áreas com baixas cotas de altimetria. Segundo o Diagnóstico de Drenagem e Manejo de Águas Pluviais Urbanas, 25% dos domicílios de Canoas estão em situação de risco de inundação (SNIS, 2021b). O oeste do município também está incluído dentro da Planície de Inundação do Rio dos Sinos, cujas inundações são recorrentes e afetam vários municípios na Região Metropolitana de Porto Alegre, incluindo Canoas (UNISINOS; PROSINOS; COMITESINOS, 2014).

A cidade já mapeou as áreas susceptíveis à inundação, que correspondem a todos os bairros localizados a oeste da Rodovia BR-116 e os bairros localizados ao sul, contemplando Nossa Senhora das Graças, Niterói e Rio Branco (PMC, 2022f). Os bairros da região noroeste se destacam, já tendo apresentado histórico de alagamentos ao longo dos anos (METSUL, 2013; JORNALNH, 2017; DC, 2020; AGENCIAGBC, 2022).

Destaca-se que Canoas está ampliando seu sistema de proteção de cheias composto por diques e casas de bombas, o qual hoje já está presente nos bairros do sul e nos bairros Mathias Velho e Harmonia. Já os bairros Mato Grande, Fátima e os bairros ao noroeste ainda não estão totalmente contemplados pelo sistema (PMC, 2022f).

É importante ressaltar que o município de Canoas é atravessado em sua região central pela BR-116, rodovia que é a principal ligação entre a Região Metropolitana da capital Porto



Alegre e o sul do estado. Embora a exposição da Rodovia não tenha sido avaliada, a mesma também está exposta aos eventos climáticos, já tendo tido histórico de alagamentos na última década. Destaca-se ainda a linha de trem da TRENURB, que atravessa a cidade em paralelo à Rodovia BR-116, com seis estações dentro de Canoas (TRENURB, 2022).

Em relação a estiagens e secas, o Rio Grande do Sul apresentou 2.265 ocorrências no período entre 2003 e 2021, com destaque para 500 registros somente no ano de 2020. Segundo o Monitor de Secas desenvolvido pela Agência Nacional de Águas (ANA, 2022), todo o estado permaneceu em situação de seca, variando de fraca a extrema, ao longo do ano de 2021. Durante o primeiro trimestre de 2022, em função das anomalias negativas de precipitação dos últimos meses, houve o avanço da seca extrema no norte e da seca grave no oeste e nordeste do estado, com impactos permanecendo de curto e longo prazo. A seca ocorrida no verão deste ano foi considerada a maior dos últimos 70 anos, impactando o cenário rural e atingindo regiões metropolitanas (CNN BRASIL, 2022) e trazendo prejuízos econômicos consideráveis, acima de R\$ 42 bilhões, além de afetar o abastecimento de água para consumo humano e animal (CNM, 2022).

Segundo os dados registrados em abril de 2022 pelo Monitor de Secas, a seca grave passou a reduzir no estado do Rio Grande do Sul, concentrando-se na região oeste, até deixar de ocorrer no mês de julho. Em virtude das chuvas acima da média no estado, a partir deste mês houve recuo das secas moderada e no sul do estado e atenuação da seca no Sudoeste, que passou de grave para moderada, com os impactos permanecendo de longo prazo (ANA, 2022). Realizar o monitoramento das secas é extremamente importante para contribuir com a diminuição dos impactos socioambientais associados a elas, como a desertificação, escassez hídrica, colapso do abastecimento de água, redução do potencial agrícola e êxodo rural para áreas urbanas (MARIANO *et al.*, 2018).

Ondas de calor também tem sido mais frequentes no estado do Rio Grande do Sul, sendo destaques em notícias recentes do ano de 2022. Dados do INMET registraram temperatura de



42.1°C em 20/01/2022, sendo a segunda maior já registrada desde que há registros (INMET, 2022), durante evento de onda de calor que afetou o oeste, noroeste do estado, e também a região central onde se situa Canoas.

Estes eventos também se intensificam quando ocorrem em conjunto com estiagens ou secas no estado. Em anos de La Niña, com a ausência de chuvas, as temperaturas podem ficar ainda mais altas, agravando os eventos de ondas de calor (DIÁRIO GAÚCHO, 2022). A irregularidade das precipitações e das temperaturas também pode afetar as lavouras de arroz, as quais necessitam de solo úmido para semeadura (IRGA, 2022).

## 2. METODOLOGIA

### 2.1 RISCO CLIMÁTICO

A metodologia usada neste estudo se estrutura nos métodos e melhores práticas de avaliação de risco e vulnerabilidade climática do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima (IPCC), e é a metodologia utilizada pela WayCarbon para avaliar o risco climático em cidades<sup>1</sup>. A análise de risco a mudanças do clima parte de uma relação entre as ameaças relacionadas aos eventos climáticos extremos, os sistemas sociais, ambientais e econômicos (exposição) e suas vulnerabilidades (sensibilidade e a falta de capacidade de adaptação) às ameaças (Figura 5).

---

<sup>1</sup> A metodologia para análise do risco climático de cidades teve seu texto adaptado para o presente trabalho com base nos projetos já realizados pela WayCarbon para outras cidades brasileiras.



**Figura 5. Metodologia de Risco IPCC.**

Fonte: Elaborado por WayCarbon com base em IPCC (2014a) e IPCC (2021a).

As informações relacionadas às ameaças, exposição e vulnerabilidade foram tratadas e organizadas em um banco de dados na plataforma MOVE<sup>2</sup>. A interação apresentada na Figura 5, acima, é a base da Equação 1, abaixo, utilizada para obter o Índice de Risco Climático:

$$R = \sqrt[3]{E \times A \times V} \quad [1]$$

Em que:

- **R** - Índice de risco climático;
- **E** - Índice de exposição;
- **A** - Índice de ameaça climática;
- **V** - Índice de vulnerabilidade.

<sup>2</sup> O MOVE é uma plataforma integrada de avaliação da vulnerabilidade e riscos associados às mudanças do clima, desenvolvida pela WayCarbon. A plataforma é aplicável em diferentes recortes temáticos e produtivos, em múltiplas escalas e a partir de diferentes cenários climáticos. O modelo produz mapas georreferenciados e estatísticas de base visando suportar o planejamento territorial e setorial por meio de evidências científicas robustas e atualizadas. Os resultados gerados permitem identificar as principais causas da vulnerabilidade e do risco às mudanças climáticas no contexto analisado, informações essenciais para definir e priorizar as estratégias de adaptação, tanto no setor público, quanto no setor privado. Detalhes da sua metodologia e aplicações podem ser encontrados em: <<http://www.moveonadaptation.com/>>.



Neste sentido, é importante compreender os elementos envolvidos e como eles são calculados e analisados. Todas as variáveis explicativas selecionadas para construção do **Índice de Risco** foram georreferenciadas, além de convertidas para o formato *raster* (\*.tif), para que fosse possível a álgebra de mapas (quando necessário), e reescaladas (escaladas de 0 a 1), para torná-las espacialmente comparáveis e agregáveis em um único índice, diferenciado por tipo de ameaça climática.

A construção do **índice de ameaça (A)** foi realizada tendo como base a análise do período de base, que é a combinação dos períodos de referência (1950-1994) e histórico (1995-2014), e os horizontes temporais de curto (2030) e longo (2050) prazos. Foram empregados os extremos climáticos de precipitação, temperatura e/ou umidade do ar resultantes do ensemble de quatro modelos: GFDL-ESM4, MRI-ESM2-0, MIROC6, NorESM2-MM, presentes no CMIP6.

O período de referência (1950-1994) tem o propósito de entender as variações consideradas normais na região e a partir desse comportamento climático descrever como o cenário histórico recente (1995-2014) se comporta, além de descrever também os cenários futuros. Para isso, a análise se baseia na observação da média e da variação do período de referência e posterior realização de procedimento de normalização em todos os demais períodos e cenários em relação ao período de referência. Com isso, foram obtidos indicadores de ameaça em termos de probabilidades dos extremos que a compõe em que, quanto mais próximo de 1 o valor, mais intensa e problemática é a mudança em relação ao referencial.

Em outras palavras, quando uma ameaça é analisada, para cada extremo climático é ajustada uma curva de distribuição de probabilidades para que nos horizontes de projeto futuro (curto e médio prazo, 2030 e 2050) a materialização da ameaça possa ser medida em termos de probabilidades. Portanto, todas as ameaças se encontram entre 0 e 1 e foram atribuídas 5 classes: muito baixo (0 a 0,2), baixo (0,21 a 0,4), médio (0,41 a 0,6), alto (0,61 a 0,8) e muito alto (0,81 a 1). Este procedimento é realizado somente para o índice de ameaça, enquanto os



elementos de Exposição e Vulnerabilidade passam por outros tratamentos detalhados a seguir.

As variáveis que representam o **índice de exposição (E)** dizem respeito à localização ou presença de pessoas, sistemas naturais, serviços e recursos, infraestruturas ou ativos econômicos, sociais, culturais ou ambientais que possam ser negativamente afetados pela mudança do clima (IPCC, 2014b). No caso de cidades, o sistema principal de análise é a presença da população. Com isso, a densidade populacional é usada para indicar o grau de presença de pessoas potencialmente afetadas na ocorrência da ameaça. Os detalhes da metodologia empregada para a exposição serão descritos posteriormente neste relatório.

O **índice de vulnerabilidade (V)** é avaliado a partir de fatores que caracterizam o ativo exposto, qualificando-o em relação a cada ameaça. No caso da exposição de pessoas, são utilizados fatores socioeconômicos e estruturais que caracterizam a sensibilidade e a capacidade de resposta da população. Tais fatores representam uma aproximação do estado de desenvolvimento local, indicando o que torna a população em maior ou menor situação de vulnerabilidade frente aos fenômenos climáticos. Assim, esse índice é calculado em função da sensibilidade ou suscetibilidade e da capacidade de adaptação, a partir de informações espacialmente disponibilizadas (Equação 2).

$$Vulnerabilidade = Sensibilidade \times (1 - Capacidade Adaptativa) \quad [2]$$

A capacidade adaptativa corresponde ao quanto um sistema, indivíduo, instituição ou qualquer outro organismo é capaz de lidar com possíveis danos, aproveitar oportunidades ou responder a consequências relacionadas à essa mudança. Sensibilidade, por sua vez, é o grau em que um sistema pode ser afetado, de forma positiva ou negativa, pela variação ou mudança do clima (MMA, 2018). Ambos são indicadores construídos a partir de fatores sociais, econômicos ou infraestruturais que qualificam o objeto exposto intensificando ou reduzindo, respectivamente, os impactos de eventos extremos. De modo que, a combinação de alta sensibilidade e baixa capacidade adaptativa resulta na maior vulnerabilidade.



Portanto, o investimento em medidas de adaptação deve atuar reduzindo a situação de vulnerabilidade da população, seja pelo aumento da capacidade de adaptação ou redução da sensibilidade, conseqüentemente, tornando a população mais resiliente frente aos eventos climáticos extremos. Essas medidas podem ser tanto estruturais (obras ou intervenções de engenharia) como não estruturais (disciplinamento da ocupação do solo e sistemas de alerta e prevenção).

Com dados recolhidos de diversas origens na desagregação mais detalhada possível, obtidos de fontes como o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), MAPBIOMAS, Defesa Civil, Prefeitura Municipal de Canoas, dentre outros, definiu-se a exposição e vulnerabilidades referentes às ameaças analisadas. Aos dados reunidos aplicou-se o procedimento de reescalonamento, que transforma valores para um intervalo de 0 a 1, em que os valores mais próximos de 1 indicam exposição e vulnerabilidades mais elevadas e valores perto de 0 indicam exposição e vulnerabilidades menores.

É importante destacar que, por falta de disponibilidade de dados atuais espacializados da população para o cálculo da exposição, foi utilizado o dado da população total em 2010 (dado do Censo IBGE) e 2021 (dado do IBGE Cidades) e realizado o cálculo de taxa de crescimento entre estes anos. Esta taxa, então, foi aplicada para a população de cada setor censitário (dado disponível no ano de 2010) obtendo-se os dados projetados para o ano de 2021 no índice de exposição.

Após o cálculo dos índices de ameaça, exposição e vulnerabilidade, obtêm-se o índice de risco climático, calculado pela Equação 1. Para representar os índices, estes são divididos em cinco classes de aumento do risco categorizadas: “Muito Baixa”, “Baixa”, “Média”, “Alta” e “Muito Alta”.

A Tabela 2 abaixo representa uma síntese da escala utilizada para os índices de ameaça, risco, exposição, sensibilidade, adaptabilidade e vulnerabilidade utilizados ao longo do relatório. Além disso, para trazer um resultado mais visual dentro das análises observadas, é



apresentada a tabela de cores utilizadas e sua relação com a classe dos indicadores e suas faixas de valores, as quais só se aplicam para ameaça e risco.

**Tabela 2. Escala de classes e cores dos indicadores de ameaça e risco.**

Classe	Faixa	Cor
<b>Muito Baixa</b>	0,00 a 0,10	
	0,11 a 0,20	
<b>Baixa</b>	0,21 a 0,30	
	0,31 a 0,40	
<b>Média</b>	0,41 a 0,50	
	0,51 a 0,60	
<b>Alta</b>	0,61 a 0,70	
	0,71 a 0,80	
<b>Muito Alta</b>	0,81 a 0,90	
	0,91 a 1,00	

Fonte: WayCarbon e ICLEI com base em IPCC (2021a).

## 2.2 AMEAÇA

A ameaça climática é caracterizada por um evento climático físico extremo (ondas de calor, inundações, secas meteorológicas, deslizamentos, aumento do nível do mar, tempestades, etc.), que possa ocasionar danos ou perdas significativas para o ecossistema ou sociedade. Já o risco climático se caracteriza por ser a interação dessa ameaça climática com condições de exposição e vulnerabilidade, ou seja, características do local onde o evento climático acontece. Para o município de Canoas, foram analisadas quatro ameaças distintas, as quais foram validadas na Segunda Reunião de Capacitação com o Grupo de Trabalho da Prefeitura, realizada em outubro de 2022. As ameaças analisadas são: inundação fluvial, ondas de calor, secas meteorológicas e vetores de arboviroses.



### 2.2.1 Inundação Fluvial

Nos ambientes urbanos, as inundações causadas por chuvas intensas são os impactos mais comuns ocasionados por eventos climáticos. Vale ressaltar que o cálculo da ameaça de inundação fluvial trata exclusivamente da inundação definida como um transbordamento de água proveniente de canais, rios, lagos e açudes, como resultado do volume excessivo de água da chuva, elementos morfológicos e topografia da bacia hidrográfica, que se espalham pela planície de inundação ou área de várzea próximas. O índice aqui calculado não reflete os eventos de alagamento, os quais ocorrem quando há o acúmulo temporário de água em determinados locais onde o sistema de drenagem não tem capacidade de promover o escoamento da água no volume necessário. Portanto, o alagamento, que ocorre em decorrência de um sistema de drenagem falho, não é representado pelo índice (LICCO; DOWELL, 2015).

O cálculo da ameaça de inundação é realizado por meio da representação das chuvas intensas que possam levar à ocorrência de inundações de forma abrangente, utilizando-se das variáveis de extremos de precipitação mostradas na equação 3.

$$A_{ind} = \frac{(R_{95p} + RX_{1day} + RXX_{mm})}{3} \times IM \quad [3]$$

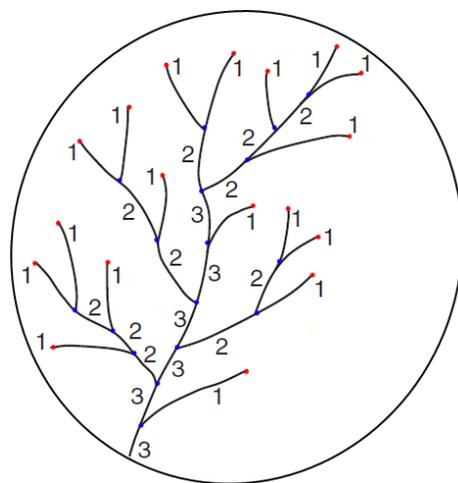
Em que:

- **A<sub>ind</sub>** - Ameaça de inundação;
- **R<sub>95p</sub>** - Precipitação anual total dos dias em que a precipitação é maior que o 95º percentil;
- **RX<sub>1day</sub>** - Máxima precipitação anual acumulada em 1 dia;
- **RXX<sub>mm</sub>** - Precipitação acima do 3º quartil na série histórica local;
- **IM** - Índice Morfométrico.



Essas variáveis podem ser utilizadas para representar os parâmetros de intensidade e frequência do evento extremo de chuva que pode ocasionar a inundação. Ao analisar o número de dias em que a precipitação está acima do 3º quartil ( $RXXmm$ ), há uma medida de como a **frequência** desse evento é alterada nas projeções futuras. Já a variação da **intensidade** pode ser obtida a partir da análise da mudança nos padrões do  $RX1day$ , que indica se o máximo volume diário total em um ano vem crescendo ou diminuindo no futuro, sendo a medida em milímetros de chuva.

A propensão à ocorrência de inundação foi avaliada a partir do índice morfométrico ( $IM$ ), que considerou as seguintes variáveis derivadas do modelo digital de elevação (MDE): ordem dos cursos d'água, declividade, distância vertical e horizontal em relação aos cursos d'água. A análise da ordem dos cursos d'água indica o grau de ramificação ou bifurcação dentro de uma bacia hidrográfica. Aqueles de ordem 1 são os menores e situados mais a montante que, ao confluírem, formam um curso d'água de ordem 2, e assim por diante (Figura 6).



**Figura 6. Conceito de ordens de curso d'água, apresentado em uma bacia hipotética.**

Fonte: BRUTSAERT, 2005.

A declividade apresenta a relação entre a diferença de altura entre dois pontos e a distância horizontal entre esses pontos, o que influencia na intensidade da dinâmica de escoamento. A distância horizontal expressa a propensão à ocorrência de inundação em áreas próximas aos



cursos d'água e a distância vertical determina o caminho preferencial da água no terreno até a drenagem mais próxima. Essas variáveis foram reescaladas de 0 a 1, em que:

- i) quanto mais plana a área, mais propensa à inundação, logo, mais próximo de 1, por outro lado, os pontos mais elevados foram desconsiderados (declividade forte ondulada, isto  , maior que 20 );
- ii) quanto maior as distâncias vertical e horizontal dos cursos d'água, menor será a associa o com as inunda es (assim, mais próximo de 0);
- iii) os cursos d'água de maior ordem recebem maior descarga hídrica e, portanto, estão mais sujeitos   inunda o, ficando com valores mais próximos de 1.

Em seguida, na  lgebra de mapas, foram atribuídos pesos, sendo considerada a maior pondera o para os fatores de declividade (0,50) e ordem dos cursos d'água (0,20), tendo em vista que áreas planas tendem a acumular água, ao passo que as distâncias horizontal e vertical receberam pesos de 0,15 cada.

### 2.2.2 Ondas de Calor

Ondas de calor são fen menos naturais caracterizados por períodos de temperatura do ar muito alta, bastante perceptíveis e impactantes para os sistemas humanos e naturais. Apesar de não haver uma defini o exata para esse período, a Organiza o Mundial da Saúde (OMS) e a Organiza o Meteorológica Mundial (OMM) consideram que, a partir de 2 ou 3 dias de dura o, o evento climático já pode ser considerado uma onda de calor. Os riscos provindos do calor intenso de longa dura o para a saúde são diversos, indo de brotoejas e câimbras até exaustão física, ataques cardíacos e morte (MCGREGOR *et al.*, 2015).

Fatores individuais como a capacidade de se adaptar   temperatura do corpo por qualquer motivo interno ou externo e fatores demográficos e socioeconômicos como idade, condi o de saúde, isolamento social, abrigo, falta de conhecimento a respeito do tema, baixa escolaridade, g nero e renda pessoal ou familiar, podem determinar o nível de risco em que



se encontra uma pessoa ou uma população. Quanto mais fatores de risco associados ao indivíduo ou à população, maior o risco de sofrer efeitos das ondas de calor. Fatores que não estão sob controle direto da população, como o planejamento e a gestão urbana, também influenciam nos riscos. Um planejamento que apresente programas e projetos de adaptação do espaço urbano às ondas de calor reduz os riscos e os efeitos sofridos pela população durante períodos de elevadas temperaturas (MCGREGOR *et al.*, 2015).

Os extremos climáticos de temperatura que indicam a duração e a intensidade de ondas de calor em conjunto com a temperatura da superfície resultam na ameaça de ondas de calor por meio da equação 4:

$$Aoc = \frac{(WSDI+HW.D+HW.N)}{3} \times IT \quad [4]$$

Em que:

- **Aoc** - Representa a ameaça de ondas de calor;
- **WSDI - Warm Spell Duration Index** - Contagem anual de dias com pelo menos 6 dias consecutivos em que a temperatura máxima diária excede o 90º percentil;
- **HW.D** - Representa a duração da maior onda de calor registrada no ano em dias;
- **HW.N** - Representa o número de ondas de calor registradas no ano;
- **IT** - Infravermelho termal obtido através da banda 10 do LANDSAT 8.

### 2.2.3 Secas Meteorológicas

As consequências das mudanças climáticas estão intrinsicamente associadas à dinâmica dos recursos hídricos, devido às alterações nas mudanças de temperatura e nos padrões de precipitação. De acordo com a ONU, a segurança hídrica existe quando há disponibilidade de água em quantidade e qualidade suficientes para o atendimento às necessidades humanas,



prática das atividades socioeconômicas e à conservação dos ecossistemas aquáticos, com um nível aceitável de risco relacionado aos eventos de secas e cheias (ANA, 2021).

Segundo o Sexto Relatório de Avaliação Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (AR-6), todas as regiões do planeta sofrerão com as mudanças do clima através da elevação da temperatura, estações alongadas, aumento da frequência das ondas de calor e menos extremos de frio (IPCC, 2021b). As projeções para a América do Sul preveem que as temperaturas médias provavelmente aumentarão em todas as sub-regiões e continuarão a aumentar em taxas maiores do que a média global, com um alto nível de confiança de que a duração das secas será incrementada (IPCC, 2021b).

De acordo com o relatório anual da *World Health Organization* (WHO, 2021), uma a cada quatro pessoas não tem acesso a água potável de fontes seguras, e, se nada for feito até 2030 para sua preservação, gestão e uso eficiente, o planeta vai sofrer com a falta d'água para o abastecimento da população. Apesar do Brasil ser um país com uma grande oferta de água doce, a distribuição da precipitação é irregular ao longo dos anos e nas diferentes regiões. Neste sentido, eventos de secas vem se tornando cada vez mais frequentes no estado do Rio Grande do Sul e, segundo dados da Defesa Civil, ao longo do biênio 2021/2022, 426 municípios (85%) do estado chegaram a decretar situação de emergência em algum momento (DEFESA CIVIL DO RS, 2022). O estado permaneceu com seca constante durante mais de um ano, com início em outubro de 2020 até fevereiro de 2022 (G1-GLOBO, 2022).

Segundo a Agência Nacional das Águas (ANA), escassez hídrica é a situação presente ou potencial na qual não há recursos hídricos suficientes para todos os usos, em determinado sistema hídrico e período, seja por deficiência quantitativa ou qualitativa nos mananciais. Situações de escassez hídrica e diminuição do potencial de abastecimento de água podem ser observadas em maior quantidade com o aumento dos eventos de secas mais intensas e prolongadas, principalmente devido à redução dos níveis de vazão e armazenamento dos reservatórios (ANA, 2021).



O aumento da intensidade e da frequência de eventos de secas meteorológicas também pode impactar a disponibilidade de água para os sistemas de saneamento, levando à ineficiência dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário para a indústria e para os domicílios, tendo em vista que esses sistemas são projetados para receber um volume grande de água (SHERPA *et al.*, 2014).

Conforme apresentado anteriormente no Capítulo 2.2.1, o município de Canoas é banhado por três bacias hidrográficas: Lago Guaíba, Rio Gravataí e Rio dos Sinos. Porém, para se ter um resultado mais detalhado, foram consideradas as sub-bacias existentes dentro do município, apresentadas no Mapa de Bacias Hidrográficas de Canoas (PMC, 2022e). A definição e metodologia aplicada se encontram nos parágrafos apresentados a seguir.

As secas meteorológicas caracterizam-se pela falta de água induzida pelo desequilíbrio anormal entre a precipitação e a evaporação. Dependem, ainda, de outros elementos climatológicos como a velocidade do vento, temperatura, umidade do ar e insolação. O índice utilizado no presente trabalho para a determinação da ameaça de secas baseia-se nas variáveis climáticas que refletem condições de estiagem como: a precipitação total anual (*PRCPTOT*), o coeficiente de variação da precipitação (*CV*) e a sequência máxima de dias secos (*CDD*<sup>3</sup>).

Todas as variáveis consideradas foram reescaladas para valores de 0 a 1, de acordo com sua intensidade. Assim, o indicador final de risco de seca é obtido a partir da média entre todas as variáveis consideradas, como é mostrado na equação 5, a seguir:

$$SM = \frac{CDD + CV + (1 - PRCPTOT)}{3} \quad [5]$$

Em que:

- **SM** - Seca Meteorológica;

---

<sup>3</sup> Sigla do termo em inglês “*Consecutive Dry Days*”.



- **CDD** - Maior sequência de dias secos em um ano – Contabiliza a maior sequência de dias secos, isto é, com precipitação abaixo de 1 mm em um ano, foi incluído por agregar informações relativas à duração dos períodos secos;
- **CV** - Coeficiente de variação da precipitação – Medida estatística calculada a partir da divisão do desvio padrão pela média. A variável de referência, nesse caso, foi a média de precipitação anual. Regiões que possuem CV mais alto são mais sujeitas aos eventos de seca extrema, visto que a variação entre anos secos e úmidos é alta, dificultando que os sistemas humanos consigam estabelecer um equilíbrio (MMA, 2017);
- **PRCPTOT** - Precipitação total anual (mm/ano) – Média simples para a precipitação total por ano durante o período examinado considerando que regiões com maior incidência de chuvas são mais úmidas, e por terem maior disponibilidade de água são mais resilientes a períodos de seca.

#### 2.2.4 Vetores de Arboviroses (*Aedes Aegypti*)

Distribuições geográficas e sazonais de diversas doenças infecciosas estão relacionadas inerentemente ao clima e as influências antropogênicas. As mudanças do clima, provenientes dessa relação, podem propiciar uma maior interação entre clima-doença, de modo a gerar impactos significativos (WHO, 2005). Áreas densamente construídas e com a supressão da vegetação natural favorecem a proliferação de vetores de arboviroses, no caso o mosquito da espécie *Aedes aegypti*. As arboviroses são doenças transmitidas por vírus do tipo arbovírus, que incluem a dengue, a Zika, a Chikungunya e a febre amarela. Sendo assim, não foram consideradas neste estudo doenças transmitidas por outros tipos de vetores, como é o caso por exemplo da leptospirose.

O *Aedes aegypti* é o principal vetor de arboviroses em áreas urbanas, por se adaptar facilmente ao microclima e ao ambiente urbano (ARAUJO *et al.*, 2015; BARIFOUSE, 2015). No estado do Rio Grande do Sul, os casos de dengue são notificados ao longo de todos os meses



do ano, embora haja um aumento durante os meses de novembro a maio (CEVS; GOV. RIO GRANDE DO SUL, 2022).

As variáveis relacionadas ao aumento da temperatura, umidade relativa do ar e precipitação são as condicionantes climáticas que mais se associam ao aumento do número de criadouros, desenvolvimento do vetor *A. aegypti* e dinâmica de transmissão (KEATING, 2001; PATZ *et al.*, 2005; RIBEIRO *et al.*, 2006; FULLERTON; DICKIN; WALLACE, 2014).

A partir da combinação da temperatura média ( $T_{medt}$ ), umidade relativa do ar média ( $U_{medt}$ ) e precipitação total acumulada ( $Pacumt$ ), foram gerados quatro indicadores relacionados à incidência do vetor:

- (i) o número provável de gerações (NG), segundo BESERRA *et al.* (2006)

$$NG = \frac{30 \times (T_{medt} - 9,95)}{251,9} \quad [6]$$

- (ii) o provável potencial de infecção (PI), segundo LAMBRECHTS *et al.* (2011)

$$PI = (0,0729 \times T_{medt}) - 0,9037 \quad [7]$$

- (iii) a probabilidade de transmissão (PT), segundo LAMBRECHTS *et al.* (2011)

$$PT = (0,001044 \times T_{medt}) \times (T_{medt} - 12,286) \times \sqrt{(32,461 - T_{medt})} \quad [8]$$

- (iv) a provável positividade para eclosão de ovos (OP, ovitrampa positiva), segundo VIANELLO; PESSANHA; SEDIYAMA (2006);

$$OP = -162,3230 + (1,3089 \times U_{medt}) + (4,8921 \times T_{medt}) + (0,0436 \times Pacumt) \quad [9]$$

Todas as equações acima são provenientes da literatura especializada, considerando os valores de coeficientes testados em laboratório pelos autores acima citados. Para construção dos mapas da ameaça, também foi utilizada a incidência de casos por 100 mil habitantes, do ano de 2022, apresentada na Tabela 1.



## 2.3 VULNERABILIDADE

A variável de vulnerabilidade é calculada em função da sensibilidade/suscetibilidade e da capacidade de adaptação, conforme a Equação 2 apresentada no item 3.1.

Para avaliar a vulnerabilidade é importante destrinchar os componentes de sensibilidade e capacidade adaptativa relativos a cada uma das ameaças. Foram construídos indicadores relacionados a fatores demográficos, socioeconômicos e de infraestrutura, que são detalhados no Quadro 1, para sensibilidade de todas as ameaças, e nos Quadro 2, com indicadores socioeconômicos e demográficos; e Quadro 3, com indicadores de infraestrutura, para a capacidade adaptativa. Cada um desses fatores a nível de setor censitário foi reescalado entre 0 e 1 e somado para compor os indicadores de sensibilidade e capacidade adaptativa.

É importante destacar que, para o indicador de renda média, foi utilizado o mesmo tipo de projeção do dado utilizado no cálculo do índice de exposição: Utilizou-se o dado do IBGE de 2010 (dado do Censo IBGE) e 2021 (dado do IBGE Cidades) e realizado o cálculo de taxa de crescimento entre estes anos. Esta taxa, então, foi aplicada para a renda média de cada setor censitário (dado disponível no ano de 2010) obtendo-se os dados projetados para o ano de 2021. Destaca-se que estes dados projetados foram somente para os resultados do período histórico, sem projeções para os horizontes temporais de 2030 e 2050.



**Quadro 1. Indicadores utilizados no cálculo da sensibilidade para as quatro ameaças analisadas.**



SENSIBILIDADE					
Fator	SOCIOECONÔMICO	DEMOGRÁFICO		INFRAESTRUTURA	
Indicador	Déficit habitacional	População sensível	População sensível idosa	Área impermeável	Falta de acesso à água
Descrição	<p>Combinação dos percentuais de residências alugadas, com mais de 5 moradores e renda menor que 3 salários-mínimos<sup>4</sup>. O indicador reflete a precariedade do domicílio, tornando-o mais sensível a impactos caso as ameaças se concretizem.</p>	<p>Percentual de habitantes com menos de 5 anos e mais de 65 anos. Para eventos de inundação, considera-se que a população sensível pode ter capacidade de locomoção limitada, sendo potencialmente mais afetada. Para eventos de secas, escassez hídrica e arboviroses, considera-se que toda a população exposta é sensível à ameaça, no entanto a população mais dependente, ou seja, idosos e crianças, tendem a ser mais afetados.</p>	<p>Percentual de habitantes com mais de 65 anos. Considera-se que toda a população exposta é sensível à ameaça, no entanto idosos tendem a ser mais afetados por eventos de onda de calor.</p>	<p>Percentual da área de cada setor censitário classificado como urbano em relação às demais classes. Um maior percentual de área urbana reflete maior grau de impermeabilização, pelo uso de materiais como concreto e asfalto.</p>	<p>Percentual de domicílios que não possuem acesso à água, ou seja, que não tem conexão com a rede pública de abastecimento de água. Assume-se que domicílios sem acesso a água representam um menor preparo para prevenção de vetores de arboviroses, além de gerarem a necessidade de armazenamento de água em recipientes que podem se tornar criadouros do mosquito.</p>

<sup>4</sup> A multiplicação destes percentuais leva ao percentual mínimo possível de residências em que essas condições são simultâneas em um mesmo setor censitário. Trata-se, portanto, de uma estimativa conservadora.



<b>Ameaça</b>	Inundação fluvial Secas meteorológicas Ondas de Calor Vetores de Arboviroses	Inundação fluvial Secas meteorológicas Vetores de Arboviroses	Ondas de Calor	Inundação fluvial Ondas de Calor	Vetores de Arboviroses
<b>Fonte</b>	IBGE - Censo 2010	IBGE - Censo 2010	IBGE - Censo 2010	MAPBIOMAS (2021)	IBGE - Censo 2010

Fonte: WayCarbon e ICLEI, 2023.

**Quadro 2. Indicadores utilizados no cálculo da capacidade adaptativa para as quatro ameaças analisadas, nos fatores socioeconômico e demográfico.**

CAPACIDADE ADAPTATIVA		
Fator	SOCIOECONÔMICO	DEMOGRÁFICO
<b>Indicador</b>	Renda média	Mulheres Alfabetizadas
<b>Descrição</b>	<p>A renda é utilizada como um proxy para indicar pessoas que teriam o maior potencial de adaptação diante das ameaças.</p> <p>O nível de renda indica maior ou menor capacidade de investimento para melhorar sua infraestrutura habitacional e se restabelecer em caso de eventos extremos.</p> <p>Para ondas de calor, indica uma aproximação de condições que favoreçam a utilização de equipamentos climatizadores.</p> <p>Para secas, indica um maior acesso a meios de se resguardar das consequências da escassez hídrica, como o racionamento e o aumento dos preços.</p>	<p>Taxa da população do sexo feminino maior de 15 anos alfabetizada por setor censitário.</p> <p>A presença de mulheres com maior grau de instrução está correlacionada com uma maior capacidade de uma família lidar com surtos de vetores, executando as medidas preventivas, e de cuidar adequadamente de doentes.</p>
<b>Ameaça</b>	Inundação fluvial Secas meteorológicas Ondas de Calor Vetores de Arboviroses	Vetores de Arboviroses
<b>Fonte</b>	IBGE - Censo 2010	IBGE - Censo 2010

Fonte: WayCarbon e ICLEI, 2023.



**Quadro 3. Indicadores utilizados no cálculo da capacidade adaptativa para as quatro ameaças analisadas, no fator de infraestrutura.**

CAPACIDADE ADAPTATIVA						
Fator	INFRAESTRUTURA					
Indicador	Áreas Verdes	Acesso à água	Esgotamento sanitário	Sistema de proteção de cheias	Acesso à saúde	Acesso à coleta de lixo
Descrição	<p>Usos e ocupações do solo que atenuam os efeitos das ondas de calor, devido a influência da vegetação na captura do calor. É feito um buffer de distância das áreas verdes a fim de verificar a distância da área urbana que pode usufruir do amortecimento das áreas verdes.</p>	<p>Percentual de domicílios que tem conexão com a rede pública de abastecimento de água. Assume-se que domicílios com acesso a água e abastecimento mais regular representam um maior preparo para uma resposta básica ao excesso de calor e a eventos de seca do que os que dependem de poços, fontes ou nascentes como fonte de abastecimento.</p>	<p>Indicador adotado como uma proxy<sup>5</sup> para precariedade ou ausência de infraestrutura de drenagem, pois sistemas de esgotamento são, normalmente, acompanhados por sistemas para escoamento de águas pluviais.</p>	<p>Diques e casas de bombas já construídos no município para proteção de cheias. As áreas mais próximas e protegidas pelo sistema de proteção de cheias (diques e bombas) têm maior adaptabilidade a inundações.</p>	<p>Medida pela proximidade das Unidades Básicas de Saúde, Unidades de Pronto Atendimento e Hospitais de atendimento público. Quanto mais próximo de um centro de atendimento, melhor preparada estará a região para o atendimento de doenças transmissíveis relacionadas à proliferação de vetores.</p>	<p>Percentual de domicílios com acesso à rede de coleta de lixo. Grande parte do foco de proliferação dos vetores está em lugares de depósito de lixo urbano.</p>
Ameaças	Ondas de Calor	Ondas de Calor Secas meteorológicas	Inundação fluvial	Inundação fluvial	Vetores de Arboviroses	Vetores de Arboviroses
Fonte	MAPBIOMAS (2021)	IBGE - Censo 2010	IBGE - Censo 2010	PMC (2022f)	PMC (2022g)	IBGE - Censo 2010

Fonte: WayCarbon e ICLEI, 2023.

<sup>5</sup> Proxy é uma variável utilizada quando não há disponibilidade de um indicador que retrate diretamente aquilo que se deseja caracterizar. Desta forma, são indicadores substitutos, que representam algo por aproximação.



## 2.4 CENÁRIOS CLIMÁTICOS

O Sexto Relatório de Avaliação do IPCC – AR6 (IPCC, 2021a) analisa os resultados dos modelos climáticos da sexta fase do *Coupled Model Intercomparison Project* (CMIP6), programa científico global que coordena, de forma colaborativa, os esforços de desenvolvimento e validação de modelos e simulações climáticas do *World Climate Research Programme*.

Os modelos se baseiam em cenários, que são descrições plausíveis e simplificadas de como o futuro pode se apresentar, com base em um conjunto coerente e internamente consistente de suposições sobre as principais forças motrizes (como a taxa de avanço tecnológico, decisões políticas, preços, histórico de mudanças de uso da terra) e seus relacionamentos. Cenários não são predições nem prognósticos de futuro, mas narrativas sobre resultados plausíveis de trajetórias que a sociedade pode tomar, provendo noções do que poderá resultar da adoção de determinadas ações, decisões e caminhos de desenvolvimento.

Até o 5º Relatório de Avaliação – AR5, eram utilizados cenários futuros pautados nas possíveis taxas de emissões e concentrações totais de gases de efeito estufa (GEE) e outros materiais relacionados com o aquecimento da Terra, os cenários RCPs (do inglês, *Representative Concentration Pathways*) (IPCC, 2014a). O sexto relatório, AR6, trouxe novas visões sobre os cenários climáticos futuros, com a adoção de fatores sociais nas observações realizadas. As análises associaram os cenários de concentração de GEE aos chamados cenários SSPs (do inglês, *Shared Socio-economic Pathways*).

A associação dos cenários SSP e RCP permite averiguar como interagem as respostas das mudanças do clima com as dos fatores sociais e econômicos. Assim, esses novos cenários de possíveis estados do clima futuro permitem perceber como as diversas possibilidades de evolução da sociedade impactarão diferentemente o acúmulo de GEE na atmosfera e o clima global. Os **cenários SSP-RCP** consistem como a nova forma de definir tendências futuras, e implicam diretamente nos cenários de concentração de GEE na atmosfera. O AR6 traz cinco



cenários principais, sendo eles, do mais otimista para o mais pessimista: SSP1-1.9, SSP1-2.6, SSP2-4.5, SSP3-7.0 e SSP5-8.5. A Tabela 3 apresenta um resumo das características e estimativas de cada um desses cenários.

**Tabela 3. Estimativas de aquecimento médio (em °C) conforme os cenários SSP-RCP para os períodos de 2021 a 2100.**

Cenário	Características	Curto prazo (2021-2040)	Médio prazo (2041-2060)	Longo prazo (2081-2100)
SSP1-1.9	Emissões de GEE muito baixas, com emissões de CO <sub>2</sub> nulas até 2050.	1,5	1,6	1,4
SSP1-2.6	Emissões de GEE baixas, com emissões de CO <sub>2</sub> nulas até 2075.	1,5	1,8	1,9
SSP2-4.5	Emissões de GEE medianas, com manutenção das atuais emissões de CO <sub>2</sub> até 2050 e não se tornando nulo até 2100.	1,5	2,1	2,8
SSP3-7.0	Emissões de GEE altas, com emissões de CO <sub>2</sub> dobradas até 2100.	1,5	2,2	3,7
SSP5-8.5	Emissões de GEE muito altas, com emissões de CO <sub>2</sub> triplicadas até 2100.	1,6	2,5	4,5

Fonte: Elaborado por WayCarbon e ICLEI, com base em IPCC (2021a).

Conforme o exposto, os cenários SSP-RCP exploram prováveis trajetórias futuras e esse estudo buscou considerar um cenário base para avaliar o risco climático ao qual o município de Canoas está exposto. O cenário escolhido foi o SSP3-7.0, que considera uma trajetória de emissões altas, com emissões de CO<sub>2</sub> dobradas até 2100. Foram considerados três horizontes temporais para análise e um como referência, sendo eles: período histórico (1995-2014), período de curto prazo projetado para 2030 (valor central na média entre 2021-2040) e de médio prazo projetado para 2050 (valor central na média entre 2041-2060).



Este estudo acessou os resultados dos modelos climáticos globais de circulação GFDL-ESM4, MRI-ESM2-0, MIROC6 e NorESM2-MM, participantes do projeto CMIP6, que apresentam uma boa correlação espacial e temporal para o Brasil. Esses modelos incluem inovadoras rodadas de modelagem com inserção de dados observados de temperatura da superfície e, conseqüentemente, apresentam melhores representações de processos químicos, físicos e biológicos naturais, além de uma melhor resolução espacial, quando comparado aos modelos do CMIP5. No contexto do município de Canoas, os modelos foram validados mediante comparação com dados observados de precipitação do conjunto CHIRPS<sup>6</sup>. Os parâmetros estatísticos utilizados para avaliar a performance dos modelos foram o BIAS e RMSE. Dessa forma, para cada pixel da área estudada encontram-se os quatro melhores modelos que melhor representaram a precipitação no período histórico (1995-2014), o que garante que a variabilidade climática de cada local seja representada da melhor maneira possível.

### 3. RESULTADOS

#### 3.1 TENDÊNCIAS CLIMÁTICAS

A Tabela 4 a seguir apresenta a evolução dos parâmetros de precipitação e temperatura no município de Canoas, segundo os dados resultantes do ensemble de quatro modelos (GFDL-ESM4, MRI-ESM2-0, MIROC6 e NorESM2-MM), para o cenário SSP3-7.0, indicando os valores médios para o histórico e os horizontes temporais de 2030 e 2050. Para efeito desta análise, considerou-se que uma variação de até 5% indica estabilidade (representada por um círculo), enquanto variações positivas ou negativas maiores do que esse limiar indicam aumento ou redução, respectivamente, sendo representadas por setas azuis para cima ou vermelhas para baixo.

---

<sup>6</sup> O Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station data (CHIRPS) é um conjunto de dados de precipitação quase global. Como o título sugere, combina dados de estações meteorológicas de observação em tempo real com dados infravermelhos para estimar a precipitação. O conjunto de dados vai de 1981 até o presente próximo. <https://www.watres.com/CHIRPS/>



Para a variável de precipitação acumulada anual, que representa a soma da precipitação em cada um dos anos analisados, verifica-se que há tendência de aumento da precipitação em 2030, em comparação ao período histórico, enquanto no ano de 2050 a precipitação tende a ser similar ao histórico. Com relação à temperatura média, de forma diferente do que ocorre para a precipitação, somente o horizonte de 2050 apresenta uma tendência de aumento. Nem a precipitação acumulada anual nem a temperatura média anual apresentaram tendências de redução, quando se compara o histórico com os horizontes temporais considerados.

**Tabela 4. Tendências Climáticas para Canoas.**

Variável	Unid.	Histórico	SSP3-7.0	
			2030	2050
Precipitação acumulada anual	mm	1376,7	↑	•
Temperatura média anual	°C	19,2	•	↑

Legenda: ↑ = Aumento; ↓ = Redução; • = Estabilidade

Fonte: WayCarbon e ICLEI, 2023.

As análises foram desenvolvidas a partir da utilização de indicadores que melhor representam a mudança do clima (alteração, variabilidade e extremos climáticos). As ameaças climáticas foram classificadas com base na ocorrência de eventos extremos no período base. Já a probabilidade futura é classificada como uma *proxy* de o evento ocorrer pelo menos uma vez ao longo do período de 30 anos. As metodologias para identificação das ameaças são apresentadas nos respectivos subcapítulos.

### 3.2 EXPOSIÇÃO

No âmbito da análise de risco climático, o índice de exposição da população corresponde ao número de pessoas por setor censitário exposta a uma dada ameaça climática. O índice é normalizado para uma escala de 0 a 1, de modo que são representadas as diferenças relativas de densidade entre os setores. Quanto maior o valor do índice, maior a densidade

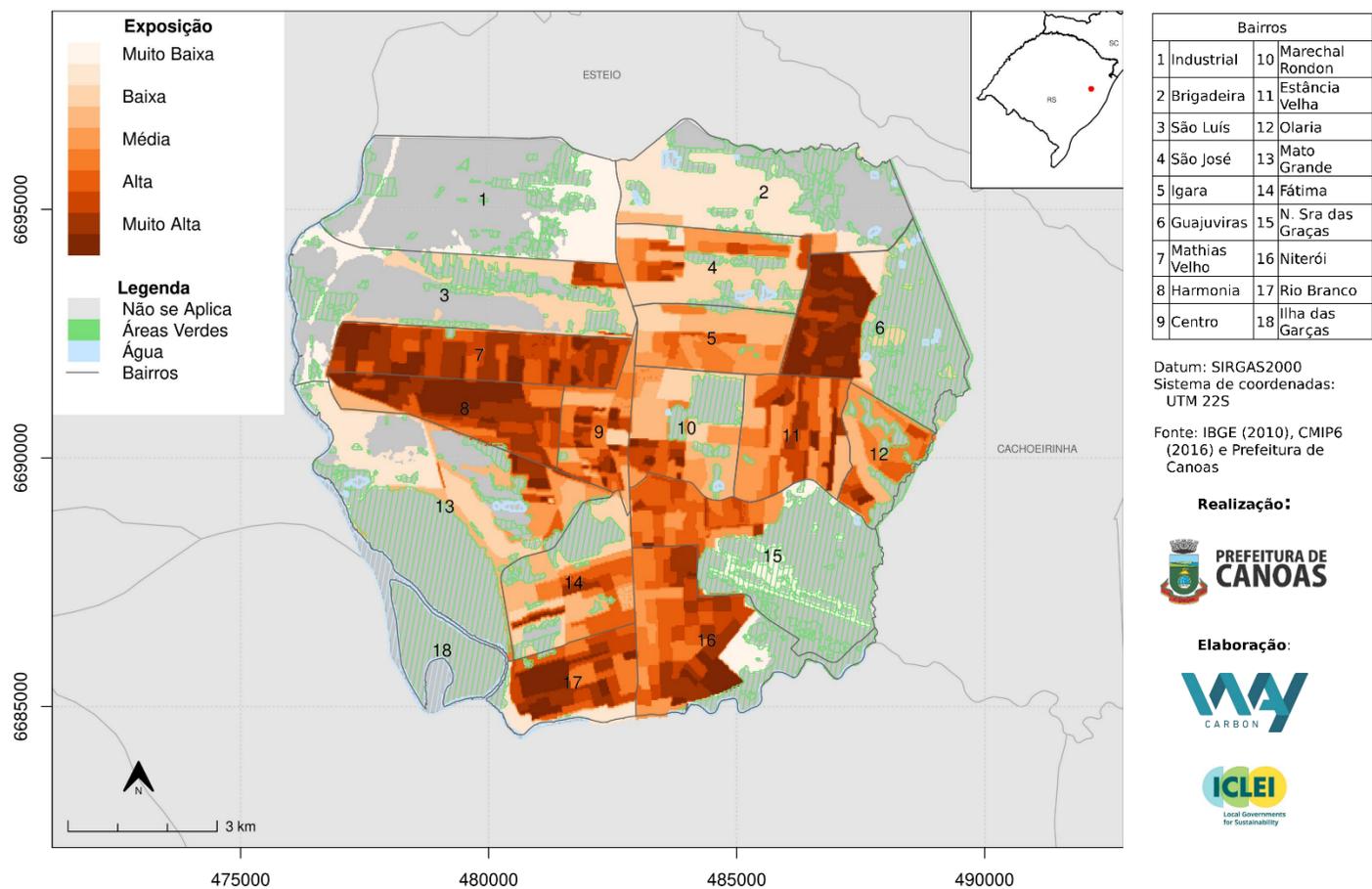


populacional no setor censitário. Para o município de Canoas, a análise considerou a estimativa da população do município para 2021 a partir dos dados do censo do IBGE para o ano de 2010 (IBGE, 2010), conforme já explicado anteriormente no item 3.1. Ressalta-se que a área denominada Ilha das Garças, embora pertencente ao Parque Estadual do Delta do Jacuí, foi tratada como bairro neste estudo, visto que se situa no limite geográfico do município de Canoas.

O resultado do índice de exposição (E) para a cidade de Canoas está apresentado na Figura 7. Os bairros com classificação “Muito Alta” que se destacam são Mathias Velho e Harmonia, a oeste, que apresentam grande concentração de população, e partes dos bairros Guajuviras e Estância Velha, a leste, sendo o primeiro também um dos mais populosos. Ao Sul há também áreas com exposição “Muito Alta” nos bairros Niterói e Rio Branco, que também possuem concentração de população. A alta concentração populacional nesses bairros foi preponderante para essa elevada exposição, o que será refletido no risco climático, já que a ocorrência de um evento em locais com maior exposição pode provocar maiores impactos e danos. Por outro lado, as áreas com exposição “Muito Baixa” estão ao norte, em bairros de menor população como o Industrial, Brigadeira e São Luís, bem como nas áreas verdes onde estão localizadas unidades de conservação e zonas de proteção ambiental.



## Exposição da População



**Figura 7. Mapa do índice de exposição para o município de Canoas.**

Fonte: WayCarbon e ICLEI, 2023.



Alguns aspectos de bairros do município de Canoas também se destacam quando se considera a Vulnerabilidade, a qual será apresentada em seguida para cada ameaça climática. Segundo um estudo realizado por UNISINOS; OBSERVASINOS; PREFEITURA DE CANOAS (2016), a porção oeste dos bairros Mathias Velho e Harmonia possui IDH-M baixo, ou seja, menor que 0,6, indicando menor desenvolvimento ao se avaliar longevidade, educação e renda. Nessa mesma área dos bairros, há um alto percentual de crianças extremamente pobres, variando de 2,52-4,54, em 2015. Quando avaliamos características habitacionais destes bairros, verifica-se que 43,7% dos domicílios particulares que pertencem à região noroeste de Canoas se encontram no Mathias Velho, seguido do bairro Harmonia. Este segundo também possui a maior concentração de domicílios da região em condições mais vulneráveis, ou seja, casas de vila e condomínios de casas.

Quando avaliamos os bairros Guajuviras e Estância Velha, que se localizam na região nordeste de Canoas, estes apresentam maior índice de dependência da população<sup>7</sup>, de 52,3% e 46,2%, respectivamente, sendo o de Guajuviras acima da média municipal. Este índice é utilizado para acompanhar o grau de dependência econômica de determinada população. A região também apresenta 35,4% de famílias que recebiam, em 2015, o Benefício de Superação de Extrema Pobreza, sendo que 25,1% estão no bairro Guajuviras e 7,5% no bairro Estância Velha. O bairro Guajuviras também se destaca em primeiro lugar da região com mais famílias dependentes de políticas públicas relacionadas à moradia, saúde e alimentação, entre outras (UNISINOS; OBSERVASINOS; PREFEITURA DE CANOAS, 2016).

Os bairros localizados ao sul, Niterói e Rio Branco, também possuem densidade populacional significativa na região. O bairro Niterói apresenta um índice de 56,3% de dependência da população, enquanto o índice do bairro Rio Branco é de 53,7%, o que indica menor população

---

<sup>7</sup> Razão entre o segmento etário da população definido como economicamente dependente (os menores de 15 anos de idade e os de 60 e mais anos de idade) e o segmento etário potencialmente produtivo (entre 15 e 59 anos de idade), na população residente em determinado espaço geográfico, no ano considerado (UNISINOS; OBSERVASINOS; PREFEITURA DE CANOAS, 2016).



economicamente ativa nestes bairros em comparação a outros do município (UNISINOS; OBSERVASINOS; PREFEITURA DE CANOAS, 2016).

### 3.3 INUNDAÇÃO FLUVIAL

#### 3.3.1 Ameaça

A Figura 8 ilustra a ameaça de inundação fluvial para Canoas no período histórico (1995 - 2014), sua projeção para os anos de 2030 e 2050 e a variação entre 2050 e o histórico, considerando o cenário SSP3-7.0. As legendas das figuras informam sobre o tipo de classe da ameaça, com base em sua intensidade, em uma escala contínua que varia entre as classes “Muito Baixa” e “Muito Alta”. Os mapas de ameaça de inundação fluvial para o período histórico e cenários futuros refletem os efeitos da tendência de aumento da frequência e intensidade de chuvas na região no horizonte de 2030, pela variação dos extremos climáticos expostos na seção anterior (Tabela 4).

Avaliando-se o período histórico, verifica-se que a noroeste do município parte do território apresenta classificação “Alta” para a ameaça de inundação fluvial. Esta localidade pertence à planície da inundação do Rio dos Sinos (UNISINOS; PROSINOS; COMITESINOS, 2014), e atualmente ainda não possui um sistema de proteção contra cheias finalizado (PMC, 2022f). Conforme já apresentado anteriormente, essa região possui um histórico de inundações devido à sua localização e às baixas cotas de altitude. As áreas onde estão os principais arroios do município apresentaram classificação “Alta”, sendo elas aos arredores de: Arroio Araçá, ao centro, Arroios Sapucaia e Guajuviras, a nordeste, e Arroio Brigadeira, a sudeste (Figura 2 e Figura 3).

Em 2030, as áreas a noroeste passaram a apresentar a classificação “Muito Alta”, abrangendo parte dos bairros Industrial, São Luís e Mathias Velho. Já a sudoeste, uma área pertencente às planícies de Inundação dos Rios Sinos e Jacuí também aumenta para a classificação “Muito Alta”, abrangendo os bairros Ilha das Garças e Mato Grande. Ao sul, em área que também pertence à planície de inundação e que faz fronteira com o Rio Gravataí, uma parte dos bairros



Rio Branco e Niterói também apresenta esta classificação. As áreas próximas aos principais arroios mantêm a classificação “Alta”, mas com valores próximos ao de classificação “Muito Alta”. No ano de 2050, as classificações se mantêm muito próximas daquelas apresentadas em 2030. No Arroio Sapucaia, a nordeste, bem como na porção sul do município, há uma pequena redução nos valores, mas sem modificação na classificação.

## Ameaça de Inundações Fluviais - Histórico e SSP 370

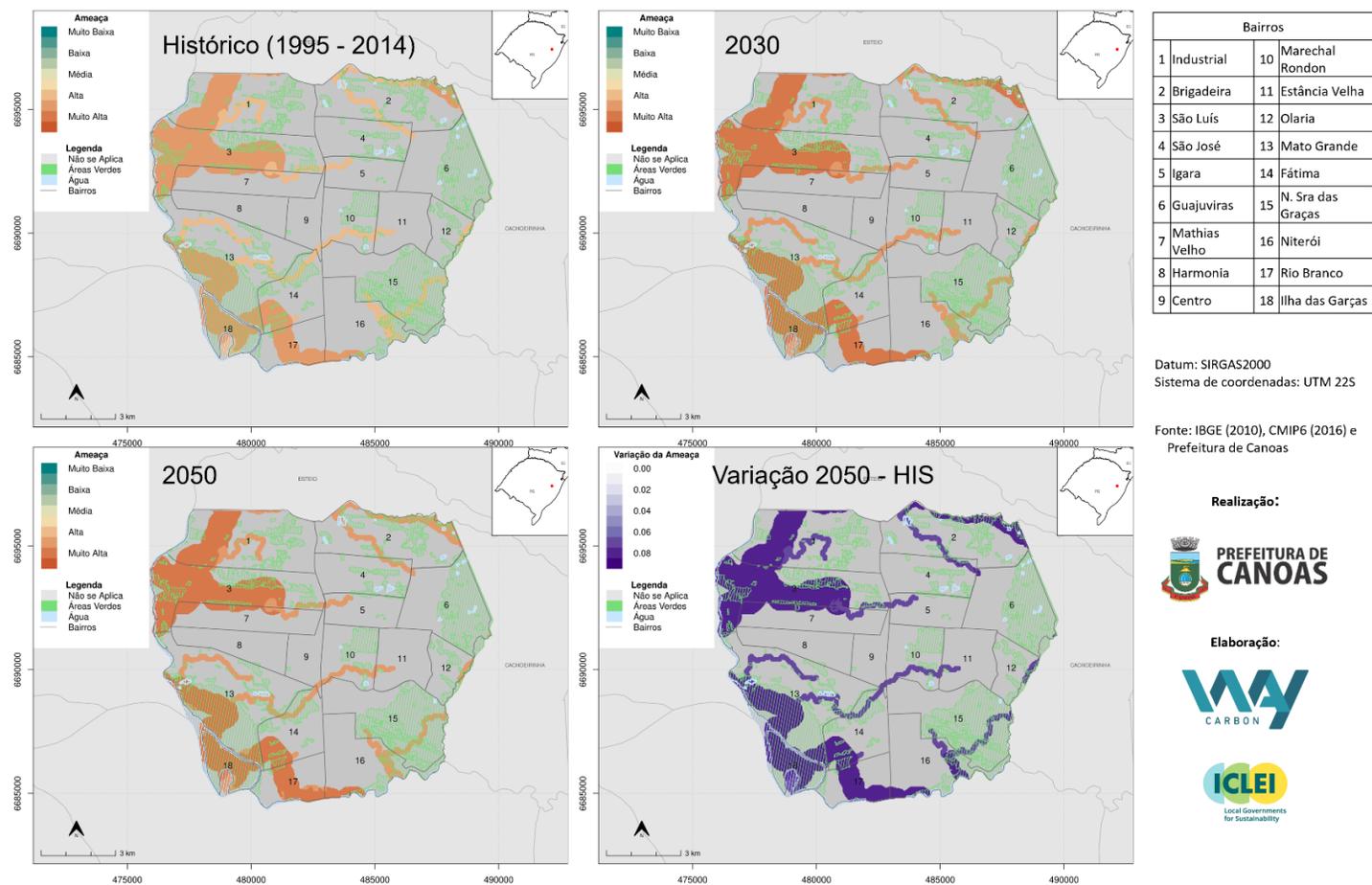


Figura 8. Ameaça de inundação fluvial no município de Canoas para o período histórico, 2030 e 2050.

Fonte: WayCarbon e ICLEI, 2023.



### 3.3.2 Vulnerabilidade

Os resultados das análises de sensibilidade, capacidade adaptativa e vulnerabilidade para inundação fluvial em Canoas encontram-se espacializadas na Figura 9, Figura 10, e Figura 11, respectivamente.

A análise para a sensibilidade (Figura 9) utilizou os indicadores de déficit habitacional, população sensível e área impermeável apresentados no Quadro 1. O resultado mostra que os bairros Industrial, a noroeste, e Ilha das Garças, a sudoeste, apresentaram sensibilidade “Alta” e “Muito Alta” para inundações, ambos dos bairros localizados na planície de inundação do Rio dos Sinos. Ao sul há porções dos bairros Rio Branco e Niterói com sensibilidade “Alta” e “Muito Alta”, o que também acontece nos bairros Harmonia e Mathias Velho, no centro-oeste, todos bairros com mais áreas impermeáveis. Algumas partes do bairro Guajuviras, Estância Velha e Igara, ao leste, também apresentam classificação “Alta” Ou “Muito Alta”. Por outro lado, a sensibilidade é mais baixa em partes dos bairros Mato Grande, São Luís e Fátima, a oeste da BR-116, bem como em partes dos bairros Marechal Rondon, Nossa Senhora das Graças, Guajuviras e Brigadeira, a leste, o que está diretamente relacionado a uma maior permeabilidade do solo nestas localidades e à presença de áreas verdes.

A avaliação da capacidade adaptativa ou adaptabilidade para a ameaça de inundação fluvial (Figura 10) utilizou os indicadores de renda média, infraestrutura de esgoto e sistema de proteção contra cheias, apresentados nos Quadro 2 e Quadro 3. Os resultados mostram adaptabilidade “Muito Alta” para o bairro Industrial, que possui baixa população. Áreas centrais que contemplam os bairros Centro, Marechal Rondon e Estância Velha também possuem classificações de adaptabilidade “Alta”, o que condiz com a maior infraestrutura de ruas e esgoto. Os bairros que apresentaram adaptabilidade “Baixa” e “Muito Baixa” são periféricos, com destaques para Guajuviras, Ilha das Garças, Mato Grande, bem como partes dos bairros São Luís, Fátima e Niterói. Estes resultados estão coerentes com o uso e ocupação do município, que é mais urbanizado nas regiões centrais (MARCOS; HASENACK; HOFMANN,

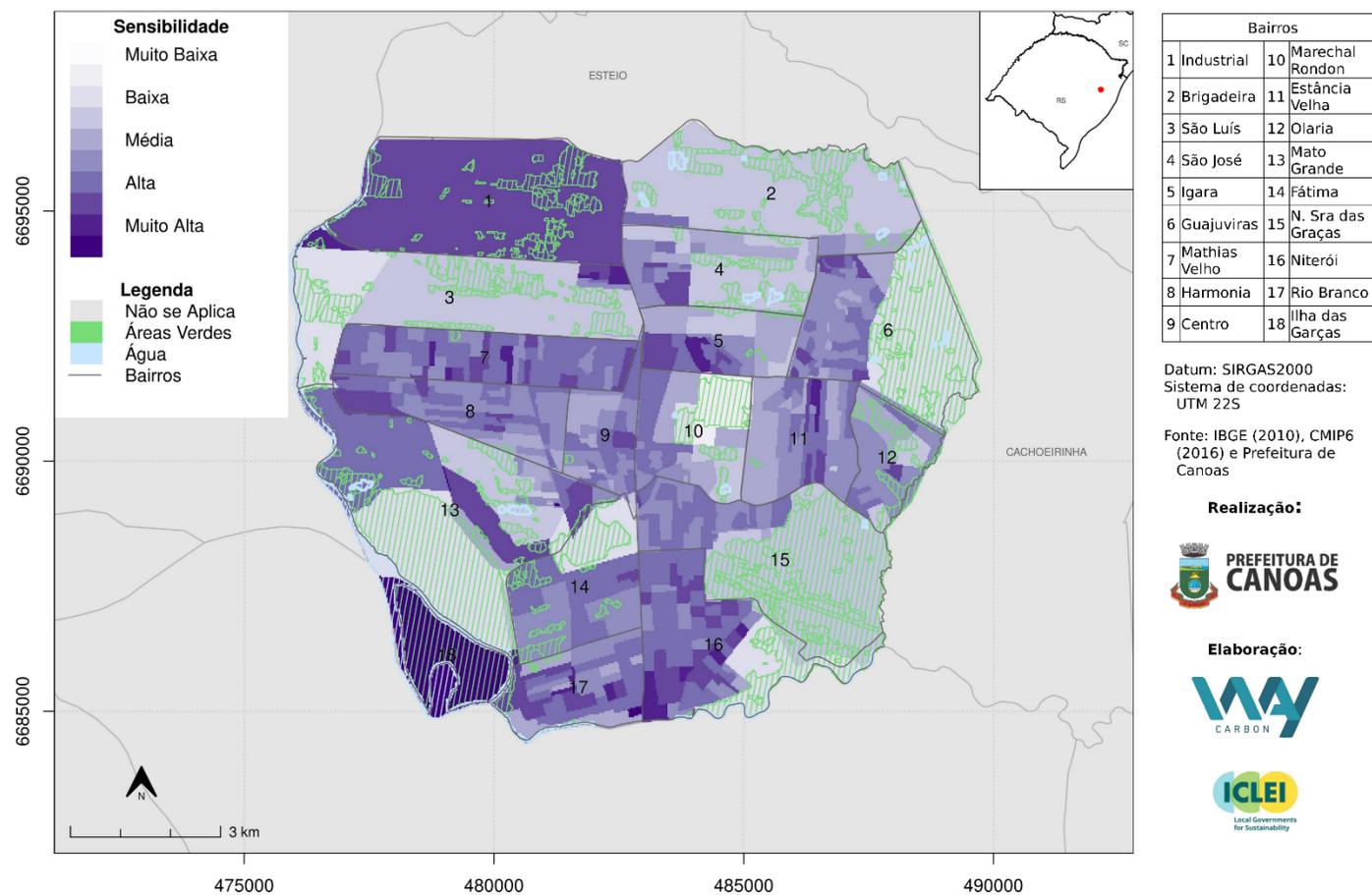


2017), e cujas infraestruturas de ruas e esgoto são mais precárias nas localizadas com menor índice de adaptabilidade.

No mapa de vulnerabilidade para inundação fluvial (Figura 11), se destacam com classificação “Muito Alta” e “Alta” o bairro Ilha das Garças e algumas áreas no oeste do município, pertencentes aos bairros Harmonia, Mathias Velho e Mato Grande. Os dois primeiros são bairros de grande concentração de população, enquanto parte do bairro Mato Grande possui áreas mais impermeáveis, aumentando a vulnerabilidade para inundações. Porções dos bairros Guajuviras e Estância Velha, ao leste, também apresentam classes “Alta” e “Muito Alta” de vulnerabilidade. Esse cenário se dá, principalmente, devido ao menor acesso à rede de esgotamento e à baixa renda da população nessas localidades. Por outro lado, partes do bairro Industrial, ao noroeste, e dos bairros Fátima, Centro e Marechal Rondon, apresentam classificação “Baixa” ou “Muito Baixa”, o que possui relação com as boas condições socioeconômicas e de infraestrutura.



## Sensibilidade da População a Inundações Fluviais

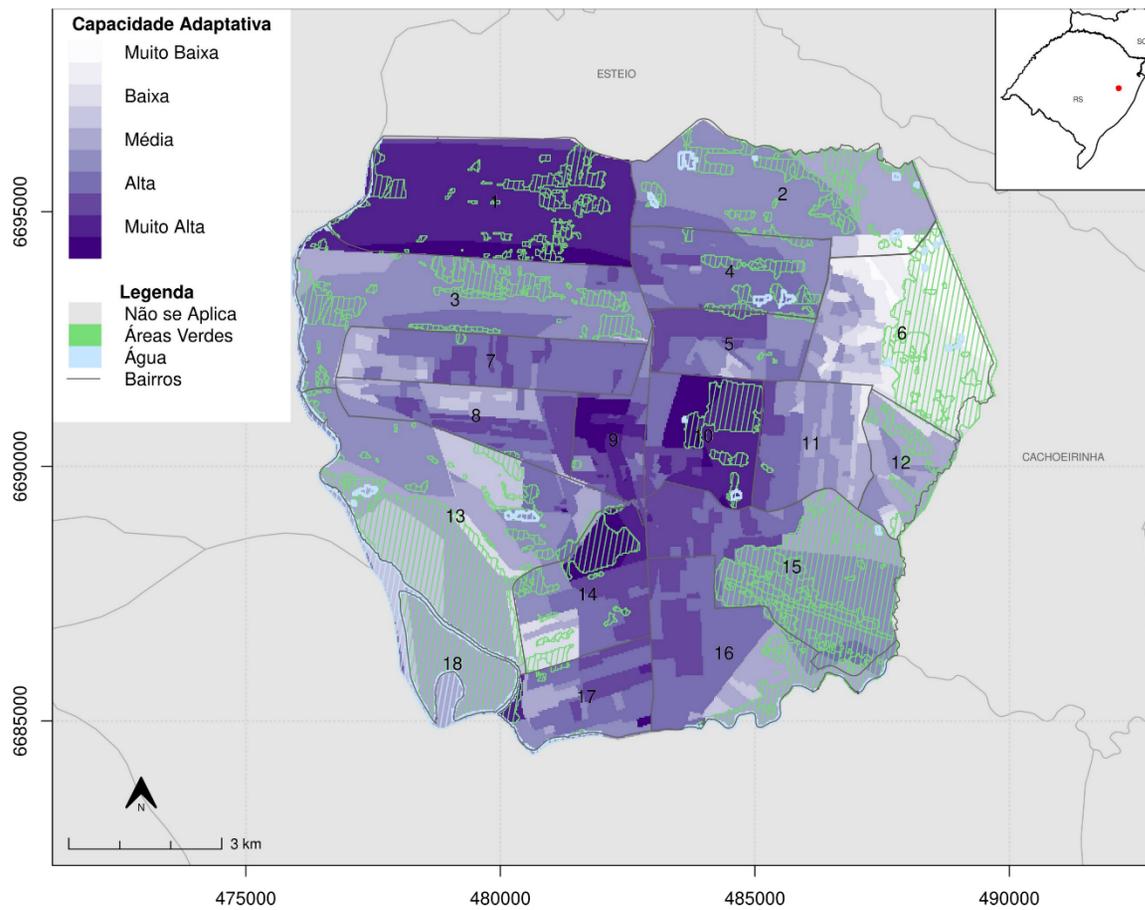


**Figura 9. Sensibilidade da população de Canoas a inundações fluviais.**

Fonte: WayCarbon e ICLEI, 2023.



## Adaptabilidade da População a Inundações Fluviais



Bairros	
1 Industrial	10 Marechal Rondon
2 Brigadeira	11 Estância Velha
3 São Luís	12 Olaria
4 São José	13 Mato Grande
5 Igara	14 Fátima
6 Guajuviras	15 N. Sra das Graças
7 Mathias Velho	16 Niterói
8 Harmonia	17 Rio Branco
9 Centro	18 Ilha das Garças

Datum: SIRGAS2000  
Sistema de coordenadas: UTM 22S

Fonte: IBGE (2010), CMIP6 (2016) e Prefeitura de Canoas

**Realização:**



**Elaboração:**

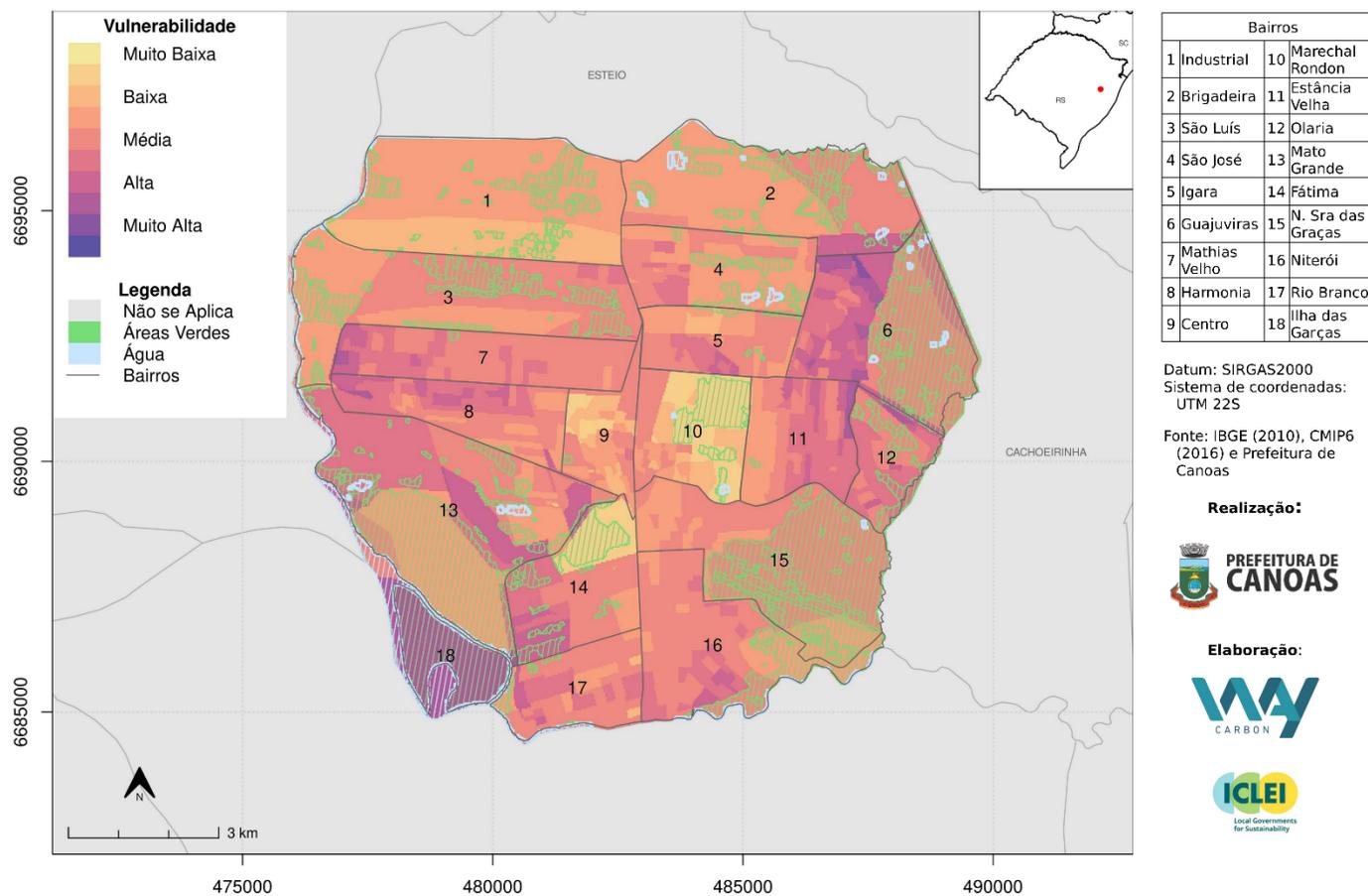


**Figura 10. Adaptabilidade da população de Canoas a inundações fluviais.**

Fonte: WayCarbon e ICLEI, 2023.



## Vulnerabilidade da População a Inundações Fluviais



**Figura 11. Vulnerabilidade da população de Canoas a inundações fluviais.**

Fonte: WayCarbon e ICLEI, 2023.



### 3.3.3 Risco

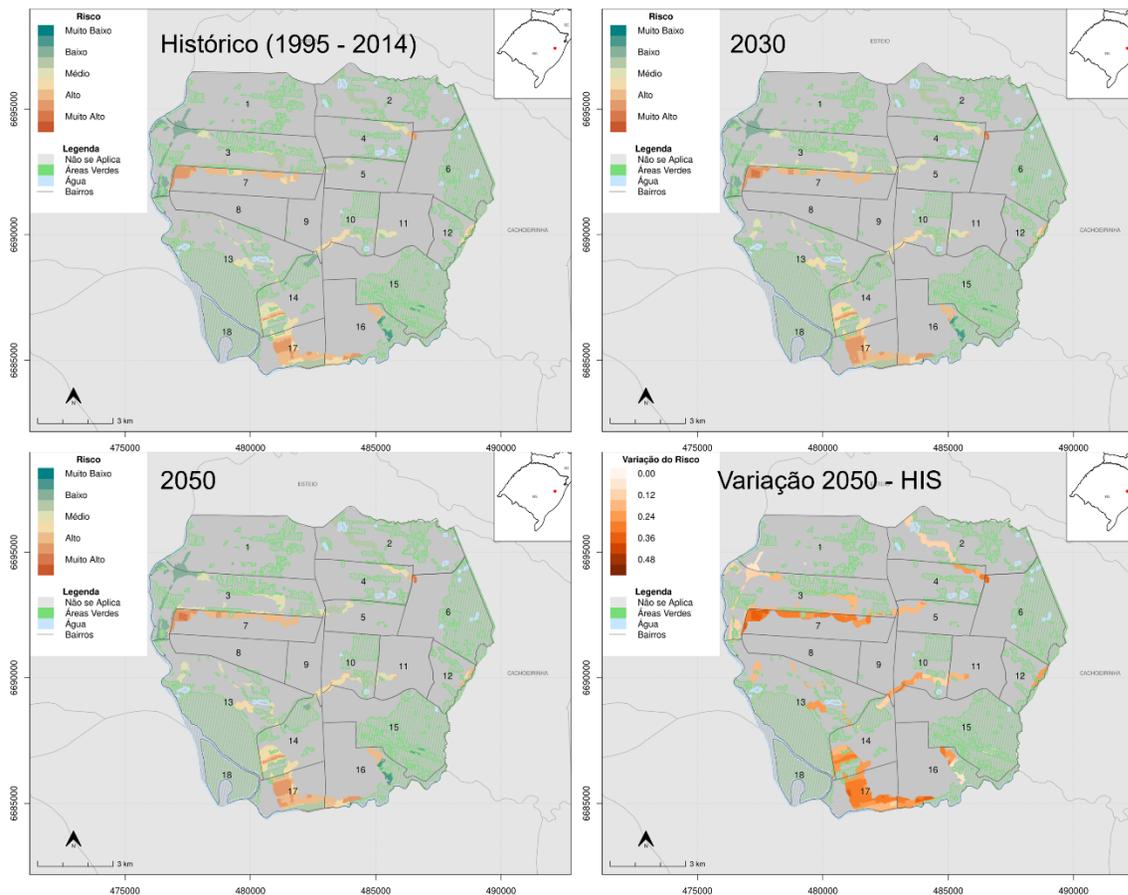
Os resultados das análises do risco climático para inundação fluvial em Canoas encontram-se espacializados nos mapas apresentados a seguir (Figura 12), considerando o período histórico, o horizonte temporal de 2030 e 2050 e a variação entre 2050 e o histórico para o cenário SSP3-7.0, onde a legenda da figura informa sobre a classe do risco em uma escala contínua que vai de “Muito Baixa” a “Muito Alta”.

Assim como aconteceu para a ameaça, o risco de inundações no período histórico localiza-se no entorno dos cursos d’água do município. Ao sul, onde flui o Rio Gravataí, a classificação do risco para inundações varia de “Média” a “Alta”, o que também ocorre no entorno dos Arroios Araçá (ao centro), Brigadeira (ao leste) e Guajuviras (nordeste). Na porção oeste, onde corre um curso d’água na divisa entre os bairros São Luís e Mathias Velho, o risco também possui classificação em sua maior parte “Alta”. É importante destacar que esta região já possui um histórico de inundações e pertence à planície de inundação do Rio dos Sinos.

Quando se avalia o ano de 2030, as mesmas áreas apresentam risco para inundações, somente aumentando as porções do território com classificação “Alta”, e algumas pequenas localidades passam a apresentar classificação “Muito Alta”. De 2030 para 2050 há uma redução muito pequena na classificação destas mesmas localidades, o que está de acordo com a ligeira redução da precipitação entre os dois horizontes temporais futuros.



## Risco de Inundações Fluviais - Histórico e SSP 370



Bairros		
1	Industrial	10 Marechal Rondon
2	Brigadeira	11 Estância Velha
3	São Luís	12 Olaria
4	São José	13 Mato Grande
5	Igara	14 Fátima
6	Guajuviras	15 N. Sra das Graças
7	Mathias Velho	16 Niterói
8	Harmonia	17 Rio Branco
9	Centro	18 Ilha das Garças

Datum: SIRGAS2000  
Sistema de coordenadas: UTM 22S

Fonte: IBGE (2010), CMP6 (2016) e Prefeitura de Canoas

Realização:



Elaboração:



Figura 12. Risco de inundação fluvial no município de Canoas para o período histórico, 2030 e 2050.

Fonte: WayCarbon e ICLEI, 2023.



## 3.4 ONDAS DE CALOR

### 3.4.1 Ameaça

A Figura 13 ilustra a ameaça de ondas de calor para Canoas no período histórico (1995 - 2014), sua projeção para os anos de 2030 e 2050 e a variação entre 2050 e o histórico, considerando o cenário SSP3-7.0. Os mapas de ameaça de ondas de calor para o período histórico e cenários futuros refletem os efeitos da tendência de aumento da frequência e intensidade da temperatura na região no horizonte de 2050, pela variação dos extremos climáticos exposta na seção anterior (Tabela 4).

Avaliando-se o período histórico, é possível verificar que já existem áreas do município com classificação “Alta” e “Muito Alta”. Na região nordeste do município, porções dos bairros Guajuviras e Estância Velha apresentaram classificação “Muito Alta”, o que possivelmente possui relação com a alta urbanização e densidade populacional nestas localidades. Por outro lado, percebe-se que a classificação já reduz para “Baixa” ou “Muito Baixa” na porção do bairro Guajuviras em que se situa o Parque Fazenda Guajuviras. Outras áreas mais ao norte e na porção central do município, que são bastante urbanizadas, apresentaram também classificação “Alta” para ondas de calor no período histórico. No Bairro Industrial, a noroeste, uma área na divisa com o município vizinho Esteio apresentou classificação “Muito Alta”, e logo abaixo há áreas com classificação “Média” e “Baixa”. Estas diferenças dentro desse bairro possuem relação com os diferentes usos do solo, apresentando tanto áreas verdes e agrícolas quanto áreas com solo exposto, as quais recebem maior quantidade de radiação solar e por consequência aquecem mais rapidamente.

Em 2030, percebe-se um agravamento das ondas de calor em todo o território. Além das áreas citadas anteriormente, largas porções dos bairros Mathias Velho, Harmonia e Centro passam a apresentar classificação “Muito Alta” para ondas de calor. De modo geral, as áreas que apresentam classificações mais elevadas não possuem nenhuma área verde de maior porte, a exemplo de parques, como pode-se visualizar no mapa de uso e ocupação do solo do

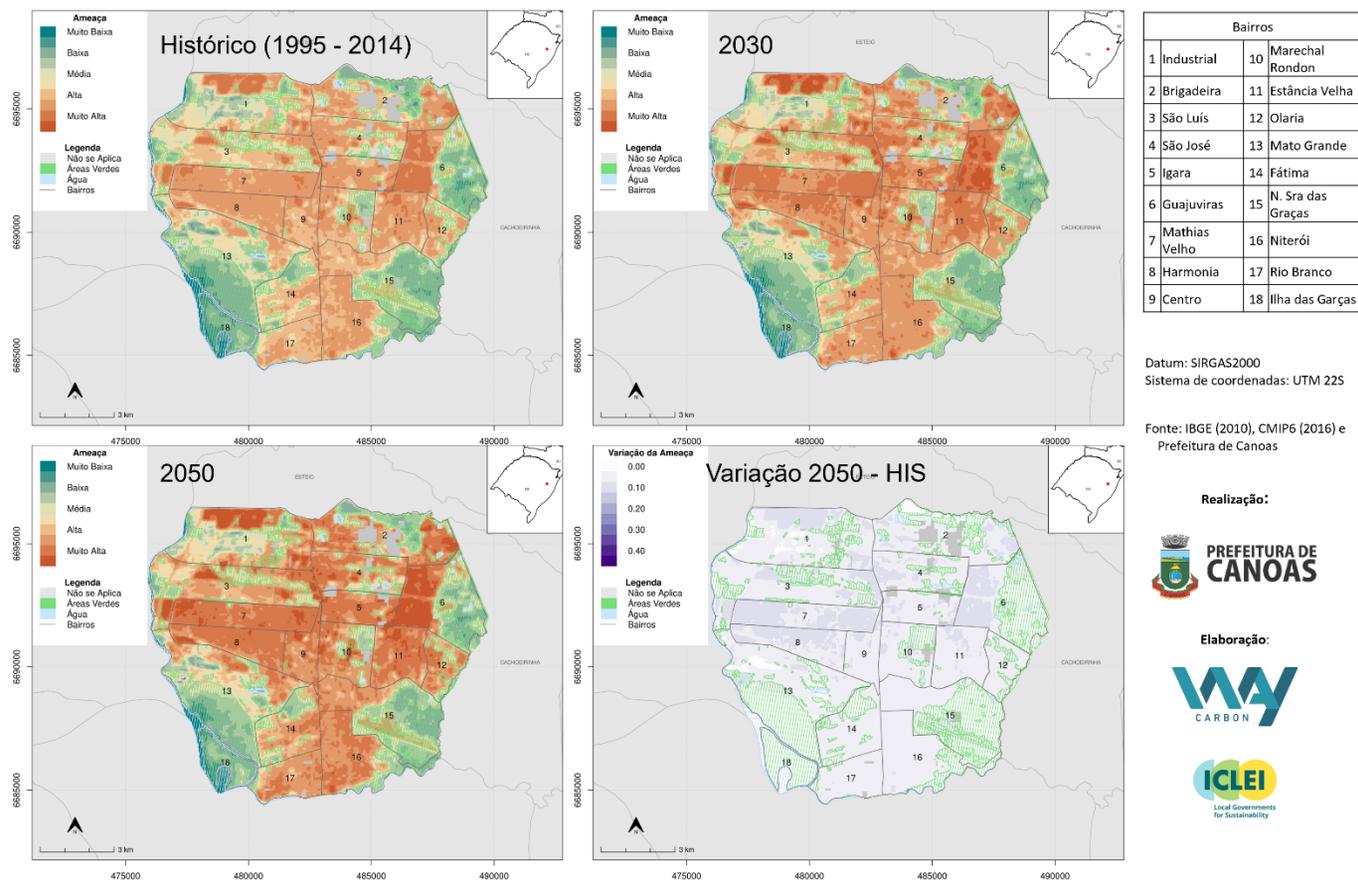


município (Figura 1). É importante ressaltar que a arborização urbana, que considera árvores plantadas ao longo das vias, não foi considerada nesta análise por falta de detalhamento para todos os bairros. Seguindo a análise da ameaça de ondas de calor em 2030, percebe-se o agravamento das ondas de calor também ao norte do município, onde há alta concentração de indústrias, além de áreas agrícolas e descampados que contribuem para maior probabilidade de ocorrência desta ameaça.

No ano de 2050, a ameaça de ondas de calor se intensifica conforme pode-se visualizar no mapa de variação entre o histórico e 2050, com maior aumento de classificação nas áreas urbanizadas e com pouca presença de áreas verdes. Os bairros Mathias Velho e Harmonia, a oeste, que estão entre os mais populosos da cidade, passam a apresentar classificação “Muito Alta” em quase todo o seu território. As áreas dos bairros Guajuviras e Estância Velha que não pertencem ao Parque Fazenda Guajuviras, a leste, também apresentam essa classificação. Toda a região sul da cidade, que possui mais áreas verdes, apresenta classificações menores de ondas de calor, mas ainda há algumas áreas específicas com classificações mais elevadas. Um dado relevante é que a classificação de parte dos territórios onde se situam áreas verdes subiu para “Média”, mostrando a importância da preservação destas áreas que, apesar de possuírem baixa ocupação urbana, têm grande valor de biodiversidade, a qual pode ser impactada de forma significativa pelo aumento da temperatura.



### Ameaça de Ondas de Calor - Histórico e SSP 370



**Figura 13. Ameaça de ondas de calor no município de Canoas para o período histórico, 2030 e 2050.**

Fonte: WayCarbon e ICLEI, 2023.



### 3.4.2 Vulnerabilidade

Os resultados das análises de sensibilidade, capacidade adaptativa e vulnerabilidade para ondas de calor em Canoas encontram-se espacializadas na Figura 14, Figura 15 e Figura 16, respectivamente.

A análise para a sensibilidade (Figura 14) utilizou os indicadores de déficit habitacional, população sensível de idosos e área impermeável apresentados no Quadro 1. Os resultados são semelhantes aos de ameaça de inundação fluvial, uma vez que o único indicador que se diferencia é a população sensível. Algumas áreas permaneceram com a mesma classificação que apresentavam para sensibilidade a inundações, porém houve redução da classificação de “Muito Alta” para “Alta” nos bairros Ilha das Garças, Rio Branco e Niterói, ao sul; e em algumas partes do bairro Estância Velha, no centro-leste.

A avaliação da capacidade adaptativa ou adaptabilidade para a ameaça de ondas de calor (Figura 15) utilizou os indicadores de áreas verdes, acesso à água e renda média apresentados nos Quadro 2 e Quadro 3. A classificação é “Muito Alta” em regiões próximas a áreas verdes, como no bairro Marechal Rondon, onde se localiza o Parque Getúlio Vargas; e em uma parte do bairro Fátima, onde se localiza o Parque Eduardo Gomes. Outras regiões com esta classificação estão no bairro Industrial, ao noroeste, e no bairro Ilha das Garças, ao sudoeste. Por outro lado, partes dos bairros Mato Grande e São Luis, ao oeste, porções do bairro Guajuviras e Estância Velha, ao leste, e uma porção mais ao sul do bairro Fátima apresentam áreas com adaptabilidade “Muito Baixa”, resultados associados à baixa renda e menor acesso a água nestas regiões.

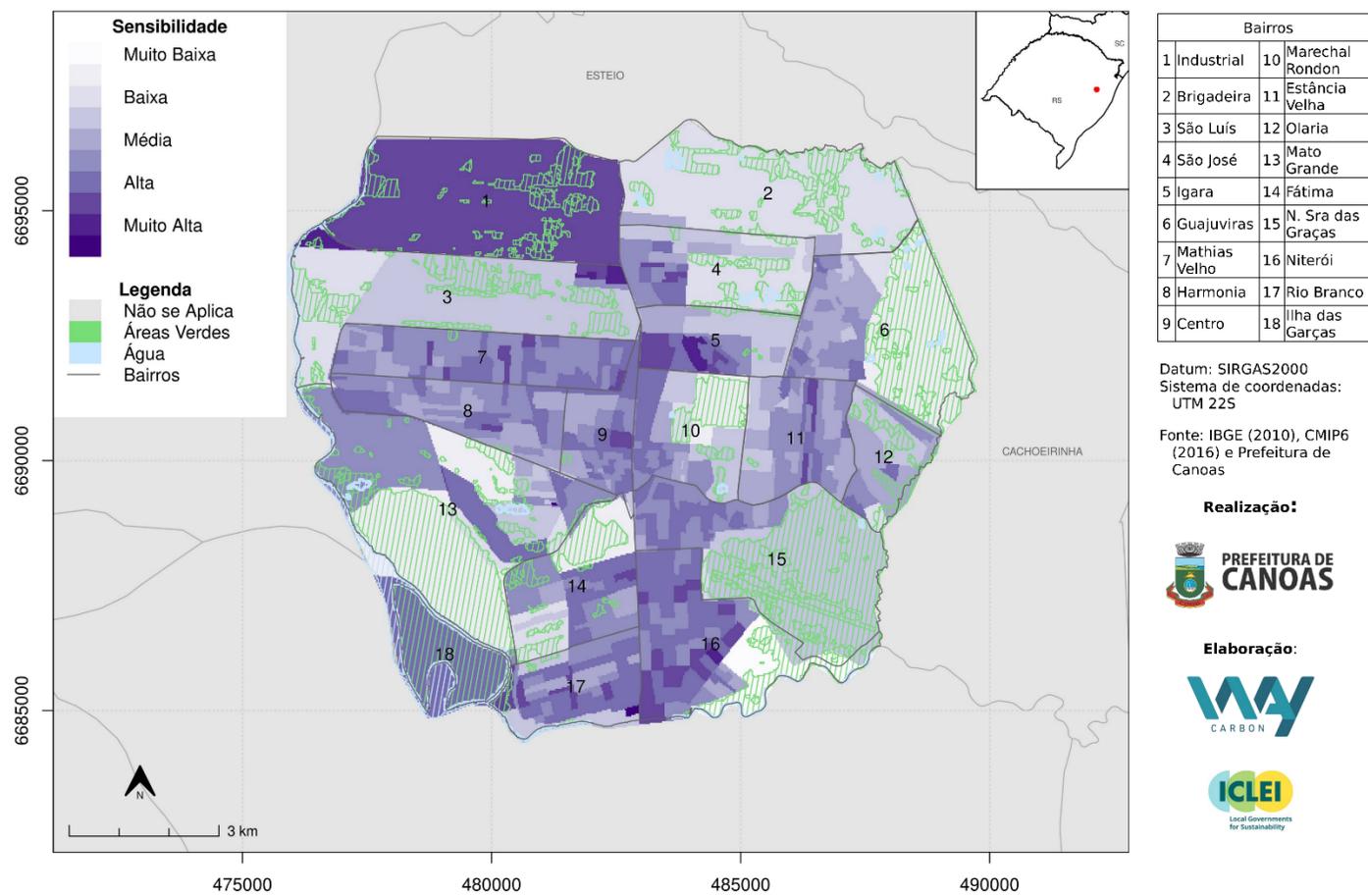
No mapa de vulnerabilidade para ondas de calor (Figura 16) fica clara a discrepância dos bairros mais periféricos em relação às áreas centrais, em especial nos bairros com maior população como Mathias Velho, Harmonia, Niterói, Guajuviras e Estância Velha, os quais apresentam vulnerabilidades mais elevadas. No caso do bairro Guajuviras e de outros bairros



que possuem áreas verdes, parques, áreas de transição ambiental e/ou APPs presentes em seu território, como Mato Grande, Fátima Marechal Rondon e Nossa Senhora das Graças, há também áreas classificadas com vulnerabilidade “Baixa” ou “Muito Baixa”. Boa parte da região norte do município apresenta classes de vulnerabilidade “Média”, “Baixa” e “Muito Baixa”, com destaque para os bairros Industrial e Brigadeira, que possuíam em conjunto população de menos de 700 pessoas em 2010, com uso e ocupação do solo majoritariamente industrial (Figura 1).



## Sensibilidade da População a Ondas de Calor

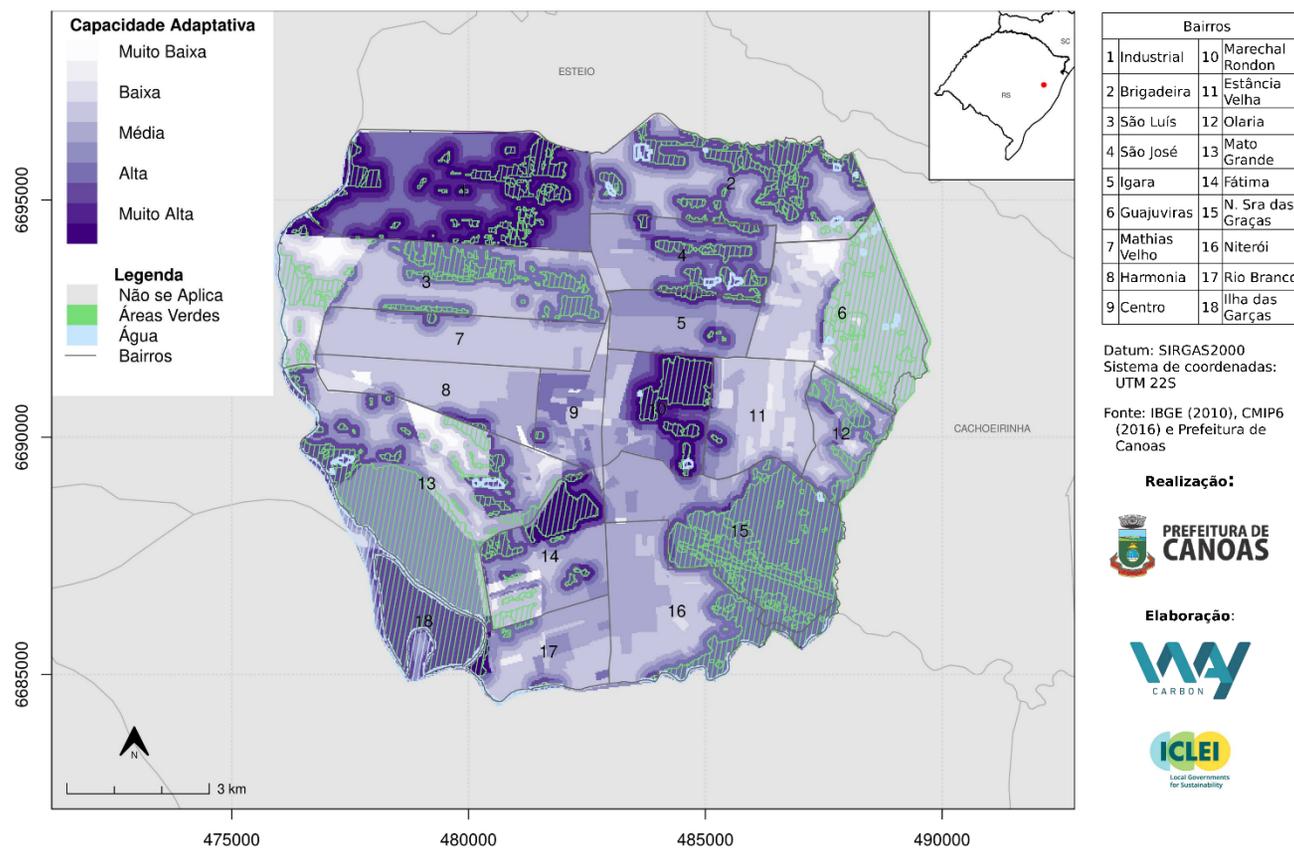


**Figura 14. Sensibilidade da população de Canoas a ondas de calor.**

Fonte: WayCarbon e ICLEI, 2023.



## Adaptabilidade da População a Ondas de Calor

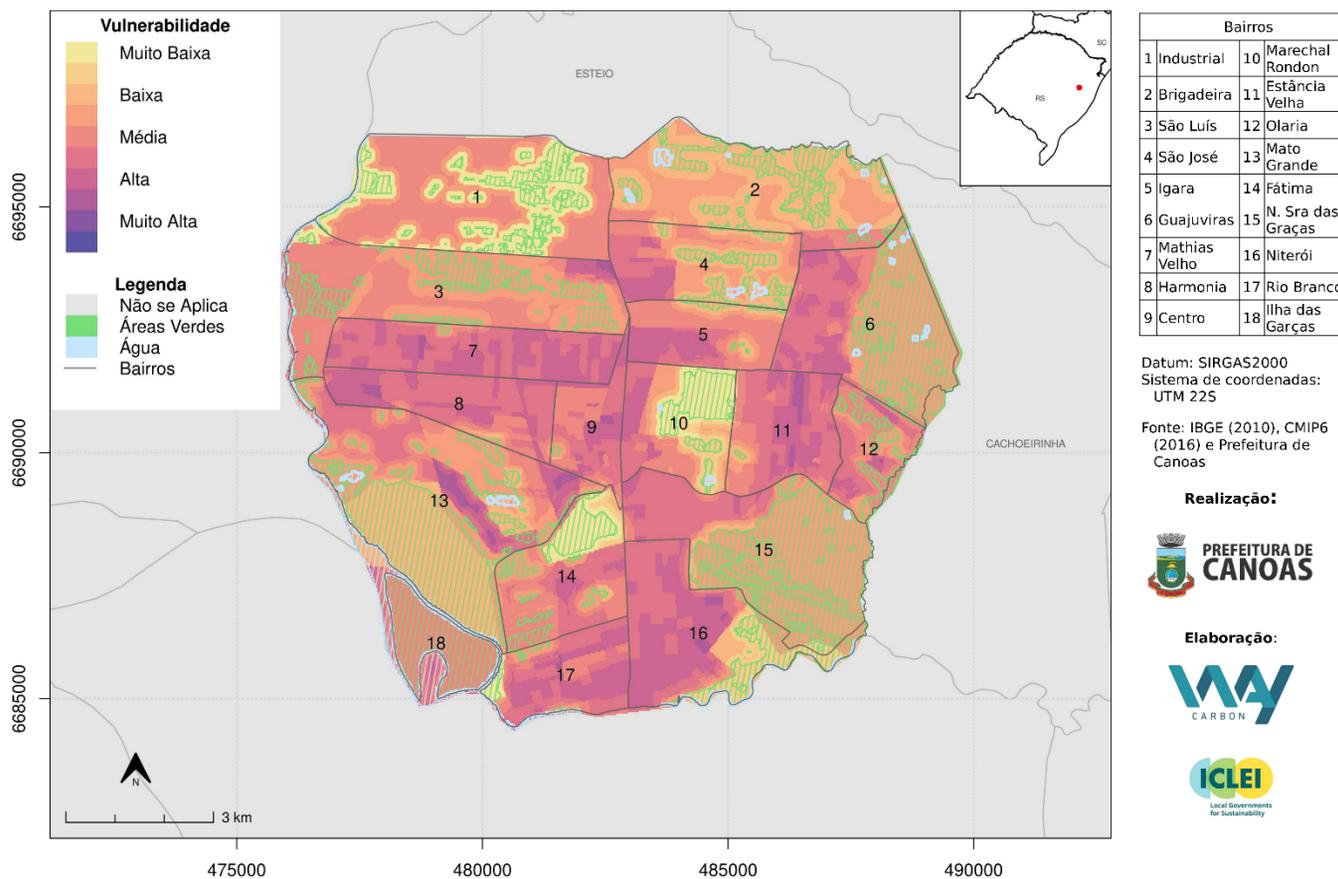


**Figura 15. Adaptabilidade da população de Canoas a ondas de calor.**

Fonte: WayCarbon e ICLEI, 2023.



## Vulnerabilidade da População a Ondas de Calor



**Figura 16. Vulnerabilidade da população de Canoas a ondas de calor.**

Fonte: WayCarbon e ICLEI, 2023.



### 3.4.3 Risco

Os resultados das análises do risco climático para ondas de calor em Canoas encontram-se espacializados nos mapas apresentados a seguir (Figura 17) considerando o período histórico, o horizonte temporal de 2030 e 2050 e a variação entre 2050 e o histórico para o cenário SSP3-7.0, onde a legenda da figura informa sobre a classe do risco em uma escala contínua que vai de “Muito Baixa” a “Muito Alta”.

De forma geral, para todos os horizontes temporais, as regiões mais centrais do município estão sob maior risco. Tal resultado está relacionado à elevada concentração da população, área urbanizada com altos níveis de ameaça relacionada aos extremos de temperatura e pontos de vulnerabilidade alta e muito alta.

Por outro lado, algumas regiões que haviam aparecido com ameaças “Alta” não se apresentam como regiões com risco elevado, como é o caso da porção noroeste do município, nos bairros Industrial e São Luís. Isso ocorre porque a análise de risco climático leva em consideração a ausência de áreas residenciais na região (exposição), de modo que, embora esta região esteja sujeita a uma maior ameaça de ondas de calor, a população residente é muito pequena.

Nas áreas mais centrais de Canoas, a classificação do risco varia de “Média” a “Muito Alta” no período histórico e nos horizontes temporais, reduzindo de forma significativa e áreas onde se situam parques, como o Parque Getúlio Vargas, no bairro Marechal Rondon (a leste da BR 116) e o Parque Eduardo Gomes, no bairro Fátima. Outras áreas que possuem extensas áreas verdes e pouca presença de população, nas regiões periféricas, não estão sob o risco de ondas de calor.

No período histórico há menos áreas com risco mais elevado, porém algumas se destacam já apresentando classificações “Alta” e “Muito Alta”: bairros Mathias Velho a Harmonia, no centro-oeste; bairros Rio Branco e Niterói, ao sul; bairros Guajuviras e Estância Velha, ao leste. Esses bairros, além de serem os seis mais populosos do município (Figura 4), o que resulta em



alta exposição, também apresentaram índices altos da ameaça e vulnerabilidade às ondas de calor.

No ano de 2030, mais áreas dentro destes bairros passam a apresentar as classificações “Alta” e “Muito Alta” para ondas de calor, que alcançam os bairros Centro e partes de Fátima (oeste), Marechal Rondon, Nossa Senhora das Graças (leste), Igara, São José e um pequeno pedaço do São Luís (norte). No horizonte de 2050, o risco amplia ainda mais nos bairros já citados, com áreas subindo tanto de classificação “Média” para “Alta” quanto “Alta” para “Muito Alta”.



### Risco de Ondas de Calor - Histórico e SSP 370

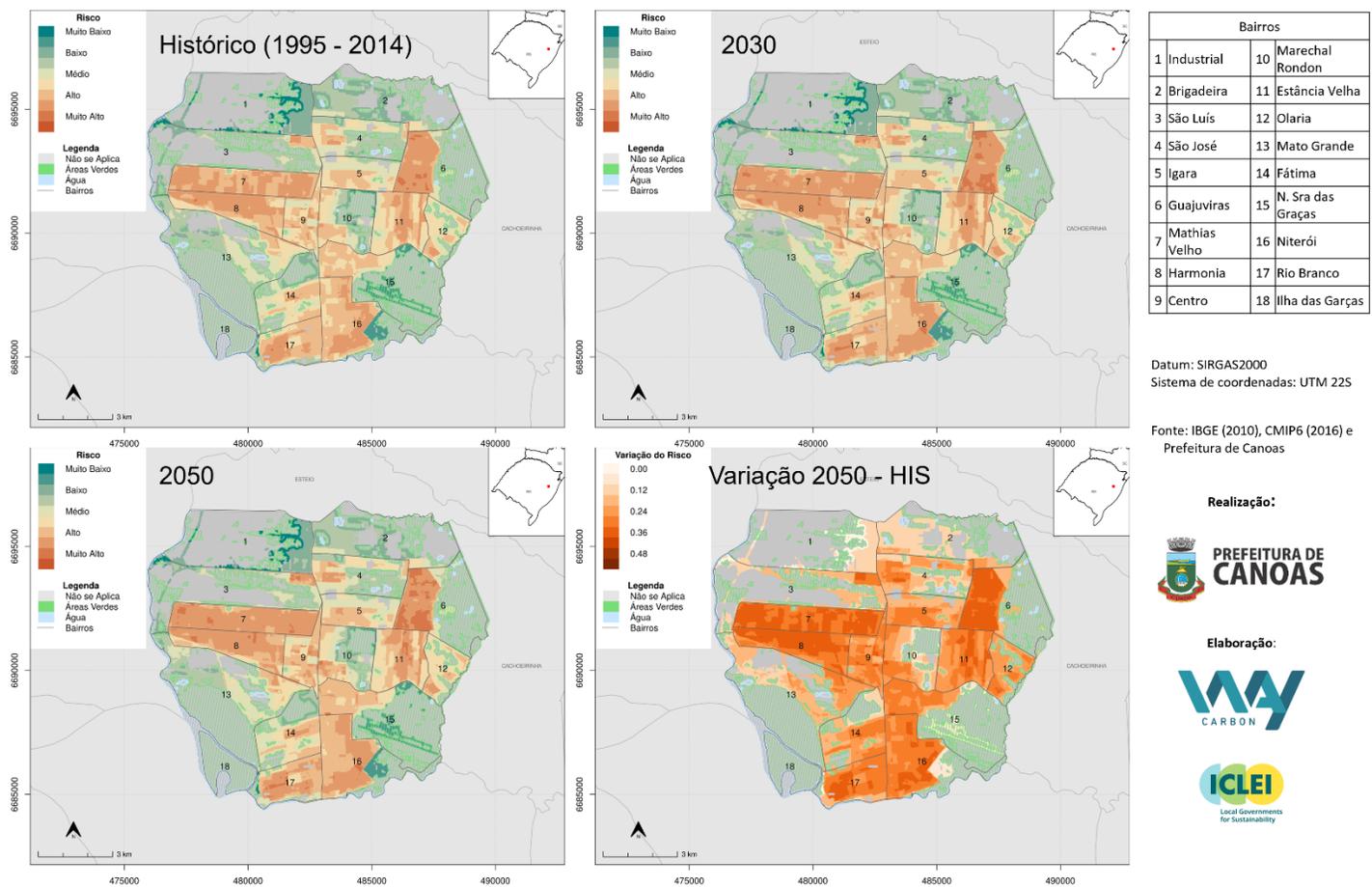


Figura 17. Risco de ondas de calor no município de Canoas para o período histórico, 2030 e 2050.

Fonte: WayCarbon e ICLEI, 2023.



## 3.5 SECAS METEOROLÓGICAS

### 3.5.1 Ameaça

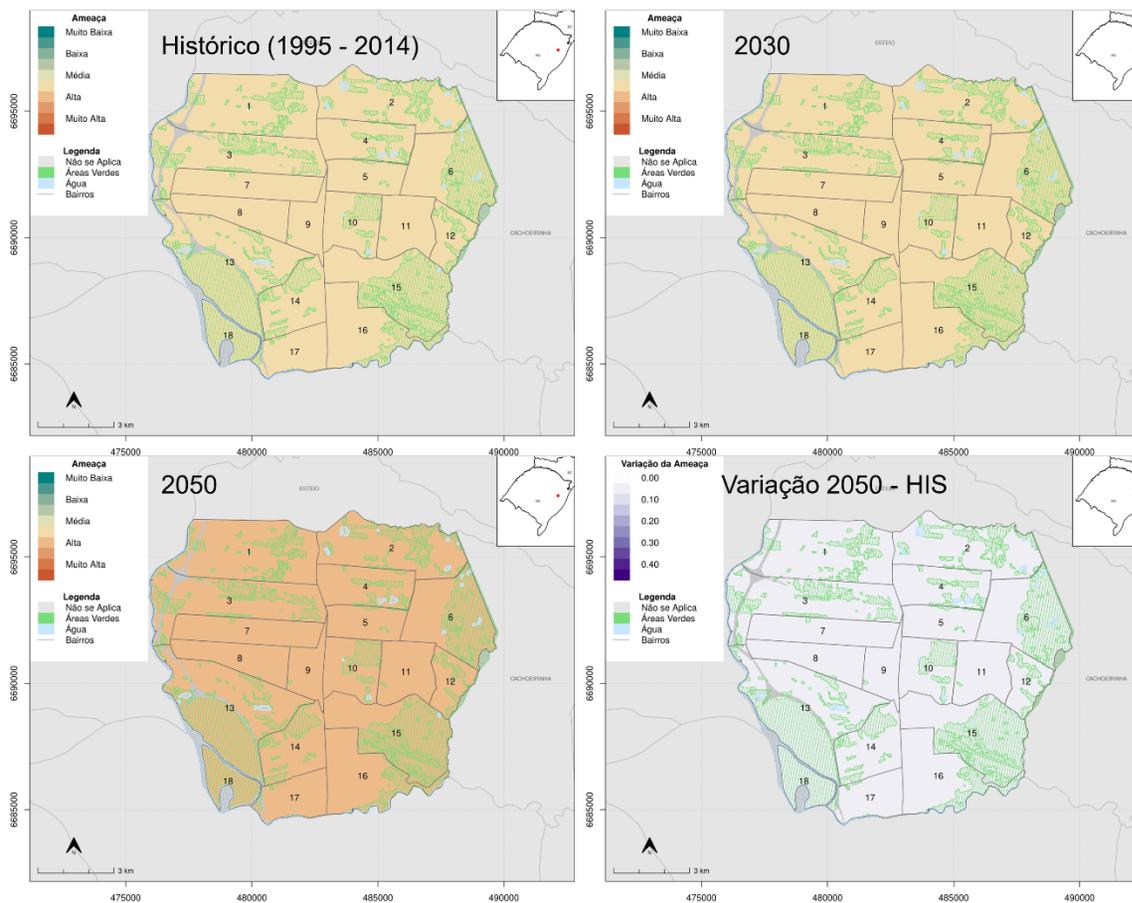
A Figura 18 ilustra a ameaça de secas meteorológicas para Canoas no período histórico (1995 - 2014), sua projeção para os anos de 2030 e 2050 e a variação entre 2050 e o histórico, considerando o cenário SSP3-7.0. Os mapas representam o valor médio da ameaça por sub-bacia, tendo em vista que secas meteorológicas impactam os seus corpos hídricos como um todo. Percebe-se que, ao longo do tempo, existe uma tendência de aumento da ameaça, alcançando os valores mais altos no ano de 2050.

Quando avaliamos o histórico, percebe-se que todo o território de Canoas está sob a ameaça de seca, com classificação “Média”. No ano de 2030 não há alterações, com todo o território seguindo em classificação “Média”. Em 2050 ocorre um agravamento da ameaça de secas, que passa a apresentar classificação “Alta” em todo o município.

O impacto da escalada das secas é relevante e atinge de forma diferenciada diferentes parcelas da população. Famílias mais vulneráveis, que não possuem acesso à rede geral de distribuição de água, podem ser impactadas com desabastecimento. Em uma escala nacional, com a dependência significativa de usinas hidrelétricas, as secas geram um aumento do custo da eletricidade para o consumidor final e encarecem o custo de produção de bens de consumo, o que é repassado para o preço. As secas também podem prejudicar a eficiência na produção de bens agrícolas, levando a uma queda na oferta e um consequente aumento dos preços, o que afeta a população mais pobre de maneira mais crítica, podendo gerar um agravamento da insegurança alimentar.



## Ameaça de Secas - Histórico e SSP 370



Bairros		
1	Industrial	10 Marechal Rondon
2	Brigadeira	11 Estância Velha
3	São Luís	12 Olaria
4	São José	13 Mato Grande
5	Igara	14 Fátima
6	Guajuviras	15 N. Sra das Graças
7	Mathias Velho	16 Niterói
8	Harmonia	17 Rio Branco
9	Centro	18 Ilha das Garças

Datum: SIRGAS2000  
Sistema de coordenadas: UTM 22S

Fonte: IBGE (2010), CMIP6 (2016) e Prefeitura de Canoas

Realização:



Elaboração:



**Figura 18. Ameaça de secas meteorológicas no município de Canoas para o período histórico, 2030 e 2050.**

Fonte: WayCarbon e ICLEI, 2023.



### 3.5.2 Vulnerabilidade

Os resultados das análises de sensibilidade, capacidade adaptativa e vulnerabilidade para secas meteorológicas em Canoas encontram-se espacializadas na Figura 19, Figura 20 e Figura 21, respectivamente.

A análise para a sensibilidade (Figura 19) utilizou os indicadores de déficit habitacional e população sensível apresentados no Quadro 1. Os bairros Industrial e Ilha das Garças, nas porções noroeste e sudoeste do município, apresentam sensibilidade “Muito Alta”. Há também regiões de sensibilidade “Alta” para secas em parte do bairro Mato Grande, ao oeste, e em partes dos bairros Rio Branco e Niterói, ao sul. Os bairros Fátima, Igara e Estância Velha também apresentam algumas porções com maior sensibilidade. Por outro lado, algumas áreas dos bairros Marechal Rondon, Fátima, Igara e São José apresentam sensibilidade “Muito Baixa” para secas, em parte devido à menor presença de população sensível.

A avaliação da capacidade adaptativa ou adaptabilidade para a ameaça de secas (Figura 20) utilizou os indicadores de acesso à água e renda média apresentados nos Quadro 2 e Quadro 3. Quando avaliamos a adaptabilidade, percebe-se que regiões mais centrais apresentam classificações de “Alta” a “Muito Alta”. Os destaques são para os bairros Centro, Marechal Rondon, no centro, e para parte do bairro Fátima, a oeste, em regiões que apresentam maior renda média. Outro bairro que se destaca é o Industrial, a noroeste, com classificação de “Muito Alta”, bem como o bairro Ilha das Garças, a sudoeste. Alguns bairros apresentam adaptabilidade de “Baixa” à “Muito Baixa”, como São Luís, a noroeste, e partes dos bairros Guajuviras, Olaria e Nossa Senhora das Graças, a nordeste e sudeste. Por fim, a porção mais ao sul do bairro Fátima também possui adaptabilidade “Muito Baixa”. A baixa adaptabilidade está relacionada à menor renda média e ao menor acesso à água nestas localidades.

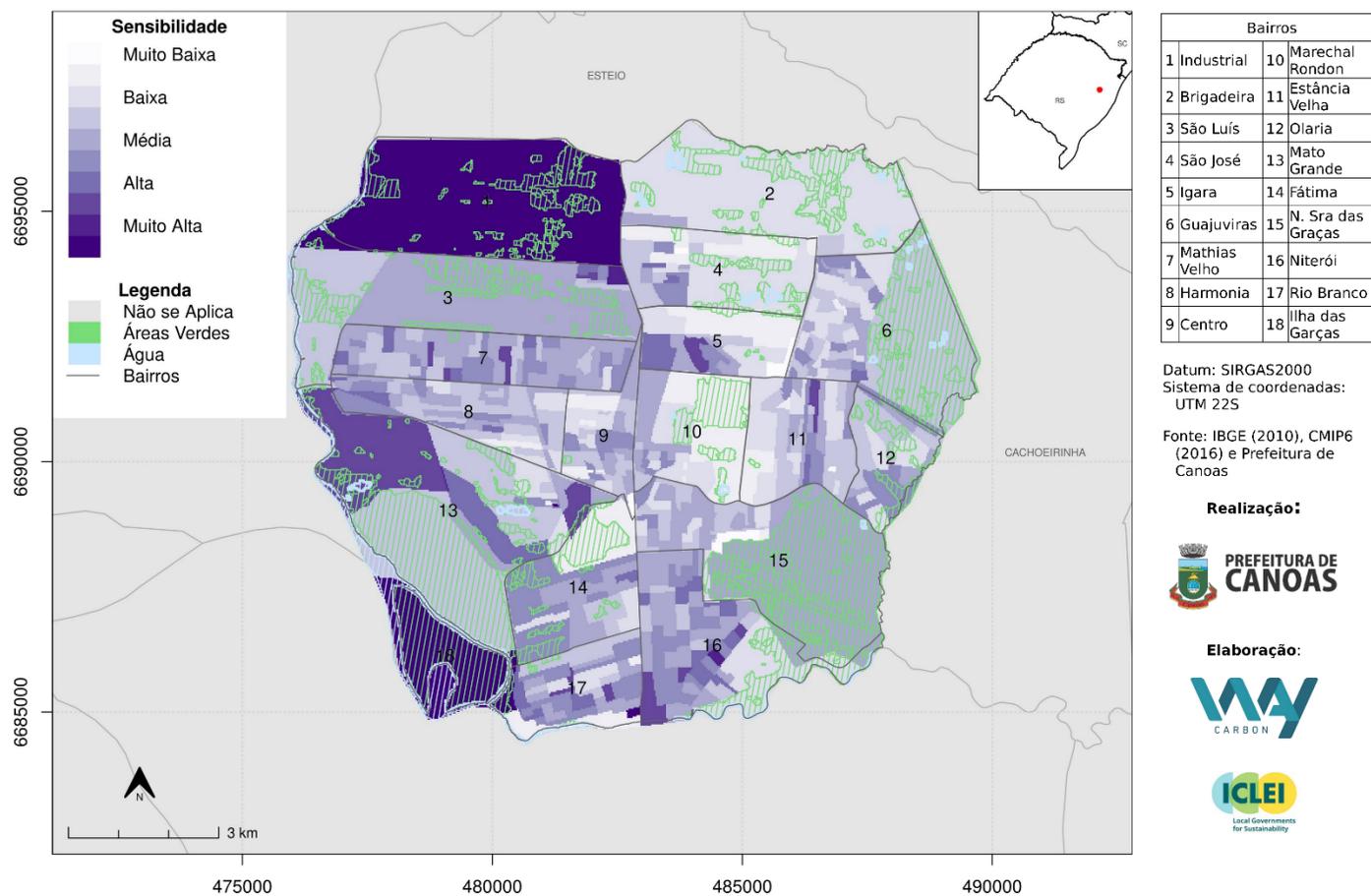
No mapa de vulnerabilidade para secas meteorológicas (Figura 21), percebe-se que uma área ao sul do bairro Fátima apresentou classificação “Muito Alta” de vulnerabilidade, bem como



algumas partes de bairros da região central e nos bairros Guajuviras e Estância Velha. Outras partes do município apresentaram vulnerabilidade “Alta”, nos mesmos bairros citados e também no São Luís, na sua quase totalidade, a noroeste; Ilha das Garças, a sudoeste; Olaria, a leste e bairro Niterói, ao sul. Por outro lado, os bairros Industrial, Marechal Rondon e partes dos bairros Centro, Igara e São José apresentam vulnerabilidade “Muito Baixa” para secas.



## Sensibilidade da População a Secas

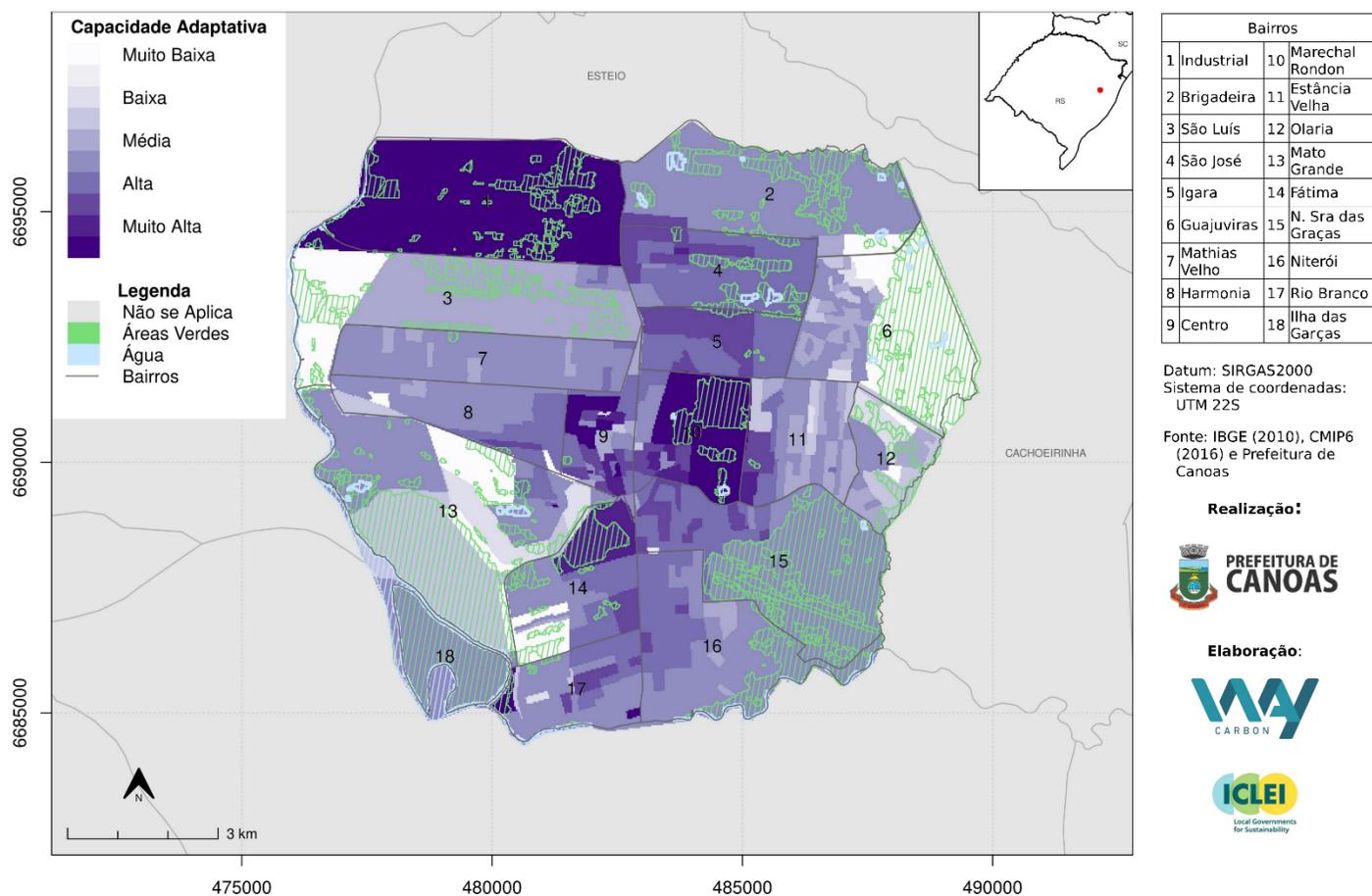


**Figura 19. Sensibilidade da população de Canoas a secas meteorológicas.**

Fonte: WayCarbon e ICLEI, 2023.



## Adaptabilidade da População a Secas

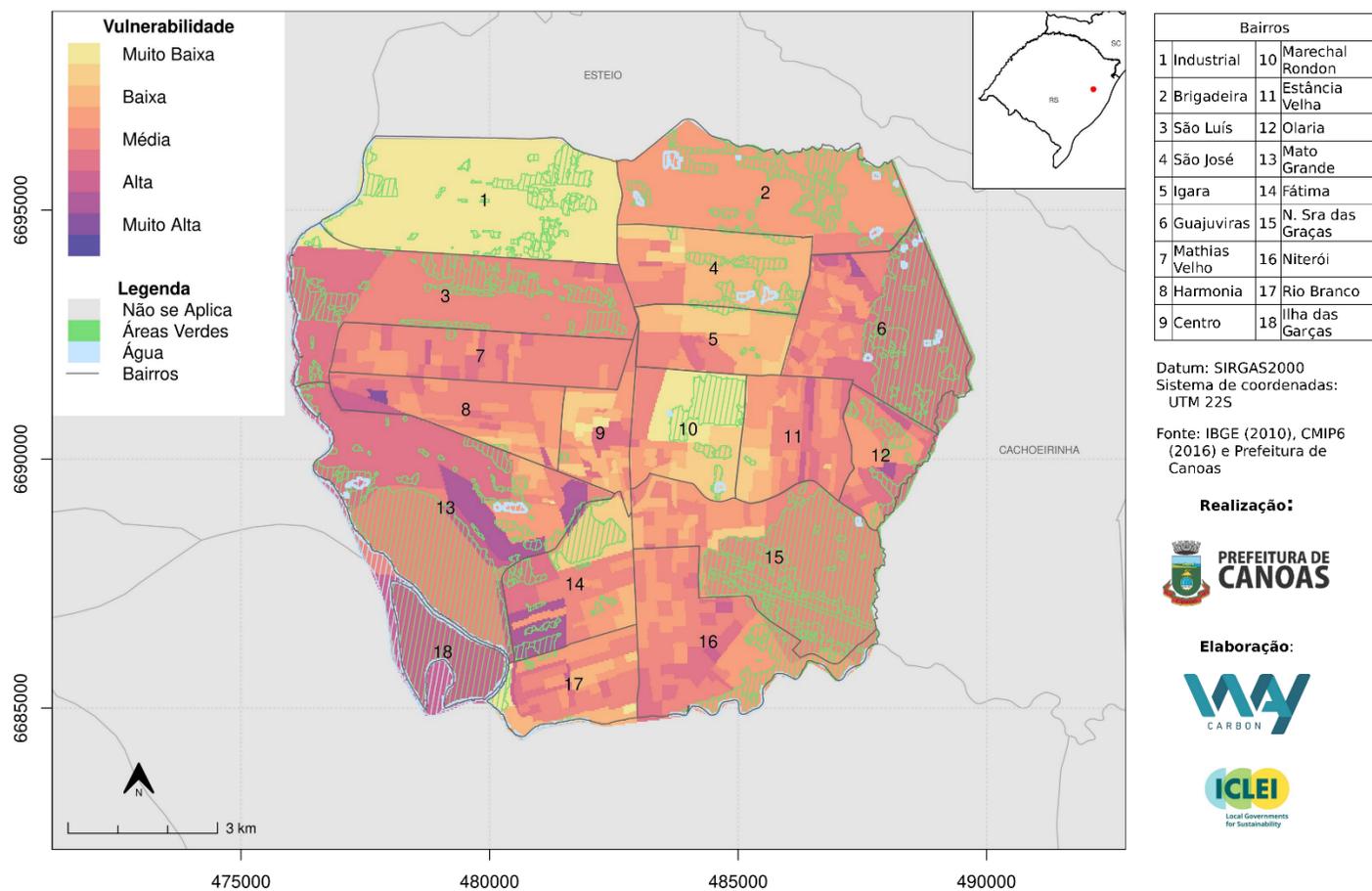


**Figura 20. Adaptabilidade da população de Canoas a secas meteorológicas.**

Fonte: WayCarbon e ICLEI, 2023.



## Vulnerabilidade da População a Secas



**Figura 21. Vulnerabilidade da população de Canoas a secas meteorológicas.**

Fonte: WayCarbon e ICLEI, 2023.



### 3.5.3 Risco

Os resultados das análises do risco climático para secas meteorológicas em Canoas encontram-se espacializados nos mapas apresentados a seguir (Figura 22), considerando o período histórico, o horizonte temporal de 2030 e 2050 e a variação entre 2050 e o histórico no cenário SSP3-7.0, onde a legenda da figura informa sobre a classe do risco em uma escala contínua que vai de “Muito Baixa” a “Muito Alta”.

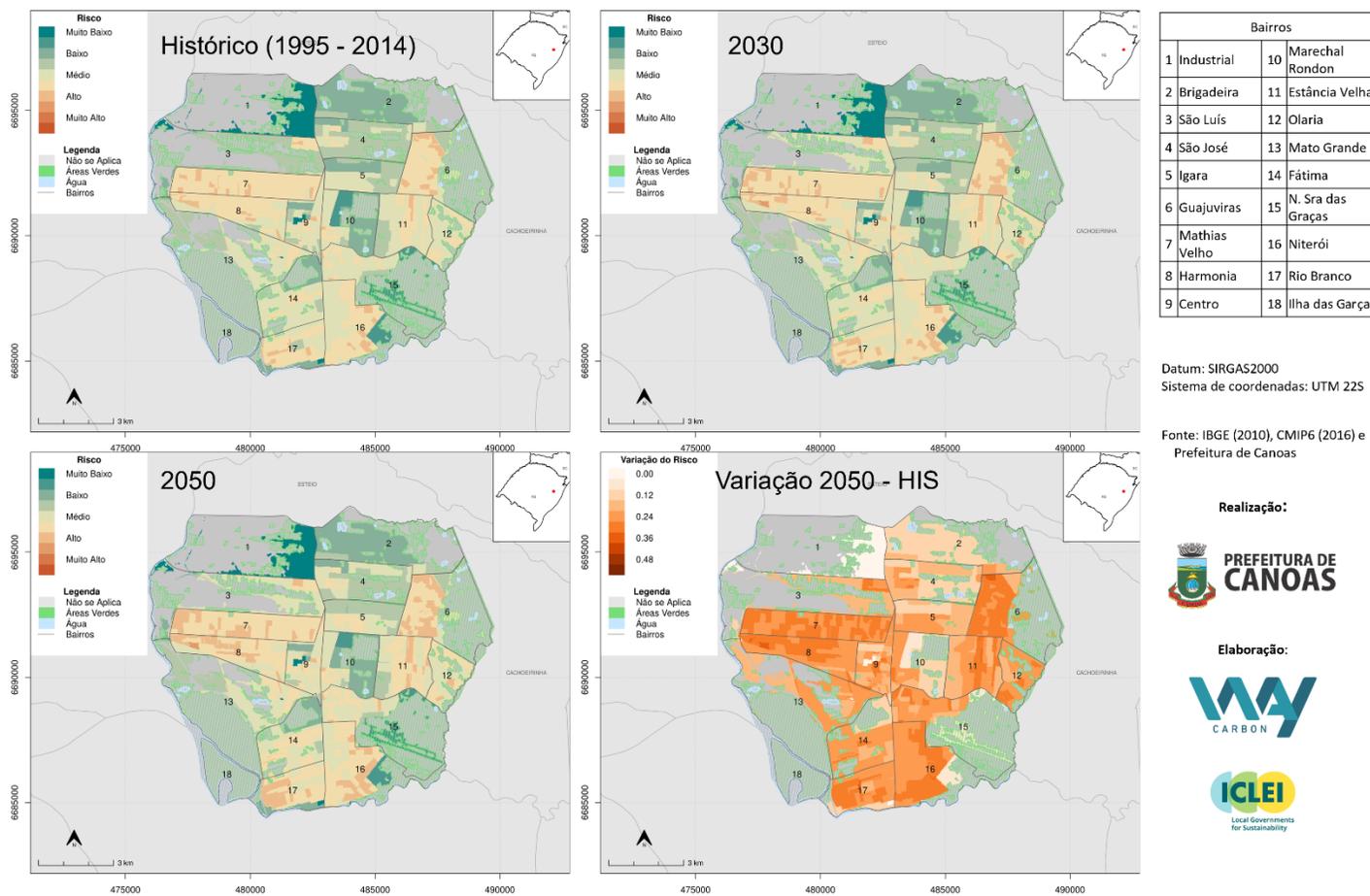
Da mesma forma que para as ondas de calor, os territórios mais centrais do município em que não há presença de áreas verdes possuem risco mais alto para secas meteorológicas. No período histórico, se destacam os bairros Mathias Velho e Harmonia, a oeste, com classificações “Média” e “Alta”; parte dos bairros Guajuviras e Estância Velha, a leste, e os bairros Niterói e Rio Branco, ao sul, também com estas classificações.

Uma vez que a ameaça de seca se distribui ao longo de todo o território, a vulnerabilidade e a exposição de algumas áreas específicas influenciaram no resultado do risco para secas meteorológicas. De forma geral, percebe-se que os bairros mais populosos, citados acima, possuem as maiores classificações. Por outro lado, bairros como Ilha das Garças não estão sob risco de secas pois apresentam exposição baixa, sem presença de população no território.

Ao avaliarmos o ano de 2030, há leve intensificação no risco de seca, com mais áreas apresentando classificação “Alta”. Além dos bairros já citados, apresentam a classificação “Média” algumas partes dos bairros São José e São Luís, ao norte; Centro e Marechal Rondon, na região central; Mato Grande e Fátima, a oeste; Nossa Senhora das Graças e Olaria, a leste. Quando se visualiza o ano de 2050, novamente a seca se amplia em vários territórios dos bairros já citados, havendo mais áreas com classificação “Média” e “Alta”.



## Risco de Secas- Histórico e SSP 370



**Figura 22. Risco de secas meteorológicas no município de Canoas para o período histórico, 2030 e 2050.**

Fonte: WayCarbon e ICLEI, 2023



## 3.6 VETORES DE ARBOVIROSES

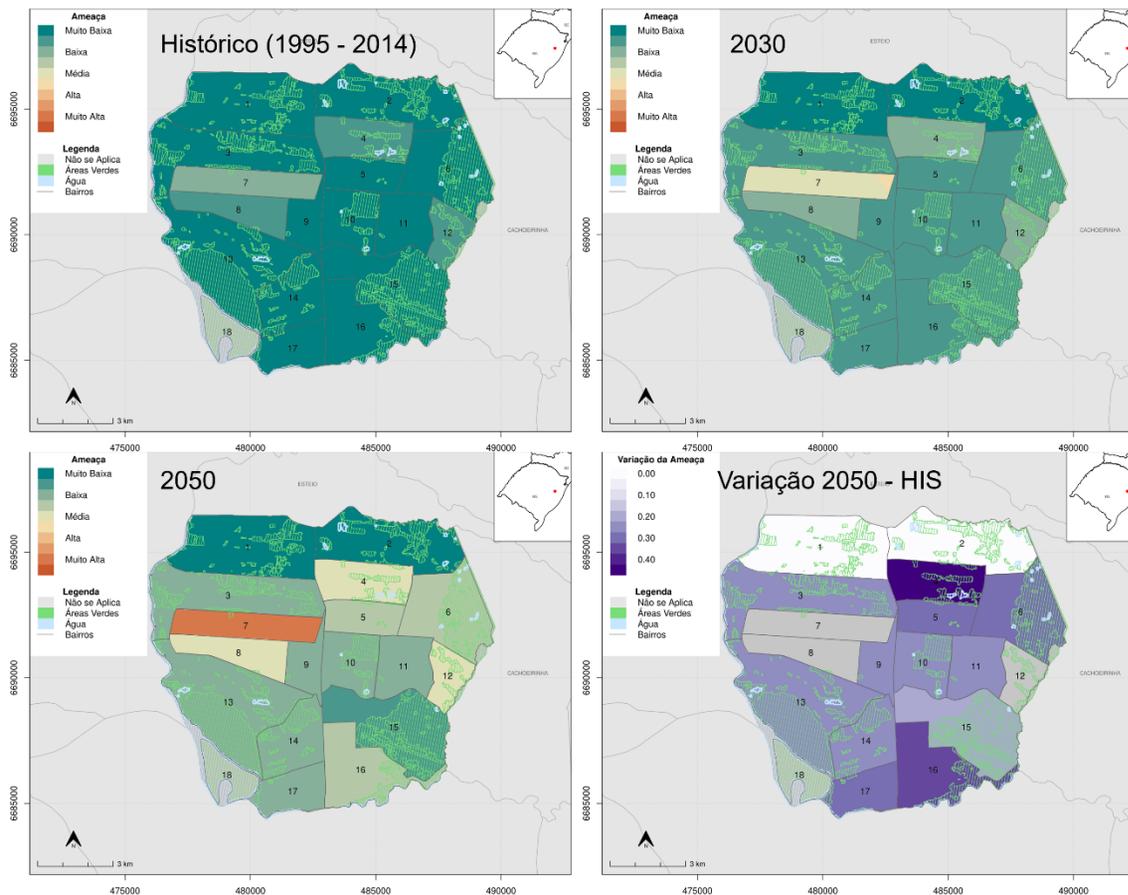
### 3.6.1 Ameaça

A Figura 23 ilustra a ameaça de vetores de arboviroses para Canoas no período histórico (1995 - 2014), sua projeção para os anos de 2030 e 2050 e a variação entre 2050 e o histórico, considerando o cenário SSP3-7.0. Destaca-se que para esta ameaça foi utilizado o dado de incidência de casos por 100 mil habitantes por bairro em 2022, apresentados na Tabela 1. Ressalta-se que estão sendo consideradas somente doenças transmitidas por vetores do chamado arbovírus, como Dengue, Zika, Chikungunya e Febre Amarela.

Para o período histórico, os bairros que se destacam são o Mathias Velho, mais populoso do município, com classificação “Média” para vetores de arboviroses. O bairro Harmonia, segundo mais populoso, possui classificação “Baixa”, assim como os bairros Olaria, São José e Igara. Quando avaliamos o ano de 2030, o bairro Mathias Velho passa a apresentar classificação “Alta”, enquanto os bairros Harmonia, São José e Igara passam para “Média”. Ainda, os bairros Niterói e Guajuviras passam a apresentar classificação “Baixa”. Em 2050, novamente a ameaça para vetores de arboviroses se agrava no território de Canoas, mas com poucas mudanças na classificação, apenas o bairro Rio Branco passando a apresentar classificação “Baixa”. O restante do município apresenta classificação “Muito Baixa”. Os menores valores para ameaça de vetores de arboviroses estão na porção norte, que possui pouca população, e a Ilha das Garças, no sudoeste, que não possui nenhuma população.



### Ameaça de Doenças Transmitidas por Vetores - Histórico e SSP 370



Bairros		
1	Industrial	10 Marechal Rondon
2	Brigadeira	11 Estância Velha
3	São Luís	12 Olaria
4	São José	13 Mato Grande
5	Igara	14 Fátima
6	Guajuviras	15 N. Sra das Graças
7	Mathias Velho	16 Niterói
8	Harmonia	17 Rio Branco
9	Centro	18 Ilha das Garças

Datum: SIRGAS2000  
Sistema de coordenadas: UTM 22S

Fonte: IBGE (2010), CMP6 (2016) e Prefeitura de Canoas

Realização:



Elaboração:



Figura 23. Ameaça de vetores de arboviroses no município de Canoas para o período histórico, 2030 e 2050

Fonte: WayCarbon e ICLEI, 2023



### 3.6.2 Vulnerabilidade

Os resultados das análises de sensibilidade, capacidade adaptativa e vulnerabilidade para vetores de arboviroses em Canoas encontram-se espacializadas na Figura 24, Figura 25 e Figura 26, respectivamente.

A análise para a sensibilidade (Figura 24) utilizou os indicadores de déficit habitacional, população sensível e população sem acesso à água apresentados no Quadro 1. Os bairros Industrial e Ilha das Garças apresentaram maiores valores de sensibilidade, bem como parte do bairro Mato Grande, na região oeste, especialmente devido a maior população sensível. Algumas localidades dentro dos bairros Niterói, Estância Velha, Guajuviras, Igara, São José, Mathias Velho e Fátima também possuem classificação de sensibilidade “Alta” ou “Muito Alta”. Por outro lado, ao oeste do bairro São Luís, e nas porções dos bairros Guajuviras e Mato Grande onde estão localizadas as unidades de conservação apresentam menor sensibilidade a vetores de arboviroses, por serem áreas com menor concentração de população.

A avaliação da capacidade adaptativa ou adaptabilidade para a ameaça de vetores de arboviroses (Figura 25) utilizou os indicadores de renda média, mulheres alfabetizadas, acesso a serviços de saúde e coleta de lixo apresentados nos Quadro 2 e Quadro 3. Novamente há destaque para o bairro Industrial, ao noroeste, com adaptabilidades “Alta” e “Muito Alta”. De forma geral, a adaptabilidade aumenta nas regiões centrais do município, onde há maior infraestrutura de coleta de lixo e acesso a serviços de saúde. Bairros como o Centro e Marechal Rondon, de alta renda média, apresentam territórios com adaptabilidade “Alta” e “Muito Alta”. Por outro lado, uma área mais ao sul do bairro Fátima apresenta adaptabilidade “Baixa”, o que também ocorre em uma área mais ao oeste do bairro São Luís e a porção leste do bairro Guajuviras.

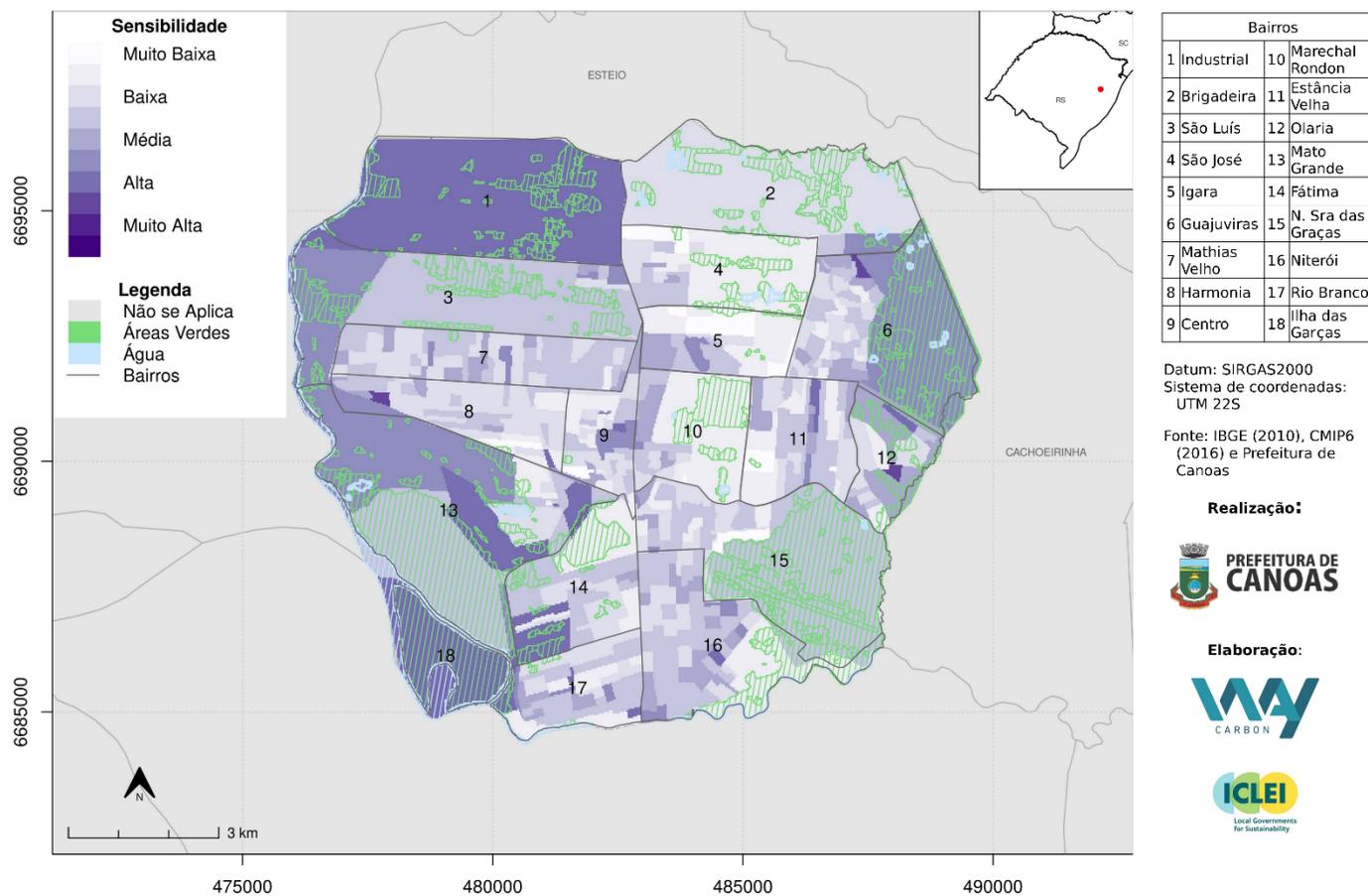
No mapa de vulnerabilidade para vetores de arboviroses (Figura 26), destaca-se o bairro Ilha das Garças com classificação “Muito Alta”. Parte dos bairros Mato Grande, São Luís (ao oeste), Nossa Senhora das Graças, Olaria, Estância Velha, Guajuviras (ao leste) e Fátima (sudoeste)



também possuem vulnerabilidade classificada como “Alta”. Os bairros com vulnerabilidade “Baixa” ou “Muito Baixa” aos vetores de arboviroses são o Industrial, ao noroeste; bairros centrais como Centro e Marechal Rondon; bem como Brigadeira, São José e Igara, ao nordeste, o que possui relação com o maior acesso à água, à coleta de lixo e a serviços de saúde.



## Sensibilidade da População a Doenças Transmitidas por Vetores

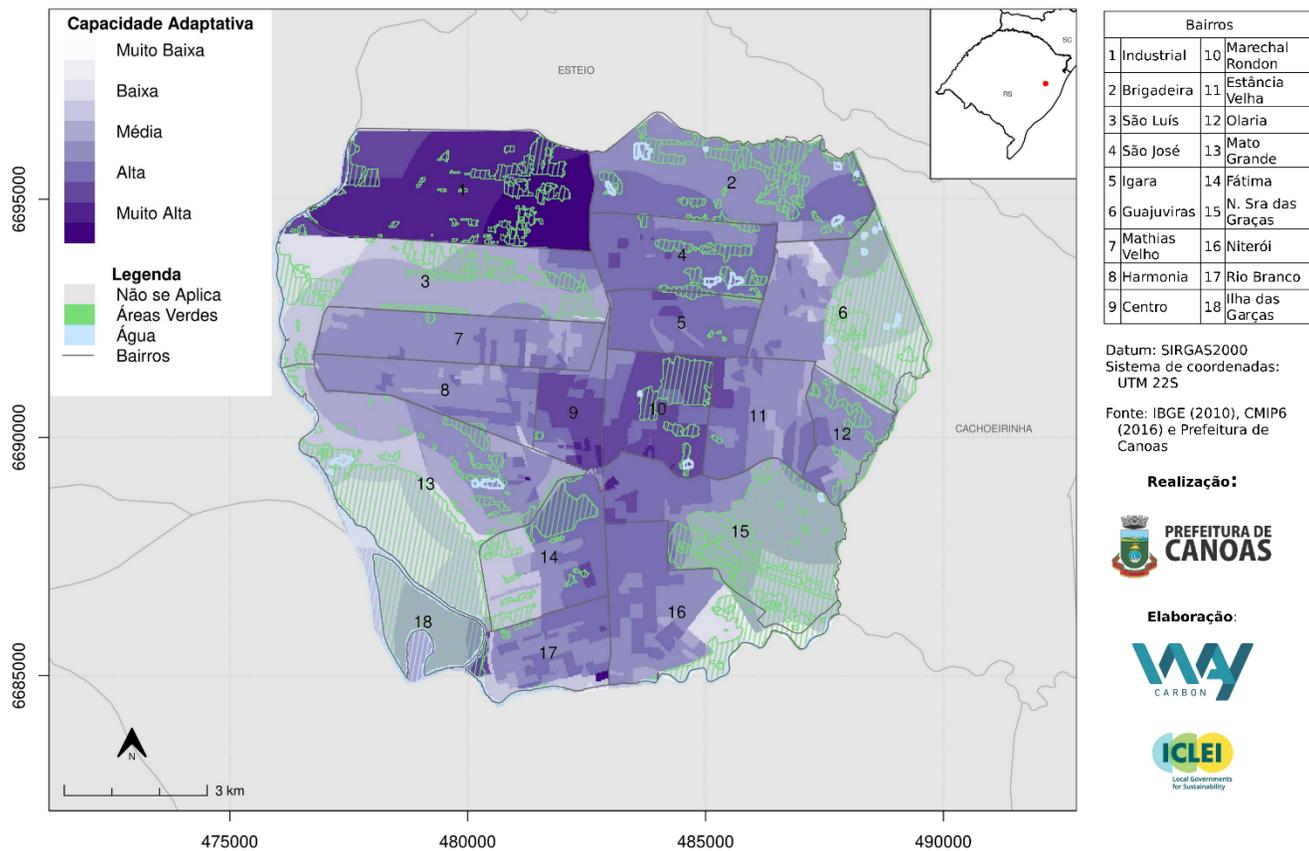


**Figura 24. Sensibilidade da população de Canoas a vetores de arboviroses.**

Fonte: WayCarbon e ICLEI, 2023.



## Adaptabilidade da População a Doenças Transmitidas por Vetores

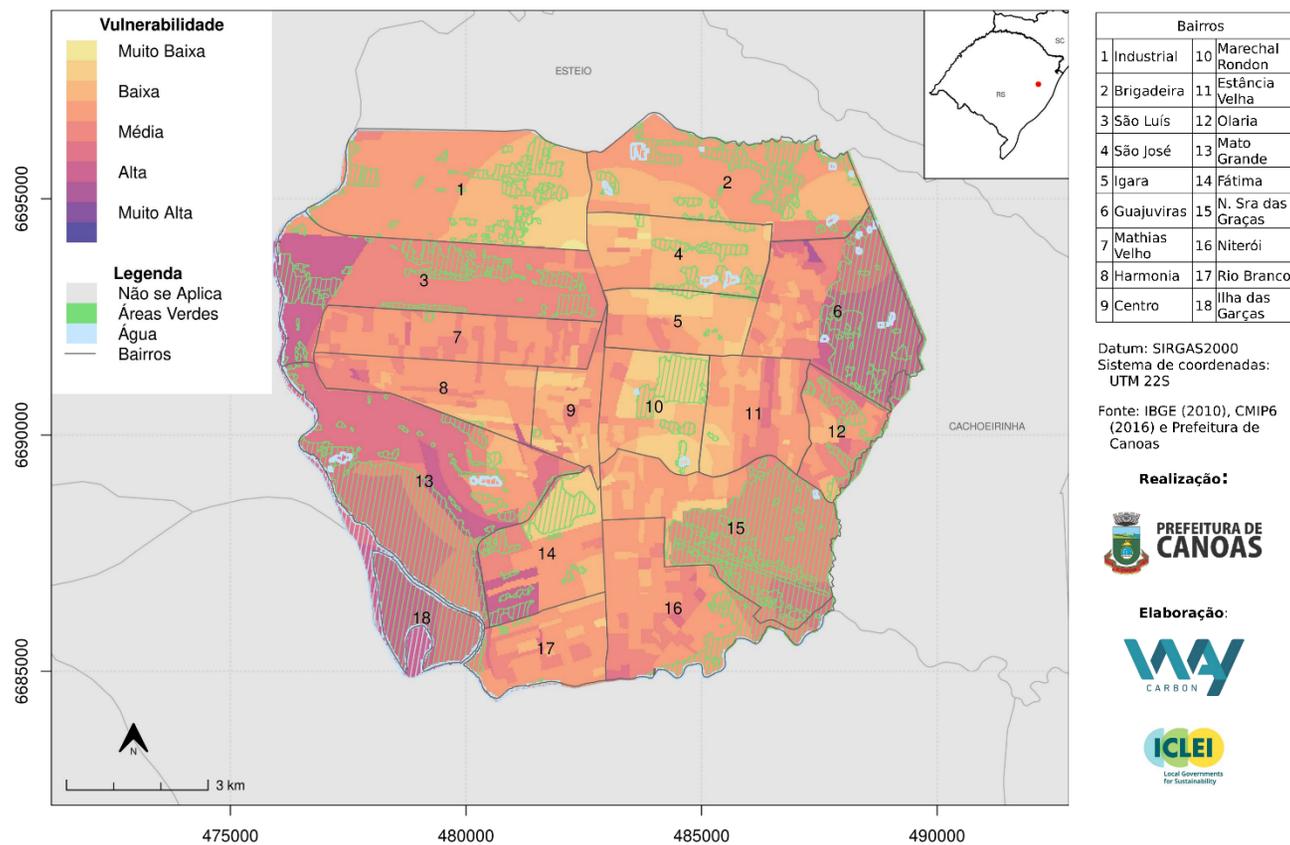


**Figura 25. Adaptabilidade da população de Canoas a vetores de arboviroses.**

Fonte: WayCarbon e ICLEI, 2023.



## Vulnerabilidade da População a Doenças Transmitidas por Vetores



**Figura 26. Vulnerabilidade da população de Canoas a vetores de arboviroses.**

Fonte: WayCarbon e ICLEI, 2023.



### 3.6.3 Risco

Os resultados das análises do risco climático para vetores de arboviroses em Canoas encontram-se espacializados nos mapas apresentados a seguir (Figura 27) considerando o período histórico, o horizonte temporal de 2030 e 2050 e a variação entre 2050 e o histórico no cenário SSP3-7.0, onde a legenda da figura informa sobre a classe do risco em uma escala contínua que vai de “Muito Baixa” a “Muito Alta”.

Ao se visualizar o período histórico, verifica-se que a maior parte do município de Canoas apresenta risco com classificação “Baixa”. Ao norte do município a classificação é “Muito Baixa”, o que se deve tanto à pouca presença de população quanto a inexistência de casos de arboviroses no ano utilizado para o cálculo da ameaça. Os bairros com risco de classificação “Média” são Mathias Velho e Harmonia, os mais populosos e de maior densidade populacional. Algumas áreas dos bairros Guajuviras, Olaria e Niterói também apresentaram classificação “Média”.

Ao se avaliar o ano de 2030, esta classificação se modifica em boa parte do território, principalmente nos bairros mais populosos. O bairro Mathias Velho passa a apresentar classificação “Alta”, e seu bairro vizinho Harmonia apresenta valores mais elevados e classificação em boa parte “Média”, com algumas regiões com “Alta”. Outros bairros se destacam com classificação aumentada de “Baixa” para “Média”, como: Guajuviras, Estância Velha, Olaria (leste), Rio Branco e Niterói (sul), e partes de São José (norte). Já para o horizonte de 2050 a alteração do risco é menos significativa, ocorrendo aumento dos índices do risco em algumas partes dos bairros já citados.



## Risco de Doenças Transmitidas por Vetores - Histórico e SSP 370

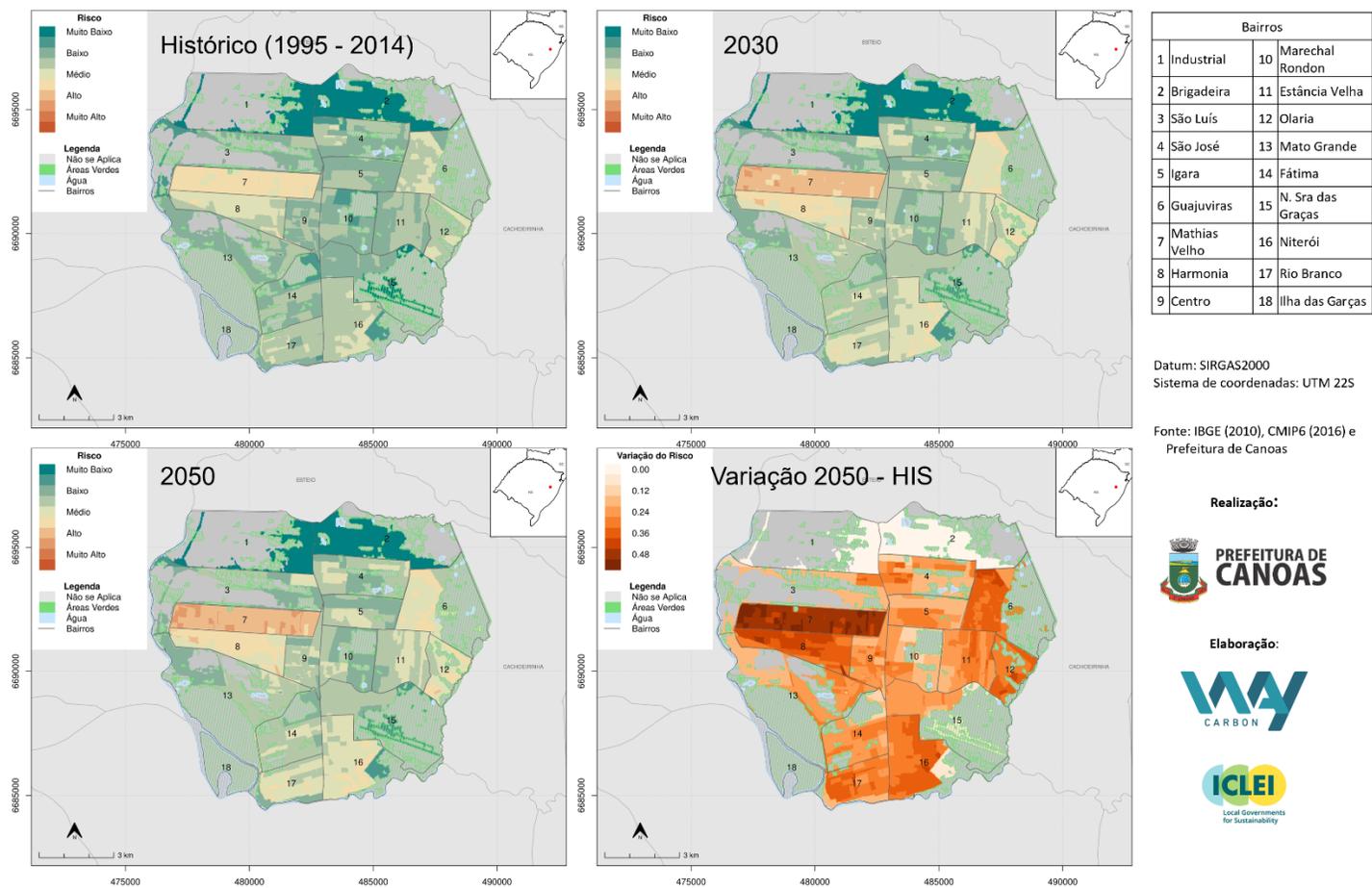
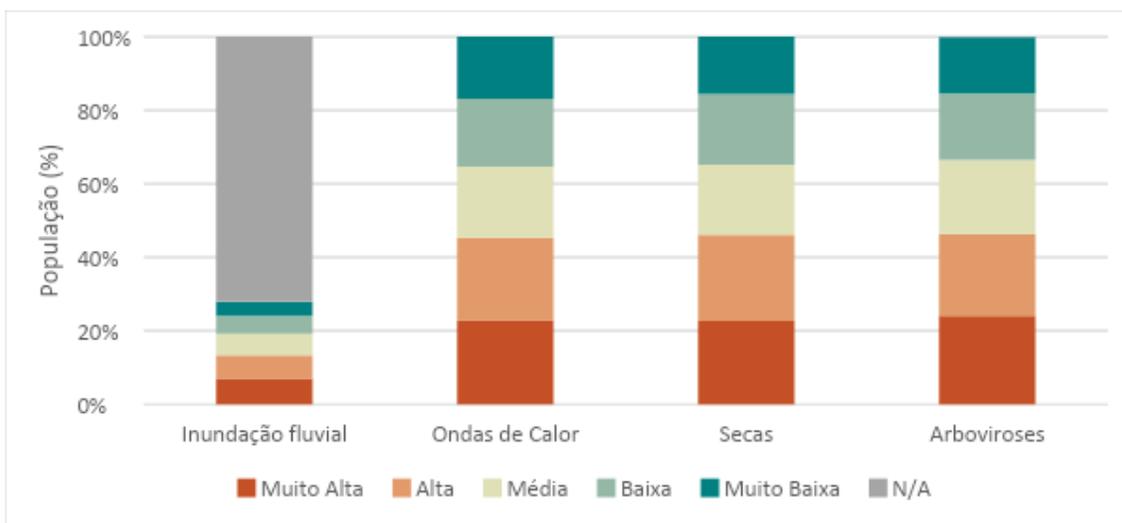


Figura 27. Risco de vetores de arboviroses no município de Canoas para o período histórico, 2030 e 2050.

Fonte: WayCarbon e ICLEI, 2023.

### 3.7 UM OLHAR PARA A POPULAÇÃO SUJEITA AO RISCO CLIMÁTICO

A partir dos resultados obtidos na análise de risco climático, foi analisada a parcela da população sujeita à cada classe de risco nas quatro ameaças, apresentada na Figura 28. No caso da ameaça de inundação, somente a população que se situa próximo a áreas onde flui um corpo hídrico, como um arroio ou rio, está sob esta ameaça. Nesse contexto, cerca de 72% da população não está sob risco de inundação .



**Figura 28. Distribuição da população sujeita à cada classe de risco nas quatro ameaças para o período de 2050 no cenário SSP3-7.0.**

Fonte: WayCarbon e ICLEI, 2023.

Para inundação fluvial, mesmo que o percentual de população exposta seja menor, metade da população que está de fato exposta (30% do total) apresenta classes de risco “Alta” e “Muito Alta”. É importante destacar que as regiões de risco elevado para inundação são aquelas localizadas em áreas mais populosas, portanto a ocorrência de um evento nestas regiões resultaria em maiores prejuízos à infraestrutura e impactos na população.

Para as ameaças de ondas de calor, secas e arboviroses, cerca de 46% da população se encontra nas classes de risco “Alta” e “Muito Alta”, ou seja, aproximadamente metade da população está exposta a níveis mais elevados de risco climático para estas ameaças. A



classificação “Alta” varia entre 22,8%, para ondas de calor e secas, e 24,1% para Arboviroses. De forma geral para estas três ameaças, os mesmos bairros apresentam classificação de risco “Muito Alta”: Mathias Velho e Harmonia, a oeste; Guajuviras e Estância Velha, a leste; e Rio Branco e Niterói, ao sul.

Os resultados apresentados apontam para a relevância de desenvolvimento da capacidade adaptativa destas localidades, com foco na rede de drenagem, sistema de proteção de cheias, acesso à água e a ampliação da área permeável, a qual pode ser realizada em parte por meio do plantio de árvores e gramíneas. Em um município com urbanização elevada e concentração de população nos bairros mais urbanos, alternativas que visem adequar à cidade para enfrentamentos dos eventos climáticos são essenciais para proteção da população e da infraestrutura localizada nas áreas de risco.



## 4. LIMITAÇÕES E BARREIRAS

Como em qualquer projeto que se utilize de metodologias científicas emergentes, a ciência por trás das análises de risco climático encontra limitações e barreiras para sua aplicação. A metodologia adotada para análise é recomendada pelo IPCC (2021a) e possui limitações intrínsecas, como a necessidade de disponibilidade de dados específicos e a capacidade de alcance da análise. Os modelos e cenários utilizados também apresentam limitações, visto que são representações que refletem as interações da natureza e da sociedade humana.

As análises que utilizam modelos climáticos, mesmo os mais recentes disponibilizados pelo CMIP6, possuem resolução espacial da ordem de 1° de longitude por 1° de latitude, o que corresponde a 111 x 111 km. Estes modelos são extremamente eficientes em simular as condições de larga escala da atmosfera e dos oceanos, mas, por outro lado, não simulam de maneira acurada os fenômenos locais que ocorrem na escala de subgrade, como nuvens isoladas ou pequenos aglomerados. Como resultado, eventos locais extremos podem, eventualmente, ser superestimados ou subestimados.

De forma a contornar

Modelos climáticos também são limitados em sua atuação, por serem meras representações do sistema climático global e das complexas interconexões existentes na natureza. O horizonte temporal estudado também é outro fator relevante. Intervalos temporais muito curtos (como até 2030) não permitem avaliar com alta precisão, através dos modelos climáticos atuais, todas as variáveis relativas aos processos naturais ligados ao clima, podendo gerar incertezas e ruídos nos resultados das análises.

Na análise topográfica, utilizada para a ameaça de inundação, é utilizado o Modelo Digital de Elevação (MDE) originado pelo SRTM (SRTM - PORTAL EMBRAPA, 2020), como dado inicial secundário. Esse modelo é utilizado para determinar as curvas de nível e as declividades do território de Canoas. O MDE, pela sua resolução de 30 x 30 metros, nem sempre captura com precisão a geomorfologia local, podendo até mesmo ter dificuldades em diferenciar grandes



estruturas construídas, como galpões e edifícios, das formações geomorfológicas, apresentando ruídos e reduzindo a precisão da análise. Ainda, a análise da ameaça de inundação fluvial não captura barragens e modificações no fluxo dos rios, contemplando somente a geomorfologia gerada pelo MDE e os mapeamentos dos corpos hídricos da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), podendo haver divergência quanto aos cursos de rios observados atualmente.

As análises de risco climático executadas a partir dos resultados também apresentam limitações do escopo do projeto. Os resultados são analisados com base nas informações socioeconômicas e espaciais existentes nas bases de dados e na literatura científica existentes, o que limita seu alcance, profundidade e acuidade. Os dados e informações obtidos nas bases e na literatura podem estar desatualizados ou mesmo divergentes da realidade atual devido a sua metodologia de desenvolvimento, como os dados de população do IBGE para o ano de 2010 em Canoas. Neste sentido, recomenda-se que a Análise de Risco e Vulnerabilidades Climáticas seja atualizada quando houver dados atualizados do censo demográfico ou a disponibilização de novos modelos climáticos. É importante destacar que, mesmo com estas limitações, os resultados do estudo são um diagnóstico importante para o município desenvolver ações da adaptação relacionadas aos riscos climáticos.

As bases também podem sofrer de dados incompletos ou mesmo ausentes, o que resulta na atuação da equipe para evitar que essas lacunas gerem ruídos negativos na análise de risco. As informações geradas pelo modelo também se referem a presença domiciliar da população, excluindo as dinâmicas diárias que ocorrem nas cidades. Essas lacunas precisam ser preenchidas por estudos adicionais, de modo que a análise de risco climático seja utilizada como um complemento para o planejamento do território.

É importante destacar que as análises não levaram em consideração a dinâmica do desenvolvimento urbano ao longo dos períodos analisados (2030 e 2050), bem como não foram realizadas projeções de crescimento populacional para estes períodos. Tendo em vista a indisponibilidade das projeções de expansão urbana de forma compatível com o modelo e a



execução de tal modelagem dentro do escopo deste projeto, há de se considerar que alterações de longo prazo no espaço urbano também influenciem o risco climático. Além disso, as análises se limitaram às influências das dinâmicas climáticas sobre o limite do município, considerando apenas as influências humanas, sociais, ambientais e físicas externas ao município mais relevantes.

Deve-se ressaltar também que a mudança do clima é uma questão global que reflete em problemas com escalas espaço-temporais e contextos diversos, e seus impactos e dinâmicas ainda estão sendo estudados, com constante renovação do conhecimento. Análises continuadas são importantes na construção do planejamento da adaptação efetiva e de longo, visto que, conforme a ciência avança, as limitações e barreiras enfrentadas se tornam cada vez mais transponíveis.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O município de Canoas possui uma participação significativa na economia do estado do Rio Grande do Sul, e de grande importância para a Região Metropolitana de Porto Alegre. A cidade, além de ser um polo industrial da região, conecta a capital do estado a outras cidades por meio da Rodovia BR-116 e da linha de trens urbanos da TREN SURB. Neste sentido, a análise de riscos e vulnerabilidades se torna uma ferramenta estratégica tanto para a gestão municipal quanto para a regional, visto que algumas ameaças, como de inundações e ondas de calor, são comuns entre Canoas e os municípios vizinhos.

Cerca de metade da população canoense está sob risco “Alto” ou “Muito Alto” de ondas de calor, secas e arboviroses, bem como metade da população está exposta a inundações fluviais. É importante destacar que se deve ter especial atenção aos bairros mais populosos, visto que eles em sua maior parte estão sob risco de mais de uma ameaça. No caso a oeste do município, os bairros apresentam classificação de “Média” a “Alta” para Inundação Fluvial, Ondas de Calor, Vetores de Arboviroses e Secas Meteorológicas, especialmente o bairro



Mathias Velho e para todos os horizontes temporais. Neste sentido, algumas medidas de adaptação são essenciais e devem ser incorporadas no planejamento urbano, com foco nesses bairros. O município, que já sofre há décadas com inundações, vem desenvolvendo um sistema de proteção de cheias para melhorar a drenagem em toda a sua porção oeste. Parte do sistema já está finalizado, mas na região fronteira com os bairros mais populosos, Mathias Velho e Harmonia, os diques e casas de bomba ainda serão construídos e instalados. É relevante também destacar a importância do município de manter o monitoramento dos casos de doenças relacionadas, como a Dengue, Zika e Chikungunya, com uma frequência mínima anual. Este monitoramento é essencial para identificar pontos de foco do mosquito *Aedes aegypti* e evitar a sua proliferação, que pode ser significativa especialmente nas regiões mais populosas do município.

É recomendado que o município amplie as medidas já existentes referentes a drenagem e a infraestrutura de proteção a inundações, investindo também em saneamento para aumentar a coleta e tratamento de efluentes e resíduos sólidos. Outros desafios, como a promoção do desenvolvimento econômico e social por meio do aumento da renda média e garantia ao acesso a moradias em áreas seguras, são relevantes em especial nas áreas que apresentaram população mais vulnerável. Deve-se buscar também estratégias para lidar com o agravamento das ondas de calor e o aumento da criticidade das secas meteorológicas, atentando-se para os corpos hídricos que abastecem o município.



## REFERÊNCIAS

AGENCIAGBC. **DE BAIXO D'ÁGUA | Canoas registra diversos pontos de alagamento após forte temporal** | Agência GBC. 2022. Disponível em: <https://agenciagbc.com/2022/01/17/de-baixo-dagua-canoas-registra-diversos-pontos-de-alagamento-apos-forte-temporal/>. Acesso em: 30 nov. 2022.

ANA. **Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil**. 2021. Disponível em: <https://relatorio-conjuntura-ana-2021.webflow.io/capitulos/seguranca-hidrica>. Acesso em: 28 jun. 2022.

ANA. **Monitor de Secas do Brasil**. 2022. Disponível em: <https://monitordesecas.ana.gov.br/mapa?mes=9&ano=2022>. Acesso em: 21 nov. 2022.

ARAUJO, R. V.; ALBERTINI, M. R.; COSTA-DA-SILVA, A. L.; SUESDEK, L.; FRANCESCHI, N. C. S.; BASTOS, N. M.; KATZ, G.; CARDOSO, V. A.; CASTRO, B. C.; CAPURRO, M. L.; ALLEGRO, V. L. A. C. São Paulo urban heat islands have a higher incidence of dengue than other urban areas. v. 19, p. 146–155, 2015.

BARIFOUSE, R. **Por que o mosquito Aedes aegypti transmite tantas doenças?**. 2015. Disponível em: [https://www.bbc.com/portuguese/noticias/2015/12/151202\\_aedes\\_aegypti\\_vetor\\_doencas\\_rb](https://www.bbc.com/portuguese/noticias/2015/12/151202_aedes_aegypti_vetor_doencas_rb).

BESERRA, E. B.; CASTRO JR., F. P. de; SANTOS, J. W. dos; SANTOS, T. da S.; FERNANDES, C. R. M. Biologia e exigências térmicas de *Aedes aegypti* (L.) (Diptera: Culicidae) provenientes de quatro regiões bioclimáticas da Paraíba. v. 35, n. 6, p. 853–860, 2006.

BRUTSAERT, W. **Hydrology: An Introduction**. Cambridge: Cambridge University Press, 2005.

CAGED. **Perfil do Município**. 2019. Disponível em: [https://bi.mte.gov.br/bgcaged/caged\\_perfil\\_municipio/index.php](https://bi.mte.gov.br/bgcaged/caged_perfil_municipio/index.php). Acesso em: 17 nov. 2022.



CEVS; GOV. RIO GRANDE DO SUL. **Informativo Epidemiológico de Arboviroses**. Porto Alegre, RS: Centro Estadual de Vigilância e Saúde, 2022. Disponível em: <https://www.cevs.rs.gov.br/upload/arquivos/202202/17092229-informativo-epidemiologico-dengue-chik-zika-e-fa-se-06-2022.pdf>. Acesso em: 23 nov. 2022.

CNM. **Prejuízos econômicos causados pela seca no Rio Grande do Sul somam R\$ 42 bilhões**. 2022. Disponível em: <https://www.cnm.org.br/comunicacao/noticias/prejuizos-economicos-causados-pela-seca-no-rio-grande-do-sul-somam-r-42-bilhoes>. Acesso em: 21 nov. 2022.

CNN BRASIL. **“Seca do Rio Grande do Sul é a maior dos últimos 70 anos”, diz agrometeorologista**. 2022. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/business/seca-do-rio-grande-do-sul-e-a-maior-dos-ultimos-70-anos-diz-agrometeorologista/>. Acesso em: 21 nov. 2022.

DC. **Moradores de Canoas já sofrem com alagamentos**. 2020. Disponível em: <https://www.diariodecanoas.com.br/noticias/canoas/2020/07/08/moradores-de-canoas-ja-sofrem-com-alagamentos.html>. Acesso em: 30 nov. 2022.

DEFESA CIVIL DO RS. **Estiagem**. 2022. Disponível em: <https://www.defesacivil.rs.gov.br/estiagem>. Acesso em: 25 nov. 2022.

DIÁRIO GAÚCHO. **RS deve registrar 40°C nos próximos dias e Sema emite aviso de onda de calor intensa e baixa umidade do ar - Notícias**. 2022. Disponível em: <http://diariogaucha.clicrbs.com.br/rs/dia-a-dia/noticia/2022/12/rs-deve-registrar-40c-nos-proximos-dias-e-sema-emite-aviso-de-onda-de-calor-intensa-e-baixa-umidade-do-ar-23264854.html>. Acesso em: 19 dez. 2022.

DIENSTMANN, J. **Canoas e Gravataí aparecem no top 20 de cidades com pior índice de tratamento de esgoto**. 2022. Disponível em:



[https://www.jornaldocomercio.com/\\_conteudo/jornal\\_cidades/2022/03/839048-canoas-e-gravatai-aparecem-no-top-20-de-cidades-com-pior-indice-de-tratamento-de-esgoto.html](https://www.jornaldocomercio.com/_conteudo/jornal_cidades/2022/03/839048-canoas-e-gravatai-aparecem-no-top-20-de-cidades-com-pior-indice-de-tratamento-de-esgoto.html). Acesso em: 1 dez. 2022.

DRH/SEMA. **Processo de Planejamento da Bacia do Rio Gravataí - Plano de Bacia. Etapa A - Diagnóstico dos Recursos Hídricos**. Porto Alegre, RS: Departamento de Recursos Hídricos da Secretaria de Estado do Meio Ambiente, 2012. Disponível em: <https://sema.rs.gov.br/g010-bh-gravatai>. Acesso em: 10 nov. 2022.

G1-GLOBO. **RS tem 83% das cidades em situação de emergência; entenda a diferença entre seca e estiagem**. 2022. Disponível em: <https://g1.globo.com/rs/rio-grande-do-sul/noticia/2022/02/23/rs-tem-83percent-das-cidades-em-situacao-de-emergencia-entenda-a-diferenca-entre-seca-e-estiagem.ghtml>. Acesso em: 25 nov. 2022.

GOV. RIO GRANDE DO SUL. **Atlas Climático do Rio Grande do Sul**. Rio Grande do Sul: Governo do Estado do Rio Grande do Sul, 2005. Disponível em: <https://www.agricultura.rs.gov.br/upload/arquivos/202005/13110034-atlas-climatico-rs.pdf>. Acesso em: 17 nov. 2022.

GOV. RIO GRANDE DO SUL. **Principais Resultados da Revisão 2020 do Idese: 2013 a 2018**. Rio Grande do Sul: Secretaria de Planejamento, Governança e Gestão (SPGG-RS), 2021 a. Disponível em: <https://dee.rs.gov.br/upload/arquivos/202106/01115421-nt-dee-37-principais-resultados-da-revisao-2020-do-idese-u2014-2013-a-2018.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2022.

GOV. RIO GRANDE DO SUL. **Atlas Socioeconômico do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, RS: Secretaria de Planejamento, Governança e Gestão (SPGG-RS) - Departamento de Planejamento Governamental, 2021 b. Disponível em: <https://atlassocioeconomico.rs.gov.br/inicial>. Acesso em: 10 nov. 2022.



GOV. RIO GRANDE DO SUL. **Boletim de Trabalho do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria de Planejamento, Governança e Gestão - Departamento de Economia e Estatística, 2022 a. Disponível em: <https://dee.rs.gov.br/upload/arquivos/202207/18163218-boletim-de-trabalho-do-rs-v-4-n-2-jul-2022-1-3.pdf>.

GOV. RIO GRANDE DO SUL. **Inundações - Atlas Socioeconomico do Rio Grande do Sul**. 2022b. Disponível em: <https://atlassocioeconomico.rs.gov.br/inundacoes>. Acesso em: 23 nov. 2022.

GOV. RIO GRANDE DO SUL; COMITÊ DO LAGO GUAÍBA; ECOPLAN. **Plano da Bacia Lago Guaíba - Relatório Final e SIG**. Porto Alegre, RS: Governo do Estado do Rio Grande do Sul, 2016. Disponível em: <https://sema.rs.gov.br/g080-bh-guaiba>. Acesso em: 10 nov. 2022.

IBGE. **IBGE | Cidades@ | Rio Grande do Sul | Canoas | Panorama**. 2010. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/canoas/panorama>. Acesso em: 10 nov. 2022.

IBGE. **IBGE | Cidades@ | Rio Grande do Sul | Canoas | Panorama**. 2019. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/canoas/panorama>. Acesso em: 10 nov. 2022.

IBGE. **IBGE | Cidades@ | Rio Grande do Sul | Canoas | Panorama**. 2021. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/canoas/panorama>. Acesso em: 10 nov. 2022.

INMET. **[Atualização] ONDA DE CALOR PERSISTE NO RIO GRANDE DO SUL**. 2022. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/noticias/onda-de-calor-atinge-seu-auge-e-máximas-passam-dos-40-c-no-rio-grande-do-sul>. Acesso em: 23 nov. 2022.

IPCC. **Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. New York, NY: Cambridge University Press, 2014 a. *E-book*. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg2/>. Acesso em: 22 jun. 2022.



IPCC. Summary for Policymakers. *In*: FIELD, C. B. et al (org). (ed.). **Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge, UK, and New York, NY, USA: Cambridge University Press, 2014 b. *E-book*. Disponível em: <https://reliefweb.int/report/world/climate-change-2014-impacts-adaptation-and-vulnerability-0>.

IPCC. **Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. New York, NY: Cambridge University Press, 2021 a. *E-book*. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/#FullReport>. Acesso em: 22 jun. 2022.

IPCC. Summary for Policymakers. *In*: **Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. New York, NY: Cambridge University Press, 2021 b. *E-book*. Disponível em: [https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC\\_AR6\\_WGI\\_Full\\_Report.pdf](https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_Full_Report.pdf). Acesso em: 22 jun. 2022.

IRGA. **Médias Climatológicas**. 2018. Disponível em: <https://irga.rs.gov.br/medias-climatologicas>. Acesso em: 17 nov. 2022.

IRGA. **La Niña, em sua terceira safra consecutiva, já provoca redução nas precipitações no RS**. 2022. Disponível em: <https://irga.rs.gov.br/la-nina-em-sua-terceira-safra-consecutiva-ja-provoca-reducao-nas-precipitacoes-no-rs>. Acesso em: 19 dez. 2022.



JORNALNH. **Excesso de chuva provoca alagamentos em Canoas**. 2017. Disponível em: [http://www.jornalnh.com.br/\\_conteudo/2017/01/noticias/regiao/2054786-excesso-de-chuva-p-rovoca-alagamentos-em-canoas.html](http://www.jornalnh.com.br/_conteudo/2017/01/noticias/regiao/2054786-excesso-de-chuva-p-rovoca-alagamentos-em-canoas.html). Acesso em: 30 nov. 2022.

KEATING, J. An investigation into the cyclical incidence of dengue fever. v. 53, n. 12, p. 1587–1597, 2001.

LAMBRECHTS, L.; PAAIJMANS, K. P.; FANSIRI, T.; CARRINGTON, L. B.; KRAMER, L. D.; THOMAS, M. B.; SCOTT, T. W. Impact of daily temperature fluctuations on dengue virus transmission by *Aedes aegypti*. v. 108, n. 18, p. 7460–7465, 2011.

LICCO, E. A.; DOWELL, S. F. M. Alagamentos, Enchentes, Enxurradas e Inundações: Digressões sobre seus impactos socioeconômicos e governança. v. 5, p. 16, 2015.

MAPBIOMAS. **Mapbiomas Brasil | Coleção 5 da série anual de mapas de cobertura e uso de solo do brasil**. 2020. Disponível em: [https://mapbiomas.org/colecoes-mapbiomas-1?cama\\_set\\_language=pt-BR](https://mapbiomas.org/colecoes-mapbiomas-1?cama_set_language=pt-BR). Acesso em: 7 jan. 2021.

MAPBIOMAS. **Mapbiomas Brasil | Estatísticas**. 2022. Disponível em: <https://mapbiomas.org/estatisticas>. Acesso em: 10 nov. 2022.

MARCOS, M. E. de M.; HASENACK, H.; HOFMANN, G. S. EXPANSÃO URBANA E ALTERAÇÕES DO USO E COBERTURA DO SOLO NO MUNICÍPIO DE CANOAS (RIO GRANDE DO SUL) NO PERÍODO 1984 A 2014. **Revista de Ciências Ambientais**, v. 11, n. 3, p. 71–89, 2017.

MARIANO, D. A.; SANTOS, C. A. C. dos; WARDLOW, B. D.; ANDERSON, M. C.; SCHILTMAYER, A. V.; TADESSE, T.; SVOBODA, M. D. Use of remote sensing indicators to assess effects of drought and human-induced land degradation on ecosystem health in Northeastern Brazil. **Remote Sensing of Environment**, v. 213, p. 129–143, 2018.



MCGREGOR, G. R.; BESSEMOULIN, K.; EBI, K.; MENNE, B.; B. **Heatwaves and Health: Guidance on Warning-System Development**. Geneva, Switzerland: World Meteorological Organization, 2015. *E-book*. Disponível em: [https://cdn.who.int/media/docs/default-source/climate-change/heat-waves-and-health---guidance-on-warning-system-development.pdf?sfvrsn=e4813084\\_2&download=true](https://cdn.who.int/media/docs/default-source/climate-change/heat-waves-and-health---guidance-on-warning-system-development.pdf?sfvrsn=e4813084_2&download=true)

METSUL. **Enchente continua e alagamentos persistem no fim de semana**. 2013. Disponível em: <https://metsul.com/enchente-continua-e-alagamentos-persistem-no-fim-de-semana/>. Acesso em: 30 nov. 2022.

MMA. **Índice de Vulnerabilidade aos Desastres Naturais relacionados às Secas no Contexto da Mudança d**. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente; Ministério da Integração Nacional; WWF - Brasil, 2017. Disponível em: [https://www.wwf.org.br/natureza\\_brasileira/reducao\\_de\\_impactos2/clima/copy\\_of\\_mudancas\\_climaticas2\\_20062017\\_1938/](https://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/reducao_de_impactos2/clima/copy_of_mudancas_climaticas2_20062017_1938/). Acesso em: 12 dez. 2022.

MMA. **Adaptação Baseada em Ecossistemas (AbE) frente à mudança do clima**. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente, 2018. Apostila do curso. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/ecossistemas-1/arquivos/arquivo-3-apostila-curso-ab-e-novo.pdf>.

PETROBRAS. **Refinaria Alberto Pasqualini (Refap) | Petrobras**. 2022. Disponível em: <https://petrobras.com.br/pt/nossas-atividades/principais-operacoes/refinarias/refinaria-alberto-pasqualini-refap.htm>. Acesso em: 11 nov. 2022.

PMC. **Plano Municipal de Abastecimento de Água e Esgotamento Sanitário de Canoas - PLAMSAB CANOAS**. Canoas, RS: Prefeitura de Canoas. Secretaria Municipal de Meio Ambiente, 2014. Disponível em: <https://app.rios.org.br/index.php/s/RFscaKT4z8ESpfA?dir=undefined&path=%2Fcanoas-rs&openfile=4535966>. Acesso em: 23 nov. 2022.



PMC. **Agricultura Familiar de Canoas produz 260 toneladas de alimentos por mês.** 2021a. Disponível em: <https://www.canoas.rs.gov.br/noticias/agricultura-familiar-produz-260-toneladas-de-alimento-s-por-mes/>. Acesso em: 1 dez. 2022.

PMC. **População absoluta de Canoas por bairro.** 2021b. Disponível em: <https://geo.canoas.rs.gov.br/portal/sharing/rest/content/items/d878905163f64ceb8090a2098af53f9d/data>. Acesso em: 23 nov. 2022.

PMC. **Agricultura familiar movimenta R\$ 2 milhões por ano.** 2022a. Disponível em: <https://www.canoas.rs.gov.br/noticias/agricultura-familiar-movimenta-r-2-milhoes-por-ano/>. Acesso em: 1 dez. 2022.

PMC. **Zoneamento Urbano do Município de Canoas.** 2022b. Disponível em: <https://geo.canoas.rs.gov.br/portal/apps/webappviewer/index.html?id=fc31535b225c4b73a5e4e5518a86d647>. Acesso em: 11 nov. 2022.

PMC. **Topografia de Canoas.** 2022c. Disponível em: <https://geo.canoas.rs.gov.br/portal/apps/webappviewer/index.html?id=4364327120994265977b4f7b24f7612c>. Acesso em: 17 nov. 2022.

PMC. **Mapas de Meio Ambiente - GeoCanoas.** 2022d. Disponível em: <https://geo.canoas.rs.gov.br/portal/apps/sites/?fromEdit=true#/meioambiente>. Acesso em: 22 dez. 2022.

PMC. **Bacias Hidrográficas do Município de Canoas.** 2022e. Disponível em: <https://geo.canoas.rs.gov.br/portal/sharing/rest/content/items/db5d10b625444fe5b295c57876cb4f8c/data>. Acesso em: 18 nov. 2022.



PMC. **Sistema de proteção contra cheias.** 2022f. Disponível em: <https://geo.canoas.rs.gov.br/portal/apps/webappviewer/index.html?id=004ca7d58e784eb5bfb4124c74994fe6>. Acesso em: 9 dez. 2022.

PMC. **Equipamentos e Serviços de saúde pública - Canoas.** 2022g. Disponível em: <http://geo.canoas.rs.gov.br/portal/apps/sites/#/saude>. Acesso em: 25 nov. 2022.

PMC; INSTITUTO CANOAS XXI. **Canoas em Dados.** Canoas, RS: Prefeitura Municipal de Canoas, Instituto Canoas XXI, 2010. Disponível em: [https://www.canoas.rs.gov.br/wp-content/uploads/2018/05/Canoas\\_em\\_Dados2012.pdf](https://www.canoas.rs.gov.br/wp-content/uploads/2018/05/Canoas_em_Dados2012.pdf).

SEBRAE/RS. **Perfil das Cidades Gauchas.** Porto Alegre, RS: Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas do Rio Grande do Sul, 2020. Disponível em: [https://datasebrae.com.br/municipios/rs/Perfil\\_Cidades\\_Gauchas-Canoas.pdf](https://datasebrae.com.br/municipios/rs/Perfil_Cidades_Gauchas-Canoas.pdf). Acesso em: 3 nov. 2022.

SEMA. **Parque Estadual Delta do Jacuí.** 2021. Disponível em: <https://sema.rs.gov.br/parque-estadual-delta-do-jacui>. Acesso em: 11 nov. 2022.

SEMA. **Bacias Hidrográficas do Rio Grande do Sul.** 2022. Disponível em: <https://sema.rs.gov.br/bacias-hidrograficas>. Acesso em: 18 nov. 2022.

SHERPA, A. M.; KOOTTATEP, T.; ZURBRÜGG, C.; CISSÉ, G. Vulnerability and adaptability of sanitation systems to climate change. v. 5, p. 487–495, 2014.

SMS. **Boletim Epidemiológico de Casos Autóctones de Arboviroses por Bairro - Canoas.** Canoas, RS: Secretaria Municipal de Saúde, 2022.

SNIS. **Diagnóstico Temático - Serviços de Água e Esgoto.** Brasília, DF: Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento, 2021 a. Disponível em:



[https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/saneamento/snis/produtos-do-snis/diagnosticos/DIAGNOSTICO\\_TEMATICO\\_VISAO\\_GERAL\\_AE\\_SNIS\\_2021.pdf](https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/saneamento/snis/produtos-do-snis/diagnosticos/DIAGNOSTICO_TEMATICO_VISAO_GERAL_AE_SNIS_2021.pdf). Acesso em: 23 nov. 2022.

SNIS. **Diagnóstico Temático - Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas**. Brasília, DF: Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento, 2021 b. Disponível em: [https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/saneamento/snis/produtos-do-snis/diagnosticos/DIAGNOSTICO\\_TEMATICO\\_VISAO\\_GERAL\\_AE\\_SNIS\\_2021.pdf](https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/saneamento/snis/produtos-do-snis/diagnosticos/DIAGNOSTICO_TEMATICO_VISAO_GERAL_AE_SNIS_2021.pdf). Acesso em: 23 nov. 2022.

SNIS. **Diagnóstico Temático - Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos**. Brasília, DF: Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento, 2021 c. Disponível em: [https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/saneamento/snis/produtos-do-snis/diagnosticos/DIAGNOSTICO\\_TEMATICO\\_VISAO\\_GERAL\\_AE\\_SNIS\\_2021.pdf](https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/saneamento/snis/produtos-do-snis/diagnosticos/DIAGNOSTICO_TEMATICO_VISAO_GERAL_AE_SNIS_2021.pdf). Acesso em: 23 nov. 2022.

**SRTM - Portal Embrapa**. 2020. Disponível em: <https://www.embrapa.br/satelites-de-monitoramento/missoes/srtm>. Acesso em: 13 dez. 2022.

TRATA BRASIL. **Painel Saneamento Brasil - Minha Localidade - Evolução**. 2020. Disponível em: <https://www.painelsaneamento.org.br/localidade/evolucao?id=430460>. Acesso em: 18 nov. 2022.

TRENSURB. **Estações e sistema - Trensurb - Empresa de Trens Urbanos de Porto Alegre S.A.** 2022. Disponível em: [https://www.trensurb.gov.br/paginas/paginas\\_detalhe.php?codigo\\_sitemap=15](https://www.trensurb.gov.br/paginas/paginas_detalhe.php?codigo_sitemap=15). Acesso em: 19 dez. 2022.

UNISINOS; OBSERVASINOS; PREFEITURA DE CANOAS. **Diagnóstico Socioterritorial do Município de Canoas/RS - Relatório de Pesquisa**. São Leopoldo, RS: Universidade do Vale do Rio dos Sinos, 2016. Disponível em: [https://www.ihu.unisinos.br/observasinos/images/outras/Municipios/Canoas/Diagnostico-socioterritorial-de-Canoas-errata-revistas-os-quadros\(1\).pdf](https://www.ihu.unisinos.br/observasinos/images/outras/Municipios/Canoas/Diagnostico-socioterritorial-de-Canoas-errata-revistas-os-quadros(1).pdf).



UNISINOS; PROSINOS; COMITESINOS. **Plano SINOS - Plano de Gerenciamento da Bacia Hidrográfica do Rio dos Sinos. Meta 3 - Síntese da Situação Atual dos Recursos Hídricos.** Rio Grande do Sul: Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Consórcio Pró-Sinos e ComitêSinos, 2014. Disponível em: <https://sema.rs.gov.br/g020-bh-sinos>. Acesso em: 10 nov. 2022.

VIANELLO, R. L.; PESSANHA, J. E. M.; SEDIYAMA, G. C. Previsão de ocorrência dos mosquitos da dengue em Belo Horizonte, com base em dados meteorológicos. 2006.

WHO. **Using climate to predict infectious disease epidemics.** Geneva: World Health Organization, 2005. Disponível em: <https://apo.who.int/publications/i/item/using-climate-to-predict-infectious-disease-epidemics>.

WHO. **Progress on household drinking water, sanitation and hygiene, 2000-2020: Five years into the SDGs.** 2021. Disponível em: <https://data.unicef.org/resources/progress-on-household-drinking-water-sanitation-and-hygiene-2000-2020/>. Acesso em: 21 nov. 2022.