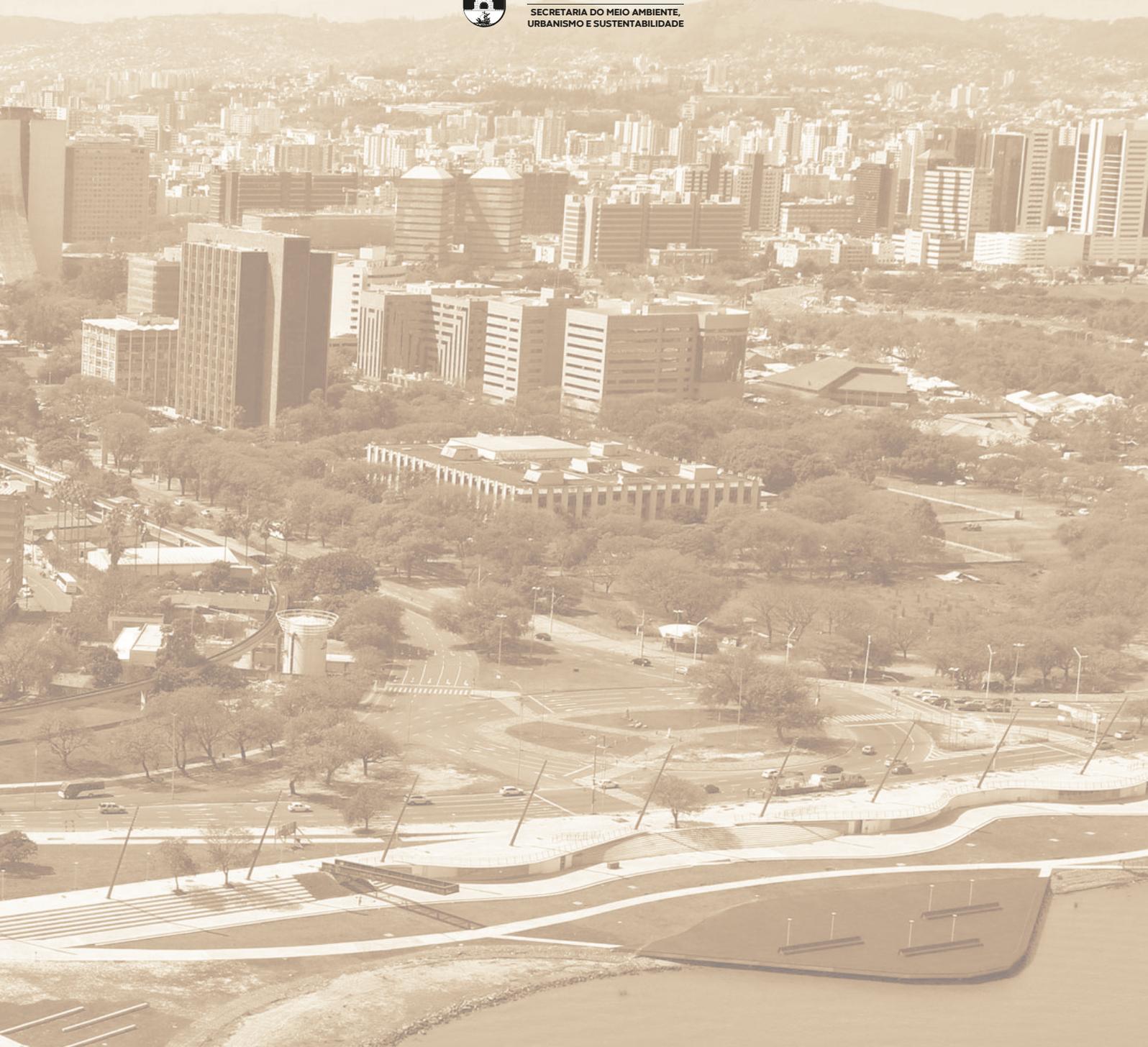




**Prefeitura de
Porto Alegre**

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE,
URBANISMO E SUSTENTABILIDADE



PLANO DE AÇÃO CLIMÁTICA

ANÁLISE DE RISCOS E
VULNERABILIDADE CLIMÁTICA

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

CLIENTE

PROJETO

EQUIPE DO CONSÓRCIO



PMPOA23A

P3 – ANÁLISE DE RISCOS E VULNERABILIDADES CLIMÁTICAS

EQUIPE CHAVE

Sérgio Margulis, Coordenador Técnico;

margulis.sergio@gmail.com

Melina Amoni, Especialista em Desastre e Vulnerabilidade Climática;

melina.amoni@waycarbon.com

Rosangela Silva, Especialista em Mitigação;

rosangela.silva@waycarbon.com

Natalia D’Alessandro, Especialista em Adaptação;

natalia.dalessandro@waycarbon.com

Letícia Gavioli, Especialista em Finanças Climáticas;

leticia.gavioli@waycarbon.com

Paulo Pelegrino, Especialista em Planejamento Urbano;

prmpelle@usp.br

Gregory Pitta, Especialista em Análise de Dados Geoespaciais;

gregory.pitta@waycarbon.com

EXPERTS DE APOIO

Carlos Nobre, Especialista em Mudança do Clima;

cnobre.res@gmail.com

Ludovino Lopes, Especialista em Políticas Climáticas;

ludovinolopes@ludovinolopes.com.br

Eduardo Baltar, Especialista em GEE – Parceiro Local;

eduardo@grupoecofinance.com.br

EQUIPE DE ENGAJAMENTO E MOBILIZAÇÃO

Rodrigo Perpétuo, Secretário Executivo do ICLEI América do Sul;

rodrigo.perpetuo@iclei.org

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

Rodrigo Corradi, Secretário Executivo Adjunto do ICLEI América do Sul;

rodrigo.corradi@iclei.org

Ana Wernke, Coordenadora de Relações Institucionais e Advocacy do ICLEI Brasil;

ana.wernke@iclei.org

Armelle Cibaka, Coordenadora de Planejamento, Gestão e Conhecimento

arnelle.cibaka@iclei.org

Keila Ferreira, Coordenadora de Baixo Carbono e Resiliência do ICLEI Brasil;

keila.ferreira@iclei.org

Raquel Gonçalves, Consultora de Marketing e Comunicação do ICLEI América do Sul;

marketing.sams@iclei.org

EQUIPE TÉCNICA DE APOIO

Flora Simon, Analista de Sustentabilidade Pleno;

flora.simon@waycarbon.com

Andrea Zamora, Analista de Sustentabilidade Júnior;

andrea.zamora@waycarbon.com

Roberta Santos, Estagiária;

roberta.santos@waycarbon.com

Franciele Barros, Analista de Dados

franciele.barros@waycarbon.com

Carolina Diniz, Assistente de Baixo Carbono e Resiliência do ICLEI Brasil;

carolina.diniz@iclei.org

Eduardo Azevedo, Assistente de Relações Institucionais e Advocacy do ICLEI Brasil;

eduardo.azevedo@iclei.org

Elysama Braz, Assistente de Relações Institucionais e Advocacy do ICLEI Brasil;

elysama.braz@iclei.org

EQUIPE DO BANCO MUNDIAL

Adriana Torchelo Magliano, Consultora em Mudanças Climáticas

atorchelomaglian@worldbank.org

EQUIPE BANCO MUNDIAL

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

Ana Waksberg Guerrini, Economista Sênior em Transporte
aguerrini@worldbank.org

Emanuela Monteiro, Especialista Sênior em
Desenvolvimento Urbano
emonteiro@worldbank.org

Hannah Kim, Especialista Sênior em Desenvolvimento
Urbano
hkim9@worldbank.org

Jack Campbell, Especialista em Gestão de Riscos e Desastres
jcampbell2@worldbank.org

Luisa Pelucio Macieira De Sousa, Assistente de Projeto
lpelucio@worldbank.org

Yuka Maekawa, Consultora em Gestão de Riscos e Desastres
e Resiliência Urbana
ymaekawa@worldbank.org

EQUIPE PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO ALEGRE

Germano Bremm, Secretário da SMAMUS
germano.bremm@portoalegre.rs.gov.br

Rovana Reale Bortolini, Diretora de Projetos e Políticas de
Sustentabilidade da SMAMUS
rovana.bortolini@portoalegre.rs.gov.br

Giordana de Oliveira Sant'Anna, Assessora da Diretoria de
Projetos e Políticas de Sustentabilidade da SMAMUS
giordana.santanna@portoalegre.rs.gov.br

Glênio Vianna Bohrer, Diretor Técnico da SMPAE
glenio.bohrer@portoalegre.rs.gov.br

Isabel Cristina Guimarães Haifuch, Coordenadora Geral do
Programa Orla-Poa da SMPAE
haifuch@portoalegre.rs.gov.br

Lúcia de Borba Maciel, Arquiteta da SMPAE
lmaciel@portoalegre.rs.gov.br

Daniela Reckziegel, Arquiteta da SMPAE
daniela.reckziegel@portoalegre.rs.gov.br

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

HISTÓRICO DO DOCUMENTO

Nome do documento	Data	Natureza da revisão
PMPOA23A_230823_P3_Relatorio_ARVC_V0.0	23/08/2023	Primeira versão
PMPOA23A_231010_P3_Relatorio_ARVC_V1.0	10/10/2023	Segunda versão, após revisão da Prefeitura e Banco Mundial
PMPOA23A_231116_P3_Relatorio_ARVC_V2.0	16/11/2023	Terceira versão, após revisão do GT e apresentação pública dos resultados
PMPOA23A_240628_P3_Relatorio_ARVC_V3.0	28/06/2024	Quarta versão, atualizada após evento climático ocorrido em maio/2024
PMPOA23A_240726_P3_Relatorio_ARVC_V3.1	26/07/2024	Quarta versão, após ajustes
PMPOA23A_240830_P3_Relatorio_ARVC_V4	30/08/2024	Última versão

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO.....	20
SUMÁRIO EXECUTIVO	21
1. INTRODUÇÃO	27
2. CONTEXTUALIZAÇÃO	29
2.1 CONTEXTO SOCIOECONÔMICO	29
2.1.1 População	29
2.1.2 IDHM e IDESE	30
2.1.3 Renda.....	31
2.2 CONTEXTO DA INFRAESTRUTURA.....	36
2.2.1 Zoneamento	36
2.2.2 Saneamento	44
2.3 CONTEXTO FÍSICO E AMBIENTAL	48
2.3.1 Geomorfologia e tipos de solo	48
2.3.2 Áreas verdes e fitofisionomia.....	51
2.3.3 Clima.....	53
2.3.4 Hidrografia.....	55
3. METODOLOGIA.....	58
3.1 RISCO CLIMÁTICO	58
3.2 EXPOSIÇÃO.....	61
3.3 AMEAÇA.....	62
3.3.1 Inundação Fluvial.....	63
3.3.2 Deslizamentos/erosão.....	64

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

3.3.3	Ondas de calor.....	65
3.3.4	Secas meteorológicas.....	65
3.3.5	Vetores de Arboviroses (Aedes Aegypti).....	67
3.3.6	Tempestades.....	67
3.4	VULNERABILIDADE.....	68
3.5	LIMITAÇÕES E BARREIRAS.....	73
4.	RESULTADOS.....	76
4.1	EXPOSIÇÃO.....	76
4.2	INUNDAÇÃO FLUVIAL.....	81
4.2.1	Enchentes em Porto Alegre – Evento de maio de 2024.....	91
4.3	DESLIZAMENTOS e EROSIÃO.....	94
4.4	ONDAS DE CALOR.....	105
4.5	SECAS METEOROLÓGICAS.....	114
4.6	VETORES DE ARBOVIROSES.....	121
4.7	TEMPESTADES.....	127
4.8	4º DISTRITO E CENTRO HISTÓRICO.....	134
4.8.1	Inundação fluvial.....	134
4.8.2	Deslizamento.....	138
4.8.3	Ondas de Calor.....	141
4.8.4	Secas Meteorológicas.....	143
4.8.5	Vetores de Arboviroses.....	145
4.8.6	Tempestades.....	147
4.9	BAIRROS MAIS AFETADOS.....	149

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

5. CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE JUSTIÇA CLIMÁTICA.....	157
6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	158
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	164
APÊNDICES	179
APÊNDICE A. METODOLOGIA DETALHADA RISCO CLIMÁTICO	179
APÊNDICE B. NOTA TÉCNICA SOBRE CICLONES	184
APÊNDICE C. METODOLOGIA DETALHADA DAS AMEAÇAS	187
APÊNDICE D. CLASSIFICAÇÃO DOS RISCOS POR AMEAÇA, REGIÃO DE GESTÃO DO PLANEJAMENTO E BAIRRO.....	194
APÊNDICE E. MAPAS DE AMEAÇA E RISCO CLIMÁTICO PARA TODOS OS PERÍODOS AVALIADOS	201
APÊNDICE F. ATA DA REUNIÃO COM O GRUPO DE TRABALHO – 17/10/2023.....	202
APÊNDICE G. ATA DA REUNIÃO ABERTA COM A SOCIEDADE CIVIL – 31/10/2023.....	208
G.1 Respostas dos questionamentos recebidos da sociedade civil no workshop aberto	214

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Metodologia de Risco IPCC.....	21
Figura 2. Riscos climáticos na cidade de Porto Alegre em 2050, por Região de Gestão do Planejamento.	24
Figura 3. Mapa de renda média por domicílio em Porto Alegre, considerando os setores censitários do IBGE.....	32
Figura 4. Índice de Vulnerabilidade Social (IVS) e Índice de Condições de Vida (ICV) em Porto Alegre.....	35
Figura 5. Regiões de Gestão do Planejamento (RGPs) da cidade de Porto Alegre (RGP1 Centro, RGP2 Humaitá/Navegantes/Ilhas/Noroeste, RGP3 Norte/Eixo Baltazar/, RGP4 Leste/Nordeste, RGP5 Glória/Cruzeiro/Cristal, RGP6 Centro-Sul/sul, RGP7 Lomba do Pinheiro/Partenon e RGP8 Restinga/Extremo Sul).	37
Figura 6. Divisão territorial conforme o adensamento urbano: Área de Ocupação Intensiva (AOI) e Área de Ocupação Rarefeita (AOR).	39
Figura 7. Distribuição de Regime Urbanístico conforme o zoneamento de usos.....	41
Figura 8. Mapa síntese da vulnerabilidade física e do entorno das unidades construídas.	43
Figura 9. Mapa Geomorfológico dos municípios de Porto Alegre, Viamão e Alvorada.....	49
Figura 10. Mapa de áreas verdes, recursos hídricos e bairros do município de Porto Alegre, por RGP.	53
Figura 11. Climograma de Porto Alegre compilado com base na média de 30 anos (1991-2020).	54
Figura 12. Sub-bacias hidrográficas do município de Porto Alegre.	57
Figura 13. Metodologia de Risco Climático do IPCC.	59
Figura 14. Definição das seis ameaças climáticas analisadas.....	62
Figura 15. Mapa do índice de exposição da população total no município de Porto Alegre.	78
Figura 16. Mapa do índice de exposição da população negra no município de Porto Alegre....	80

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

Figura 17. Ameaça de inundação fluvial no município de Porto Alegre de acordo com as Regiões de Gestão do Planejamento em todos os horizontes temporais.	85
Figura 18. Ameaça de inundação fluvial no município de Porto Alegre de acordo com as Regiões de Gestão do Planejamento em 2050.	86
Figura 19. Ameaça de inundação fluvial no município de Porto Alegre de acordo com as principais estruturas de transportes e saúde em 2050.	87
Figura 20. Vulnerabilidade de inundação fluvial no município de Porto Alegre de acordo com as Regiões de Gestão do Planejamento.	88
Figura 21. Risco de inundação fluvial no município de Porto Alegre de acordo com as Regiões de Gestão do Planejamento em 2050.	89
Figura 22. Risco de inundação fluvial no município de Porto Alegre de acordo com as Regiões de Gestão do Planejamento em todos os horizontes temporais.	90
Figura 23. Totais pluviométricos da cheia de 2024 nas sub-bacias que desaguam no Lago Guaíba.	91
Figura 24. Alcance da inundação de maio de 2024 sobreposta ao mapa de ameaça de inundação em Porto Alegre, no ano de 2050.	93
Figura 25. Ameaça de deslizamentos e erosão no município de Porto Alegre de acordo com as Regiões de Gestão do Planejamento em todos os horizontes temporais.	99
Figura 26. Ameaça de deslizamentos e erosão no município de Porto Alegre de acordo com as Regiões de Gestão do Planejamento em 2050.	100
Figura 27. Ameaça de deslizamentos e erosão no município de Porto Alegre de acordo com as principais infraestruturas de transportes e saúde em 2050.	101
Figura 28. Vulnerabilidade de deslizamentos e erosão no município de Porto Alegre de acordo com as Regiões de Gestão do Planejamento.	102
Figura 29. Risco de deslizamentos e erosão no município de Porto Alegre de acordo com as Regiões de Gestão do Planejamento em todos os cenários.	103

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

Figura 30. Risco de deslizamentos e erosão no município de Porto Alegre de acordo com as Regiões de Gestão do Planejamento em 2050.....	104
Figura 31. Ameaça de ondas de calor no município de Porto Alegre de acordo com as Regiões de Gestão do Planejamento em todos os horizontes temporais.....	109
Figura 32. Ameaça de ondas de calor no município de Porto Alegre no município de Porto Alegre de acordo com as Regiões de Gestão do Planejamento em 2050.	110
Figura 33. Vulnerabilidade de ondas de calor no município de Porto Alegre no município de Porto Alegre de acordo com as Regiões de Gestão do Planejamento.....	111
Figura 34. Risco de ondas de calor no município de Porto Alegre de acordo com as Regiões de Gestão do Planejamento em todos os horizontes temporais.....	112
Figura 35. Risco de ondas de calor no município de Porto Alegre de acordo com as Regiões de Gestão do Planejamento em 2050.....	113
Figura 36. Vulnerabilidade de secas meteorológicas no município de Porto Alegre de acordo com as Regiões de Gestão do Planejamento.	118
Figura 37. Risco de secas meteorológicas no município de Porto Alegre de acordo com as Regiões de Gestão do Planejamento em todos os horizontes temporais.....	119
Figura 38. Risco de secas meteorológicas no município de Porto Alegre de acordo com as Regiões de Gestão do Planejamento em 2050.....	120
Figura 39. Vulnerabilidade de vetores de arboviroses no município de Porto Alegre de acordo com as Regiões de Gestão do Planejamento.	124
Figura 40. Risco de vetores de arboviroses no município de Porto Alegre de acordo com as Regiões de Gestão do Planejamento em todos os horizontes temporais.	125
Figura 41. Risco de vetores de arboviroses no município de Porto de acordo com as Regiões de Gestão do Planejamento em 2050.....	126
Figura 42. Vulnerabilidade de tempestades no município de Porto Alegre de acordo com as Regiões de Gestão do Planejamento.....	131

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

Figura 43. Risco de tempestades no município de Porto Alegre de acordo com as Regiões de Gestão do Planejamento em todos os horizontes temporais.	132
Figura 44. Risco de tempestades no município de Porto Alegre de acordo com as Regiões de Gestão do Planejamento em 2050.	133
Figura 45. Risco de inundação fluvial para o 4º Distrito e Centro Histórico no município de Porto Alegre em 2050.	136
Figura 46. Ameaça de inundação fluvial com as principais estruturas de transportes, saúde e notáveis para o 4º Distrito e Centro Histórico no município de Porto Alegre em 2050. .	137
Figura 47. Risco de deslizamento para o 4º Distrito e Centro Histórico no município de Porto Alegre em 2050.	139
Figura 48. Ameaça de deslizamento com as principais estruturas de transportes, saúde e notáveis para o 4º Distrito e Centro Histórico no município de Porto Alegre em 2050. .	140
Figura 49. Risco de ondas de calor para o 4º Distrito e Centro Histórico no município de Porto Alegre em 2050.	142
Figura 50. Risco de secas meteorológicas para o 4º Distrito e Centro Histórico no município de Porto Alegre em 2050.	144
Figura 51. Risco de vetores de arboviroses para o 4º Distrito e Centro Histórico no município de Porto Alegre em 2050.	146
Figura 52. Risco de tempestades para o 4º Distrito e Centro Histórico no município de Porto Alegre em 2050.	148
Figura 53. Risco de inundação fluvial para os bairros com risco mais alto em Porto Alegre em 2050.	151
Figura 54. Risco de deslizamentos para os bairros com risco mais alto em Porto Alegre em 2050.	152
Figura 55. Risco de ondas de calor para os bairros com risco mais alto em Porto Alegre em 2050.	153

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

Figura 56. Risco de secas meteorológicas para os bairros com risco mais alto em Porto em 2050.	154
Figura 57. Risco de vetores de arboviroses para os bairros com risco mais alto em Porto em 2050.	155
Figura 58. Risco de tempestades para os bairros com risco mais alto em Porto Alegre em 2050.	156

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Cadastro Único por Grupos Populacionais Tradicionais Específicos.	33
Tabela 2. Classes de declividade e percentual da área correspondente.	49
Tabela 3. Dados informativos das cinco sub-bacias com maior população em Porto Alegre.	56
Tabela 4. Escala de classes e cores dos indicadores de ameaça e risco.	59
Tabela 5. Modelos Climáticos utilizados na construção da avaliação de risco climático.	60
Tabela 6. Variação da ameaça de secas para o município de Porto Alegre no período histórico e horizontes temporais.	114
Tabela 7. Variação da ameaça de vetores de arboviroses para o município de Porto Alegre no período histórico e horizontes temporais.	121
Tabela 8. Variação da ameaça de tempestades para o município de Porto Alegre no período histórico e horizontes temporais.	127

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Destaque dos resultados dos Riscos climáticos na cidade de Porto Alegre	25
Quadro 2. Regiões de Gestão e Planejamento (RGP) de Porto Alegre.	38
Quadro 3. Variáveis utilizadas para compor o índice de vulnerabilidade climática.	70
Quadro 4. Variáveis de sensibilidade e capacidade adaptativa para inundação fluvial.	82
Quadro 5. Bairros com maior risco de Inundação fluvial em 2050.	84

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

Quadro 6. Variáveis de sensibilidade e capacidade adaptativa para deslizamentos.....	95
Quadro 7. Bairros com maior risco de Deslizamentos e erosão em 2050.	98
Quadro 8. Variáveis de sensibilidade e capacidade adaptativa para ondas de calor.	106
Quadro 9. Bairros com maior risco de Ondas de Calor em 2050.....	108
Quadro 10. Variáveis de sensibilidade e capacidade adaptativa para secas meteorológicas. .	115
Quadro 11. Bairros com maior risco de Secas Meteorológicas em 2050	117
Quadro 12. Variáveis de sensibilidade e capacidade adaptativa para vetores de arboviroses.	122
Quadro 13. Bairros com maior risco de Vetores de Arboviroses em 2050.....	123
Quadro 14. Variáveis de sensibilidade e capacidade adaptativa para tempestades.....	128
Quadro 15. Bairros com maior risco de Tempestades em 2050.....	130
Quadro 16. Média do índice de ameaça, vulnerabilidade e risco em 2050 para todas as ameaças contempladas no estudo, por Região de Gestão do Planejamento.....	160

LISTA DE ACRÔNIMOS E SIGLAS

4D – Quarto (4°) Distrito

ANA – Agência Nacional das Águas

AOI – Área de Ocupação Intensiva

AOR – Área de Ocupação Rarefeita

APP – Área de Preservação Permanente

BSP – Benefício de Superação da Extrema Pobreza

CadÚnico – Cadastro Único para Programas Sociais

CEEE – Companhia Estadual de Distribuição de Energia Elétrica

CGH – Central Geradora Hidrelétrica

CHIRPS – *Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station data*

CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais

DEM HAB – Departamento Municipal de Habitação

DMAE – Departamento Municipal de Água e Esgotos

DMLU – Departamento Municipal de Limpeza Urbana

EBAB – Estação de Bombeamento de Água Bruta

EBAT – Estação de Bombeamento de Água Tratada

EOL – Central Geradora Eólica

EPE – Empresa de Pesquisa Energética

ETA – Estação de Tratamento de Água

ETE – Estação de Tratamento de Esgoto

GEE – Gases de Efeito Estufa

GZH – Gaúcha ZH

HIS – Histórico

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

ICLEI – Governos Locais para Sustentabilidade

ICV – Índice de Carência e Vulnerabilidade

IDESE – Índice de Desenvolvimento Socioeconômico

IDH – Índice de Desenvolvimento Humano

IDHM – Índice de Desenvolvimento Humano Municipal

IPCC – *Intergovernmental Panel on Climate Change*

ITA – Indicador de Atendimento Total de Água

ITE – Indicador de Coleta Total de Esgoto

ITR – Índice de Tratamento Total de Esgoto

IUA – Indicador de Atendimento Urbano de Água

IUE – Indicador de Coleta Urbana de Esgoto

IVS – Índice de Vulnerabilidade Social

OMS – Organização Mundial da Saúde

OP – Orçamento Participativo

PIB – Produto Interno Bruto

PDDrU – Plano Diretor de Drenagem Urbana

PDDUA – Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano Ambiental

PLAC - Plano de Ação Climática

PMGIRS – Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos

PMPA – Prefeitura Municipal de Porto Alegre

PMRS-POA – Política Municipal de Resíduos Sólidos de Porto Alegre

PMU – Plano de Mobilidade Urbana

PNADc – Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílio contínua

PNUD – Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento

RCP – *Representative Concentration Pathways*

RGP – Região de Gestão do Planejamento

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

RMPA – Região Metropolitana de Porto Alegre

SGB – Serviço Geológico do Brasil

SMAMUS – Secretaria Municipal de Meio Ambiente, Urbanismo e Sustentabilidade

SNIS – Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento

SNUC – Sistema Nacional de Unidades de Conservação

SPCC – Sistema de Proteção Contra Cheias

SSP – *Shared Socio-economic Pathways*

UEU – Unidades de Estruturação Urbana

UC – Unidade de Conservação

UDC – Unidade de Destino Certo

UFV – Central Geradora Fotovoltaica

UHE – Usina Hidrelétrica

UN – Unidade

UTE – Usina Termelétrica

GLOSSÁRIO

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, as propriedades materiais, os modos de vida e de subsistência, a provisão de serviços públicos e privados, os ecossistemas e os 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 anteciparem aos danos potenciais e se transformarem de maneira física ou comportamental para se ajustarem a esses danos, tirarem vantagem de oportunidades ou responderem aos efeitos trazidos pelas mudanças do clima atual ou previsto.

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: 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 infraestrutura. 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.

MODELO CLIMÁTICO: É a representação qualitativa ou quantitativa do sistema climático, baseada nas propriedades físicas, químicas e biológicas dos componentes, junto a suas

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

interações e processos. A complexidade dos modelos climáticos pode ser variável, sendo que, para qualquer componente ou combinação de componentes pode ser identificado um espectro ou hierarquia de modelos, diferindo em aspectos tais como o número de dimensões espaciais, o grau em que os processos físicos, químicos ou biológicos são explicitamente representados, ou o nível em que as parametrizações empíricas estão envolvidas.

MUDANÇA DO CLIMA: Refere-se às mudanças no estado do clima que podem ser identificadas por alterações em sua média e/ou na variabilidade de suas características, com essas alterações perdurando ao menos por algumas décadas. A mudança climática pode ocorrer tanto por meio de processos internos naturais quanto por forçantes externas, como variações nos 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: É a possibilidade de ocorrerem 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 das 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, podendo ir da escala de um 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 das mudanças 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 considerados.

APRESENTAÇÃO

Em face dos impactos provenientes das mudanças climáticas, a Prefeitura de Porto Alegre tem concentrado esforços para qualificar seu território e aumentar a qualidade de vida da população, ao tempo em que busca identificar e estabelecer medidas prioritárias de redução de emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE), de mitigação e de adaptação (social, econômica, ambiental e territorial).

Dessa forma, no âmbito da parceria existente entre o Banco Mundial e a Prefeitura, durante a Conferência Mundial pelo Clima (COP27), realizada em novembro de 2022 no Egito, foi anunciada junto com o *City Climate Finance Gap Fund* uma cooperação técnica, a fundo perdido, para desenvolver o primeiro Plano de Ação Climática (PLAC) de Porto Alegre.

Esta atividade foi financiada pelo *City Climate Finance Gap Fund*, um fundo de vários doadores com o apoio do Ministério de Cooperação Econômica e Desenvolvimento (BMZ) da Alemanha, do Ministério de Assuntos Econômicos e Ação Climática da Alemanha (BMWK) e do Ministério do Meio Ambiente, Clima e Desenvolvimento Sustentável de Luxemburgo. O fundo tem a missão de apoiar países em desenvolvimento a concretizar as suas ambições climáticas, transformando ideias de baixo carbono e resiliência ao clima em estratégias e projetos passíveis de financiamento, e tem o Banco Mundial como um de seus agentes executores.

Dentro deste contexto, a WayCarbon, em consórcio com o ICLEI América do Sul, Ludovino Lopes Advogados e Ecofinance Negócios, foi selecionada para desenvolver insumos técnicos, realizar a prestação de serviços técnicos especializados, coordenação e execução das atividades referentes à elaboração do PLAC e seus subprodutos de diagnóstico - Análise de Risco e Vulnerabilidades Climáticas e Levantamento da Pegada Hídrica. O trabalho foi acompanhado pela Diretoria de Projetos e Políticas de Sustentabilidade (DPPS) da Secretaria do Meio Ambiente, Urbanismo e Sustentabilidade (SMAMUS) de Porto Alegre e pelo Banco Mundial.

Este relatório apresenta o Produto 3 (P3) - Análise de Risco e Vulnerabilidades Climáticas.

SUMÁRIO EXECUTIVO

As cidades, principalmente capitais como Porto Alegre, concentram grande parte da população urbana do país, a qual está suscetível a eventos climáticos que vem se tornando cada vez mais intensos e frequentes nos últimos anos. A Análise de Riscos e Vulnerabilidades Climáticas (ARVC) em um município tem como objetivo realizar um diagnóstico das principais ameaças à população, identificando as regiões mais suscetíveis a estes eventos, para então, orientar a implementação de medidas de adaptação que tenham como meta a redução dos riscos climáticos.

O estudo realizado foi baseado nos métodos e melhores práticas de avaliação de risco e vulnerabilidade climática do IPCC. O risco é o resultado da interação entre eventos climáticos extremos (ameaças), os sistemas sociais, ambientais e econômicos (exposição) e suas vulnerabilidades às ameaças (sensibilidade e a capacidade de adaptação)¹ (Figura 1).

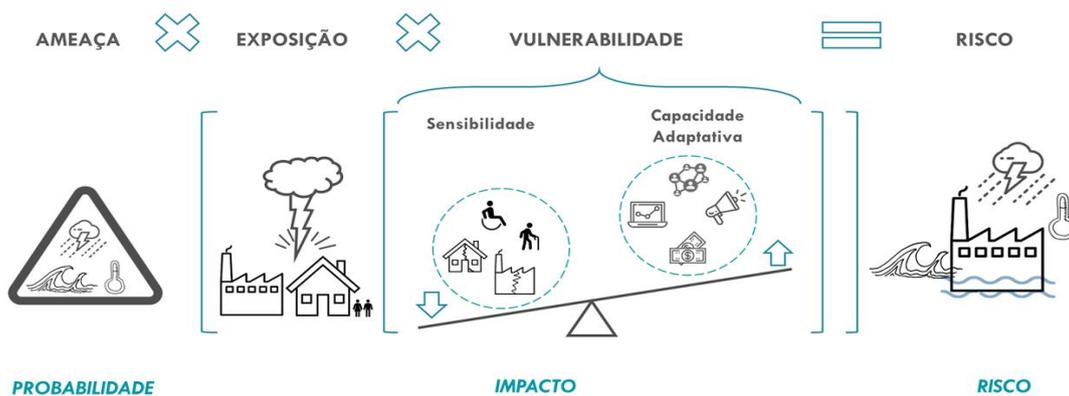


Figura 1. Metodologia de Risco IPCC.

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

Para os limites geográficos do município de Porto Alegre, foram analisados os riscos relacionados à inundação fluvial², deslizamentos e erosão, ondas de calor, secas meteorológicas, tempestades e prolifera o de vetores de arboviroses para o período histórico (1995-2014) e

¹ As variáveis utilizadas no cáculo da sensibilidade e da capacidade adaptativa refletem a situa o atual de determinada infraestrutura ou condi o social, econ mica ou ambiental do município. No caso de infraestruturas, as variáveis consideram o seu pleno funcionamento. Para condi es sociais, econ micas e/ou ambientais, considera-se a situa o em um ano específico.

² A inunda o fluvial corresponde ao transbordamento dos limites normais de um corpo d'água, que, no escopo desta análise, inclui os arroios localizados dentro do limite geográfico do município de Porto Alegre. Por sua vez, os alagamentos 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.

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

horizontes temporais de 2030 e 2050, em alinhamento a marcos nacionais e internacionais, e com uso do cenário climático SSP3 7.0³.

A Figura 2 apresenta o resultado dos riscos climáticos analisados no município de Porto Alegre em 2050 e o Quadro 1 apresenta os principais resultados por ameaça climática analisada e a evolução do risco ao longo dos horizontes temporais considerados na projeção. É importante destacar que a modelagem dos riscos foi feita a partir dos setores censitários do IBGE⁴, mas a análise dos resultados focou nas Regiões de Gestão do Planejamento (RGPs) e nos bairros mais expostos aos riscos em cada RGP.

Os cenários climáticos utilizados, assim como outros cenários, não constituem previsão meteorológica do futuro, mas sim projeções do que pode acontecer, criando descrições plausíveis, coerentes e internamente consistentes de possíveis mudanças do clima, a partir de níveis de emissão e concentração de GEE, alteração do uso do solo, variáveis demográficas e políticas climáticas, por exemplo. Os modelos de projeção climática não indicam eventos extremos pontuais. O intuito da modelagem é verificar tendências climáticas, ou seja, entender as variações consideradas normais no território e, a partir desse comportamento climático, descrever como o histórico recente e os cenários futuros se comportam.

Este relatório, a ARVC, é um dos diagnósticos previstos como parte do escopo do Plano de Ação Climática de Porto Alegre (PLAC), tendo sido originalmente finalizado e entregue em novembro de 2023. Porém, após as cheias significativas dos rios em todo o estado do Rio Grande do Sul no mês de maio de 2024, com parte da capital sendo duramente impactada pela elevação do nível do Lago Guaíba, a ARVC foi atualizada para incluir e aprofundar as necessidades do município decorrentes da tragédia climática.

³ 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 Porto Alegre está exposto. O cenário escolhido foi o SSP3-7.0, que considera uma trajetória de emissões altas, com emissões de CO₂ dobradas até 2100.

⁴ Foram utilizados os dados da população total em 2010 (CENSO 2010) e a estimativa da população do município no ano de 2022, de acordo com os primeiros resultados divulgados pelo CENSO (IBGE, 2023) 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 2022 no índice de exposição.

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

Este relatório foi elaborado seguindo uma metodologia que engloba seis ameaças climáticas e se limita ao território da cidade de Porto Alegre. Assim, não contempla uma avaliação de riscos em nível regional. Diante de tal limitação, a ARVC foi revisada para contemplar importantes considerações científicas a respeito do evento extremo ocorrido em maio de 2024, incluindo contribuições técnicas prestadas pelo Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS).

Além disso, foram adicionadas recomendações de ações de adaptação, a serem refletidas como medidas prioritárias no Plano de Ação Climática - PLAC (Relatório Final do PLAC – P6).

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

Mapa de Riscos de Porto Alegre

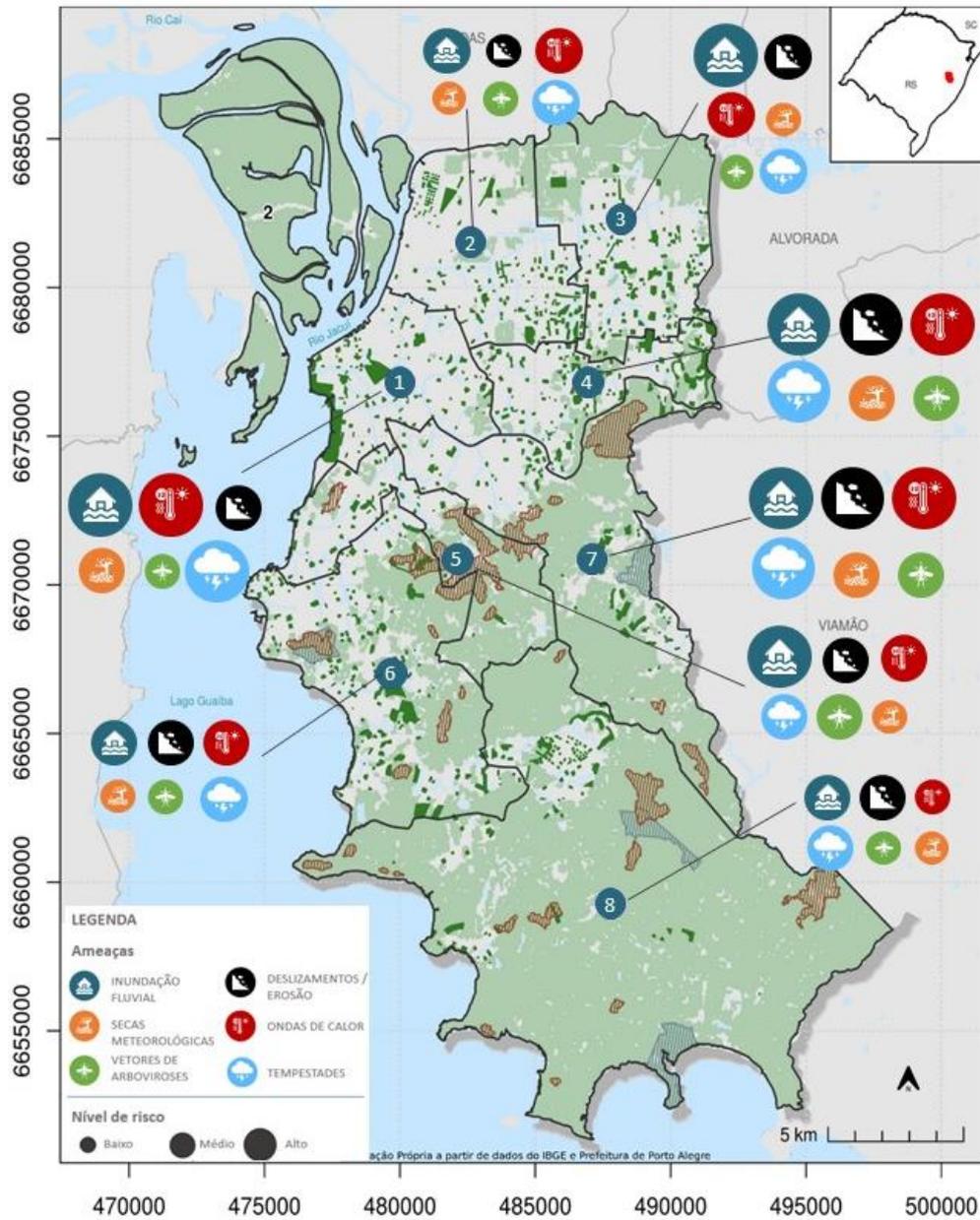


Figura 2. Riscos climáticos na cidade de Porto Alegre em 2050, por Região de Gestão do Planejamento.

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

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

Quadro 1. Destaque dos resultados dos Riscos climáticos na cidade de Porto Alegre

Ameaça	Destaque dos Resultados
 <p>Inundação Fluvial</p>	<p>Inundação Fluvial diz respeito ao transbordamento de água proveniente de canais, rios, lagos e açudes, e está associada ao volume excessivo de água da chuva, aos elementos morfológicos e à topografia de uma determinada bacia hidrográfica. A análise considerou as bacias hidrográficas presentes no limite municipal e bacias adjacentes ao território da cidade⁵. Em Porto Alegre, os principais fatores que influenciam na ampliação da vulnerabilidade a este risco estão relacionados à presença de áreas impermeáveis, ao déficit habitacional e à baixa renda da população em alguns locais. As áreas protegidas por casas de bomba, os bairros com maior renda e com boa infraestrutura de esgoto apresentaram menor risco. Os resultados apresentam destaque para os bairros próximos aos arroios Dilúvio (RGP1 e RGP7), da Areia (RGP2) e Santo Agostinho (RGP3), com o risco já presente no período histórico e com tendência de intensificar nas projeções futuras.</p>
 <p>Deslizamentos e Erosão</p>	<p>Deslizamentos são movimentos de massa que ocorrem em encostas em decorrência de diferentes processos, como a sobrecarga de peso, a infiltração de água e o acúmulo de material (MENG, 2021). A cidade apresenta um risco ao deslizamento que sofre poucas alterações ao longo dos períodos analisados, variando entre as categorias “Baixa” e “Média”, devido à combinação de fatores, como a presença de amplas áreas de planícies e boa infraestrutura das ruas (com pavimentação, meio fio e iluminação pública). Alguns setores censitários das RGPs 3, 4, 5 e 7 apresentam risco “Alto”, pois estão próximos às encostas de morros, como o Morro Santana e o Morro da Polícia. Estes locais possuem baixa capacidade de adaptação dada a concentração da população de baixa renda média, além de apresentar alta vulnerabilidade aos núcleos de concentração da população negra.</p>
 <p>Ondas de Calor</p>	<p>Ondas de calor são caracterizadas por dias muito quentes com temperaturas máximas acima da média climatológica com persistência de pelo menos 3 dias consecutivos. São bastante perceptíveis e impactantes para os sistemas humanos e naturais, sendo a população idosa a que mais sofre com os seus efeitos. No período histórico, com intensificação nos horizontes futuros, observa-se um risco que varia de classificação “Média” a “Alta” para vários setores censitários nas RGPs 1, 3, 4, 5 e 7. Essa região é caracterizada por ser uma</p>

⁵ O cálculo do índice morfométrico para a ameaça de inundação fluvial foi desenvolvida utilizando-se as bacias do nível 5 da Agência Nacional das Águas - ANA, que inclui parcialmente algumas das bacias pertencentes à macrorregião do Guaíba, como a do Jacuí e Gravataí.

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

Ameaça	Destaque dos Resultados
	Área de Ocupação Intensiva (AOI), ou seja, apresentando intensa urbanização. Aliado a isso e a uma menor concentração de áreas verdes, o risco de ondas de calor se intensifica.
 Secas Meteorológicas	As secas meteorológicas estão associadas a períodos prolongados com déficit de precipitação em uma determinada região, resultando em déficit hídrico. Destaca-se um risco de classificação “Média” no período histórico, alcançando classificação “Alta” em 2030 e 2050 em setores censitários das RGP 2, 3, 4, 7 e 8, decorrentes da distância das estações de tratamento de água e reservatórios, que resulta em perdas ao longo do sistema de intermitências no abastecimento, o que pode também influenciar no aumento da intensidade do risco para a região e na falta de abastecimento de água para a população.
 Vetores de arboviroses	Distribuições geográficas e sazonais de doenças infecciosas estão relacionadas ao clima e às influências antropogênicas (resultado da ação e interferência humana). As mudanças do clima podem propiciar uma maior interação entre clima-doença, de modo a gerar impactos significativos (OMS, 2005). O risco em Porto Alegre se agrava para classificação “Alta” nos horizontes de 2030 e 2050 na porção norte do território, nas regiões mais urbanizadas, com maior densidade populacional, com menor renda média e menor infraestrutura. Destaque para setores censitários das RGP 2, 3, 4, 5, 7 e 8.
 Tempestades	As tempestades são caracterizadas por uma intensa e por vezes prolongada chuva, acompanhada de ventos fortes, granizo, trovões e relâmpagos, não havendo a necessidade de todos estes elementos estarem presentes (CPTEC/INPE, 2023). Para o presente trabalho, o cálculo da probabilidade de ocorrência do risco de tempestades foi analisado a partir dos extremos de chuva e vento. O risco apresenta classificação predominantemente “Média” em parte do território, no registro histórico e nas projeções de 2030 e 2050. Porém, algumas áreas específicas dentro das RGP 1, 2, 3, 4, 5, 7 e 8 apresentam classificação “Alta” devido à maior exposição da população nessas regiões, aliada à falta de infraestrutura habitacional e baixa renda média dos moradores.

Fonte: WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance.

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

1. INTRODUÇÃO

A WayCarbon, em consórcio com o ICLEI América do Sul, Ludovino Lopes Advogados e Ecofinance Negócios, foi contratada pelo Banco Mundial via processo competitivo aberto para prestação de serviços técnicos especializados, coordenação e execução das atividades referentes à elaboração do **Plano de Ação Climática do Município de Porto Alegre – PLAC**, em estreita articulação com as equipes multissetoriais do Município e demais partes interessadas.

A Etapa 1 do PLAC, Engajamento e Mobilização, incluiu a entrega dos dois primeiros produtos: o Plano de Trabalho (P1) e o Plano de Comunicação e Engajamento (P2). Em sequência, a Etapa 2 do PLAC de Porto Alegre contém a base do diagnóstico climático para a cidade, contemplando dois produtos: o Relatório de Análise de Riscos e Vulnerabilidades Climáticas (P3) e o Relatório da Pegada Hídrica (P4). A Etapa 3 contemplará o Desenho do Plano de Ação Climática, incluindo o Relatório do PLAC e Sumário Executivo.

Este relatório apresenta o Produto 3 (P3) – Relatório de Análise de Riscos e Vulnerabilidades Climáticas. Descreve a metodologia aplicada e os resultados obtidos no mapeamento territorial de vulnerabilidades e riscos climáticos, a partir do uso de modelos de mudança do clima globais e indicadores socioeconômicos para a cidade. Trata-se de estudo de fundamental importância para identificação e avaliação dos riscos climáticos atuais e futuros, bem como áreas e regiões mais vulneráveis aos impactos decorrentes da mudança do clima em Porto Alegre.

Os cálculos do risco climático foram feitos com o uso da plataforma MOVE⁶, desenvolvida pela WayCarbon segundo a metodologia e os critérios elencados no Sexto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (AR6). Os resultados gerados permitem observar a combinação de dados climáticos com a sensibilidade social local, fornecendo dados estatísticos e análises espacializadas para apoiar a tomada de decisões no planejamento e implementação de medidas concretas de adaptação e formulação de políticas públicas.

⁶ 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/>>.

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

A estrutura do presente relatório é apresentada abaixo:

Capítulo 1 – Introdução: apresenta o conteúdo e a estrutura do presente relatório.

Capítulo 2 – Contextualização: contextualiza Porto Alegre do ponto de vista socioeconômico, de infraestrutura e ambiental, com os objetivos de apresentar a situação atual da cidade quanto a cada um destes aspectos, orientar a discussão dos resultados da ARVC e facilitar a identificação de oportunidades de melhoria.

Capítulo 3 – Metodologia: apresenta a metodologia utilizada para o cálculo do risco climático e os cenários climáticos empregados; inclui, ainda, as principais limitações decorrentes de premissas metodológicas e da disponibilidade de dados.

Capítulo 4 – Resultados: apresenta os resultados da análise de risco climático para cada ameaça, incluindo os direcionamentos para sua interpretação.

Capítulo 5 – Considerações gerais sobre justiça climática: A partir dos resultados obtidos e do contexto da cidade, são elencadas questões sobre desigualdades sociais e a justiça climática, com o objetivo de destacar que as populações mais vulneráveis devem ser consideradas ao longo de todo o desenvolvimento do PLAC.

Capítulo 6 – Conclusões e Recomendações: apresenta as principais conclusões do trabalho realizado, incluindo recomendações/indicativos de aspectos a serem incorporados principalmente na gestão ambiental urbana, e direcionando para o que deverá ser priorizado no Plano de Ação Climática.

2. CONTEXTUALIZAÇÃO

O objetivo deste capítulo é contextualizar Porto Alegre dos pontos de vista socioeconômico, demográfico, da ocupação urbana e dos aspectos de infraestrutura e características ambientais, de forma a melhor orientar a formulação dos resultados da análise de riscos e vulnerabilidades climáticas e facilitar a identificação de oportunidades de melhoria.

2.1 CONTEXTO SOCIOECONÔMICO

Fundada em 1722, porém elevada à categoria de vila somente em 1809, Porto Alegre é um dos quatro municípios iniciais do Rio Grande do Sul. A capital do estado limita-se ao norte com Canoas, a nordeste com Cachoeirinha e Alvorada, a leste com Viamão, a noroeste com Nova Santa Rita e Triunfo, e a oeste com o Lago Guaíba mais os municípios Eldorado do Sul e Guaíba. De acordo com o recente Censo Demográfico, em 2022 o município possuía um total de 1.332.570 residentes, distribuídos em uma área de 495,390 km² e densidade demográfica de 2.689,94 hab/km² (IBGE, 2024).

De modo geral, a cidade apresenta bons resultados com relação a indicadores sociais, econômicos e de infraestrutura, sobretudo quando comparada às demais capitais brasileiras. Nos últimos anos, também vem desenvolvendo ações em sintonia com as principais pautas ambientais. Contudo, citam-se alguns dos desafios atuais e futuros enfrentados por Porto Alegre: as diferenças socioeconômicas dentro de sua região metropolitana, a conciliação entre crescimento urbano e preservação de ecossistemas, uma transição demográfica cada vez mais próxima e discussões quanto à sua função social.

2.1.1 População

Embora o IBGE tenha divulgado informações preliminares do Censo de 2022, até julho de 2023 ainda não haviam sido disponibilizadas mais informações com relação a divisão por grupos. Sendo assim, a análise da distribuição de população por grupos foi feita a partir do levantamento anterior. Os dados do recenseamento realizado em 2010 mostraram que naquele ano a distribuição por faixa etária na capital gaúcha apresentava uma maior concentração de indivíduos entre 30 e 39 anos. Ao fazer um comparativo com o levantamento apurado em 2000, as pessoas com 65 ou mais aumentaram em 10,47%, indicando um envelhecimento populacional (PNUD; IPEA; FJP, 2017).

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

Embora a população da cidade tenha reduzido em comparação ao último censo, a Região Metropolitana de Porto Alegre (RMPA) vem sofrendo um crescimento demográfico decorrente das migrações internas, da interligação das malhas urbanas e das sucessivas emancipações que ocorreram ao longo dos anos (GOV. RIO GRANDE DO SUL, 2020b). Além disso, os primeiros resultados do Censo 2022 revelaram que 9 dentre os 15 municípios com mais de 130 mil habitantes fazem parte da região, sendo Porto Alegre a única cidade com mais de 1 milhão de moradores. Ademais, os dados indicaram que em 2022 a RMPA contava com 4.018.013 milhões de habitantes, correspondendo a 36,9% da população estadual (IBGE, 2023).

Quanto à composição da população de Porto Alegre em 2010, 79,2% se autodeclaravam brancos, 10,2% pretos, 10,0% pardos e 0,6% representavam amarelos e indígenas (0,29 e 0,23 respectivamente). Na educação, a taxa de escolarização de 6 a 14 anos de idade era de 96,6% e houve uma melhora na taxa de analfabetismo. Por fim, na divisão quanto ao sexo, as mulheres representavam 53,6% e os homens, 46,4% (IBGE, 2010).

O último levantamento realizado pelo Mapa da Desigualdade entre as Capitais Brasileiras mostrou que a relação entre as taxas de desocupação de mulheres e homens com 14 anos ou mais, no município, foi o de melhor resultado no país. Ainda no tocante a igualdade de gênero, a taxa de realização de afazeres domésticos no domicílio também foi a menos desigual. Contudo, ao calcular a proporção entre rendimento médio mensal de mulheres e de homens, a cidade encontra-se entre as mais desiguais (PROGRAMA CIDADES SUSTENTÁVEIS; FUNDAÇÃO FORD, 2020).

2.1.2 IDHM e IDESE

O Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) de Porto Alegre era de 0,744 em 2000 e passou para 0,805, em 2010, com a classificação passando a ser “muito alto”. Mesmo apresentando evolução, a educação demonstrou ser a área mais sensível, pois obteve menor pontuação quando comparado aos demais componentes do índice: Longevidade, Educação e Renda (PNUD; IPEA; FJP, 2017).

Outro indicador considerado alto é o Índice de Desenvolvimento Socioeconômico (IDese), uma forma do estado medir o desenvolvimento dos municípios mediante 12 indicadores, divididos em 3 blocos: Educação, Renda e Saúde. Tendo como referência o ano de 2020, o IDESE de Porto Alegre foi 0,825, colocando-o em 35º no ranking geral do Estado e repetindo o 1º lugar no grupo dos municípios com mais de 100 mil habitantes. Uma boa posição, ainda mais considerando um

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

contexto de primeiro ano de pandemia e grande período de estiagem pelo qual o Rio Grande do Sul passou, resultando em uma queda de 7,2% em seu PIB (GOV. RIO GRANDE DO SUL, 2020a). Quanto aos seus componentes, a pontuação do Bloco Educação foi de 0,776, Saúde de 0,833 e Renda de 0,865, a sétima melhor do estado.

2.1.3 Renda

Em 2020, a capital gaúcha ocupou a 8ª posição na geração de Produto Interno Bruto (PIB) nacional, atingindo o valor de R\$76.075 milhões e com um PIB per capita registrado em R\$51.116,72. O salário médio mensal dos trabalhadores formais correspondeu a 4 salários-mínimos e 753.720 era a quantidade de pessoas ocupadas, sendo que 637.650 eram assalariadas⁷ (IBGE, 2024). Ademais, o Mapa da Riqueza no Brasil, um estudo elaborado pela Fundação Getúlio Vargas (FGV), afirma que no mesmo ano, a renda média na cidade foi de R\$3.774,84, a 2ª maior entre as capitais (NERI, 2023).

A Figura 3 apresenta o mapa da renda média por domicílio em Porto Alegre, por RGP, as quais estão apresentadas mais à frente, na Figura 5. Como pode-se ver no mapa, parte das RGPs 1 e 4 apresentam renda média mais elevada, assim como pequenas porções das RGPs 2 e 6. A RGP que em sua quase totalidade possui alta renda é a RGP 1, que inclui o Centro Histórico e demais bairros aos arredores. De forma geral, áreas com menor renda estão em boa parte das RGPs 3, 5, 7 e 8.

⁷ Entende-se por pessoas ocupadas ou população ocupada, aqueles que trabalharam num determinado período de referência ou tinham um trabalho, mas estavam afastados. Já as pessoas assalariadas são as que trabalham e recebem mensalmente um pagamento por essa atividade.

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

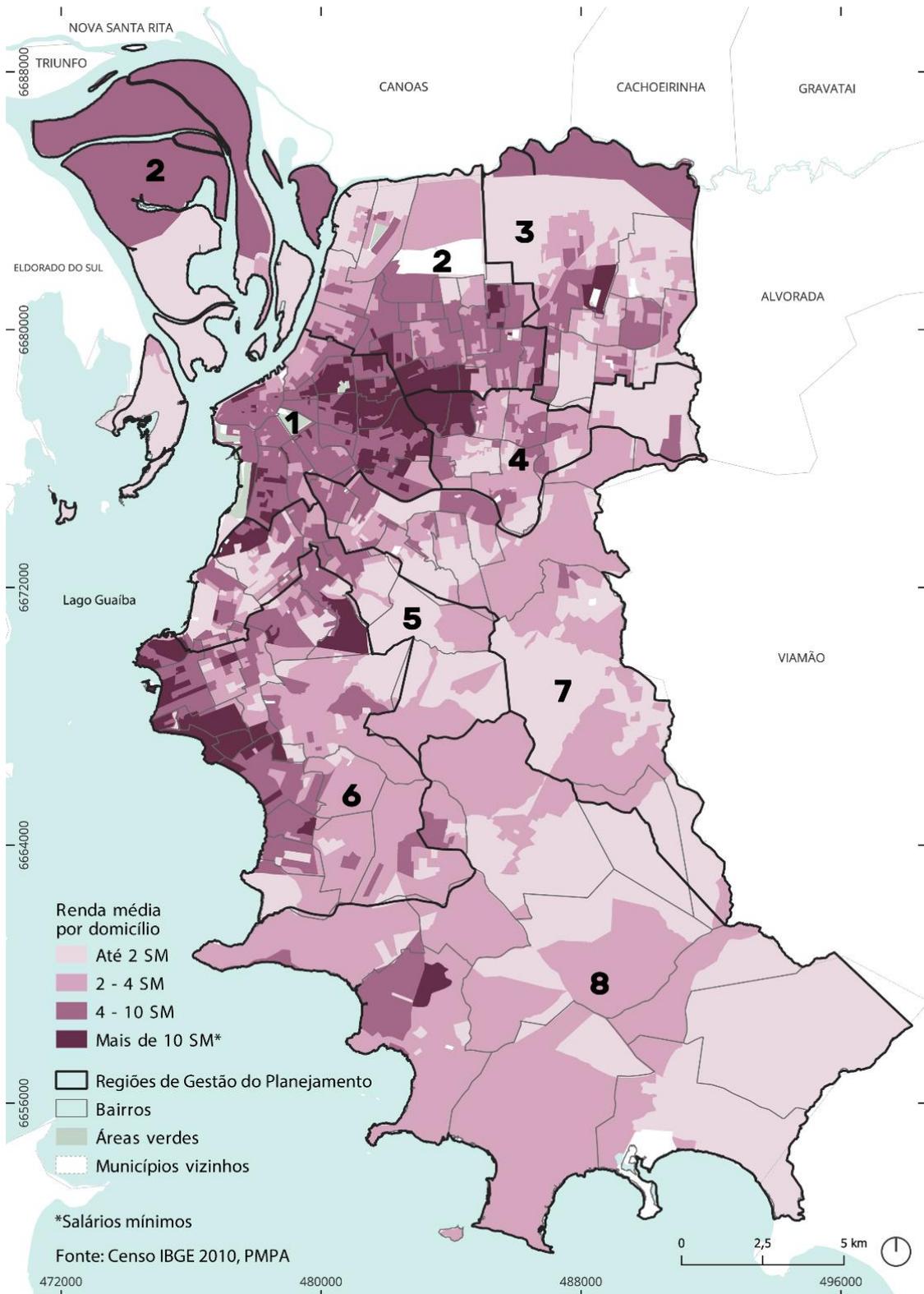


Figura 3. Mapa de renda média por domicílio em Porto Alegre, considerando os setores censitários do IBGE.

Fonte: PMPA com base nos dados do IBGE (IBGE, 2010).

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

As atividades que empregam o maior número de pessoas e, conseqüentemente, movimentam a economia da capital, estão relacionadas à indústria, serviços, agropecuária e administração pública. O setor de serviços é o responsável pelo maior número de pessoas ocupadas e, em 2020, chegou a concentrar cerca de 80% do valor total da economia da cidade. Em seguida vem o setor público, composto por administração, defesa, educação, saúde pública e seguridade social, responsável por 11% da economia, e a indústria, que responde por cerca de 9%. Por outro lado, a agropecuária representa menos de 0,5% do PIB e a participação em atividades do setor primário (extrativismo mineral, agropecuária, extração vegetal, caça e pesca) e serviços industriais de utilidade pública, concentraram menos de 1% dos postos de trabalho na capital (ERNST&YOUNG; PMPA, 2023).

Observando os dois últimos recenseamentos, o Índice de Gini⁸ aumentou, respectivamente, de 0,6056 à 0,6144 (DATASUS, 2010). Porém, em 2010, 23.430 pessoas foram consideradas extremamente pobres, sendo as crianças de 10 a 14 anos o grupo etário com mais afetados, 15,7% deste total (IBGE, 2010).

Uma forma de identificar o perfil da população que se enquadra nesse quantitativo é por meio do acesso aos programas sociais. Analisando as informações do Cadastro Único para Programas Sociais (CadÚnico), até julho de 2023, dos 371.778 cidadãos cadastrados, mais da metade constavam na linha de pobreza (54%) (MDS, 2023). A Tabela 1 apresenta as famílias cadastradas beneficiárias do Programa Bolsa Família (PBF), demonstrando a relevância dos catadores de material reciclável e pessoas em situação de rua.

Tabela 1. Cadastro Único por Grupos Populacionais Tradicionais Específicos.

Grupos Familiares	Famílias Cadastradas	Famílias Cadastradas Beneficiárias do Programa Bolsa Família (agosto/2023)
Coletores de material reciclável	5.044	4.376
Pessoas em situação de rua	3.273	2.386
Indígenas	412	327
Quilombolas	329	195
Atingidos por empreendimentos de infraestrutura	303	151

⁸ Índice de Gini: instrumento matemático utilizado para medir o nível de desigualdade de renda de uma região. Sua escala varia de 0 (quando não há desigualdade) a 1 (com desigualdade máxima).

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

Grupos Familiares	Famílias Cadastradas	Famílias Cadastradas Beneficiárias do Programa Bolsa Família (agosto/2023)
Famílias pertencentes a comunidades de terreiro	245	134
Pescadores artesanais	135	85
Ribeirinhos	87	60
Agricultores familiares	36	21
Acampados	15	10
Ciganos	8	3
Extrativistas	4	0
Assentados da Reforma Agrária	2	1

Fonte: Adaptado do Relatório de Programas e Ações do MDS (MDS, 2023).

No ano de 2004, a Prefeitura realizou um mapeamento para conhecer melhor as condições de vida, desigualdades e vulnerabilidades sociais existentes na cidade. O resultado pode ser visto no Mapa da Inclusão e Exclusão Social de Porto Alegre, o qual apresenta dois índices: Índice de Condições de Vida (ICV) e Índice de Vulnerabilidade Social (IVS) (Figura 4), a partir das regiões do Orçamento Participativo (OP), que na época eram dezesseis. O resultado mostrou que as regiões Nordeste, Lomba do Pinheiro, Glória e Restinga apresentaram IVS e ICV classificados como “Muito Baixo”. A possível resposta para esse cenário seria a combinação de situações como insuficiência de renda, baixa escolaridade e precariedade habitacional (PMPA, 2004).

Em 2022, um estudo da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) desenvolveu um projeto cartográfico com o intuito de implementar um Atlas Digital de Vulnerabilidade Social no município, usando como base os dados do Censo de 2010 e o Índice de Vulnerabilidade Social (IVS), composto por três variáveis: Infraestrutura Urbana, Capital Humano e Renda e Trabalho. Alguns bairros que se sobressaíram com maior vulnerabilidade social foram Arquipélago, Bom Jesus, Coronel Aparício Borges, Lomba do Pinheiro, Partenon, Restinga, Sarandi e Vila São José (JERONIMO, 2022).

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

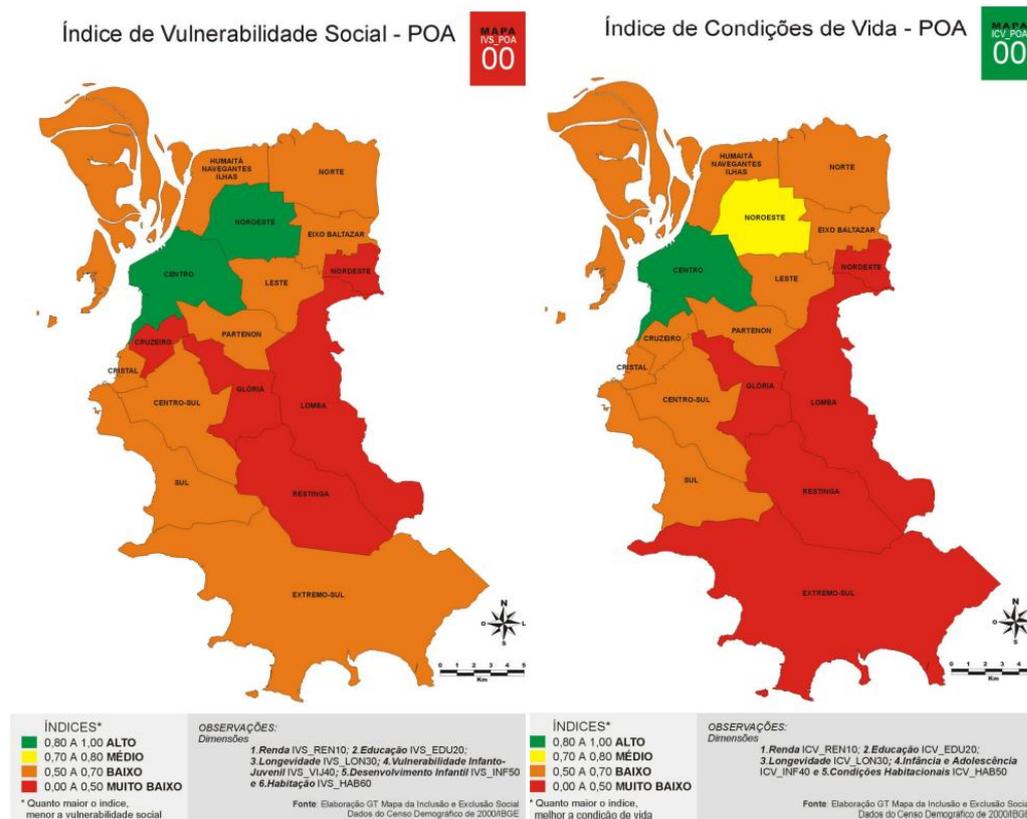


Figura 4. Índice de Vulnerabilidade Social (IVS) e Índice de Condições de Vida (ICV) em Porto Alegre.
 Fonte: Mapa da Inclusão e Exclusão Social de Porto Alegre (PMPA, 2004).

As mudanças do clima, associadas a fatores socioeconômicos e condições ambientais, podem intensificar a incidência de algumas doenças. Chuvas torrenciais e problemas de infraestrutura são capazes de aumentar a probabilidade de ocorrência de inundações ou deslizamentos, fazendo com que os moradores tenham contato com alguns vetores e água contaminada. Também existe a possibilidade de contrair doenças longe de sua residência, como no caso dos garfis e coletores de material reciclável, que devido a função, se deslocam pela cidade e aumentam a chance de contágio. Ainda podemos citar riscos associados à seca e à ingestão de alimentos que foram expostos a água contaminada. Isto reforça a importância de uma ação conjunta, integrando toda a sociedade na busca por melhores políticas públicas.

De acordo com o Painel de Saneamento, no ano de 2021 foram registradas 343 internações por doenças de veiculação hídrica e 9 óbitos na capital gaúcha (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2021). Acerca das arboviroses, há um controle tanto municipal, quanto estadual. Regularmente a prefeitura emite boletins informativos referentes a ocorrência de Dengue, Chikungunya e Zika em seu território. Em 2022, somando as 3 enfermidades, foram 7.282 casos notificados, sendo 5.141 os confirmados e 4.396 considerados autóctones (PMPA, 2023b).

2.2 CONTEXTO DA INFRAESTRUTURA

2.2.1 Zoneamento

Em relação ao zoneamento da cidade, Porto Alegre apresenta um Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano Ambiental (PDDUA), elaborado em 1999, o qual atualmente está em processo de revisão.

Segundo o PDDUA, existem diversas formas de dividir a cidade, de acordo com a interlocução com a população, o adensamento urbano e a distribuição do regime urbanístico. Quanto à interlocução com a população, existem oito Regiões de Gestão do Planejamento, resultado do agrupamento de bairros. É importante destacar que, além da discussão específica por bairros, a divisão do município entre as 8 RGP também será utilizada ao longo deste relatório como forma de apresentação e discussão dos resultados.

Na Figura 5 é possível visualizar essa divisão das RGPs, sendo: RGP1 Centro, RGP2 Humaitá/Navegantes/Ilhas/Noroeste, RGP3 Norte/Eixo Baltazar, RGP4 Leste/Nordeste, RGP5 Glória/Cruzeiro/Cristal, RGP6 Centro-Sul/Sul, RGP7 Lomba do Pinheiro/Partenon e RGP8 Restinga/Extremo Sul. O Quadro 1 apresenta quais bairros pertencem a cada RGP. Percebe-se que há uma grande concentração de bairros nas regiões 1, 2 e 6, enquanto as regiões 5 e 7 possuem a menor quantidade.

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

Mapa de Porto Alegre

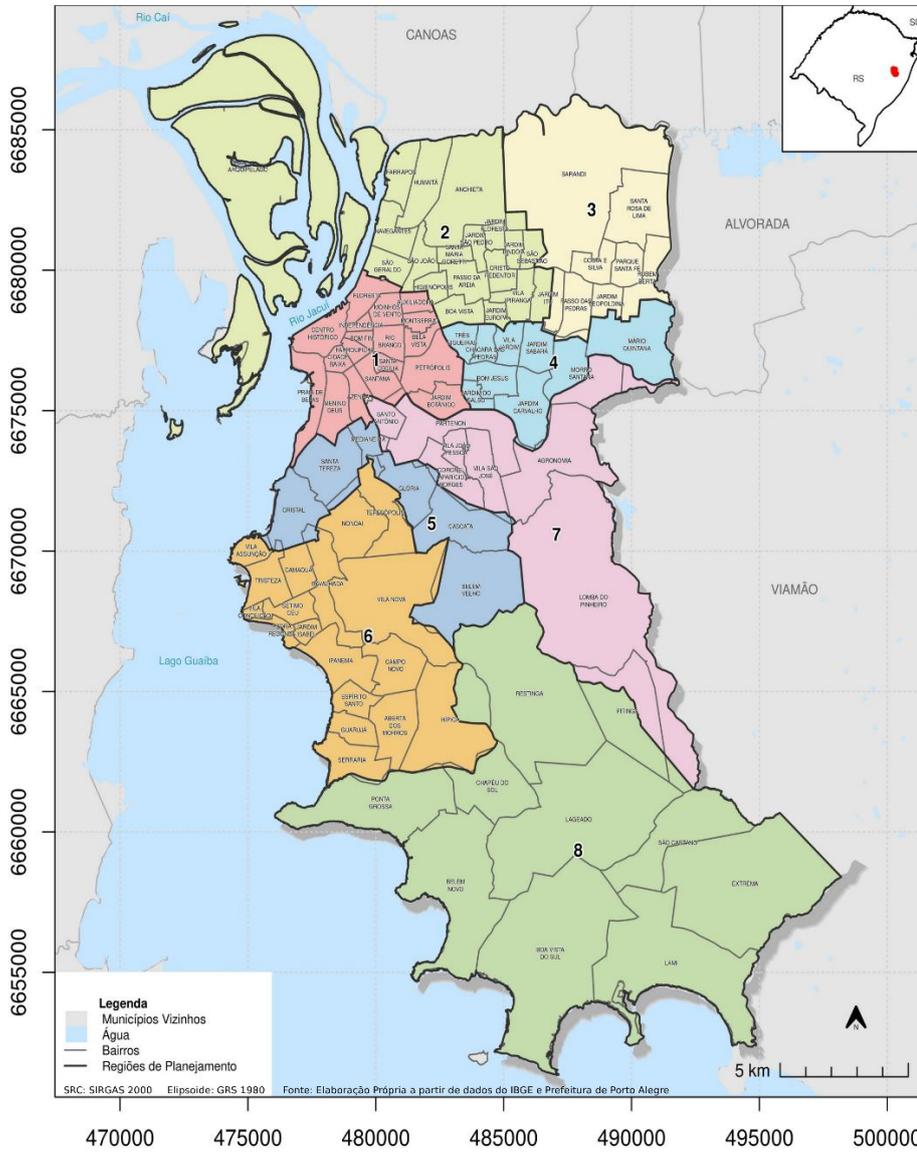


Figura 5. Regiões de Gestão do Planejamento (RGPs) da cidade de Porto Alegre (RGP1 Centro, RGP2 Humaitá/Navegantes/Ilhas/Noroeste, RGP3 Norte/Eixo Baltazar/, RGPP4 Leste/Nordeste, RGP5 Glória/Cruzeiro/Cristal, RGP6 Centro-Sul/sul, RGP7 Lomba do Pinheiro/Partenon e RGP8 Restinga/Extremo Sul).

Fonte: Adaptado de PMPA (2010) com base em dados disponibilizados pela Prefeitura.

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

Quadro 2. Regiões de Gestão e Planejamento (RGP) de Porto Alegre.⁹

Regiões de Gestão e Planejamento	Bairros contemplados
Região 1 - Centro	Floresta, Centro Histórico, Auxiliadora, Moinhos de Vento, Independência, Bom Fim, Rio Branco, Montserrat, Bela Vista, Farroupilha, Santana, Petrópolis, Santa Cecília, Jardim Botânico, Praia de Belas, Cidade Baixa, Menino Deus e Azenha.
Região 2 - Humaitá, Navegantes, Ilhas e Noroeste	Farrapos, Humaitá, Navegantes, São Geraldo, Anchieta, São João, Santa Maria Goretti, Higienópolis, Boa Vista, Passo D'Areia, Jardim São Pedro, Jardim Floresta, Cristo Redentor, Jardim Lindóia, São Sebastião, Vila Ipiranga, Jardim Europa e Arquipélago.
Região 3 - Norte e Eixo Baltazar	Sarandi, Rubem Berta, Passo das Pedras, Santa Rosa de Lima, Parque Santa Fé, Costa e Silva, Jardim Leopoldina e Jardim Itu.
Região 4 - Leste e Nordeste	Três Figueiras, Chácara das Pedras, Vila Jardim, Bom Jesus, Jardim do Salso, Jardim Carvalho, Mário Quintana, Jardim Sabará e Morro Santana.
Região 5 - Glória, Cruzeiro e Cristal	Cristal, Santa Tereza, Medianeira, Glória, Cascata e Belém Velho.
Região 6 - Centro-Sul e Sul	Camaquã, Cavahada, Nonoai, Teresópolis, Vila Nova, Vila Assunção, Tristeza, Vila Conceição, Pedra Redonda, Ipanema, Espírito Santo, Guarujá, Serraria, Hípica, Campo Novo, Jardim Isabel, Aberta dos Morros e Sétimo Céu.
Região 7 - Lomba do Pinheiro e Partenon	Santo Antônio, Partenon, Aparício Borges, Vila João Pessoa, São José, Lomba do Pinheiro e Agronomia.
Região 8 - Restinga e Extremo-Sul	Restinga, Ponta Grossa, Belém Novo, Lageado, Lami, Chapéu do Sol, Extrema, Boa Vista do Sul, Pitinga e São Caetano.

Fonte: Adaptado de PMPA (2023b).

Em relação ao adensamento urbano, a macro divisão na cidade é definida pelo nível de adensamento do território, estabelecendo limites entre: Área de Ocupação Intensiva (AOI) e Área de Ocupação Rarefeita (AOR), ilustradas na Figura 6. De acordo com a Prefeitura, a AOI é a parte da cidade onde a concentração de pessoas e negócios deve ocorrer prioritariamente, e a AOR é a parte da cidade onde deve haver baixíssima densificação e um maior cuidado com a natureza (PMPA, 2019).

⁹ Os bairros Morro Santana, Jardim Itú, Hípica e Pitinga pertencem a mais de uma RGP, porém, para fins de análise deste estudo, os bairros foram enquadrados em somente uma.

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

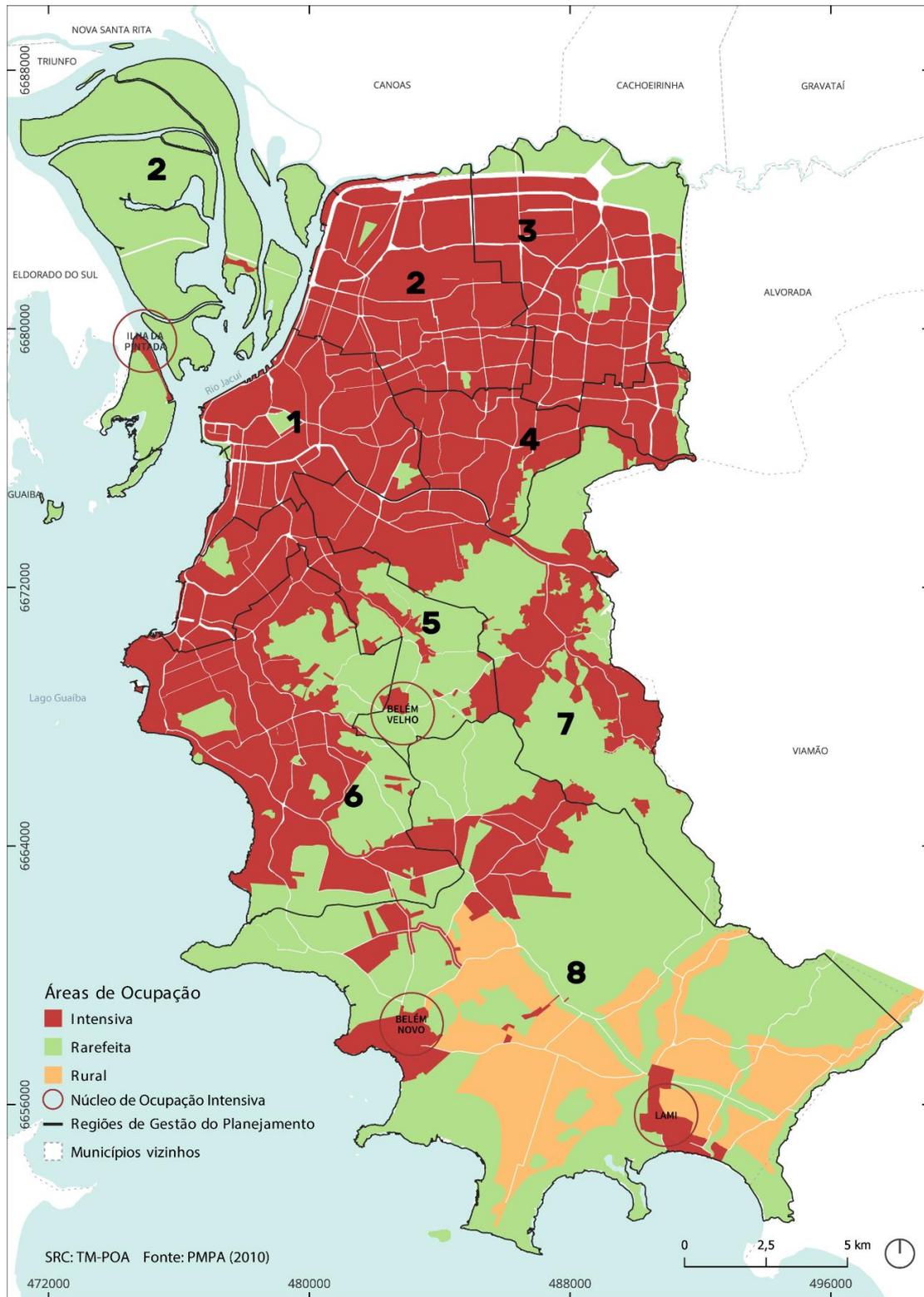


Figura 6. Divisão territorial conforme o adensamento urbano: Área de Ocupação Intensiva (AOI) e Área de Ocupação Rarefeita (AOR).

Fonte: PMPA (2010).

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

Quando avaliamos o uso do solo, em 2021, 38% do município de Porto Alegre pertencia a áreas não vegetadas, com um elevado grau de urbanização, e 27% é abrangido por formações florestais e restinga arborizada. Outra parcela do território, cerca de 24%, é ocupada por formações campestres, campos alagados, áreas pantanosas e restinga herbácea/arbustiva. Cerca de 6% do território é utilizado para agricultura, principalmente para o plantio de arroz e soja, e os 5% restantes correspondem aos corpos hídricos, como rios, arroios e lagos (MAPBIOMAS, 2021).

A Figura 7 apresenta o zoneamento de Porto Alegre, indicando a localização das zonas urbanizadas e rurais, áreas verdes e Unidades de Conservação. De forma geral, a região mais urbanizada da cidade se estende do centro ao norte, com alta densidade habitacional, com destaque para a RGP 1, que contempla o Centro e mais dezessete bairros.

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

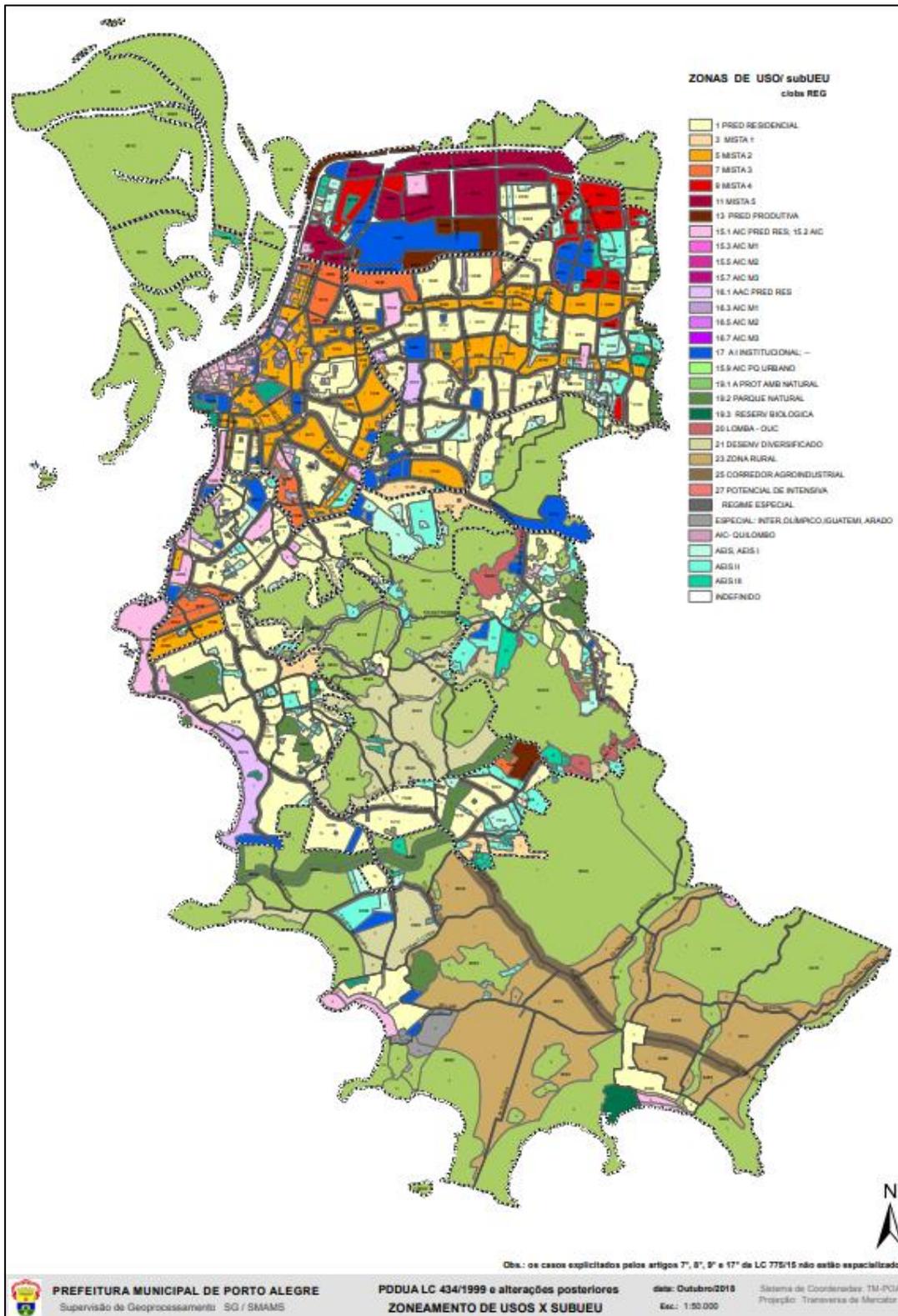


Figura 7. Distribuição de Regime Urbanístico conforme o zoneamento de usos.

Fonte: PMPA (2018).

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

No ano de 2019, foi publicado um relatório do Banco Mundial, produzido em parceria com a Prefeitura, que, além de mostrar como as inundações e alagamentos de outubro de 2015 afetaram a população, trouxe uma discussão sobre o quanto os aspectos sociais e econômicos estão relacionados às questões de infraestrutura. O relatório, intitulado “Convivendo com as inundações: um estudo para construir resiliência com as comunidades de Porto Alegre”, apresentou um diagnóstico dos impactos das inundações sobre a população que vive nas regiões de Humaitá-Navegantes e das Ilhas. Ao identificar as necessidades estruturantes da cidade, propôs um plano de qualificação da Região das Ilhas e um Programa de Revitalização do 4º Distrito (BANCO MUNDIAL, 2019).

O documento mostrou que em relação às vulnerabilidades referentes às questões de infraestrutura física das residências, a maior concentração dessas áreas está localizada nos bairros Farrapos e Humaitá, entre a Arena do Grêmio e a Vila dos Ferroviários (Figura 8), pertencentes a região conhecida por 4º Distrito. Outras áreas sensíveis incluem o centro da Ilha dos Marinheiros e a Ilha da Pintada (BANCO MUNDIAL, 2019). Algumas observações feitas relacionadas à essas localidades evidenciam que:

- 79% das residências em todas as áreas analisadas têm somente um andar (89% nas Ilhas), o que dificulta na elaboração de certas medidas resilientes em caso de inundação e alagamento, por exemplo, não há uma opção de “subir os pertences para o andar superior”;
- 11% das residências foram construídas a partir de madeira aproveitada, consideradas como sendo as mais vulneráveis;
- A maior parte das residências não têm fundação, sendo diretamente colocadas no solo sem vigamento (32%, com predominância nas Ilhas), ou com vigamento (26%, sendo a opção mais observada em Humaitá-Navegantes);
- 24% do entorno das residências apresenta esgoto a céu aberto, especialmente no bairro Farrapos, Ilhas da Pintada e dos Marinheiros;
- 30% do entorno das residências apresenta uma grande quantidade de resíduos sólidos, como entulhos e restos de material de construção (Farrapos, nas ilhas da Pintada e do Pavão). Além disso, a região das Ilhas tem a maior incidência de resíduos acumulados no município (46%); e em terceiro lugar, Humaitá-Navegantes (13%). A presença de

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

resíduos é destacada pela comunidade como um problema central, principalmente por interferir negativamente nas condições sanitárias dos moradores, especialmente nas áreas de invasão, e por interferir diretamente no funcionamento do sistema de drenagem através do entupimento das bombas (Ex: Humaitá-Navegantes).



Figura 8. Mapa síntese da vulnerabilidade física e do entorno das unidades construídas.

Fonte: BANCO MUNDIAL (2019).

Um estudo publicado pela Prefeitura de Porto Alegre, em parceria com o Serviço Geológico do Brasil (SGB), evidencia que no mês de abril de 2023, a cidade apresentou 142 áreas de risco, totalizando um risco para aproximadamente 84.460 cidadãos que vivem nesses locais e cujas famílias estão distribuídas em 20.8 mil imóveis (LAMBERTY; CPRM, 2023), sendo 91 áreas de alto risco e 51 de muito alto risco. Os riscos elencados estão associados a processos de inundação e deslizamento, e alguns dos bairros que contém mais registros são Arquipélago, Cel. Aparício Borges, Jardim Carvalho, Serraria, Cascata, Lomba do Pinheiro, Agronomia, Morro Santana, Glória, Rubem Berta e São José. Esses 11 bairros concentram 90 setores de risco (SGB, 2023).

2.2.2 Saneamento

Em relação ao setor de saneamento da cidade, o Departamento Municipal de Água e Esgotos (DMAE)¹⁰ é a instituição responsável pela captação, tratamento e distribuição de água, bem como pela coleta e tratamento do esgoto sanitário (cloacal) em Porto Alegre. Desde maio de 2019, também incorporou ao seu escopo a manutenção do sistema pluvial e, a partir de 2021, os projetos e obras de drenagem da capital gaúcha. Já os serviços de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos são de responsabilidade do Departamento Municipal de Limpeza Urbana (DMLU).

2.2.2.1 Abastecimento de água

Conforme o último relatório do *Ranking do Saneamento*, publicado em 2023, os indicadores de Atendimento Total de Água (ITA) e Atendimento Urbano de Água (IUA) foram de 100%, ocupando o primeiro lugar junto com outros 35 municípios brasileiros (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2023).

A cidade apresenta um total de seis Estações de Tratamento de Água (ETAs), seis Estações de Bombeamento de Água Bruta (EBABs), 87 Estações de Bombeamento de Água Tratada (EBATs) e 101 reservatórios. Aproximadamente 88% da água tratada é destinada para uso residencial, distribuída em mais de 4.200 km de redes espalhadas no município. A água é captada no Lago Guaíba e no Rio Jacuí por meio de seis ETAs - Belém Novo, Ilha da Pintada, Menino Deus, Moinhos de Vento, São João e Tristeza - e recebe o tratamento adequado para, posteriormente, distribuir para todos os pontos da cidade (PMPA, 2023d).

No ano de 2022, o DMAE abastecia diariamente a população com cerca de 328 litros de água para cada habitante, valor acima da média de 50 a 100 litros indicados pela *World Health Organization* (WHO) como suficientes para garantir o acesso à água para uso pessoal e doméstico e o atendimento das necessidades básicas (UNITED NATIONS, 2020).

Porém, a cidade apresenta problemas relacionados com a falta de água em algumas regiões específicas, causados principalmente pelo consumo excessivo e pelo desperdício – principalmente no verão, quando as temperaturas são consideradas mais elevadas. De forma a

¹⁰ Atualmente o DMAE é de autarquia da Prefeitura, mas há previsão de possível concessão parcial ao setor privado. Porém, independente do órgão executor dos serviços, a gestão dos recursos hídricos de Porto Alegre sempre será de responsabilidade do município.

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

reduzir esses problemas, o DMAE está avaliando a ampliação e modernização do sistema para acompanhar o crescimento da população e melhorar o abastecimento de água (PMPA, 2017). Em locais onde a população reside em loteamentos irregulares, áreas de riscos ou zonas de preservação ambiental, um serviço gratuito de caminhões-pipa supre a demanda.

2.2.2.2 Esgotamento Sanitário

Em relação ao Sistema de Esgotamento Sanitário, Porto Alegre possui nove estações de tratamento de esgoto (ETEs) e 36 estações de bombeamento (EBEs). Em 2021, cerca de 91,6% da população do município era abrangida pela coleta de esgotos, porém somente 71,8% com separador absoluto, que separa o esgoto cloacal do pluvial (DMAE, 2021), o que contribui com a redução do esgoto efetivamente tratado. Esse é um dos motivos que resulta em aproximadamente 60% da população atendida com tratamento de efluentes, segundo informações do DMAE.

De acordo com o *Ranking do Saneamento*, que avalia as informações fornecidas pelos prestadores de serviços de saneamento básico presentes nos municípios, o DMAE tem capacidade para tratar até 80% do esgoto produzido na cidade (INSTITUTO TRATA BRASIL, 2023). Para isso, o Plano de Saneamento Básico do Município prevê a ampliação das redes coletoras e das ligações domiciliares de esgoto cloacal, além de ampliação da capacidade de tratamento das ETEs (PMPA, 2015a).

Nesse sentido, desde janeiro de 2023, o DMAE vem investindo no sistema de coleta de esgoto no 4º Distrito da cidade, cadastrando e inspecionando 161 imóveis e realizando a correção em 25 ligações de esgoto que estavam inadequadas, com a previsão de realizar mais de 9.200 obras (PMPA; WOLFF, 2023).

2.2.2.3 Drenagem e manejo de águas pluviais urbanas

Em relação ao sistema de drenagem urbana, Porto Alegre apresenta um Plano Diretor de Drenagem Urbana (Manual de Drenagem Urbana), instituído em 2005 (PMPA, 2005). Foi elaborado um convênio entre a Prefeitura da cidade, através do Departamento de Esgotos Pluviais (DEP), para a elaboração de Plano Diretor de Drenagem Urbana de Porto Alegre (PDDrU), com o objetivo de retomar a recuperação da infiltração natural e a retenção ou detenção das águas pluviais (SOLUÇÕES PARA CIDADES, 2013).

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

A resolução destes problemas vem sendo realizada por sub-bacia hidrográfica, iniciando-se pelas bacias dos arroios Moinho, Areia e Tamandaré. Em seguida, os estudos foram ampliados para os arroios Cavalhada, Capivara e Passo das Pedras e, como próximos passos, serão avaliadas as demais 22 bacias hidrográficas do município. Quanto às seis citadas, os sistemas de macrodrenagem dessas bacias foram simulados para diferentes cenários de ocupação do solo, permitindo a detecção dos principais pontos críticos de alagamentos e a análise de possíveis soluções para os problemas verificados. Considerando aspectos econômicos, técnicos e práticos, as soluções apontadas tiveram como base o uso de dispositivos de controle de escoamento, por meio da implantação de reservatórios de amortecimento de cheias, ampliação de condutos e aumento de capacidade de casas de bombas (PMPA, 2023k).

É importante mencionar que grande parte do território da cidade está situado em terras muito baixas. Assim, foi implantado um sistema de diques e bombas que fazem a drenagem das águas das regiões mais baixas de volta para o Lago Guaíba (SOLUÇÕES PARA CIDADES, 2013). Além disso, Porto Alegre é composta com 27 arroios, onde cerca de 35% da área urbanizada está situada abaixo da cota 3 (três metros acima do nível do mar), favorecendo a ocorrência maior de eventos de inundação (PMPA, 2023e).

Para que os impactos dessas condições geográficas possam ser minimizados, o sistema de drenagem apresenta uma rede pluvial de aproximadamente 2,5 mil quilômetros, com mais de 120 mil pontos de captação (bocas de lobo, poços de visita) e cerca de 65 quilômetros de diques de proteção. Além disso, existem 23 Estações de Bombeamento de Águas Pluviais. Desde 2019, o DMAE é o órgão responsável pela manutenção do sistema de drenagem pluvial (PMPA, 2023e).

A cidade também conta com um Sistema de Proteção Contra Cheias (SPCC), construído na década de 1970, com 68 quilômetros de extensão, composto atualmente por 14 comportas, 23 casas de bomba e 68 quilômetros de diques (THIEL, 2023), indo da BR-290 (Freeway) até à Avenida Diário de Notícias. Este sistema inclui o Muro da Mauá, o qual possui três metros de construção abaixo do solo e mais três acima deles, além de 2.647 metros de extensão que vão do centro à zona norte da cidade. O sistema foi criado para proteger uma parte da cidade até a cota de 6,00 m do nível do Lago Guaíba, mas sua manutenção é essencial para garantir sua eficiência.

2.2.2.4 Limpeza Urbana e Manejo de Resíduos Sólidos

O Departamento Municipal de Limpeza Urbana (DMLU) é a autarquia do município de Porto Alegre responsável pela limpeza urbana e pelo manejo dos resíduos sólidos. A coleta seletiva e domiciliar é realizada em 100% das ruas em Porto Alegre, além de ser responsável também pela varrição, capinação das vias públicas, principalmente devido ao descarte inadequado de resíduos pela população (PMPA, 2023f). Segundo dados do DMLU de 2020, a capital apresenta 423 focos crônicos de descarte irregular de resíduos mapeados na cidade (GZH, 2022).

Em 2014 a geração per capita de resíduos sólidos urbanos (domiciliares, públicos e comerciais) foi de 1,36 kg/hab.dia, com projeções para atingir 2,78 kg/hab.dia em um prazo de 20 anos, segundo estudos do Plano Municipal de Saneamento Básico (PMPA, 2015b). Com base nesse prognóstico, no Volume 3 do Plano, estão descritos diversos programas municipais que têm o objetivo de ampliar a capacidade de coleta e tratamento e buscar diferentes formas de reaproveitamento, reciclagem e tratamento tanto dos resíduos secos quanto dos úmidos. Essas ações também contribuem a redução dos resíduos que acabam sendo descartados nos arroios e rios da cidade, gerando impactos positivos.

A cidade também apresenta um Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos (PMGIRS), publicado em 2013. O documento apresenta dois volumes principais: o primeiro relacionado ao diagnóstico e prognóstico da gestão de resíduos da cidade, e, o segundo, constituído do seu planejamento. Sua elaboração envolveu diversas reuniões técnicas, audiências públicas e recolhimento de sugestões da sociedade (PMPA, 2023g).

A cidade também apresenta Unidades de Destino Certo (UDCs), popularmente conhecidas como Ecopontos, locais estrategicamente distribuídos de forma gratuita para atender pequenos geradores de resíduos (pessoas físicas e/ou jurídicas), que não podem ser descartados pelo recolhimento das coletas regulares, como madeira, móveis velhos, colchões, terra, cerâmica, sucatas de ferro, eletrodomésticos, resíduos arbóreos entre outros materiais que poderiam acabar sendo descartados em lugares públicos. A cidade contém 7 UDCs (PMPA, 2023h).

Algumas iniciativas realizadas pela Prefeitura de Porto Alegre para promover o engajamento do descarte correto de resíduos são: *Programa Bota Fora*, uma alternativa para facilitar o descarte de resíduos que não podem ser recolhidos pelas coletas seletiva e domiciliar; *Composto Orgânico e Lenhas*, uma iniciativa de comercialização de compostos orgânicos e lenhas produzidas na Unidade de Compostagem do DMLU; *Coleta Especial Onerosa*, uma modalidade

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

de coleta para resíduos que também não são recolhidos nas coletas seletivas e domiciliares; *Horta Comunitária*, um auxílio técnico e de compostagem para a formação de hortas comunitárias (PMPA, 2023f).

2.3 CONTEXTO FÍSICO E AMBIENTAL

O município de Porto Alegre é caracterizado por variações na paisagem, na vegetação, no solo e nas demais singularidades físicas e ambientais que se modificam ao longo do território. Essa seção inclui levantamentos acerca da caracterização geomorfológica, dos solos e das áreas verdes, além de fitofisionomia, clima e hidrografia. Essas informações irão auxiliar na compreensão dos riscos da capital frente aos impactos da mudança do clima.

2.3.1 Geomorfologia e tipos de solo

A cidade de Porto Alegre ocupa uma área de planície circundada por 40 morros que abrangem 65% do seu território. É limitada pela orla fluvial do Lago Guaíba, de 72 quilômetros de extensão. A geomorfologia é caracterizada por uma variação entre terras altas, com morros isolados, colinas e cristas, e terras baixas, com planícies e terraços aluviais, enseadas, pontas, cordões arenosos e terraços lacustres, e a região do Delta do Jacuí (Figura 9).

Como pode ser visto no mapa, os padrões em forma de morros ocupam a área central do território, onde pode-se visualizar a maior cista da cidade, que contempla vários morros situados entre os cursos dos arroios Dilúvio e Cavalhada, dentre eles: Teresópolis, Pedra Redonda, Pelado e Morro da Polícia. Um pouco mais a nordeste há o Morro Santana, com 311 metros de altura, o mais alto do município. Ao sul, há mais alguns morros como o São Pedro e Morro da Tapera, porém estão distribuídos no território (RUALDO MENEGAT, 2018). A porção noroeste de Porto Alegre, ocupando cerca de 44 km², está distribuída em 16 ilhas do Lago Guaíba sob sua jurisdição, e que fazem parte do Delta do Jacuí (PMPA, 2023i), as quais apresentam padrões de formas em planícies pluviais. Mais ao norte, entre a região de banhado de morros, há uma porção da cidade ocupada por padrão de formas em colinas com topos convexos. Por fim, a região sul e extremo sul apresenta em sua maior parte um padrão de planícies flúvio-lagunares intercaladas por morros.

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

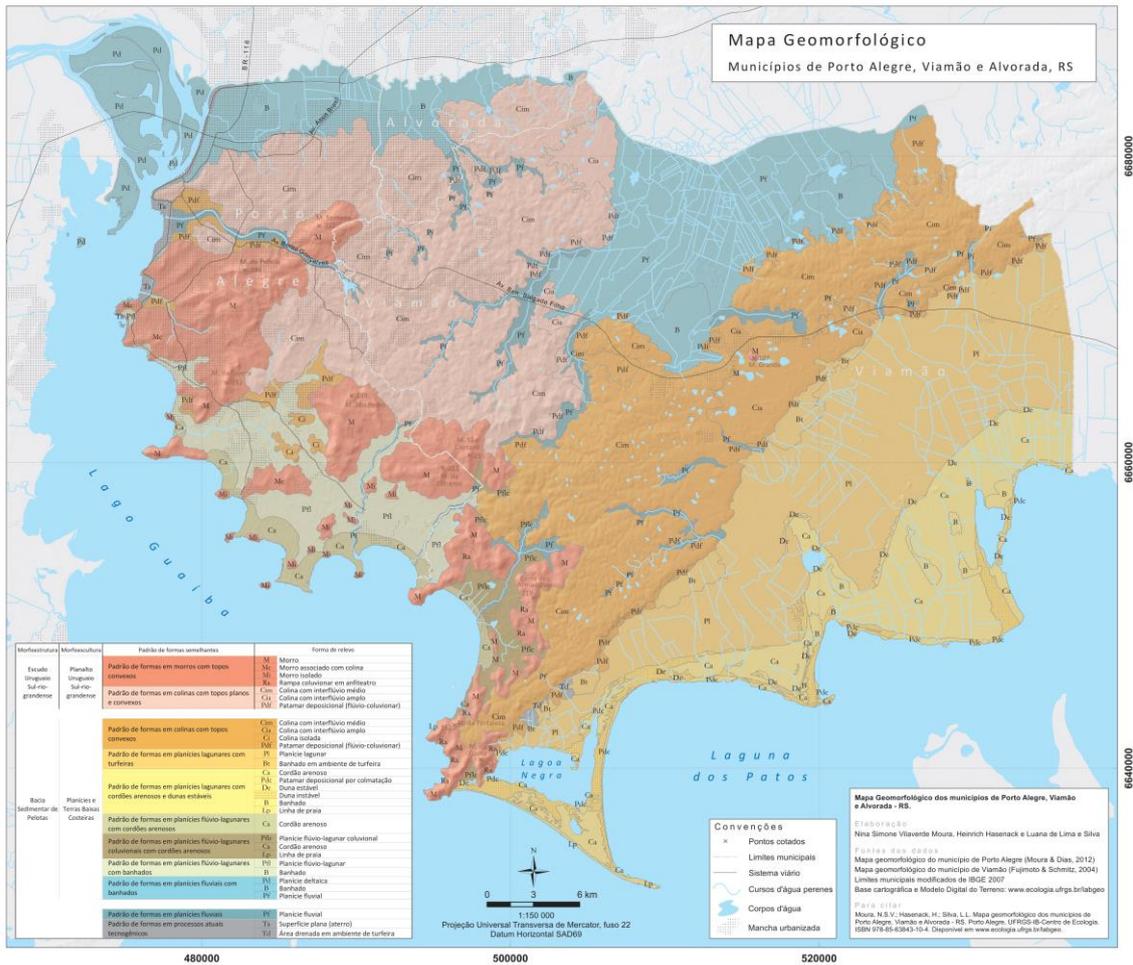


Figura 9. Mapa Geomorfológico dos municípios de Porto Alegre, Viamão e Alvorada.

Fonte: MOURA; HASENACK; SILVA.

De forma geral, a geomorfologia de Porto Alegre é plana, com níveis de declividade predominantes abaixo de 2% (Tabela 2) caracterizando as extensas áreas planas junto aos corpos d'água nos limites norte, oeste e sul do território e nas ilhas a noroeste. As maiores declividades se encontram no compartimento de morros nas áreas central, leste e sudeste do município e nos entornos das partes mais altas.

Tabela 2. Classes de declividade e percentual da área correspondente.

Classe de declividade (%)	Percentual da área (%)
<2	64,9
2-5	9,4
5-10	14,6
10-20	9,4
20-30	1,4
>30	0,3

Fonte: Adaptado de FUJIMOTO; DIAS (2008).

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

De forma geral, há diferentes tipos de solo de acordo com os terrenos variados: tipos e encostas de morros, planícies aluviais e lagunares, áreas marginais de arroios, feixes de restinga e áreas com influência antrópica. Os tipos de solo predominantes no município são Argissolos e associações entre Cambissolos, Neossolos, Planossolos e Gleissolos de diferentes subtipos (HASENACK ET AL. (COORD), 2008). Os referidos solos possuem diversas características específicas e explicam as condições de suas localidades, das quais pode-se destacar (SANTOS *et al.*, 2018):

- Argissolos: são de profundidade variável, desde forte a imperfeitamente drenados, de cores avermelhadas ou amareladas e mais raramente brunadas ou acinzentadas;
- Cambissolos: devido à heterogeneidade do material de origem, das formas de relevo e das condições climáticas, as características destes solos variam muito de um local para outro. Assim, a classe comporta desde solos fortemente até imperfeitamente drenados, de rasos a profundos, de cor bruna ou bruno-amarelada até vermelho-escura, de alta a baixa saturação por bases e atividade química da fração argila;
- Neossolos: compreendem solos constituídos por material orgânico pouco espesso que não apresenta alterações expressivas em relação ao material originário devido à baixa intensidade de atuação dos processos pedogenéticos (maior resistência ao intemperismo ou influência de fatores de formação do clima, relevo ou tempo) que podem impedir ou limitar a evolução dos solos;
- Planossolos: ocorrem preferencialmente em áreas de relevo plano ou suave ondulado, onde as condições ambientais e do próprio solo favorecem vigência periódica anual de excesso de água, mesmo que de curta duração, especialmente em regiões sujeitas à estiagem prolongada e até mesmo sob condições de clima semiárido;
- Gleissolos: se encontram permanente ou periodicamente saturados por água, salvo se artificialmente drenados. A água permanece estagnada internamente ou a saturação ocorre por fluxo lateral no solo. Em qualquer circunstância, a água do solo pode se elevar por ascensão capilar, atingindo a superfície.

A caracterização dos solos permite compreender, por exemplo, sua resposta frente ao contexto climático. A deficiência de drenagem interna dos solos até solos excessivamente drenados interfere na maior ou menor suscetibilidade à erosão (FILHO *et al.*, 2005).

2.3.2 Áreas verdes e fitofisionomia

Em relação aos biomas, o município se situa próximo à divisa entre o bioma Mata Atlântica e o bioma Pampa, embora seu território esteja 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, 2021).

As áreas ocupadas pelas ilhas, localizadas ao noroeste, são todas definidas como Áreas de Preservação Permanente (APP) pela Lei Orgânica do município. Há também as APPs nos entornos de arroios e nos topos dos morros (Figura 10). Porto Alegre possui quatro Unidades de Conservação (UC), sendo a mais extensa o Parque Natural Morro do Osso, com 220 hectares, que é localizado à margem do Rio Guaíba e cujo morro de mesmo nome tem 143 metros de altura, fazendo parte da cadeia de morros graníticos e de conservação de vegetação da Mata Atlântica. Outra UC é a Reserva Biológica do Lami, com 204 hectares, localizada ao sul e que preserva, entre outras espécies, a planta *Ephedra tweediana* (trepadeira macarrão), vegetal considerado raro e endêmico que faz parte das matas de restinga (SMAMUS, 2023a).

Já o Refúgio de Vida Silvestre São Pedro, com 147 hectares e localizado no bairro Lami, é habitat de espécies animais raras e ameaçadas de extinção, como o mão-pelada, o graxaim e o bugio-ruiivo, e está inserido no maior fragmento de Mata Atlântica da cidade. Por fim, o Parque Natural Municipal Saint' Hillaire, de 130 hectares e localizado no bairro Lomba do Pinheiro, abriga fisionomias de campo nativo e floresta representativa da Mata Atlântica. Dentro do Parque estão as nascentes que contribuem para a formação do Arroio Dilúvio, um dos principais arroios da cidade (SMAMUS, 2023a).

O município também está incluso dentro de duas Unidades de Conservação Estaduais. Uma delas é o Parque Estadual Delta do Jacuí, de 14.242 hectares, e que contempla as ilhas localizadas a noroeste que pertencem à Porto Alegre, como a Ilha das Flores, Ilha da Pintada e Ilha do Pavão, entre outras (SEMA, 2021). A outra UC é a Área de Proteção Ambiental Estadual Delta do Jacuí, com 22.826 hectares e que compartilha, aproximadamente, 62% de seu território com o Parque Estadual Delta do Jacuí (SEMA, 2018), englobando as mesmas regiões de Porto Alegre.

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

Em Porto Alegre também estão presentes áreas de banhado, que são extensões de terras normalmente saturadas de água onde se desenvolvem fauna e flora típicas¹¹. As áreas de banhados enquadram como zonas de transição terrestre-aquáticas periodicamente inundadas por reflexo lateral de rios e lagos e/ou pela precipitação direta ou pela água subterrânea (JUNK *et al.*, 2014). Em Porto Alegre, há algumas áreas onde há presença destas características, as quais se classificam no MAPBIOMAS como “campo alagado e área pantanosa” (MAPBIOMAS, 2021): região norte, que faz parte da bacia de inundação do rio Gravataí, junto à Freeway; zona sul da cidade, em áreas próximas às margens do Guaíba e de arroios como o Arroio do Salso; e região do Arquipélago, que se enquadra dentro de duas unidades de conservação apresentadas acima.

Quanto às áreas verdes urbanas, o município possui 694 praças urbanizadas, totalizando aproximadamente 5 milhões de metros quadrados. Além disso, ocupando cerca de 230 hectares, há 11 parques urbanizados, sendo eles, por ordem de maior área, Marinha do Brasil, Farroupilha (Redenção), Chico Mendes, Marechal Mascarenhas de Moraes, Maurício Sirotsky Sobrinho (Harmonia), Germânia, Jaime Lerner (trecho 3 da Orla), Gabriel Knijnik, Moinhos de Vento, Orla Moacyr Scliar e Pontal (SMAMUS, 2023b) (Figura 10).

¹¹ Existem 111 terminologias para áreas úmidas, sendo 19 definidas em Leis Estaduais e 5 definidas em Leis Feder. A denominação banhado é utilizada principalmente no Rio Grande Sul e provém do termo espanhol “bañado”, devido à influência dos países que fazem fronteiras com o Estado.

Mapa de Áreas Verdes e Recursos Hídricos

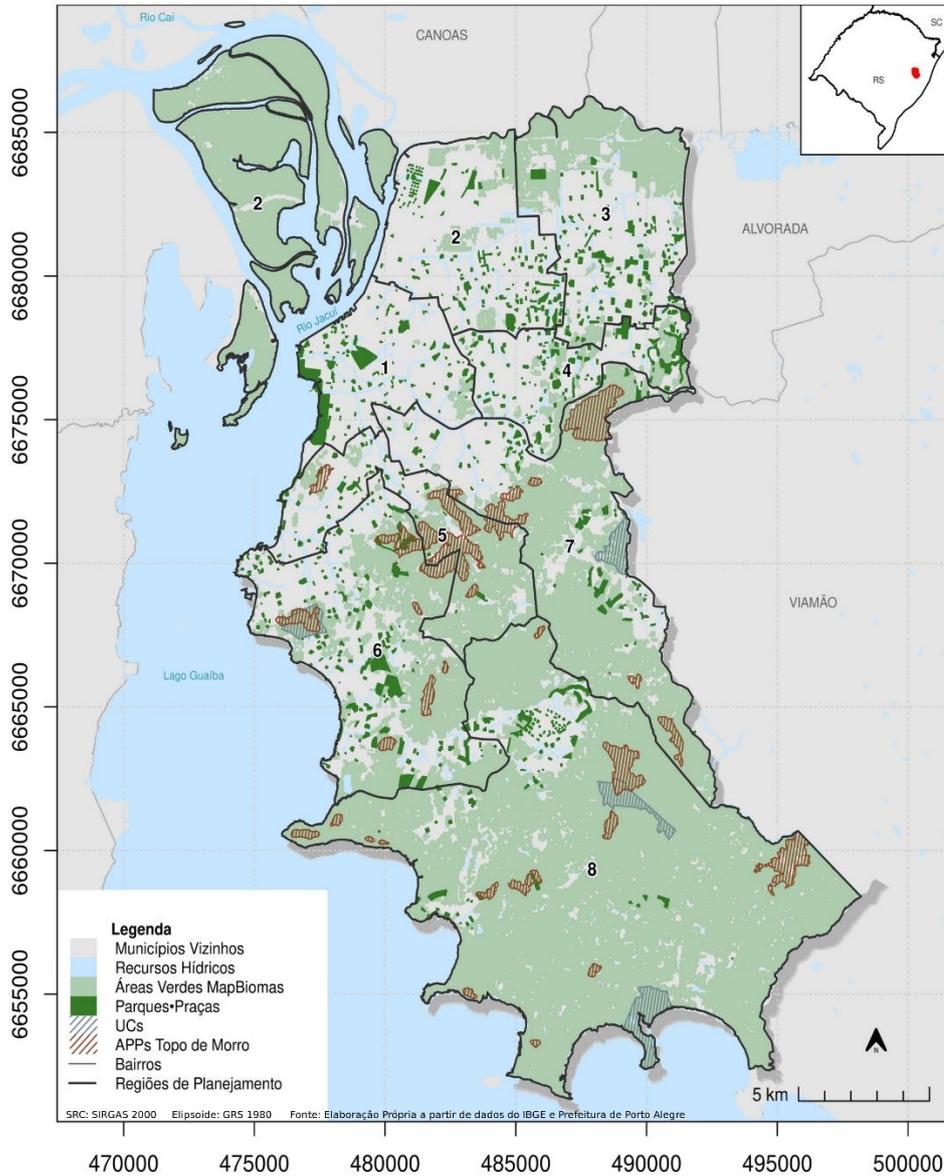


Figura 10. Mapa de áreas verdes, recursos hídricos e bairros do município de Porto Alegre, por RGP.
 Fonte: Elaboração própria, com base nos dados fornecidos pela Prefeitura e MAPBIOMAS.

2.3.3 Clima

O clima de Porto Alegre é classificado como sendo subtropical úmido, apresentando chuvas bem distribuídas ao longo do ano. A temperatura média máxima de 1991 a 2020 foi de 25,6 °C, alcançando de 30 a 31 °C de dezembro a fevereiro. No mesmo período, a temperatura mínima média foi de 15,9 °C, reduzindo para valores próximos a 10 e 11 °C de junho a agosto (INMET, 2020).

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

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). Em Porto Alegre, a precipitação pluviométrica acumulada anual média no período entre 1991 e 2020 foi de 1.494,6 mm, 13% maior na comparação com o período anterior, entre 1961 e 1990, de 1.320,2 mm (INMET, 2020).

A Figura 11 compila os dados de temperaturas máxima e mínima e de precipitação acumulada a cada mês, considerando os últimos 30 anos com dados mais recentes (de 1991 a 2020). Percebe-se que a temperatura varia entre as estações, indo de 10°C a quase 20°C no mês de julho, o mês mais frio, e entre cerca de 20°C e 31°C em janeiro, o mês mais quente. Quanto à precipitação, pode-se perceber sua distribuição ao longo de todos os meses do ano, tendo variado entre 103,3 mm e 165,5 mm nas últimas três décadas, sendo março o mês menos chuvoso e julho o mais chuvoso.

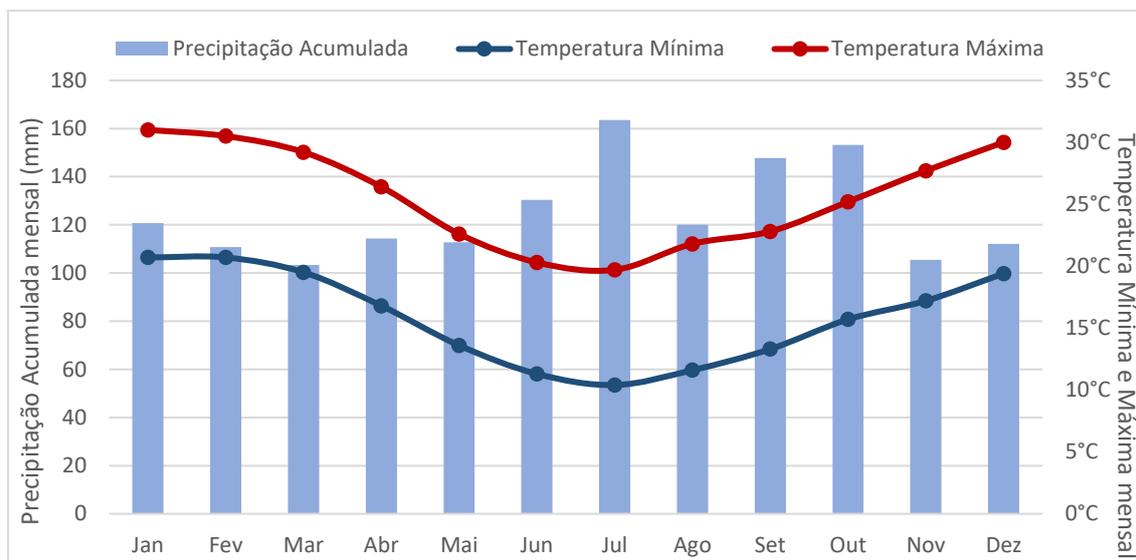


Figura 11. Climograma de Porto Alegre compilado com base na média de 30 anos (1991-2020).

Fonte: INMET (2020).

Em relação à variação das temperaturas médias e a ocorrências de secas, é importante mencionar que no estado do Rio Grande do Sul esses eventos vem se tornando cada vez mais frequentes, 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).

Porto Alegre também possui um histórico mais recente de temporais, tempestades, vendavais e ciclones. No ao de 2016, um temporal provocou falhas no abastecimento de energia elétrica e deixou sem luz pelo menos 300 mil clientes de Porto Alegre e da Região Metropolitana, além de

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

provocar quedas no sistema da empresa de transporte público (GZH, 2016). Nos últimos anos, ciclones extratropicais também tem se tornado mais frequentes e intensos na cidade e no estado do Rio Grande do Sul, com recorde de chuvas em Porto Alegre para o mês de setembro de 2023. Mais detalhes sobre estes fenômenos estão apresentados no APÊNDICE B. NOTA TÉCNICA SOBRE CICLONES.

2.3.4 Hidrografia

O município de Porto Alegre é abrangido por duas bacias hidrográficas: a Bacia Hidrográfica do Lago Guaíba (G080), que ocupa a maior parte do território (81%), e a Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí (G010), localizada na porção nordeste da cidade (SEMA, 2023)¹².

2.3.4.1 Bacias hidrográficas que abrangem Porto Alegre

O Lago Guaíba é o principal corpo hídrico do município, por circundar todo o limite oeste e ser a fonte de abastecimento de água da maior parte da população. O seu curso se inicia no Delta do Rio Jacuí, a noroeste do município de Porto Alegre, e seu desague é na Lagoa dos Patos. De acordo com o Atlas Ambiental de Porto Alegre (RUALDO MENEGAT, 2018), o Lago Guaíba possui 470 km² de superfície e tem uma profundidade média de 2 (dois) metros, estando 4 metros acima do nível do mar.

A manutenção da qualidade ambiental do Guaíba é extremamente importante, uma vez que sua população usufrui de forma direta e indireta dos seus recursos naturais. O Lago é formado principalmente pela contribuição de outras bacias – Jacuí (84,6%), dos Sinos (7,5%), Caí (5,2%) e Gravataí (2,7%) –, além de receber águas dos arroios adjacentes, abrangendo uma área de drenagem considerada um terço do território do Rio Grande do Sul (COMITÊ DO LAGO GUAÍBA, 2021). A flutuação do nível d'água da Lagoa dos Patos e a direção da intensidade dos ventos predominantes na região são os fatores que controlam a dinâmica de escoamento do Lago Guaíba (ERNST&YOUNG; PMPA, 2023).

A Bacia Hidrográfica do Rio Gravataí, que abrange os 19% restantes do território, tem seu gerenciamento dividido em diferentes municípios, sendo que Porto Alegre é Unidade de Gestão,

¹² No estado, há três grandes Bacias: a Bacia do Guaíba, Bacia Litorânea e Bacia do Rio Uruguai. Para classificação das 25 bacias menores existentes dentro de uma destas três, é designada a primeira letra de cada grande bacia (G, L ou U) e um número múltiplo de 10 para diferenciação. Para mais informações, acesse: <https://www.sema.rs.gov.br/bacias-hidrograficas>.

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

junto com Alvorada, da Margem Esquerda da sub-bacia do Baixo Gravataí. Nesta região do Baixo Gravataí, há predominância de áreas urbanas, lavouras e campo úmido.

2.3.4.2 Sub-bacias hidrográficas e arroios de Porto Alegre

Especificamente no município de Porto Alegre podem ser delimitadas 27 sub-bacias hidrográficas, identificadas na Figura 12. A maior parte dos arroios da cidade desemboca no Lago Guaíba, tanto no sentido leste para oeste quanto no sentido norte para sudoeste-sul, incluindo os citados acima. Os arroios que desaguam no rio Gravataí, com fluxo de sul para norte, são Feijó, Passo das Pedras, Mangueira, Areia e Santo Agostinho (PMPA, 2015b).

A Tabela 3 abaixo apresenta dados dos arroios cujas bacias hidrográficas possuem o maior número de habitantes. Estas cinco sub-bacias concentravam, em 2010, 71% da população do município (PMPA, 2015b). Pode observar que três delas, incluindo a do Arroio Dilúvio, que sozinha comportava um terço da população, possuem a foz no Lago Guaíba, que é o principal recurso hídrico de captação de água para abastecimento na cidade.

Tabela 3. Dados informativos das cinco sub-bacias com maior população em Porto Alegre.

Nome do arroio que compõe a bacia	População na bacia (2010)	Área da bacia (km ²)	Nascente	Foz
Arroio Dilúvio	448.945	63,2	Lomba do Pinheiro	Lago Guaíba
Arroio Passo das Pedras	180.296	35,3	Morro Santana	Rio Gravataí
Arroio do Salso	131.890	91,2	Bairro Lomba do Pinheiro	Lago Guaíba
Arroio Cavalhada	109.765	24,5	Morro Pedra Redonda	Lago Guaíba
Almirante Tamandaré	105.512	10,2	Arroio integralmente canalizado	Delta do Jacuí

Fonte: Adaptado por WayCarbon, com base em MOURA; BASSO; SANCHES (2013); PMPA (2015), IMA (2019) e DEP; PMPA (2023).

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas



Figura 12. Sub-bacias hidrográficas do município de Porto Alegre.

Fonte: PMPA (2015).

3. METODOLOGIA

3.1 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), adaptada pela WayCarbon para avaliar o risco climático em cidades¹³. 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.

As informações relacionadas às ameaças, exposição e vulnerabilidade foram tratadas e organizadas em um banco de dados na plataforma MOVE¹⁴. A Equação 1, utilizada para obter o Índice de Risco Climático (*R*) é representada pelas interações na Figura 13.

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

Em que:

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

¹³ 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.

¹⁴ 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/>>.

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

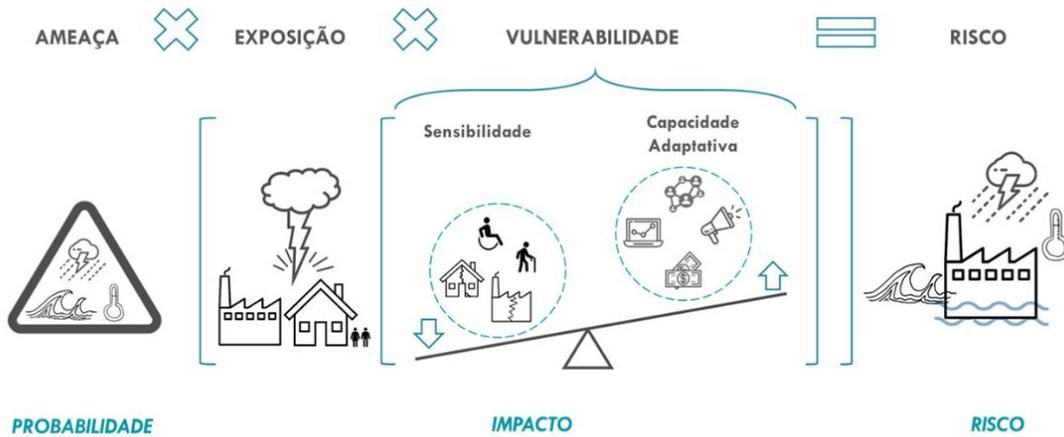


Figura 13. Metodologia de Risco Climático do IPCC.

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

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 de risco, diferenciado por tipo de ameaça climática. Para representar os índices, estes são divididos em cinco classes: “Muito Baixa”, “Baixa”, “Média”, “Alta” e “Muito Alta”.

A Tabela 4 representa uma síntese da escala utilizada para os índices de ameaça, risco, exposição 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, as quais se aplicam para ameaça e risco, e sua relação com a classe dos indicadores e suas faixas de valores.

Tabela 4. Escala de classes e cores dos indicadores de ameaça e risco.

Classe	Faixa	Ameaça (cor)	Risco (cor)
Muito Baixa	0,00 a 0,10		
	0,10 a 0,20		
Baixa	0,20 a 0,30		
	0,30 a 0,40		
Média	0,40 a 0,50		
	0,50 a 0,60		
Alta	0,60 a 0,70		
	0,70 a 0,80		

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

Classe	Faixa	Ameaça (cor)	Risco (cor)
Muito Alta	0,80 a 0,90		
	0,90 a 1,00		

Fonte: WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance.

Foram considerados o período histórico (1995-2014) e dois horizontes temporais para análise, sendo eles: 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). As projeções futuras consideram os horizontes de 2021-2040 e 2041-2060 e o período histórico (HIS) é estabelecido no intervalo de 1995-2014 devido a disponibilidade de dados dos modelos climáticos. Desta forma, o período de referência foi definido como 1895-1994 para contemplar o maior intervalo de tempo possível e obter melhor precisão da análise, no caso de 100 anos.

Para este estudo, foi feita a modelagem climática utilizando um conjunto de seis modelos do CMIP6, destacados na Tabela 5. Os modelos foram tratados espacialmente e compatibilizados em uma resolução comum de 0.5°x0.5°. Para cada um dos modelos foram avaliados os **Cenários SSP-RCP**, os quais consistem como a forma mais atual de definir tendências futuras, e implicam diretamente nos cenários de concentração de GEE na atmosfera. O cenário escolhido foi o SSP3-7.0, que considera uma trajetória de emissões altas, com emissões de CO₂ dobradas até 2100. O detalhamento dos modelos climáticos e cenários utilizados e como são calculados está no APÊNDICE A. METODOLOGIA DETALHADA RISCO CLIMÁTICO deste relatório.

Tabela 5. Modelos Climáticos utilizados na construção da avaliação de risco climático.

N °	Modelo	Centro de Pesquisa	Resolução (lat x lon)
1	ACCESS-ESM1-5	<i>Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (Australia)</i>	1.25° x 1.25°
2	GFDL-ESM4	<i>National Oceanic and Atmospheric Administration (USA)</i>	1.11° x 1.11°
3	IPSL-CM6A-LR	<i>Institut Pierre Simon Laplace (França)</i>	1.3° x 2.5°
4	MIROC6	<i>Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology (Japão)</i>	1.4° x 1.4°
5	MRI-ESM2-0	<i>Meteorological Research Institute (Japão)</i>	1.1° x 1.1°
6	NorESM2-MM	<i>Bjerknes Centre for Climate Research (Noruega)</i>	1.1° x 1.1°

Fonte: WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance.

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

Após o cálculo dos índices de ameaça, exposição e vulnerabilidade, obtêm-se o índice de risco climático para cada ameaça¹⁵. Os resultados de exposição, ameaça, vulnerabilidade e risco serão apresentados para todo o território de Porto Alegre, por meio de mapas georreferenciados, utilizando como unidade territorial as RGP's apresentadas na Figura 5. Ainda, são apresentados mapas aproximados de risco climático com destaque para o 4º Distrito e Centro Histórico, considerando que se trata de áreas prioritárias de interesse de atuação da Prefeitura em programas de investimento estratégico, a exemplo do Programa Centro+4D. Por fim, bairros que apresentaram mais de um risco climático sobreposto em seu território e presença de populações mais vulneráveis foram discutidos em um capítulo à parte.

3.2 EXPOSIÇÃO

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 residente. Com isso, a densidade populacional é usada para indicar o grau de presença de pessoas residentes que podem ser potencialmente afetadas na ocorrência de uma (ou mais) ameaça (s) climática (s). Para Porto Alegre, a análise considerou a estimativa da população do município no ano de 2022, de acordo com os primeiros resultados divulgados pelo censo do IBGE em 2023 (IBGE, 2022). O APÊNDICE A. METODOLOGIA DETALHADA RISCO CLIMÁTICO apresenta o detalhamento de como o dado de população total do último Censo foi incorporado neste estudo.

Adicionalmente, foi considerada a análise de exposição das infraestruturas críticas, conforme disponibilizado pela Prefeitura de Porto Alegre, incluindo os setores de saúde (Hospitais e Unidades de Pronto Atendimento - UPAs), transporte (principais vias e terminais rodoviários, hidroviários, aeroviário) e patrimônios edificados (casas de cultura e arte, museus, bibliotecas, entre outros), em relação as ameaças climáticas de inundação fluvial e deslizamento.

¹⁵ Neste estudo, em todos os mapas, estão apresentadas as áreas verdes de Porto Alegre, cuja base de dados é do MAPBIOMAS. Estão incluídas as seguintes formações que compõem estas áreas verdes na cidade: floresta (formação florestal e restinga arborizada) e formação naturais não florestais (campo alagado e área pantanosa, formação campestre e restinga herbácea/arbustiva) (MAPBIOMAS, 2021).

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

3.3 AMEAÇA

A ameaça climática é caracterizada por um evento climático físico, a exemplo de ondas de calor, inundações, secas meteorológicas, deslizamentos, tempestades etc., e que possa ocasionar danos ou perdas significativas para o ecossistema, a sociedade, e a economia local.

Para o município de Porto Alegre, foram analisadas seis ameaças climáticas, validadas após a entrega do Plano de Trabalho (P1), em abril de 2023, e que refletem os principais riscos históricos e futuros para Porto Alegre. São elas: inundação fluvial, deslizamentos/erosão, ondas de calor, secas meteorológicas, vetores de arboviroses e tempestades¹⁶. A Figura 14 apresenta a definição de cada uma.

 <p>Inundação Fluvial</p> <p>Transbordamento dos limites normais de um corpo d'água, ou o acúmulo de água em áreas que não estão normalmente submersas. Geralmente são causadas por fortes chuvas acima da média.</p>	 <p>Deslizamentos /erosão</p> <p>Movimento de terra, rochas ou detritos em encostas. Eles podem ser desencadeados por fortes chuvas e são influenciados por atividades humanas, como construção de moradias e o desmatamento.</p>	 <p>Ondas de Calor</p> <p>Dias muito quentes com temperaturas máximas acima da média climatológica com persistência de pelo menos 3 dias consecutivos, para a mesma região e época do ano.</p>
 <p>Secas meteorológicas</p> <p>Falta de água induzida pelo desequilíbrio anormal entre a precipitação e a evaporação. Em geral, é consequência de um longo período com déficit de precipitação, isto é, muito abaixo da média registrada.</p>	 <p>Vetores de arboviroses</p> <p>Arboviroses são doenças transmitidas por vírus do tipo arbovírus, que incluem a dengue, a Zika, a Chikungunya e a febre amarela. O <i>Aedes aegypti</i> é o principal vetor em áreas urbanas, por se adaptar facilmente ao microclima e ao ambiente.</p>	 <p>Tempestades</p> <p>Combinação de ventos fortes e precipitação elevada num intervalo curto de tempo. A ocorrência de tempestades depende de uma combinação de diversas variáveis climáticas como temperatura, umidade relativa do ar e precipitação.</p>

Figura 14. Definição das seis ameaças climáticas analisadas.

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

As ameaças climáticas são calculadas através de índices que representam os extremos climáticos associados às ameaças; por exemplo, a ocorrência de deslizamento está relacionada à chuva

¹⁶ Nota sobre ameaças: Para seguir as terminologias da metodologia do IPCC, o termo ameaça será utilizado ao longo do relatório para se referir a um dos componentes do risco climático, conforme Figura 13. Porém, é importante destacar que inundação fluvial e deslizamentos/erosão decorrem a partir de outros elementos climáticos, como fortes chuvas. Já as tempestades são a combinação de ventos fortes e precipitação elevada em um curto intervalo de tempo. Por fim, as ondas de calor e secas meteorológicas são fenômenos naturais.

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

intensa e persistente por vários dias consecutivos, causando o encharcamento do solo e, conseqüentemente, o deslizamento de terra. A descrição dos índices para cada ameaça está apresentada no APÊNDICE C. METODOLOGIA DETALHADA DAS AMEAÇAS. A seguir, são apresentadas as principais definições para cada ameaça considerada na presente análise.

3.3.1 Inundação Fluvial

As inundações, geralmente causadas por chuvas intensas, geram grande impactos nos ambientes urbanos. No caso desta ARVC, vale ressaltar que o cálculo da ameaça de inundação fluvial leva em conta exclusivamente a inundação, definida como um transbordamento de água proveniente de corpos hídricos, sejam de canais, rios, ou açudes, como resultado da interação entre o volume excessivo de água da chuva, elementos morfológicos e a topografia da bacia hidrográfica.

Por integrar um Plano de Ação Climática Local, a análise de ameaça de inundação fluvial, bem como as das demais ameaças, foram desenvolvidas considerando o limite geográfico do município de Porto Alegre. Ou seja, não foi considerada uma análise em nível de Bacia Hidrográfica do Lago Guaíba, de responsabilidade do Comitê, Estado ou União. Isto configuraria uma avaliação regional, abrangendo todo o curso de rios como Taquari e Caí, originários de outros municípios, e, portanto, parte fora do escopo da ARVC. Sendo assim, a análise de inundações fluviais decorrentes da elevação do nível da bacia do Guaíba não está inclusa neste diagnóstico.

É importante destacar que, para este estudo, são considerados os cursos naturais dos arroios e rios, de acordo com o modelo digital de elevação (MDE) e dados de drenagem fornecidos pelo DMAE. Não foram consideradas as canalizações de arroios, visto que seria necessária uma avaliação específica para as estruturas de canalização. O cálculo do índice morfométrico para a ameaça de inundação fluvial foi desenvolvida utilizando-se as bacias do nível 5 da Agência Nacional das Águas - ANA, que inclui parcialmente algumas das bacias pertencentes à macrorregião do Guaíba, como a do Jacuí e Gravataí.

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).

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

A cidade de Porto Alegre passou por uma enchente histórica em 1941, quando o Lago Guaíba alcançou um nível máximo de 4,76 m, inundando diversas regiões da cidade e desabrigando 70 mil pessoas, o que representava um quarto da população na época. Foi a partir deste evento que a cidade construiu o Muro da Mauá, estrutura de contenção que fazia parte do Sistema de Proteção Contra Cheias que passou a ser desenvolvido, contendo também diques, comportas e casas de bombas (GAÚCHA ZH, 2021). Relatos mais recentes como o estudo desenvolvido pelo Banco Mundial, referente ao histórico de inundações na região de Humaitá-Navegantes (BANCO MUNDIAL, 2019), e o estudo da CPRM que registrou mais de 142 áreas de risco, demonstram que a cidade ainda convive com as inundações (LAMBERTY; CPRM, 2023).

No ano de 2024, as chuvas que atingiram o estado do Rio Grande do Sul entre final de abril e início de maio resultaram em uma cota do Lago Guaíba acima dos 5 metros, superando 1941. Dois meses depois, o nível do Lago seguia acima do normal, marcando mais de 2 metros no início de julho. No evento climático, a cidade registrou um acumulado em mês civil superior a 500 mm, sendo o mês mais chuvoso de toda a série histórica de 124 anos (METSUL; 2024a, 2024b).

3.3.2 Deslizamentos/erosão

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

A resistência da estrutura dos materiais acumulados nas encostas está ligada diretamente a fatores como o tipo do material, presença e tipo de cobertura vegetal e uso do solo. O nível de declividade do terreno também possui uma estreita associação com os eventos de deslizamento, assim como o formato das vertentes do terreno, quando observadas as suas curvaturas vertical e horizontal. Fatores climáticos, como chuvas extremas e acumuladas também são determinantes na ocorrência destes eventos.

Chuvas, variação da temperatura, vento e atividades antrópicas são alguns dos fatores que causam o intemperismo, processo de desagregação da rocha em partículas menores, que então passam por processos erosivos. O recente mapeamento da CPRM citou os seguintes processos identificados em Porto Alegre: erosão marinha (relacionada à ação das ondas), erosão fluvial

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

(causada pela ação dos rios) e erosão continental, no qual está inserida a erosão pluvial (causada pela ação da água das chuvas). As áreas de risco de deslizamento, intensificados por essas ações erosivas, ocorrem principalmente devido a ocupação irregular em encostas de morros e ocupação na base de taludes rochosos de antigas minerações de extração de rocha (LAMBERTY; CPRM, 2023).

3.3.3 Ondas de calor

Ondas de calor são fenômenos caracterizados por períodos de temperatura do ar muito alta, bastante perceptíveis e impactantes para os sistemas humanos e naturais. Apesar de não haver uma definição exata para esse período, a Organização Mundial da Saúde (OMS) e a Organização Meteorológica Mundial (OMM) consideram que, a partir de 2 ou 3 dias de duração, o evento climático já pode ser considerado uma onda de calor. Os riscos provindos do calor intenso de longa duração 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 à temperatura do corpo por qualquer motivo interno ou externo, e fatores demográficos e socioeconômicos, como idade, condição de saúde, isolamento social, abrigo, falta de conhecimento a respeito do tema, baixa escolaridade, gênero e renda pessoal ou familiar, podem determinar o nível de risco em que se encontra uma pessoa ou uma população. 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).

Em janeiro de 2023, a média das temperaturas em Porto Alegre foi de 33,2°C, sendo 2,2°C acima da média da Normal Climatológica (1991-2020) que é de 31°C, valor considerado igual ao registrado em janeiro de 2022 (INMET, 2023). Além disso, a maior temperatura registrada em janeiro foi de 37,9°C, nos dias 26 e 28. Já a média das temperaturas mínimas foi de 21,7°C, sendo considerado 1,0°C acima da Normal Climatológica, que é de 20,7°C (INMET, 2023).

3.3.4 Secas meteorológicas

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

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

como a velocidade do vento, temperatura, umidade do ar e insolação. As consequências das mudanças do clima estão intrinsecamente 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, à 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).

De acordo com o relatório anual da *World Health Organization* (OMS, 2021), uma a cada quatro pessoas não têm 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).

A ameaça de secas meteorológicas para o município de Porto Alegre utilizou os dados georreferenciados das sub-bacias hidrográficas (Figura 12) como forma de extração dos resultados, porém, como o valor foi o mesmo em todas as sub-bacias, o resultado foi apresentado para todo o território. Independentemente deste resultado, o aumento da intensidade e da frequência de eventos de secas meteorológicas pode impactar a disponibilidade de água para os sistemas, levando à interrupção ou intermitência dos serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário para a indústria e para os domicílios, tendo

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

em vista que esses sistemas são projetados para receber um volume grande de água (SHERPA *et al.*, 2014).

3.3.5 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. 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 (ARAÚJO *et al.*, 2015; BARIFOUSE, 2015). 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 *Aedes aegypti* e dinâmica de transmissão. 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).

3.3.6 Tempestades

As tempestades são caracterizadas por uma intensa e por vezes prolongada chuva, acompanhada de ventos fortes, granizo, trovões e relâmpagos, não havendo a necessidade de todos estes elementos estarem presentes (CPTEC/INPE, 2023). Apresentam grandes nuvens cumulonimbus (nuvem com topo muito alto que provocam as descargas atmosféricas). Para o presente trabalho, o cálculo da probabilidade de ocorrência do risco de tempestades foi analisado a partir dos extremos de chuva e vento.

A ocorrência de tempestades nas cidades pode resultar em elevados custos sociais e grandes danos às infraestruturas, indo de danos às habitações até a morte de habitantes locais, devido tanto aos alagamentos decorrentes do acúmulo de água por forte precipitação, quanto pelos fortes ventos relacionados a esta ameaça. Outros impactos incluem a falta de abastecimento de

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

água para a população, através da queda da energia elétrica, como também de outras operações que dependem do sistema de energia.

Um levantamento desenvolvido em todo o Brasil entre 1995 e 2019 corrobora esta informação, apontando que o Rio Grande do Sul liderou a lista de danos e prejuízos entre as Unidades Federativas. No período de 25 anos, os danos ambientais, humanos, materiais e os prejuízos pela interrupção no acesso a serviços, equipararam ao valor de 41,25 bilhões. Quanto aos danos materiais em infraestrutura, o estado ocupou a 5ª posição nacional e a 1ª ao considerar os danos decorrentes de habitações destruídas (BANCO MUNDIAL, 2020).

3.4 VULNERABILIDADE

O **índice de vulnerabilidade (V)** é avaliado a partir de fatores que caracterizam o fator de exposição, qualificando-o em relação a cada ameaça. Assim, esse índice é calculado em função da sensibilidade ou suscetibilidade e da capacidade de adaptação, a partir de informações espacialmente disponibilizadas (Equação 2).

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

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 climáticos extremos, de modo que a combinação de alta sensibilidade e baixa capacidade adaptativa resulta na maior vulnerabilidade (ver Figura 13).

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).

No caso da exposição de pessoas, são utilizadas variáveis socioeconômicas e estruturais que caracterizam sua sensibilidade e capacidade de resposta. Estas variáveis 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. O Quadro 3 apresenta as variáveis utilizadas para compor o índice de vulnerabilidade, definidas a partir da metodologia e limitada aos dados disponíveis. Parte dos dados para estas variáveis foi obtida a partir de fontes públicas, e parte foi disponibilizada por secretarias e departamentos da cidade.

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

Destaca-se que para exposição de infraestruturas críticas, como setores de saúde, transporte e patrimônios edificados, não foi realizado cálculo de vulnerabilidade; somente se analisou geoespacialmente a probabilidade de ocorrência de ameaças climáticas de inundação fluvial e deslizamentos e quais infraestruturas se localizavam em áreas de ameaça alta.

Quadro 3. Variáveis utilizadas para compor o índice de vulnerabilidade climática.

Componente	Variáveis base	Definição	Ameaças	Fontes
Sensibilidade	Déficit habitacional	Combinação dos percentuais de residências alugadas, com mais de 5 moradores e renda menor que 3 salários-mínimos ¹⁷ . O indicador reflete a precariedade do domicílio, tornando-o mais sensível a impactos caso as ameaças se concretizem.	Inundações, ondas de calor, secas meteorológicas, vetores de arboviroses, tempestades	IBGE, 2010
	População sensível	Percentual de habitantes com menos de 5 anos e mais de 65 anos. Para eventos de inundação, deslizamentos e tempestades, considera-se que a população sensível pode ter capacidade de locomoção limitada, sendo potencialmente mais afetada. Para eventos de secas, arboviroses e ondas de calor*, considera-se que toda a população exposta é sensível a ameaça, no entanto a população mais dependente, ou seja, idosos e crianças, tendem a ser mais afetados.	Inundações, deslizamentos, ondas de calor, secas meteorológicas, vetores de arboviroses, tempestades	IBGE, 2010
	Área Impermeável	Percentual da área de cada setor censitário classificada como urbana em relação às demais classes. Um maior percentual de área urbana reflete maior grau de impermeabilização, pelo uso de materiais como concreto e asfalto.	Inundações, deslizamentos, ondas de calor, tempestades	MAPBIOMAS, 2021
	Habitações irregulares	Áreas onde se localizam habitações irregulares.	Deslizamentos	DEM HAB

¹⁷ 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.

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

Componente	Variáveis base	Definição	Ameaças	Fontes
	Falta de acesso à água	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 criadores do mosquito.	Vetores de arboviroses	IBGE, 2010
Capacidade adaptativa	Renda média	A renda é utilizada como um proxy para indicar pessoas que teriam o maior potencial de adaptação diante das ameaças. O nível de renda indica maior ou menor capacidade de investimento para melhorar sua infraestrutura habitacional e se restabelecer em caso de eventos extremos.	Inundações, deslizamentos, ondas de calor, secas meteorológicas, vetores de arboviroses, tempestades	IBGE, 2010
	Casas de Bomba	Áreas protegidas pelas casas de bomba.	Inundações	DMAE, 2023
	Infraestrutura de esgoto	Indicador adotado como uma <i>proxy</i> ¹⁸ para precariedade ou ausência de infraestruturas de drenagem, pois sistemas de esgotamento são, normalmente, acompanhados por sistemas para escoamento de águas pluviais.	Inundações, tempestades	IBGE, 2010
	Infraestrutura das ruas	Média do percentual de domicílios por setor censitário com pavimentação de ruas, presença de meio fio e iluminação pública.	Deslizamentos e tempestades	IBGE, 2010
	Áreas verdes, parques, praças e UCs	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, parques, praças e UCs a fim de verificar a distância da área urbana que pode usufruir do amortecimento destas áreas.	Ondas de calor	MAPBIOMAS, 2021; PMPA, 2023
	Acesso à água	Percentual de domicílios que tem conexão com a rede pública de abastecimento de água.	Ondas de calor, secas meteorológicas	IBGE, 2010

¹⁸ *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.

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

Componente	Variáveis base	Definição	Ameaças	Fontes
		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.		
	Reservatórios de água	Áreas de atendimento dos reservatórios de água. Entende-se que as casas mais próximas dos reservatórios seriam as últimas a serem afetadas em eventos de falta de água.	Secas meteorológicas	DMAE, 2023
	Mulheres alfabetizadas	Taxa da população do sexo feminino maior de 15 anos alfabetizada por setor censitário. 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.	Vetores de arboviroses	IBGE, 2010
	Acesso à saúde	Medida pela proximidade das Unidades Básicas de Saúde (UBS), Unidades de Saúde (US), Unidades de Pronto Atendimento, Hospitais de atendimento público e hospitais privados. Quanto mais próximo de um centro de atendimento, melhor preparada estará a região para o atendimento de doenças transmissíveis relacionadas à proliferação de vetores.	Vetores de arboviroses	PMPOA, 2023
	Acesso à coleta de lixo	Percentual de domicílios com acesso à rede de coleta de lixo. Grande parte do foco de proliferação dos vetores são em lugares de depósito de lixo urbano.	Vetores de arboviroses	IBGE, 2010
	Armadilhas	Áreas onde há presença de armadilhas positivas para o mosquito <i>Aedes Aegypti</i> .	Vetores de arboviroses	SMS, 2023

* Para ondas de calor, apenas a população sensível idosa é considerada, que corresponde ao percentual de habitantes com mais de 65 anos.

Fonte: WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance.

3.5 LIMITAÇÕES E BARREIRAS

Como em qualquer projeto que utilize metodologias científicas emergentes, a ciência por trás das análises de risco climático encontra barreiras que devem ser consideradas em sua aplicação. A metodologia de modelagem de riscos adotada na presente análise é recomendada pelo IPCC (2021a) e possui limitações e incertezas intrínsecas aos modelos e cenários climáticos, como a necessidade de disponibilidade de dados específicos e a capacidade de alcance da análise.

Os modelos climáticos possuem limitações, visto que são representações plausíveis do futuro, mas que dependem de uma série de interações complexas e que nem sempre conseguem representar com precisão todos os processos físicos que influenciam o clima, como a formação de nuvens, interações oceano-atmosfera e feedbacks. Os cenários climáticos representam condições plausíveis do futuro e dependem de projeções sobre emissões GEE e outras atividades humanas. Essas projeções podem variar dependendo de fatores socioeconômicos, demográficos e políticos, introduzindo incertezas nos resultados dos modelos climáticos.

As análises que utilizam modelos climáticos globais, mesmo os mais recentes disponibilizados pelo CMIP6¹⁹, 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 microescala meteorológica, como nuvens isoladas ou formações de áreas de instabilidade. Como resultado, eventos locais extremos podem, eventualmente, ser superestimados ou subestimados. Além disso, regiões em que dados históricos são insuficientes ou de baixa qualidade, influenciam na parametrização e convergência dos resultados futuros.

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. Por isso, devem ser considerados como uma análise de tendências dos padrões de clima projetados.

¹⁹ O *Coupled Model Intercomparison Project Phase 6 (CMIP6)* é o conjunto de modelos globais utilizado nas análises de mudanças climáticas do *Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)* (CMIP, 2022).

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

Na análise topográfica, utilizada para ameaças de inundação e deslizamentos, é utilizado o Modelo Digital de Elevação (MDE) originado pelo SRTM, como dado inicial secundário. Esse modelo é utilizado para determinar as curvas de nível e as declividades do território de Porto Alegre. O MDE, por 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, podendo reduzir a precisão da análise. Também é possível que determinadas localizações que apresentem uma declividade alta, de acordo com o MDE, não sejam passíveis de realmente possuírem uma declividade suficiente para que ocorra um evento de deslizamento, o que se constitui uma barreira na modelagem desse risco. Possíveis discrepâncias são corrigidas ao longo das análises pela equipe técnica, contudo há a possibilidade de alguns locais apresentarem uma classe de risco incongruente com sua realidade. É importante ressaltar que para essas situações a equipe técnica conta com o apoio de representantes locais para verificarem os resultados dos esforços de análise e utiliza dados do histórico de ocorrências de eventos para validar os resultados das análises.

A localização geográfica e características físicas do município, com destaque para a hidrografia e a geomorfologia local, são fatores de forte influência em determinadas ameaças, principalmente para Tempestades, Inundação Fluvial e Deslizamentos e Erosão. Sendo assim, por se situar em uma área de planície banhada pelo Lago Guaíba a oeste, a capital está sujeita a sofrer inundações, mesmo que não ocorram chuvas intensas em seu território. Vale destacar que a análise de ameaça de inundação fluvial foi desenvolvida considerando-se o limite geográfico da cidade de Porto Alegre. Ou seja, não foi considerada uma análise em nível de bacia do Guaíba, incluindo os seus rios afluentes, como Caí, Gravataí, Jacuí e Sinos. Isto configuraria uma avaliação, abrangendo vários municípios, e, portanto, fora do escopo do presente trabalho.

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 podem influenciar de forma positiva ou negativa a avaliação de risco climático. Além disso, a análise do modelo se limita exclusivamente à exposição da população em seus locais de residência, não incluindo a exposição para turistas, transeuntes, movimento pendular ou da população em áreas de serviço e comércio ou industriais. Essa barreira ocorre para evitar a sobreposição dos dados de exposição e

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

evitar a flutuação no número de indivíduos no município, e as pessoas que trabalham em Porto Alegre e residem em outros. Essa grande flutuação dificultaria a aquisição de dados precisos e eles teriam que se basear em um momento estático no tempo. Ainda, limitar a capacidade do modelo também ajuda a evitar falsos resultados sobre a real situação da população local.

Da mesma forma, as variáveis que incluem infraestruturas no componente de vulnerabilidade, como por exemplo infraestruturas esgoto, ruas, casas de bombas e reservatórios de água, se referem à situação daquela variável em um determinado ano específico. Além disso, considerou-se o pleno funcionamento de cada uma das infraestruturas ao se calcular o índice de risco.

Deve-se ressaltar também que a mudança do clima é uma questão global que reflete 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 prazo, visto que, conforme a ciência avança, as limitações e barreiras enfrentadas se tornam cada vez mais transponíveis.

No entanto, ainda que modelos e cenários apresentem limitações e incertezas, são informações relevantes e fundamentais para o entendimento de tendências climáticas futuras e dos impactos na sociedade, os quais são gerados pelas escolhas presentes das atividades humanas que afetam o clima global.

Sendo assim, apesar das limitações expostas, estas não comprometem o rigor da metodologia aplicada, sendo fundamentais para compreender as condições de modelagem para cada ameaça considerada, bem como seus resultados. Por fim, os resultados do estudo são um importante instrumento de orientação para que município possa desenvolver ações da adaptação relacionadas aos riscos climáticos.

4. RESULTADOS

Segundo o Sexto Relatório de Avaliação Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (AR-6), todas as regiões do planeta sofrerão com os impactos gerados pelas mudanças do clima (IPCC, 2021a). 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. Para a região Sul do Brasil, a tendência é de aumento no volume de precipitação no curto, médio e longo prazos (IPCC, 2021a).

4.1 EXPOSIÇÃO

No âmbito da análise de risco climático, o índice de exposição da população corresponde ao número de pessoas por setor censitário expostas 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. É importante ressaltar que a exposição considera as pessoas residentes, sem contabilizar deslocamentos para locais de trabalho, estudo e demais fins.

O resultado do índice de exposição (E) para o município de Porto Alegre, em conformidade com as RGP, está apresentado na Figura 15. É possível observar uma classificação maior da exposição na RGP1 e em direção às RGP 2, 4 e 5, onde a classificação varia entre “Alta” e “Muito Alta” em alguns dos setores censitários. A RGP1 apresenta alta densidade populacional em sua quase totalidade, exceto na área mais a oeste, na divisa com o Lago Guaíba.

Os bairros que mais se destacam por apresentarem grande densidade demográfica foram: Santa Rosa de Lima, Sarandi e Jardim Itú (RGP3); Bom Jesus, Jardim Carvalho, Mário Quintana e Morro Santana²⁰ (RGP4); Santa Tereza, Glória e alguns setores censitários do bairro Cristal (RGP5); Cavahada, Hípica. Tristeza e Camaquã (RGP6), São José, Aparício Borges, Vila João Pessoa e partes do Lomba do Pinheiro (RGP7) também apresentam grande densidade demográfica.

A alta concentração populacional desses bairros foi preponderante para essa elevada exposição. A região com exposição mais elevada é caracterizada por ser um território de ocupação intensiva, como podemos observar no mapa da Figura 6. Esse fator será refletido na análise de risco climático, já que a

²⁰ O Morro Santana pertence às RGP 4 e 7, porém, para fins de análise deste estudo, foi enquadrado na RGP4.

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

ocorrência de um evento em locais com maior exposição pode ocasionar maiores perdas e danos à população residente.

As áreas com exposição “Muito Baixa” e “Baixa” se encontram mais ao sul, em localidades que apresentam uma menor concentração da população, também por possuir uma presença predominante de zonas rurais e de ambientes naturais. Na RGP2, onde se situa o 4º Distrito, destaca-se uma maior exposição da população no bairro Farrapos, e a leste dos bairros São Geraldo e Floresta. Porém, é possível observar a presença de áreas pouco habitadas, já que há um maior uso de comércio, serviços e grandes edificações industriais desativadas.

Exposição da População Total

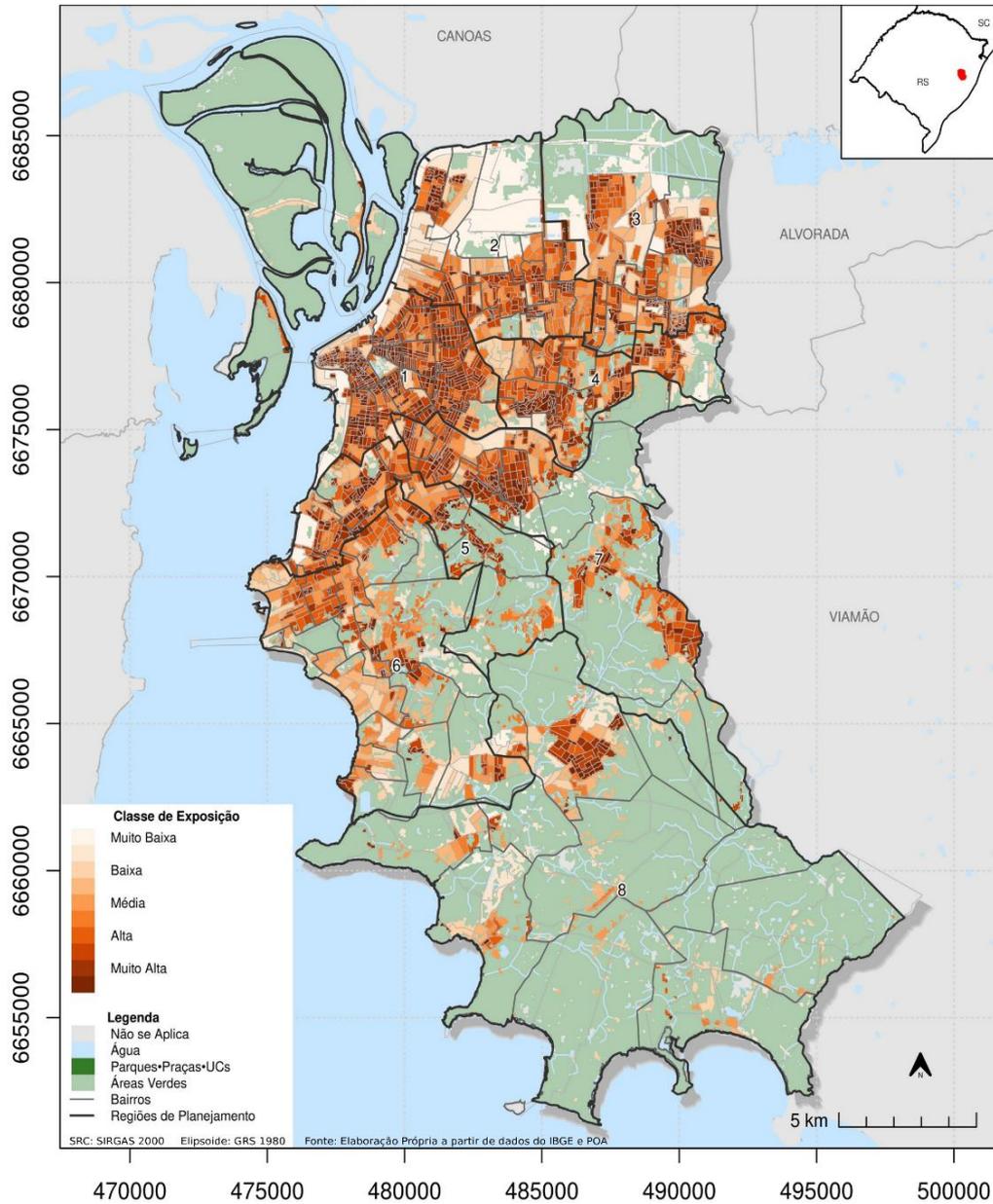


Figura 15. Mapa do índice de exposição da população total no município de Porto Alegre.

Fonte WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance.

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

Adicionalmente, foi realizada a análise da exposição para a população negra no município, apresentada na Figura 16²¹. É possível observar que a maior parte da população negra se concentra nas regiões mais interiores e periféricas. A população residente na maior parte das RGPs, exceto na RGP1, apresenta exposição que varia de “Alta” a “Muito Alta”. Alguns bairros se destacam em cada: Farrapos e Humaitá (RGP2), Passo das Pedras, Costa e Silva e Santa Rosa de Lima (RGP3), Bom Jesus, Vila Jardim, Jardim Carvalho e Morro Santana (RGP4), Santa Tereza e Glória (RGP5), Hípica, Campo Novo e partes de Vila Nova (RGP6), Vila João Pessoa, São José e Aparício Borges e partes de Lomba do Pinheiro (RGP7) e Restinga (RGP8).

Percebe-se uma correspondência entre a exposição considerada mais alta para população total com os locais identificados com maior exposição da população negra, tanto para as RGPs, quanto para os bairros que integram o 4º Distrito. De acordo com o Mapa da Inclusão e Exclusão Social de Porto Alegre, os bairros Restinga, Mario Quintana, além dos que integram a RGP5 e a RGP7, já apresentaram grande parte dos conjuntos habitacionais que careciam de infraestrutura, além de uma maior concentração de pobreza da população (PMPA, 2004).

Como podemos observar na Figura 16, estes bairros apresentam uma maior concentração da população negra. Historicamente estas populações são mais vulneráveis aos efeitos da mudança do clima, geralmente associados às desigualdades socioeconômicas que, muitas vezes, resultam em moradias com menor infraestrutura e localizadas em áreas de risco.

²¹ A exposição da população negra – que neste estudo inclui a população preta e parda, segundo os dados do IBGE – foi apresentada para complementar a discussão dos resultados do risco climático, em especial nos bairros que apresentaram sobreposição de riscos climáticos. Porém, o cálculo e todos os resultados de risco apresentados no relatório contemplam a exposição da população total.

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

Exposição da População Negra

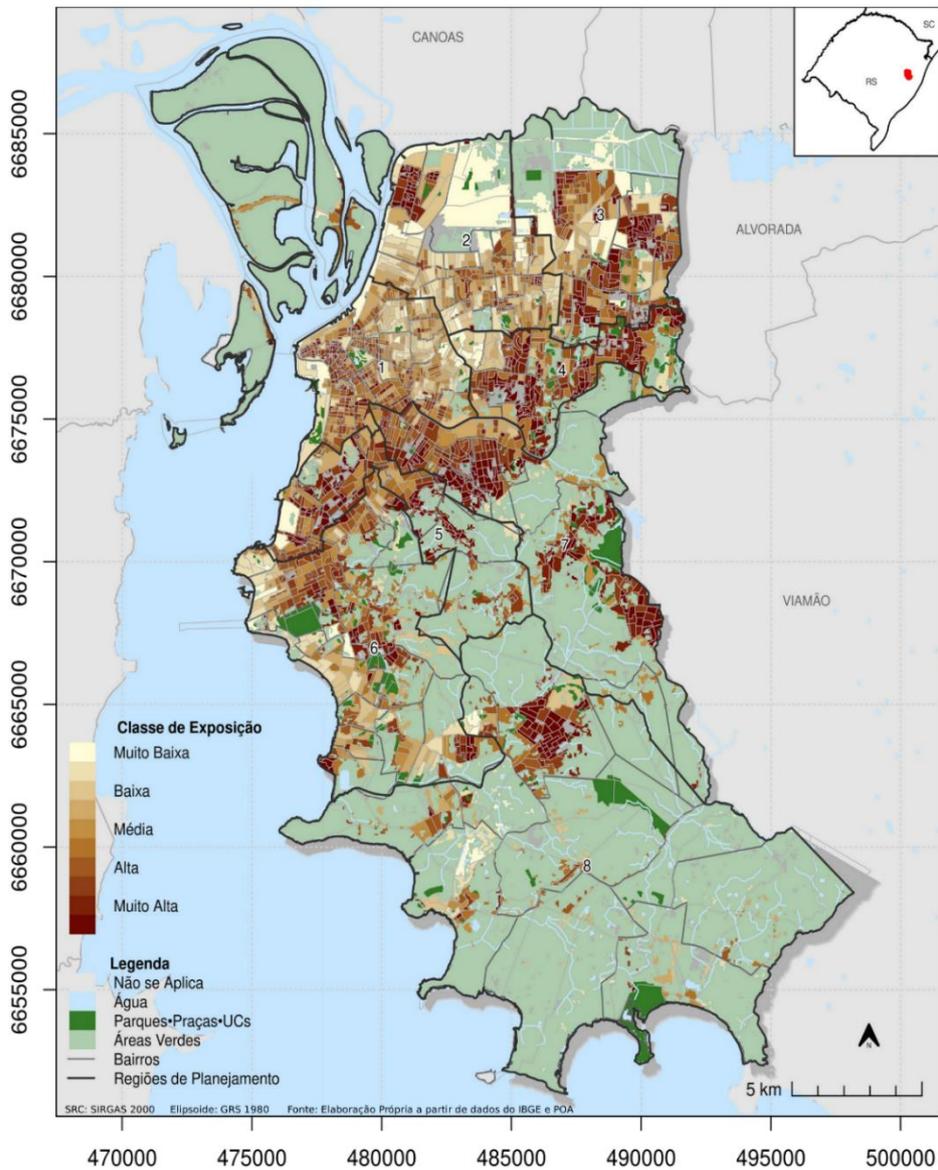


Figura 16. Mapa do índice de exposição da população negra no município de Porto Alegre. Fonte WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance.

4.2 INUNDAÇÃO FLUVIAL

AMEAÇA

A Figura 18 ilustra a ameaça de inundação fluvial para Porto Alegre em 2050 considerando as RGP's e a Figura 17 ilustra a ameaça em todos os horizontes temporais. Os demais mapas estão apresentados no APÊNDICE E. MAPAS DE AMEAÇA E RISCO CLIMÁTICO PARA TODOS OS PERÍODOS AVALIADOS. 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, explicada com detalhes no APÊNDICE C. METODOLOGIA DETALHADA DAS AMEAÇAS.

Avaliando-se o período histórico, é possível observar que o município apresenta classificação “Alta” para inundação fluvial nas RGP's 2, 3 e 8, principalmente, embora a ameaça também ocorra nas demais regiões. De forma geral, nas áreas banhadas por rios e seus afluentes, a tendência é que possa acontecer um transbordamento desses cursos hídricos, como observado no Arroio Dilúvio, Arroio do Salso, Arroio da Areia e Arroio Belém Novo.

O Arroio Feijó também merece destaque, pois é um dos principais afluentes do Rio Gravataí, e encontra-se às margens dos bairros Rubem Berta e Mário Quintana, sendo responsável por ambos apresentarem classificação “Alta” nas localidades que fazem divisa com o município de Alvorada. Um aumento em seu volume pode causar reflexos também em outras regiões devido à conexão com os arroios Passo das Pedras e Santo Agostinho, os quais cortam o Sarandi, um dos bairros mais populosos da capital.

Nota-se um aumento da ameaça de inundação fluvial para 2050 em relação a 2030, em todas as RGP's, mas principalmente nas RGP's 2 e 3. Em 2030, a ameaça de inundação fluvial é considerada “Alta” ao norte do bairro Sarandi (RGP3), na região das ilhas (RGP2) e demais bairros limítrofes ao Rio Gravataí, todas áreas, assim como no extremo sul, caracterizadas pela baixa topografia. A intensidade dessa ameaça aumenta em 2050, variando de “Alta” a “Muito Alta” nas mesmas RGP's, assim como nas zonas adjacentes aos arroios, como no Cavahada, Arroio das Pedras, Moinho, Lami e Almirante Tamandaré.

Resta importante lembrar que no presente relatório o método de cálculo considerou apenas as inundações fluviais, e não os alagamentos (ver capítulo Inundação Fluvial). A baixa declividade e a diversidade quanto à litologia e solo, citados anteriormente na subseção 0, fazem com que em Porto Alegre sejam encontrados diferentes perfis de drenagem; logo, assim como um aumento das

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

inundações, também pode ocorrer um aumento dos pontos de alagamento. Um exemplo é o bairro Sarandi e a região do 4º Distrito, onde se destacam os bairros Humaitá e Navegantes, ambos com histórico deste tipo de ocorrência.

O bairro Arquipélago, formado por um conjunto de ilhas e situado no Delta do Jacuí, também apresenta alagamentos e inundações frequentes. Pode-se visualizar que, para o período de 2050, o bairro apresenta áreas na Ilha do Lage, Ilha do Cipriano, Ilha Grande dos Marinheiros e Ilha Grande das Flores que atingem a classificação “Muito Alta”. A intensidade da ameaça de inundação fluvial também se amplia nas Ilhas do Pavão, Ilha do Humaitá, Ilha da Casa da Pólvora e Ilha da Pintada.

A Figura 19 ilustra a ameaça de inundação fluvial para Porto Alegre em 2050 considerando as principais estruturas de transporte e saúde. É possível visualizar uma concentração de infraestruturas ao redor do Arroio Dilúvio, no Centro Histórico e seus arredores. Em setembro de 2023, o Lago Guaíba e alguns arroios nestas regiões foram monitorados devido ao risco de transbordamento em alguns pontos, com algumas vias da cidade apresentando pontos de acúmulo de água. Alguns meses depois, em maio de 2024, várias infraestruturas foram afetadas em diferentes regiões da cidade.

VULNERABILIDADE

Os resultados da análise de vulnerabilidade para inundação fluvial nas RGP em Porto Alegre encontram-se espacializados na Figura 20. As variáveis relacionadas à inundação fluvial, utilizadas no cálculo apresentado no capítulo VULNERABILIDADE, estão apresentadas no Quadro 4.

Quadro 4. Variáveis de sensibilidade e capacidade adaptativa para inundação fluvial.

Variáveis – sensibilidade	Variáveis – capacidade adaptativa
Déficit habitacional, população sensível e área impermeável	Renda média, presença de casas de bomba e infraestrutura de esgoto

Fonte: WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance.

Destacam-se com uma classificação “Alta” e “Muito Alta” algumas áreas das RGP 2, 3, 4, 6, 7 e 8. O bairro Arquipélago (RGP2) apresenta vulnerabilidade “Alta” devido ao déficit habitacional da região das ilhas e menor presença de infraestruturas. Outros bairros que se destacam são Lomba do Pinheiro (RGP7) e Restinga (RGP8), classificados entre os dez bairros mais pobres de Porto Alegre. Essa classificação está associada principalmente às baixas condições socioeconômicas e de infraestrutura.

Mais a oeste do município, em áreas que correspondem às RGP 1, 2 e 6, as classificações variam de “Baixa” ou “Muito Baixa”, o que está associado à alta renda média e à presença de infraestruturas de

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

esgoto e casas de bomba. Além disso, a capital, assim como outras grandes metrópoles, vem sofrendo um desmatamento intensivo na maior parte dos morros e margens de arroios, deixando o solo mais exposto aos efeitos das precipitações que influenciam no assoreamento das redes pluviais (PMPA, 2023!).

RISCO

A Figura 21 ilustra o risco de inundação fluvial para Porto Alegre em 2050, de acordo com as RGP, e a Figura 22 ilustra o risco em todos os horizontes temporais. Os demais mapas estão apresentados no APÊNDICE E. MAPAS DE AMEAÇA E RISCO CLIMÁTICO PARA TODOS OS PERÍODOS AVALIADOS²².

De uma forma geral, é possível observar que os riscos de inundação fluvial se concentram prioritariamente nas áreas banhadas por rios e seus afluentes, com classificação “Média” a “Alta”, já no período histórico. O risco se intensifica nos horizontes temporais, com mais áreas apresentando classificação “Alta”, como é o caso dos bairros localizados no entorno do Arroio Dilúvio (RGP1 e RGP7), Arroio da Areia (RGP2), Arroio Santo Agostinho e Arroio Passo das Pedras (RGP3), e Arroio Cavalhada (RGP6).

Avaliando-se as ameaças, a inundação fluvial já ocorre no período histórico e se amplia em 2050 para o município como um todo; porém, na análise do risco climático, pode-se perceber que a classificação na RGP 8 varia entre “Baixa” e “Média”. Isto acontece porque, à exceção do bairro Restinga e de poucos setores censitários, na zona sul predominam atividades rurais, assim como baixa concentração populacional e menos áreas impermeabilizadas. Já na RGP 1 e na RGP3, regiões que por serem mais urbanizadas possuem maior quantidade de áreas impermeáveis, há uma elevada densidade demográfica, concentrada principalmente ao redor dos arroios.

Grande parte do transbordamento dos rios também é ocasionado devido à impermeabilização do solo, ao desmatamento da vegetação ciliar e à presença de construções irregulares em suas margens. A deposição de resíduos em locais inadequados pode causar o entupimento dos sistemas de drenagem, um fator adicional que influencia no transbordamento dos rios. **Neste sentido, recomenda-se a criação de incentivos por parte do poder público para melhorar a conscientização em relação ao**

²² As regiões em cinza no mapa de inundação fluvial são áreas urbanas que classificadas como “Não se Aplica” pois estão fora do limite de abrangência dos arroios da cidade diante da ameaça ou risco de transbordamento.

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

descarte correto dos resíduos, bem como a ampliação de políticas públicas que fiscalizem as áreas ao redor dos arroios para que eventos de inundação possam ser reduzidos.

Quadro 5. Bairros com maior risco de Inundação fluvial em 2050.

Regiões de Gestão do Planejamento	Nome do Bairro	Classificação do risco – Inundação Fluvial (2050)
RGP 4 - Leste e Nordeste	Bom Jesus	Alta
RGP 7 - Lomba do Pinheiro e Partenon	São José	Alta
	Aparício Borges	Alta
	Vila João Pessoa	Alta

Fonte: WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance.

Ameaça - Inundação

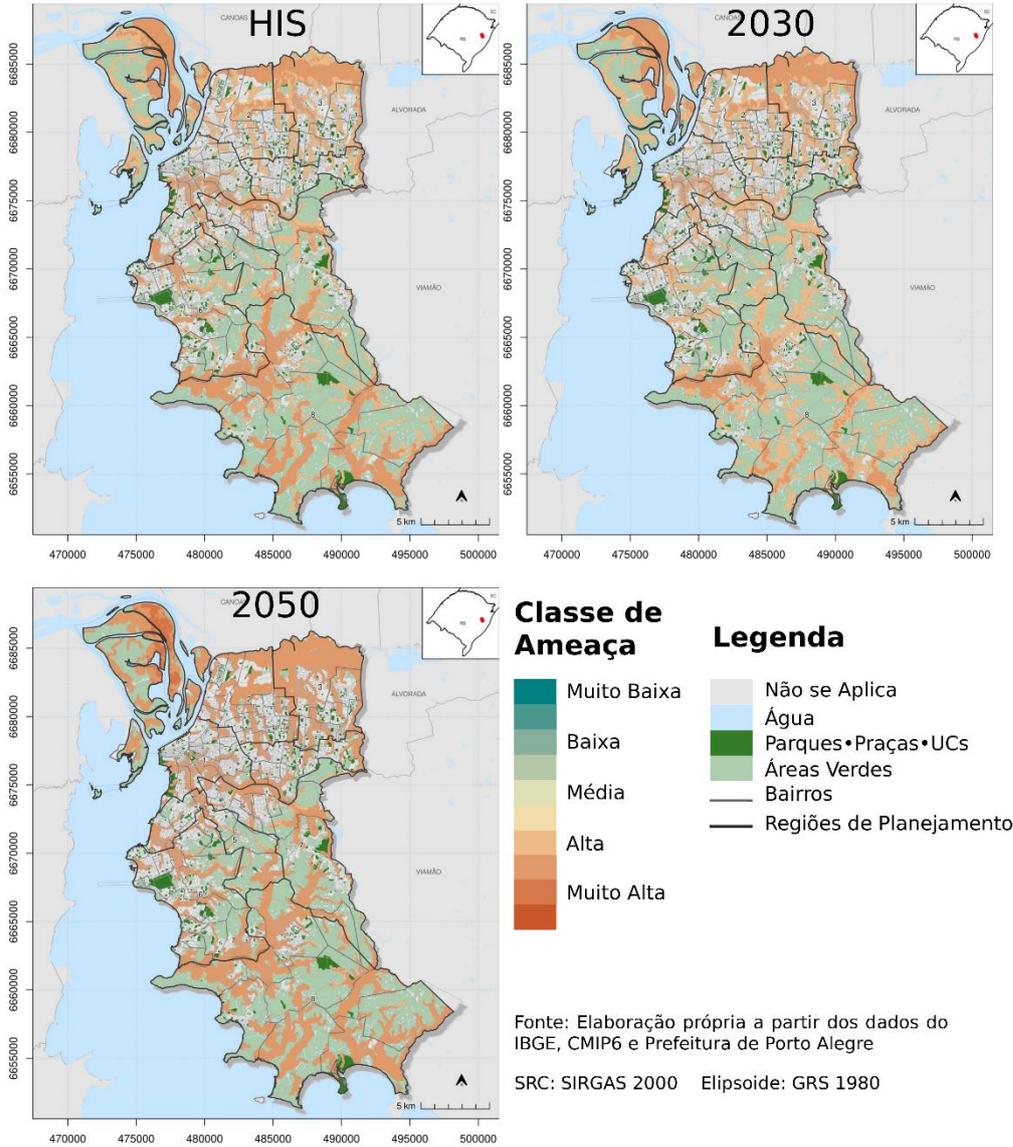


Figura 17. Ameaça de inundação fluvial no município de Porto Alegre de acordo com as Regiões de Gestão do Planejamento em todos os horizontes temporais.

Fonte: WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance.

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

Ameaça - Inundação - 2050

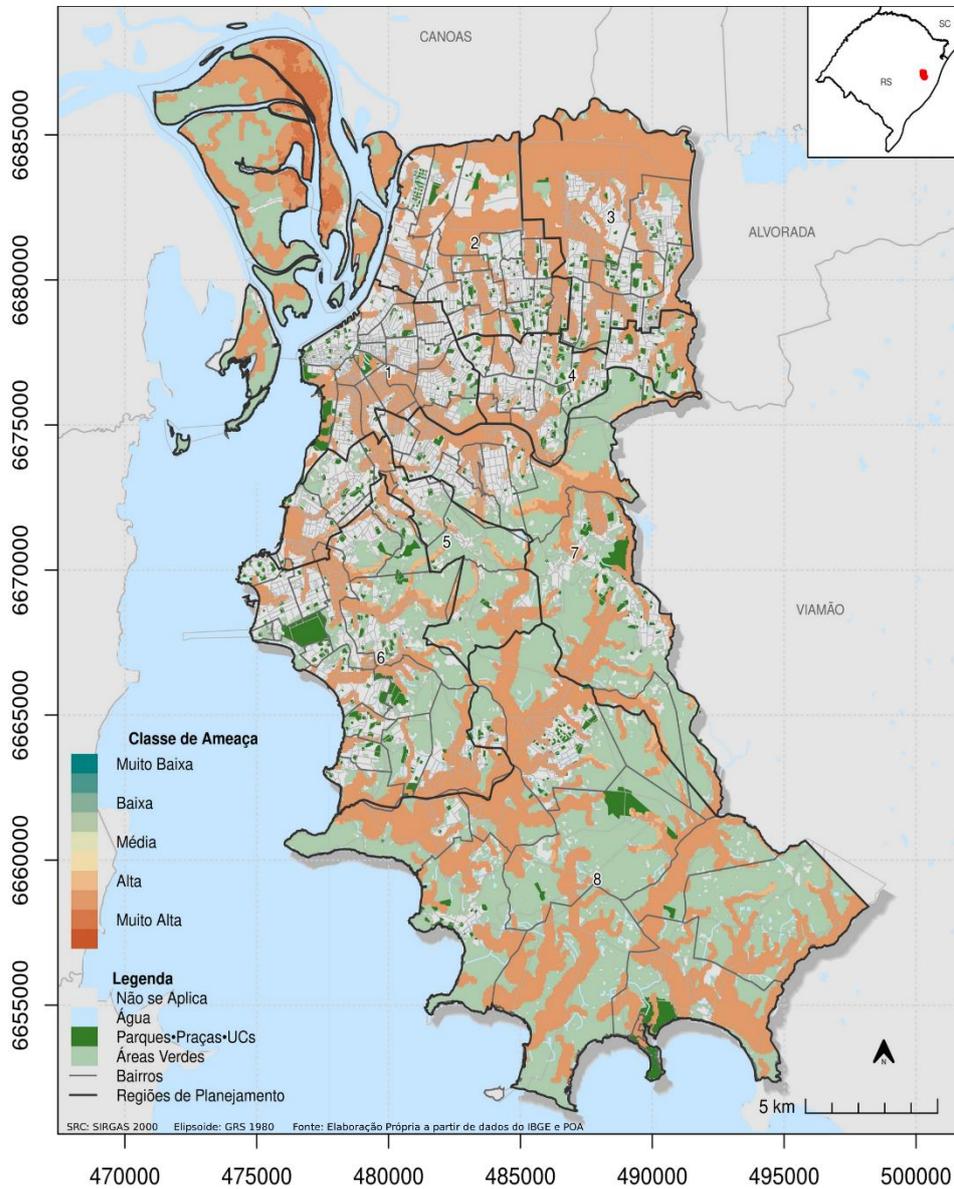


Figura 18. Ameaça de inundação fluvial no município de Porto Alegre de acordo com as Regiões de Gestão do Planejamento em 2050.

Fonte: WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance.

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

Ameaça - Inundação - 2050

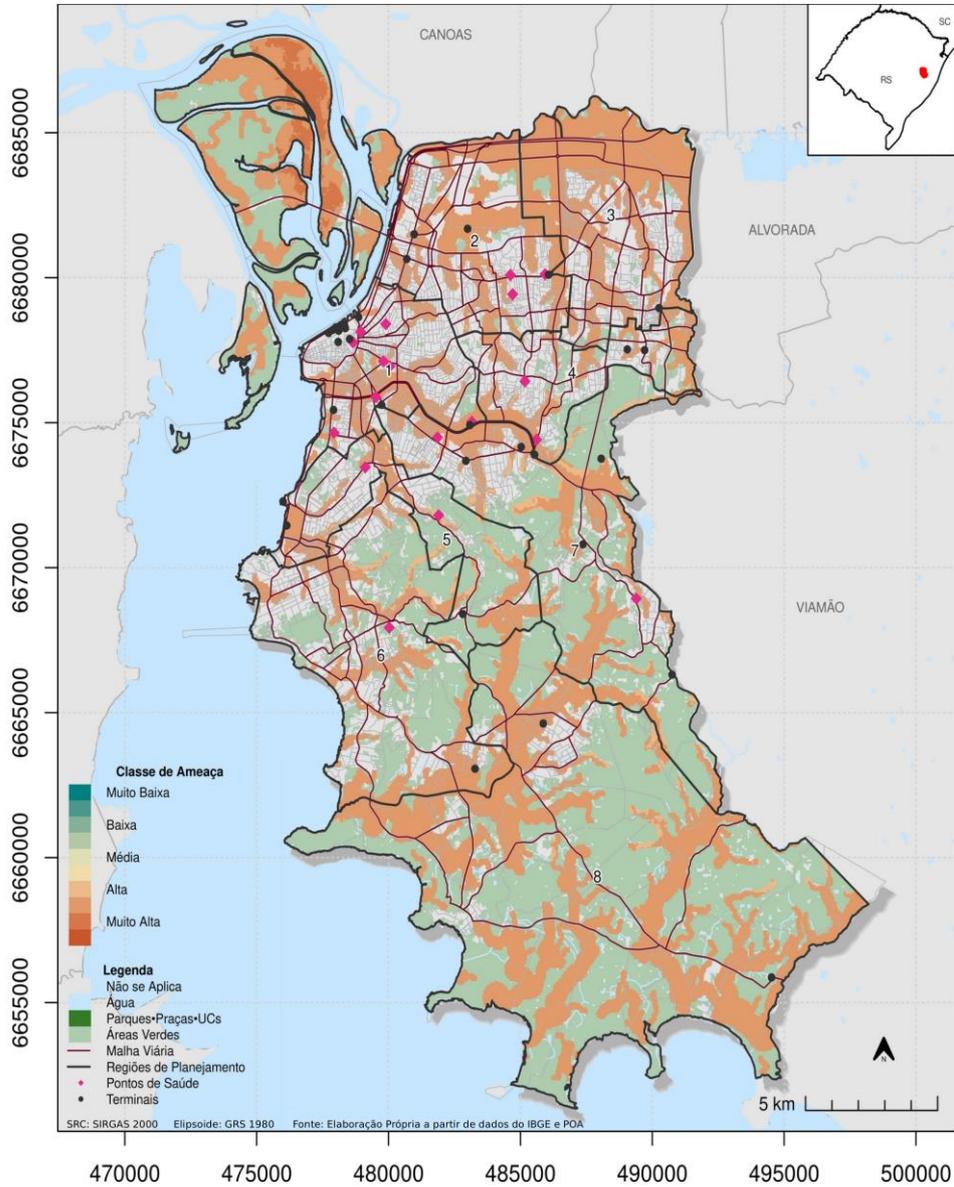


Figura 19. Ameaça de inundação fluvial no município de Porto Alegre de acordo com as principais estruturas de transportes e saúde em 2050.

Fonte: WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance.

Vulnerabilidade da População a Inundações Fluviais

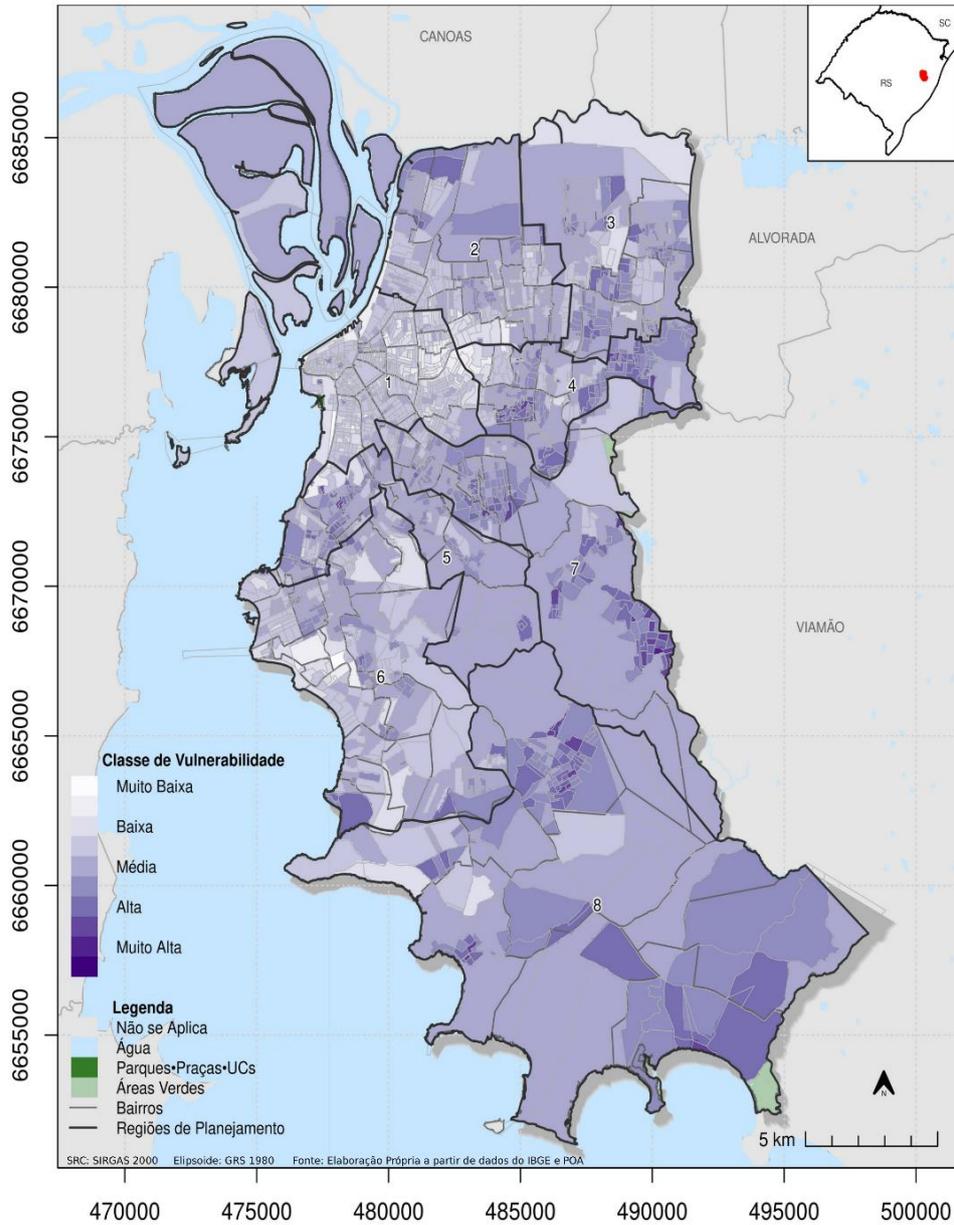


Figura 20. Vulnerabilidade de inundação fluvial no município de Porto Alegre de acordo com as Regiões de Gestão do Planejamento.

Fonte: WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance.

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

Risco - Inundação - 2050

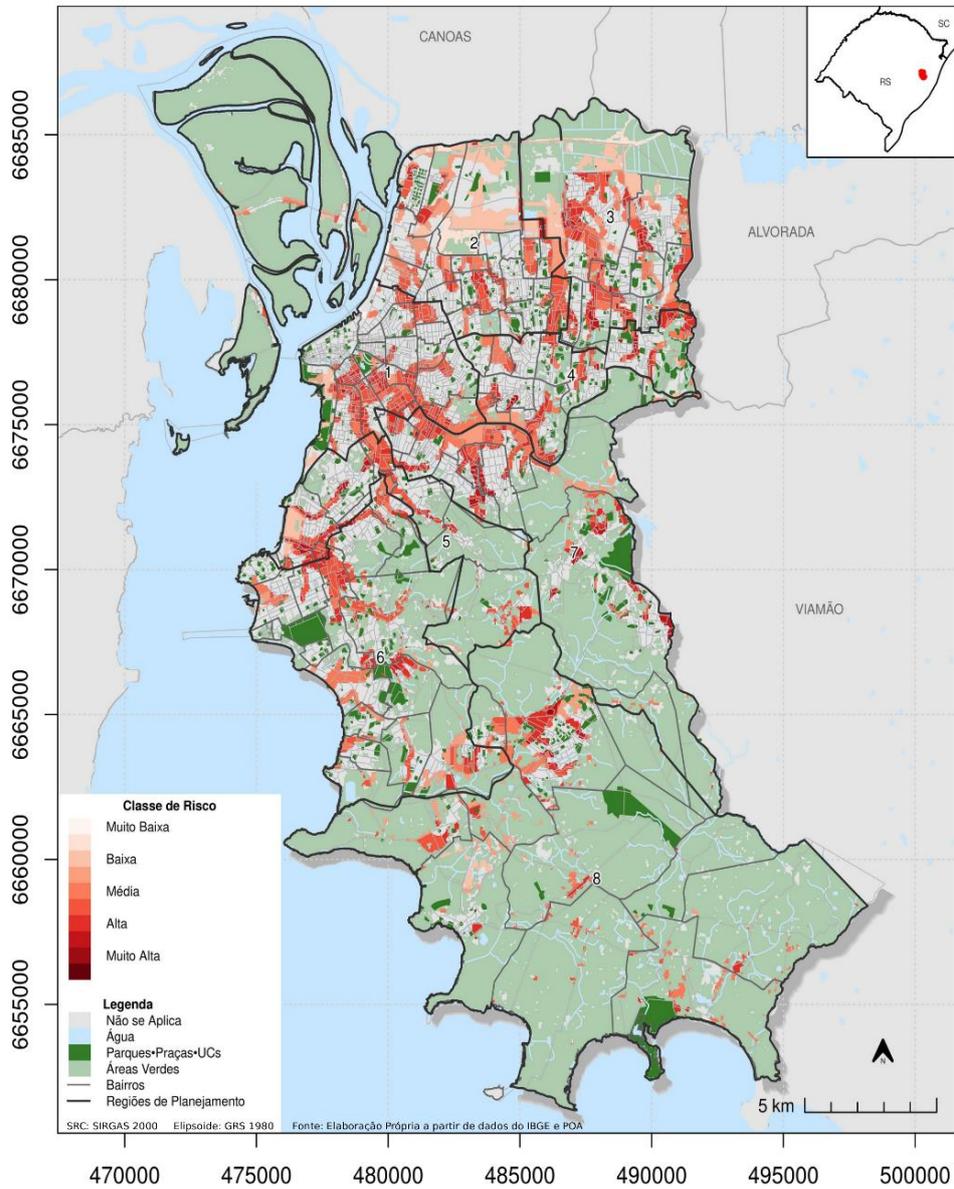


Figura 21. Risco de inundação fluvial no município de Porto Alegre de acordo com as Regiões de Gestão do Planejamento em 2050.

Fonte: WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance.

Risco - Inundação

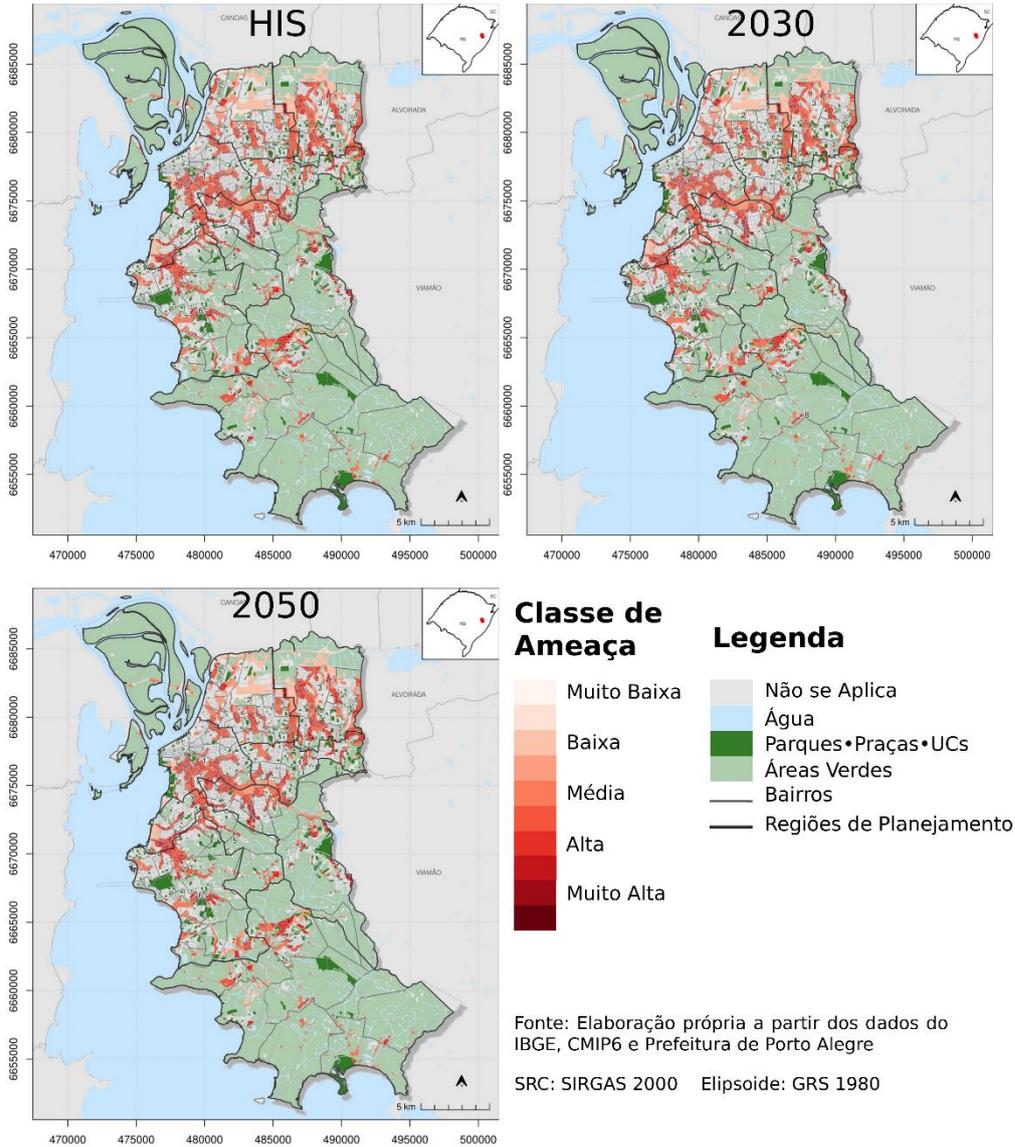


Figura 22. Risco de inundação fluvial no município de Porto Alegre de acordo com as Regiões de Gestão do Planejamento em todos os horizontes temporais.

Fonte: WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance

4.2.1 Enchentes em Porto Alegre – Evento de maio de 2024

De acordo com a Nota Técnica redigida pelo Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) (PAIVA *et al.*, 2024), as chuvas ocorridas em maio de 2024 totalizaram uma lâmina d'água acumulada em Porto Alegre de 400 mm em menos de duas semanas, com ocorrências de 700 mm e até 1000 mm em outras regiões, com cerca de 40% do volume médio anual previsto para as regiões afetadas. Os sistemas hídricos do Lago Guaíba e da Lagoa dos Patos sofreram recorde de cheia histórica, principalmente advindas dos rios Pardo, Taquari, Caí e dos Sinos, os quais possuem características específicas com base na dinâmica de suas bacias hidrográficas.

Ao se aproximarem da região metropolitana de Porto Alegre, os rios fluem por uma região mais plana, com áreas inundáveis; logo, a água, que vem escoando de forma rápida, perde velocidade ao extravasar para essas planícies (MARQUES *et al.*, 2024).

Considerando as bacias hidrográficas do alto Jacuí (BHAJ), baixo Jacuí (BHBJ), rio Pardo (BHRP), Taquari-Antas (BHRTA), Caí (BHRC), Sinos (BHRS) e Gravataí (BHRG), observa-se na Figura 23, a dinâmica de afluência ao rio Jacuí, bem como sua contribuição para o Guaíba e, conseqüentemente, para a Lagoa dos Patos.

Na Figura 23, também se encontram os totais pluviométricos ocorridos nos eventos que culminaram na maior cheia do Brasil (MARQUES *et al.*, 2024), considerando o período de 27 de abril a 14 de maio e as estações automáticas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

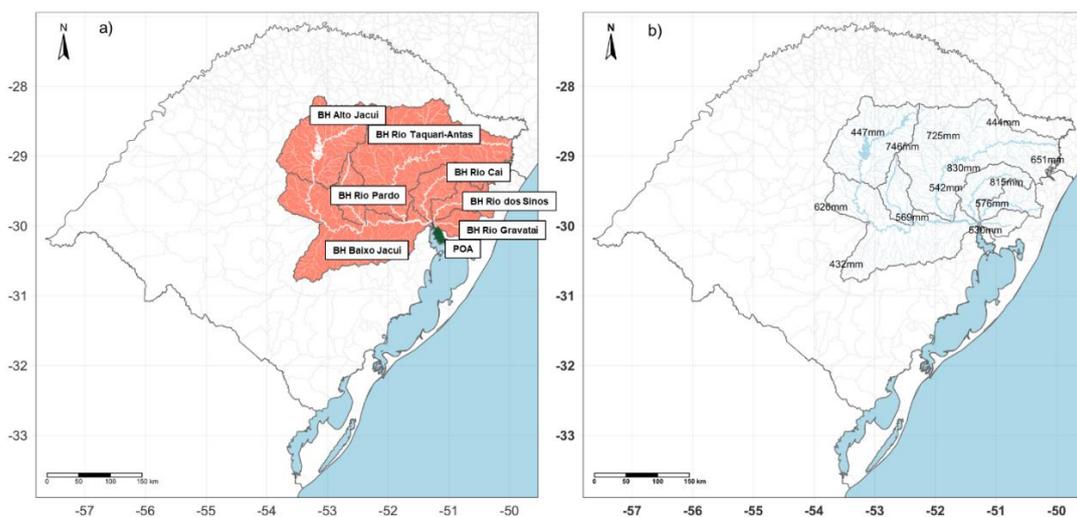


Figura 23. Totais pluviométricos da cheia de 2024 nas sub-bacias que desaguam no Lago Guaíba.

Fonte: Elaborado por WayCarbon com base nos dados do INMET.

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

Para o mesmo período, em maio, a estação meteorológica automática de código A801 do INMET registrou, dentro do limite do município de Porto Alegre, 530 mm. Esse evento, somado ao ocorrido nas bacias a montante da cidade, foi responsável pelas cheias no Guaíba. Nesta tangente, a ameaça de inundações incluída neste relatório capturou apenas os extravasamentos dos cursos d'água dentro da cidade de Porto Alegre, como pode ser observado na Figura 24.

A metodologia na ARVC considera apenas as inundações fluviais de cursos d'água dentro dos limites do município para compor a variável ambiental (índice morfométrico), assim como para extração das variáveis climáticas²³, e não capta a relação da chuva da bacia à montante, bem como os efeitos na dinâmica de vazão do Guaíba e as eventuais deficiências das estruturas de combate às inundações.

²³Variáveis climáticas utilizadas para compor a ameaça em conjunto com o índice morfométrico: RXday (representa a máxima precipitação anual em 1 dia); R95p (representa a Precipitação anual total dos dias em que a precipitação é maior que o 95º percentil do período de referência); e RXXmm (representa o número de dias no ano com precipitação total diária outlier, ou seja, definido regionalmente em relação ao período de referência).

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

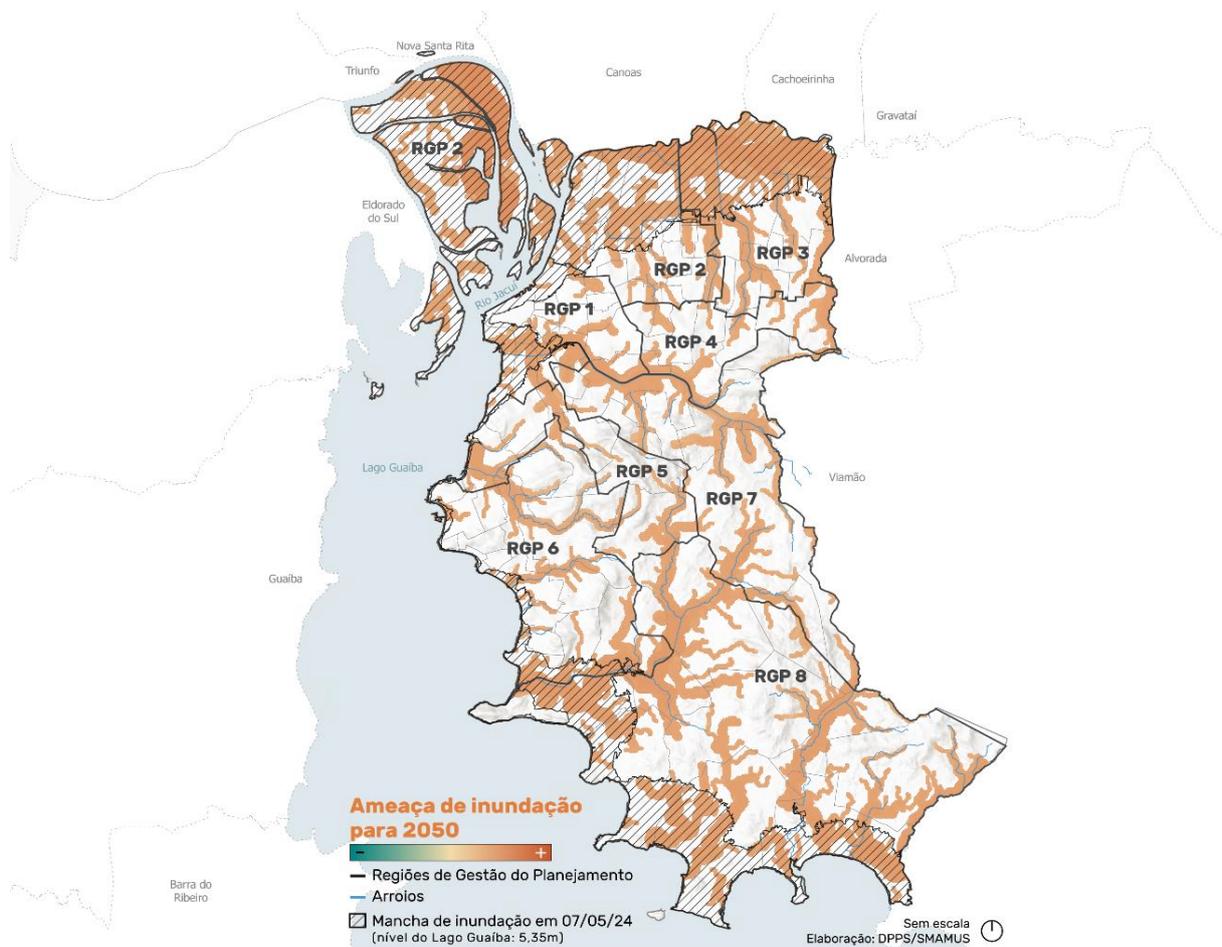


Figura 24. Alcance da inundação de maio de 2024 sobreposta ao mapa de ameaça de inundação em Porto Alegre, no ano de 2050.

Fonte: Elaborado por SMAMUS e WayCarbon com base nos pacotes de dados do INMET (2024).

O índice morfométrico é calculado com base no Modelo Digital de Elevação (MDE) de 30 metros e corresponde ao transbordamento dos cursos d'água, que se espalham pela planície de inundação ou área de várzea próximas, como resultado do volume excessivo de água da chuva, elementos morfológicos e topografia da bacia hidrográfica. A propensão à ocorrência de inundação foi avaliada a partir do índice morfométrico, que considerou as seguintes variáveis derivadas do MDE: ordem dos cursos d'água, declividade, distância vertical e horizontal em relação aos cursos d'água.

As limitações são inerentes ao MDE, em relação ao tamanho do *pixel* e ao refinamento da malha hídrica, e ao índice morfométrico que 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.

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

A partir deste índice, e em conjunto com as variáveis climáticas, obteve-se o índice de inundação com base na ocorrência dessas variáveis no limite do município de Porto Alegre. Sendo assim, a metodologia para compor a ameaça não considera as cheias ocasionadas nas bacias que drenam para o rio Guaíba, pois não comporta a hidrodinâmica da onda de cheia desses sistemas hídricos; tampouco os eventos pluviométricos de suas respectivas bacias hidrográficas. Porém, mesmo diante destas limitações, a ARVC foi atualizada para contemplar a ocorrência deste evento e o relatório final do PLAC irá incorporar ações que visam reduzir o impacto de eventos desta natureza. Para contemplar esta dinâmica, recomenda-se a elaboração de um estudo em nível regional, em parceria com outros municípios que também foram impactados pelas cheias em maio de 2024.

4.3 DESLIZAMENTOS E EROSÃO

AMEAÇA

A Figura 26 ilustra a ameaça de deslizamentos e erosão para Porto Alegre em 2050 considerando as RGP, e a Figura 25 ilustra a ameaça em todos os horizontes temporais. Os demais mapas estão apresentados no APÊNDICE E. MAPAS DE AMEAÇA E RISCO CLIMÁTICO PARA TODOS OS PERÍODOS AVALIADOS. Destaca-se que na modelagem desta ameaça, incluem-se tanto critérios relacionados à precipitação pluvial, quanto ao uso do solo, declividade, pedologia e geologia, entre outros. Um detalhamento está apresentado no APÊNDICE C. METODOLOGIA DETALHADA DAS AMEAÇAS.

No período histórico, grande parte do município apresentou uma classificação que varia entre “Média” e “Baixa” para a ameaça de deslizamentos e erosão, como resultado de um relevo pouco acentuado e totais pluviométricos menos expressivos. Nesse sentido, as RGP 4, 5 e 7, e seus bairros mais centrais, como Bom Jesus e Jardim Carvalho (RGP4), Cascata e Glória (RGP5), Vila João Pessoa, Aparício Borges e São José (RGP7), são alguns que apresentam uma intensidade maior, classificada como “Média”. Nos horizontes temporais de 2030 e 2050 a mudança de classificação ocorre em alguns morros presentes na cidade, como no Morro da Tapera (RGP6), Morro Santana (RGP4 e RGP7) e Morro da Polícia (RGP 5 e RGP7).

Na última década foram elaborados diferentes relatórios técnicos e produções acadêmicas com o intuito de mapear as áreas de deslizamento no município. Nessas publicações há um predomínio da expressão movimentos de massa e uma divisão quanto aos tipos: escorregamento, quedas de bloco, desmoronamento e, em grande maioria, deslizamentos. O capítulo O município de Porto Alegre é caracterizado por variações na paisagem, na vegetação, no solo e nas demais singularidades físicas e

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

ambientais que se modificam ao longo do território. Essa seção inclui levantamentos acerca da caracterização geomorfológica, dos solos e das áreas verdes, além de fitofisionomia, clima e hidrografia. Essas informações irão auxiliar na compreensão dos riscos da capital frente aos impactos da mudança do clima.

Geomorfologia e tipos de solo informa que o município é composto por 40 morros, que correspondem a 65% do território. Algumas das áreas mais sujeitas a escorregamentos situam-se principalmente nos morros da Crista de Porto Alegre (Morro da Cruz, Morro da Polícia e Morro Teresópolis, entre outros) e nos morros isolados ao sul (BRITO, 2014). Os morros que compõem a crista são os que se destacam na parte central, mais precisamente num sentido nordeste-sudoeste. Eles têm em sua composição rochas graníticas, que, somadas a declividade das vertentes, alterações climáticas e interferências antrópicas acabam por estar mais suscetíveis a sofrer decomposição, acarretando deslizamentos.

A Figura 27 ilustra a ameaça de deslizamentos para Porto Alegre em 2050 considerando as principais estruturas de transporte e saúde. A ocorrência de erosão ou deslizamentos sob estas infraestruturas podem ocasionar em paralização de vias e fornecimento de serviços. Por exemplo, em recente evento de fortes chuvas ocorrido em setembro de 2023, parte da ciclovia da Avenida Ipiranga desabou, por uma combinação de fatores como tipo de solo, proximidade com o Arroio Dilúvio e a intensidade da chuva em curto período de tempo (GZH, 2023). Assim como na Avenida Ipiranga, uma das razões que explicam ameaça em trechos planos são os processos erosivos, também considerados na análise. Em locais como o bairro Restinga, Sarandi ou as margens do Arroio do Salso é comum ocorrer erosão de margem fluvial. Já no bairro Arquipélago, nota-se uma ameaça ao longo da malha viária, situação normal em rodovias, que sujeitas a vibração do solo e movimentação de terra em decorrência da circulação de veículos.

VULNERABILIDADE

Os resultados da análise de vulnerabilidade para deslizamentos e erosão nas RGP em Porto Alegre encontram-se espacializados na Figura 28. As variáveis relacionadas a deslizamentos, utilizadas no cálculo apresentado no capítulo VULNERABILIDADE, estão apresentadas no Quadro 6.

Quadro 6. Variáveis de sensibilidade e capacidade adaptativa para deslizamentos.

Variáveis – sensibilidade	Variáveis – capacidade adaptativa
População sensível, área impermeável e localização de habitações irregulares	Renda média e infraestrutura das ruas

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

Fonte: WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance.

De uma forma geral, é possível observar que parte da cidade apresenta uma vulnerabilidade que varia entre a classificação “Média” e “Alta”, considerando as variáveis acima. **Destacam-se as áreas mais ao norte do município, que apresentam classificação que varia entre “Alta” e “Muito Alta”, como na RGP2 e na RGP3. Nos bairros de Humaitá e Farrapos (RGP2) há presença de aglomerados subnormais, o que influencia na presença de moradias inadequadas e na precariedade de suas infraestruturas.**

Outras zonas mais centrais do município, como nos bairros Bom Jesus, Morro Santana e Mário Quintana (RGP4), Aparício Borges e São José (RGP7) e Restinga (RGP8), também apresentam maior vulnerabilidade aos deslizamentos. Nesses bairros, é observado um elevado índice de pobreza, principalmente relacionada à baixa renda média per capita, e de acesso a infraestrutura de ruas. É nas regiões mais periféricas que também podemos observar uma maior concentração de uma população negra, como exposto na Figura 16, o que contribui para uma maior vulnerabilidade dessa população.

Na porção mais a oeste de Porto Alegre, a vulnerabilidade varia em uma classificação entre “Média” e “Baixa”, como na RGP 1 e mais ao sul da RGP 2. Essa região mais a leste e central do município é caracterizada por uma população com maior renda média, e, conseqüentemente, maior resiliência para se adaptar aos efeitos desses eventos extremos.

Durante os anos de 2012 e 2013, a CPRM realizou um levantamento onde 64 pontos foram classificados como setores de risco alto e muito alto à ocorrência dos movimentos de massa (deslizamentos e quedas de blocos). **Grande parte dos pontos foram identificados em vilas da cidade, com destaque para as seguintes com seus respectivos bairros e RGPs: Vila dos Canudos (Cascata – RGP5), Vila Ursa Maior (Cristal – RGP5), Vila dos Sargentos (Serraria – RGP6) e Vila Ideal (Agronomia – RGP7) (BRITO, 2014).**

O bairro Cascata (RGP5), localizado entre morros, já apresentou predominância de famílias de poucos recursos. E o bairro Cristal (RGP5) obteve Índice de Carência e Vulnerabilidade (ICV) baixo e Índice de Vulnerabilidade Social (IVS) alto, no Mapa da Inclusão e Exclusão Social (PMPA, 2004). Na RGP7, os bairros Agronomia e Lomba do Pinheiro obtiveram ICV muito baixo. O bairro Lomba do Pinheiro é composto por vilas, antes pertencentes ao município de Viamão. Como eram vilas carentes de infraestrutura básica e dada à vizinhança com Porto Alegre, os moradores buscaram a anexação como forma de melhorar as suas condições de moradia. Também na região, no passado já era comum

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

encontrar algumas áreas densamente povoadas ao lado de outras com características rurais, loteamentos irregulares, clandestinos e áreas com habitações precárias (PMPA, 2004).

RISCO

A Figura 30 ilustra o risco de deslizamentos e erosão para Porto Alegre em 2050, de acordo com as RGP, e a Figura 29 ilustra a ameaça em todos os horizontes temporais. Os demais mapas estão apresentados no APÊNDICE E. MAPAS DE AMEAÇA E RISCO CLIMÁTICO PARA TODOS OS PERÍODOS AVALIADOS.

De uma forma geral, não existem diferenças significativas entre o risco observado no período histórico, e para as projeções de 2030 e 2050. A cidade apresenta, predominantemente, um risco ao deslizamento que varia entre as categorias “Baixa” e “Média”, e alguns setores censitários dos seguintes bairros apresentaram classificação “Alta” em 2050: Passo das Pedras (RGP3), Bom Jesus, Vila Jardim e Morro Santana (RGP4), Cascata, Glória e Cristal (RGP5), Aparício Borges, Vila João Pessoa e São José (RGP7).

As RGP 3, 4, 5 e 7, que apresentaram classificação “Alta” para alguns setores censitários, têm uma maior concentração da população negra (Figura 16), tornando essa população ainda mais vulnerável à ocorrência desses eventos. É nessa região onde se concentra uma população com baixa renda média, diminuindo ainda mais a sua capacidade de resposta. Todavia, na RGP4, há também presença de bairros com população de maior renda média, como Três Figueiras, que apresentaram classificação de risco “Baixa”.

Conforme apresentado na discussão da ameaça, a precipitação, bem como a declividade, geologia, distância de curso d’água e rede de drenagem, tipos de solo, cobertura vegetal e usos do solo (construções e estradas), são aspectos que contribuem para ocorrência de deslizamentos. Porém, a alta densidade populacional, representada pelo índice de exposição, contribuiu para um risco mais elevado nos bairros já citados.

Como exemplo, estão presentes antigas áreas de extração mineral no Morro Santana (RGP 4) e Cristal (RGP5). Após serem abandonadas, as pedreiras passaram a ter seu centro e áreas adjacentes ocupadas, seu substrato, constituído por material de rejeito, oferece risco à população devido às chances de queda de blocos (BRITO, 2014). Ou seja, além das áreas onde existem moradias em encostas, com risco de deslizamento devido ao material utilizado nas construções, somado a pressão

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

que aquela ocupação faz sobre o solo, há também casos em que as residências estão na base dos morros ou pedreiras e assim estão sujeitas a serem atingidas pelo movimento de massa que ocorrer naquele terreno, em função inclusive de processos naturais, como erosão ocasionada pela chuva.

Há diferentes iniciativas que podem ser desenvolvidas para prevenção de riscos de deslizamentos. Recomenda-se o monitoramento de áreas de encostas e a criação de sistemas de alerta precoce à população, além de atividades de educação ambiental sobre a importância de preservação da vegetação nas áreas de encostas. O plantio de alguns tipos específicos de plantas contribui com a fixação do solo, reduzindo o risco de erosão ou deslizamentos.

Quadro 7. Bairros com maior risco de Deslizamentos e erosão em 2050.

Regiões de Gestão do Planejamento	Nome do Bairro	Classificação do risco (2050) – Deslizamentos e erosão
RGP 4 - Leste e Nordeste	Bom Jesus	Alta
RGP 7 - Lomba do Pinheiro e Partenon	Aparício Borges	Alta
	Vila São José	Média
	Vila João Pessoa	Média

Fonte: WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance.

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

Ameaça - Deslizamento

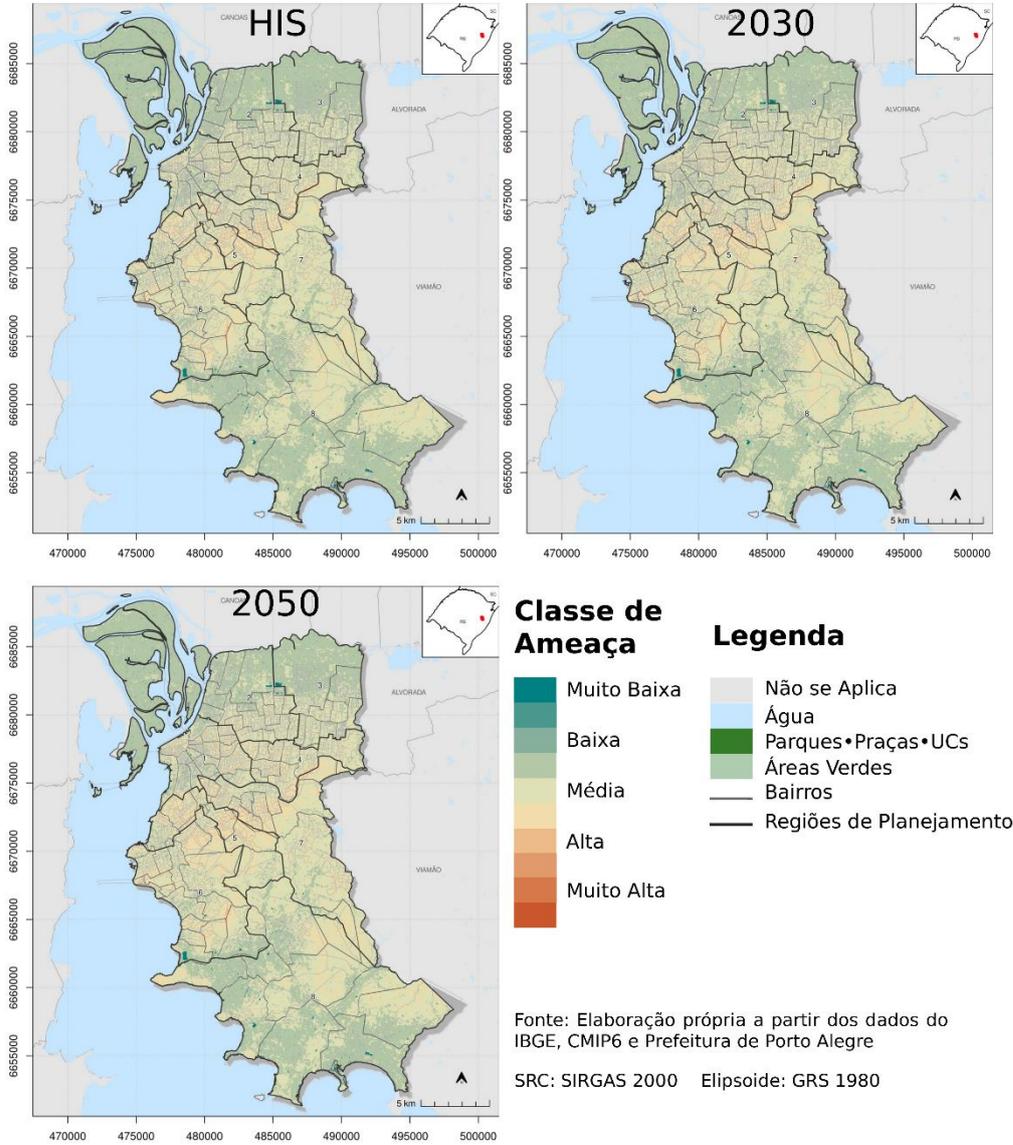


Figura 25. Ameaça de deslizamentos e erosão no município de Porto Alegre de acordo com as Regiões de Gestão do Planejamento em todos os horizontes temporais.

Fonte: WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance.

Ameaça - Deslizamento - 2050

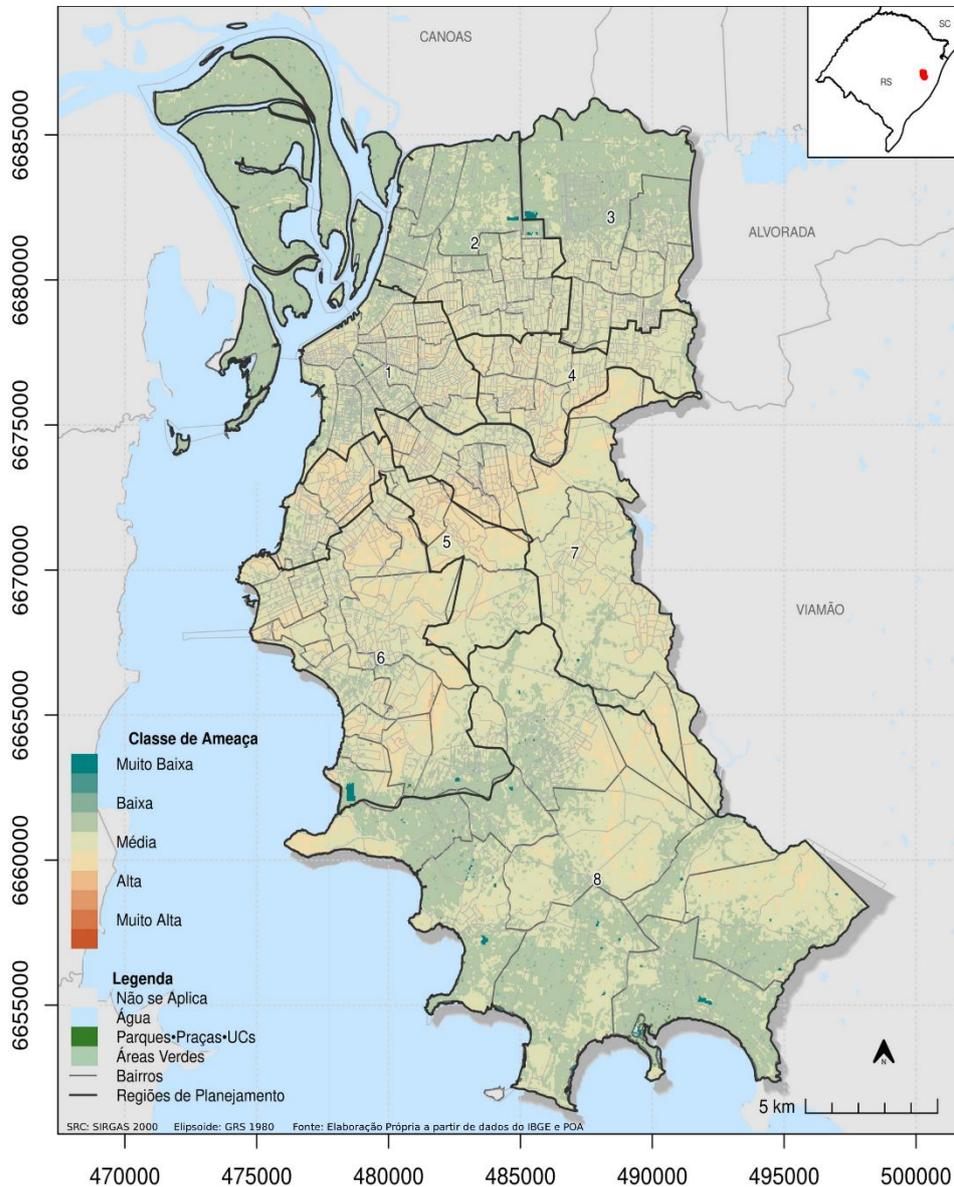


Figura 26. Ameaça de deslizamentos e erosão no município de Porto Alegre de acordo com as Regiões de Gestão do Planejamento em 2050.

Fonte: WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance.

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

Ameaça - Deslizamento - 2050

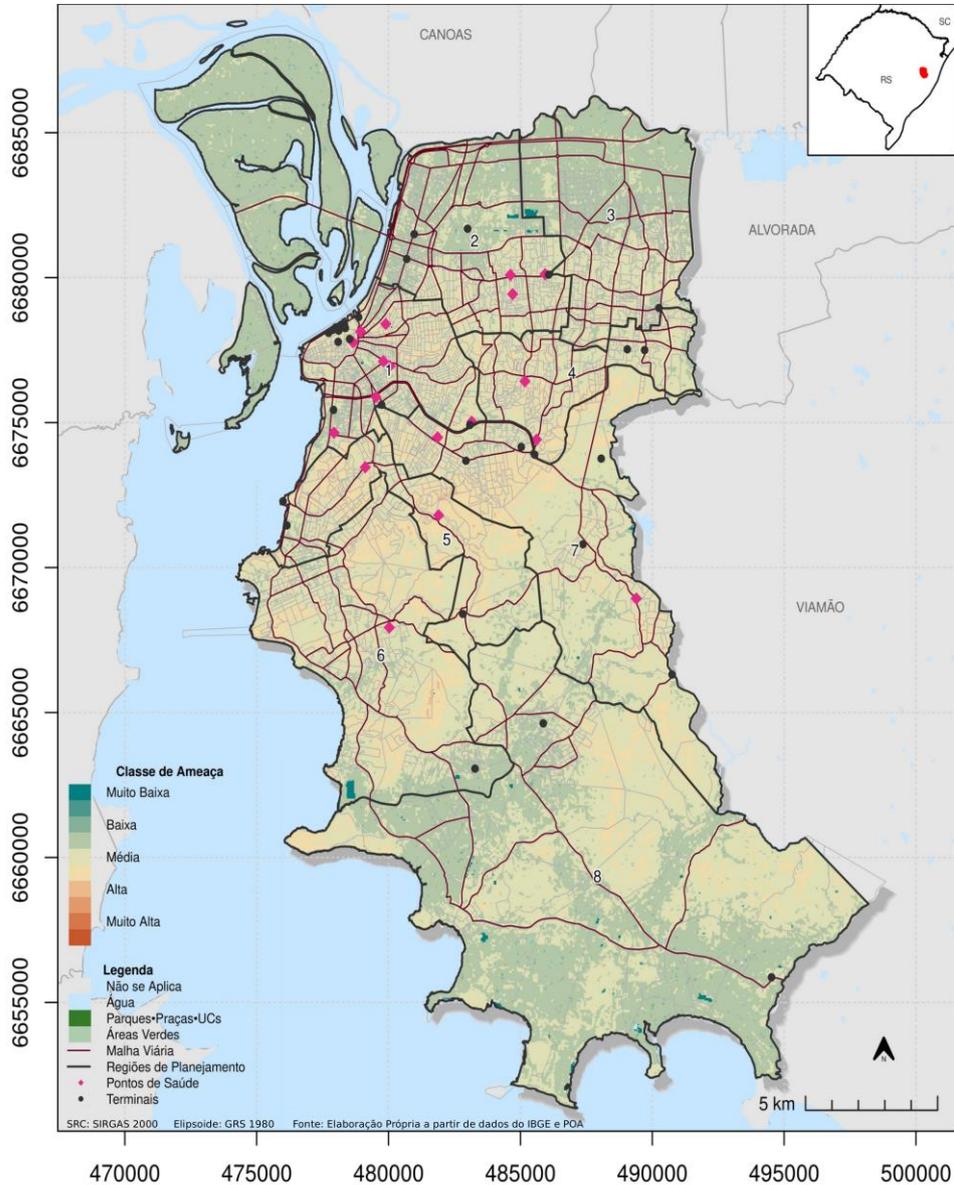


Figura 27. Ameaça de deslizamentos e erosão no município de Porto Alegre de acordo com as principais infraestruturas de transportes e saúde em 2050.

Fonte: WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance.

Vulnerabilidade da População a Deslizamentos

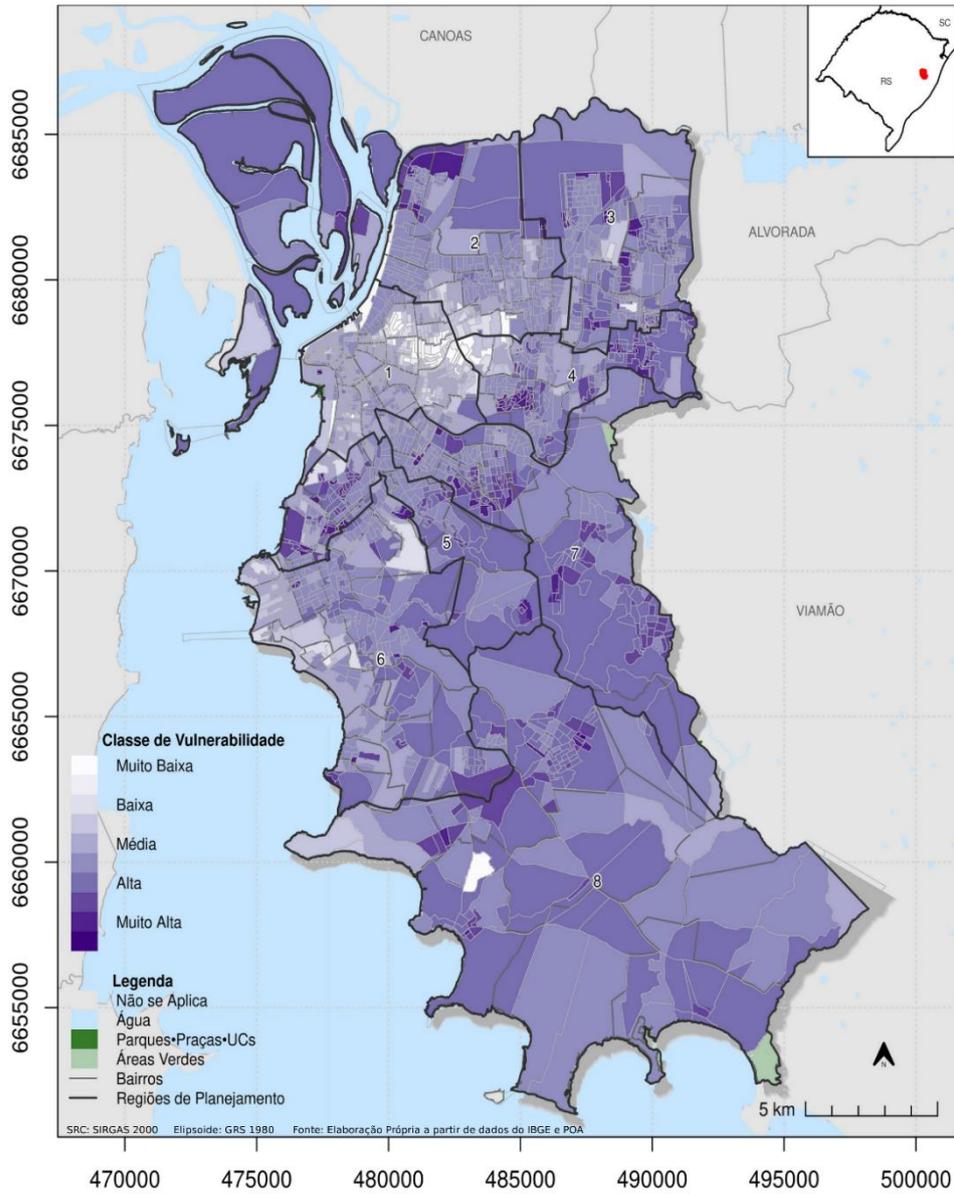


Figura 28. Vulnerabilidade de deslizamentos e erosão no município de Porto Alegre de acordo com as Regiões de Gestão do Planejamento.

Fonte: WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

Risco - Deslizamento

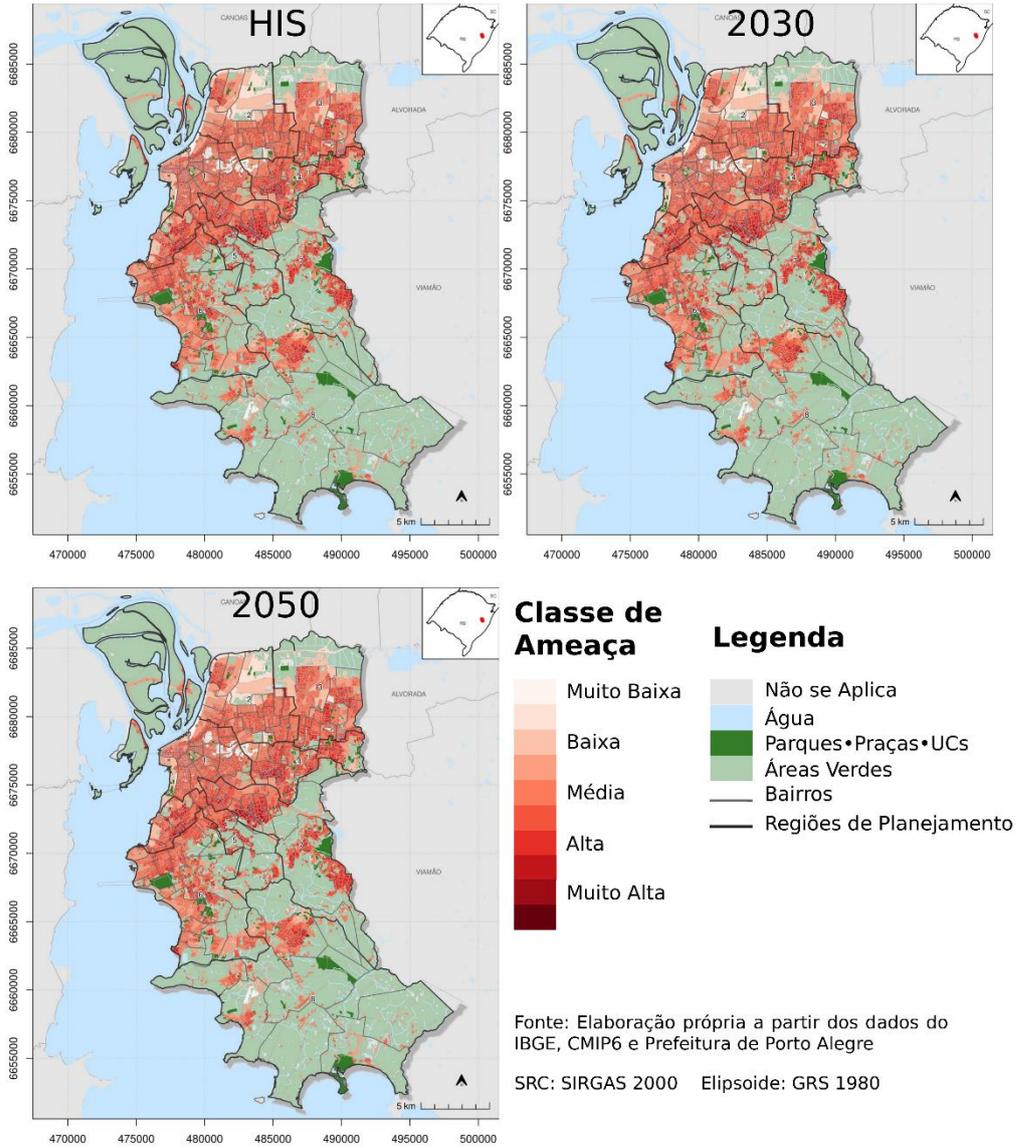


Figura 29. Risco de deslizamentos e erosão no município de Porto Alegre de acordo com as Regiões de Gestão do Planejamento em todos os cenários.

Fonte: WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance.

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

Risco - Deslizamento - 2050

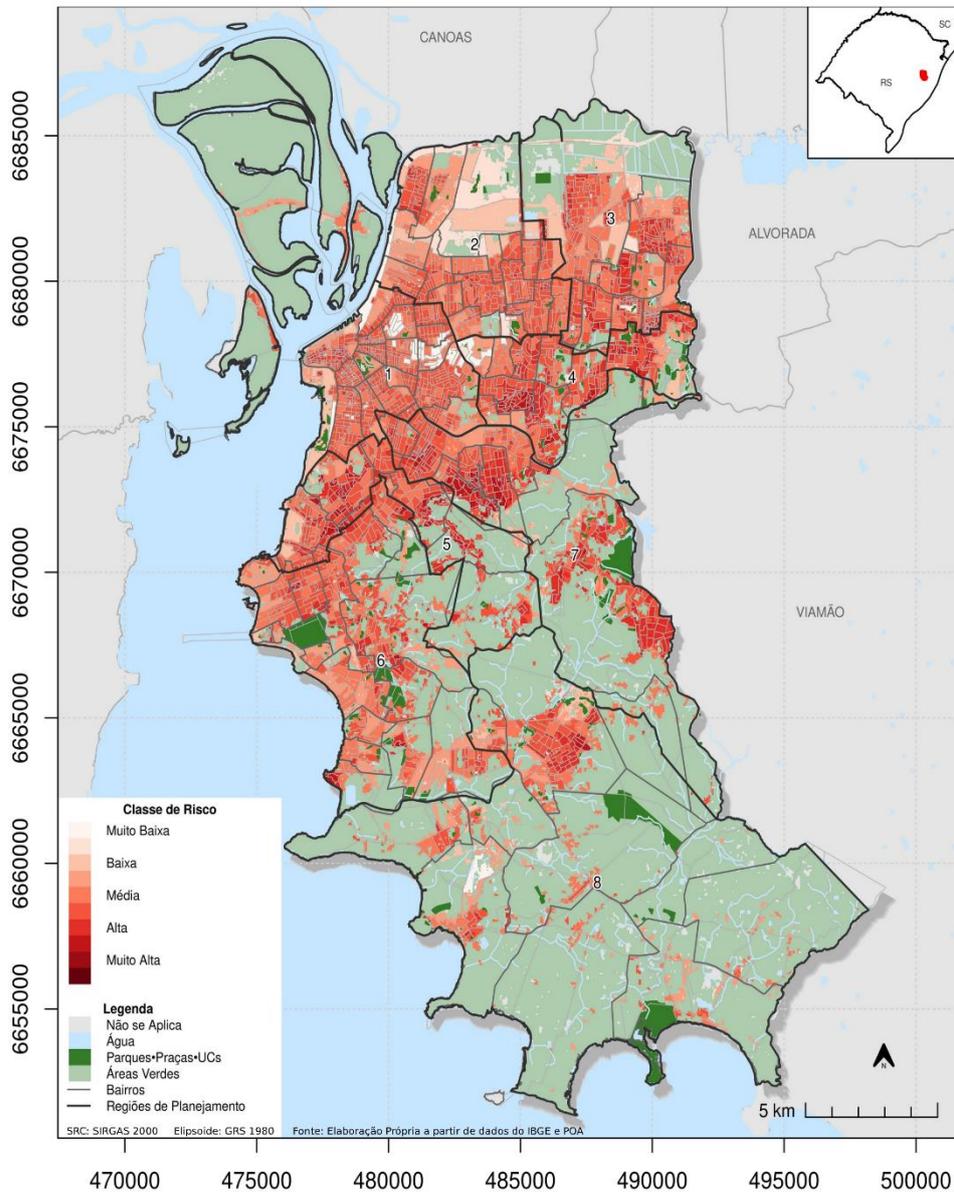


Figura 30. Risco de deslizamentos e erosão no município de Porto Alegre de acordo com as Regiões de Gestão do Planejamento em 2050.

Fonte: WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance.

4.4 ONDAS DE CALOR

AMEAÇA

A Figura 32 ilustra a ameaça de ondas de calor para Porto Alegre em 2050 considerando as RGP) e a Figura 31 ilustra a ameaça em todos os horizontes temporais. Os demais mapas estão apresentados no APÊNDICE E. MAPAS DE AMEAÇA E RISCO CLIMÁTICO PARA TODOS OS PERÍODOS AVALIADOS. Os mapas de ondas de calor para o período histórico e cenários futuros refletem os efeitos da tendência de aumento duração e intensidade das ondas de calor, em conjunto com variáveis de temperatura da superfície, explicada com detalhes no APÊNDICE C. METODOLOGIA DETALHADA DAS AMEAÇAS.

Avaliando-se o período histórico, é possível observar áreas do município com classificação que variam entre “Média” e “Alta”. Nas RGPs 2 e 3, a ameaça apresenta classificação “Alta” em alguns bairros, com intensificação nos horizontes futuros. É possível observar que, em 2050, todas as áreas que apresentam classificações elevadas para ondas de calor coincidem com a Área de Ocupação Intensiva (AOI), como é possível observar na Figura 6. A descrição da AOI indica como sendo caracterizada por uma intensa urbanização, o que favorece o aumento de formação de ilhas de calor e maior sensação térmica de calor extremo.

Um rápido processo de urbanização, sem planejamento adequado, acaba por interferir nessa ameaça. Isto acontece porque, com um grande adensamento populacional, ocorre a remoção do solo para a instalação de construções de edifícios e pavimentação de ruas. Quanto maior o percentual de solo impermeabilizado, menor as chances de infiltração das águas pluviais e menor a troca de gases entre solo e ar. Há também a formação das Ilhas de Calor, que surgem da interação de diferentes fatores como concentração de edifícios, intenso tráfego de veículos e geração de calor em decorrência de atividades industriais, comerciais. Esse fenômeno é algo comum em grandes capitais, como por exemplo em Porto Alegre.

Em contraponto às regiões citadas, nas RGPs 6, 7 e 8, há menos áreas que apresentam classificação “alta” para todos os horizontes temporais. Isto pode ser o reflexo de maior presença de áreas verdes e uma menor urbanização dessas regiões, caracterizadas também como Área de Ocupação Rarefeita (AOR), conforme Figura 6. Ainda, é nessa região mais ao sul da cidade que se encontra a zona rural, o que representa uma menor urbanização, e, conseqüentemente, a ameaça de ondas de calor é amenizada.

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

Nos últimos anos os estudos referentes ao impacto das ondas de calor na saúde humana têm se intensificado. Segundo a Organização Mundial da Saúde (WHO, 2018), o aumento da temperatura afeta a todas as populações, no entanto alguns estão mais vulneráveis fisiologicamente, profissionalmente e socioeconomicamente. Crianças, idosos, pessoas com condições médicas crônicas, mulheres grávidas, atletas e trabalhadores ao ar livre são alguns que se enquadram nesse grupo. Considerando que a capital gaúcha tem alta concentração de idosos, é mais um motivo para se atentar às ondas de calor. No tocante às ondas de calor e bem-estar humano, o impacto vai desde a fadiga causada pela exposição ao sol ou aumento da temperatura, a desidratação, insolação e doenças cardiovasculares e respiratórias, efeitos estes que podem variar de acordo com a idade, doenças pré-existentes, entre outros fatores.

VULNERABILIDADE

Os resultados da análise de vulnerabilidade para ondas de calor nas RGP em Porto Alegre encontram-se especializadas na Figura 33. As variáveis relacionadas às ondas de calor, utilizadas no cálculo apresentado no capítulo VULNERABILIDADE, estão apresentadas no Quadro 8.

Quadro 8. Variáveis de sensibilidade e capacidade adaptativa para ondas de calor.

Variáveis – sensibilidade	Variáveis – capacidade adaptativa
Déficit habitacional, População sensível idosa, e área impermeável	Renda média, áreas verdes e acesso à água

Fonte: WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance.

Destacam-se alguns setores censitários nas RGP 2, 3, 4, 5 e 7, que apresentam vulnerabilidade de “Média” a “Alta”. A menor presença de áreas verdes nestas regiões reduz a capacidade adaptativa da população a esses eventos. Além disso, estas áreas coincidem com as Áreas de Ocupação Intensiva (AOI) (Figura 6), onde há intensa ocupação e urbanização, conseqüentemente maior presença de áreas impermeáveis e poucas áreas verdes, o que leva ao agravamento das temperaturas e o aumento da intensidade das ondas de calor.

A urbanização leva ao aumento da densidade demográfica, e, de acordo com o Boletim Desigualdades das Metrôpoles, divulgado em 2022, cresceu em 225% o número de pessoas extremamente pobres na região metropolitana entre 2013 e 2021, sendo Porto Alegre considerada uma dessas cidades (SALATA; RIBEIRO, 2023). Menor renda média também impacta na vulnerabilidade da população e, conseqüentemente, na sua capacidade de resposta a esses eventos.

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

Em boa parte da RGP1, bem como em alguns setores censitários das RGPs 6, 7 e 8 há classificações de vulnerabilidade entre “Baixa” e “Muito Baixa”, assim como na região das ilhas. Exceto para a RGP1, as demais regiões se situam em territórios menos urbanizados e com ampla presença de áreas verdes. Já o principal fator que influencia na menor vulnerabilidade na RGP1, em especial para bairros mais ao leste, é a renda média, que é elevada, como pode-se ver na Figura 3, que apresenta a renda média por setor censitário na cidade.

Outro fator bastante relevante de vulnerabilidade é a população idosa, considerada mais sensível aos efeitos de calor, como apresentado anteriormente na discussão da ameaça. Segundo o Censo IBGE de 2010 (IBGE, 2010), houve um aumento de 32% na população idosa na cidade, com destaque para alguns bairros: Auxiliadora, Independência, Farroupilha, Menino Deus, Moinhos de Vento, Santa Cecília (RGP1) e Vila Assunção (RGP6). A vulnerabilidade se apresentou de “Baixa a “Média” nos setores censitários destes bairros, apesar de apresentaram população idosa, principalmente devido à maior renda média e o acesso à água.

RISCO

A Figura 35 ilustra o risco de ondas de calor para Porto Alegre em 2050, de acordo com as RGPs), e a Figura 34 ilustra o risco em todos os horizontes temporais. Os demais mapas estão apresentados no APÊNDICE E. MAPAS DE AMEAÇA E RISCO CLIMÁTICO PARA TODOS OS PERÍODOS AVALIADOS.

Avaliando-se o período histórico e as projeções para o ano de 2030 e 2050, destaca-se que a cidade apresenta um risco às ondas de calor que varia entre as classificações “Média” e “Alta”, com aumento da intensidade para ambos os horizontes temporais, e destaque para as RGPs 1 e 4, além de uma parte das RGPs 3, 5 e 7. Percebe-se que estas áreas de classificação mais elevada coincidem com as Áreas de Ocupação Intensiva (AOI) (Figura 6). A intensa urbanização da região, com presença de uma grande concentração de edificações e sistema viário desenvolvido, principalmente partir de infraestruturas artificiais, implica em maiores áreas impermeáveis a aumento da temperatura da superfície, intensificando efeitos de ondas de calor.

A ampliação do risco para ondas de calor nos horizontes de 2030 e 2050 possui relação com o aumento da frequência e intensidade das temperaturas médias na região no horizonte de médio prazo, previsto pelos modelos climáticos. A presença de uma maior arborização das ruas, assim como ampliação de áreas de parques e praças e uso de soluções baseadas na natureza, poderia influenciar na capacidade adaptativa da população a esses eventos.

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

Diferentemente do que acontece para ameaças, como inundações, deslizamentos e tempestades, as ondas de calor apresentaram risco elevado em setores censitários de vários bairros, os quais tem como características comum a elevada densidade populacional, urbanização acentuada e baixa presença de áreas verdes, todas características que intensificam esta ameaça. **Sendo assim, recomenda-se que soluções para mitigação deste risco tenham em vista estas regiões, com foco especial para os idosos, bem como para outras populações vulneráveis. Pensando na realidade de Porto Alegre, os coletores de material recicláveis e as pessoas em situação de rua se encaixam no grupo dos mais vulneráveis ao aumento de temperatura determinado pela OMS (WHO, 2018). Conforme Tabela 1, também são os dois maiores grupos de famílias que recebem auxílio social, logo, uma internação ou enfermidade em decorrência das ondas de calor iria impactar financeiramente a estrutura dessas famílias.**

Quadro 9. Bairros com maior risco de Ondas de Calor em 2050.

Regiões de Gestão do Planejamento	Nome do Bairro	Classificação do Risco (2050) - Ondas de Calor
RGP 7 - Lomba do Pinheiro e Partenon	Vila João Pessoa	Alta
RGP 4 - Leste e Nordeste	Bom Jesus	Alta
RGP 1 - Centro	Bom Fim	Alta
	Cidade Baixa	Alta

Fonte: WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance.

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

Ameaça - Ondas de Calor

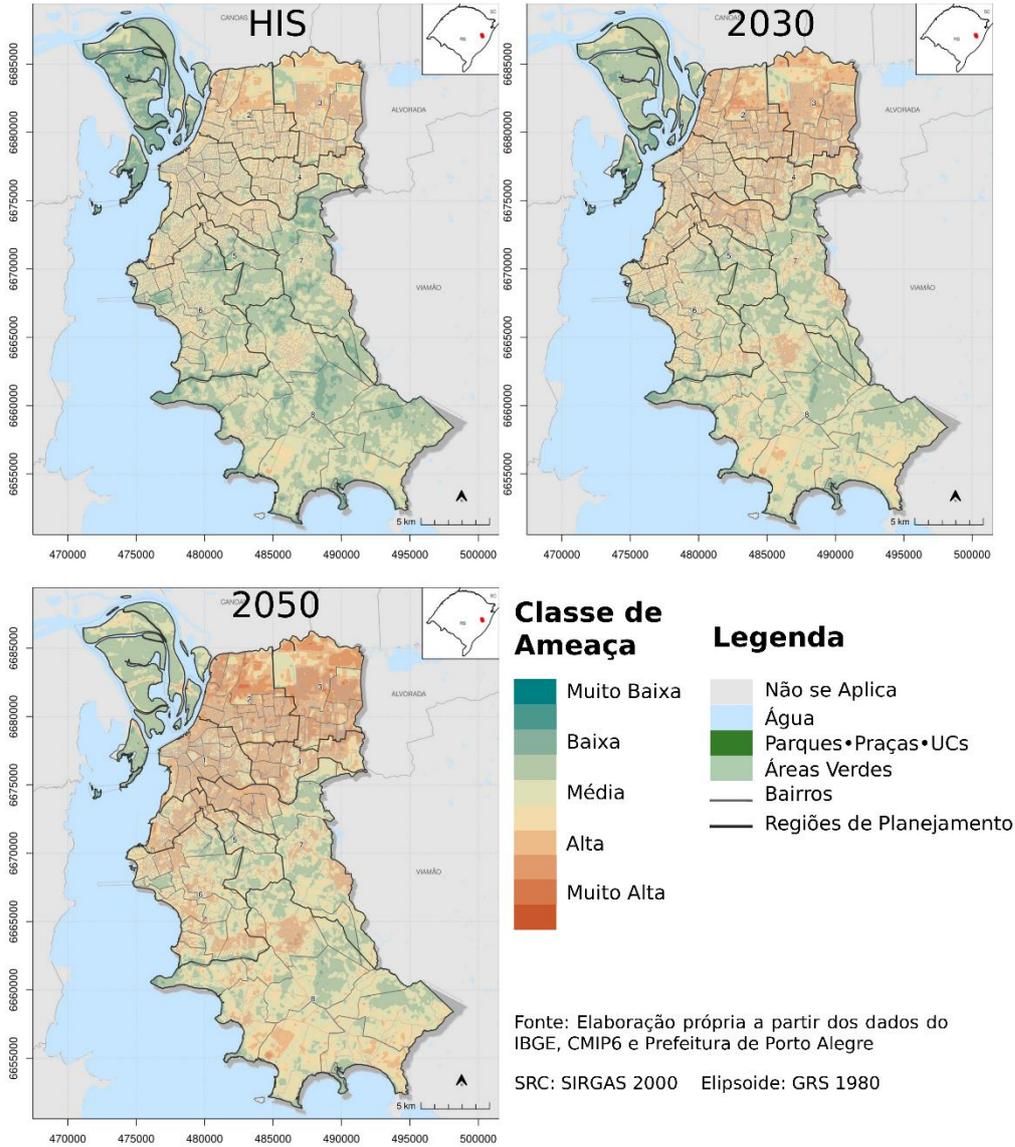


Figura 31. Ameaça de ondas de calor no município de Porto Alegre de acordo com as Regiões de Gestão do Planejamento em todos os horizontes temporais.

Fonte: WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

Ameaça - Ondas de Calor - 2050

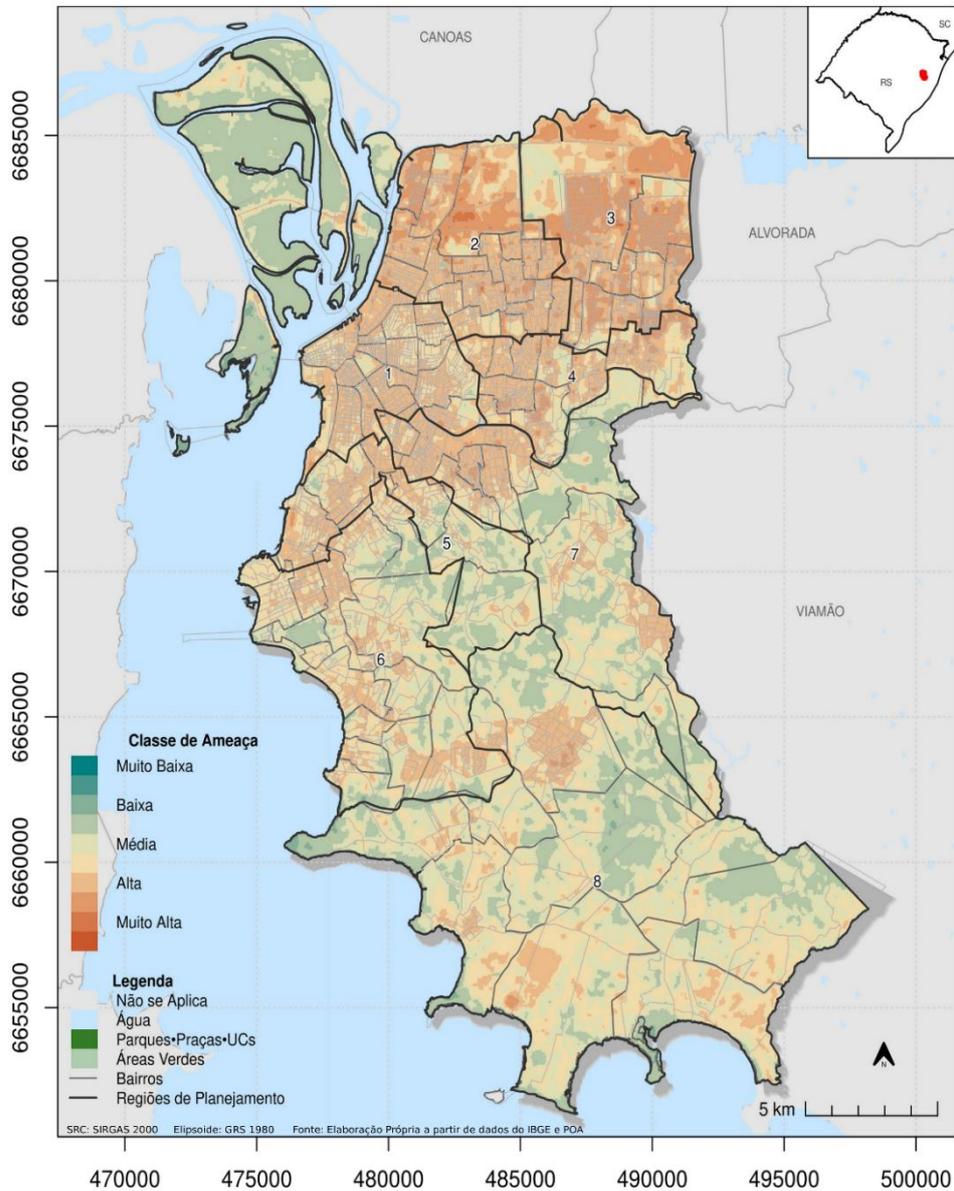


Figura 32. Ameaça de ondas de calor no município de Porto Alegre no município de Porto Alegre de acordo com as Regiões de Gestão do Planejamento em 2050.

Fonte: WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance.

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

Vulnerabilidade da População a Ondas de Calor

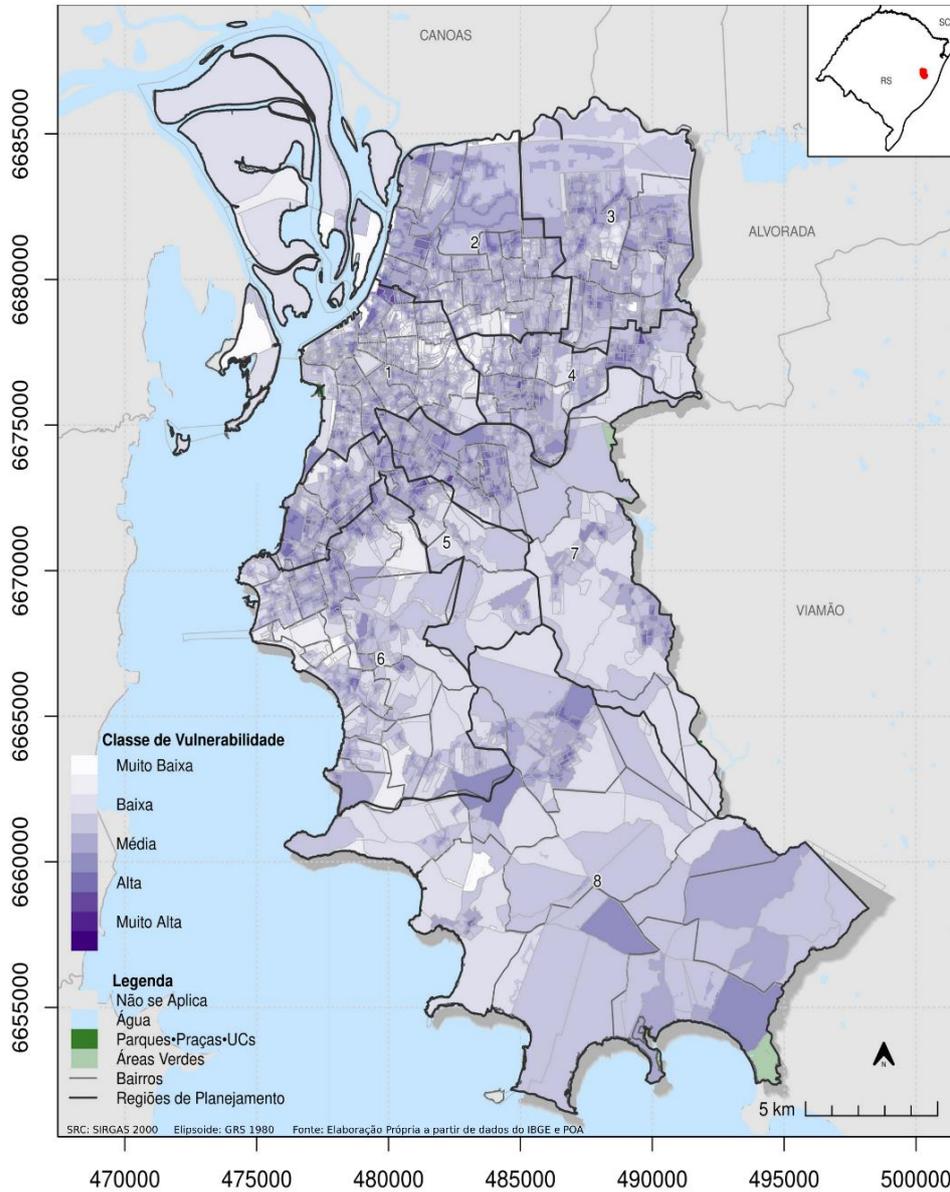


Figura 33. Vulnerabilidade de ondas de calor no município de Porto Alegre no município de Porto Alegre de acordo com as Regiões de Gestão do Planejamento.

Fonte: WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance.

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

Risco - Ondas de Calor

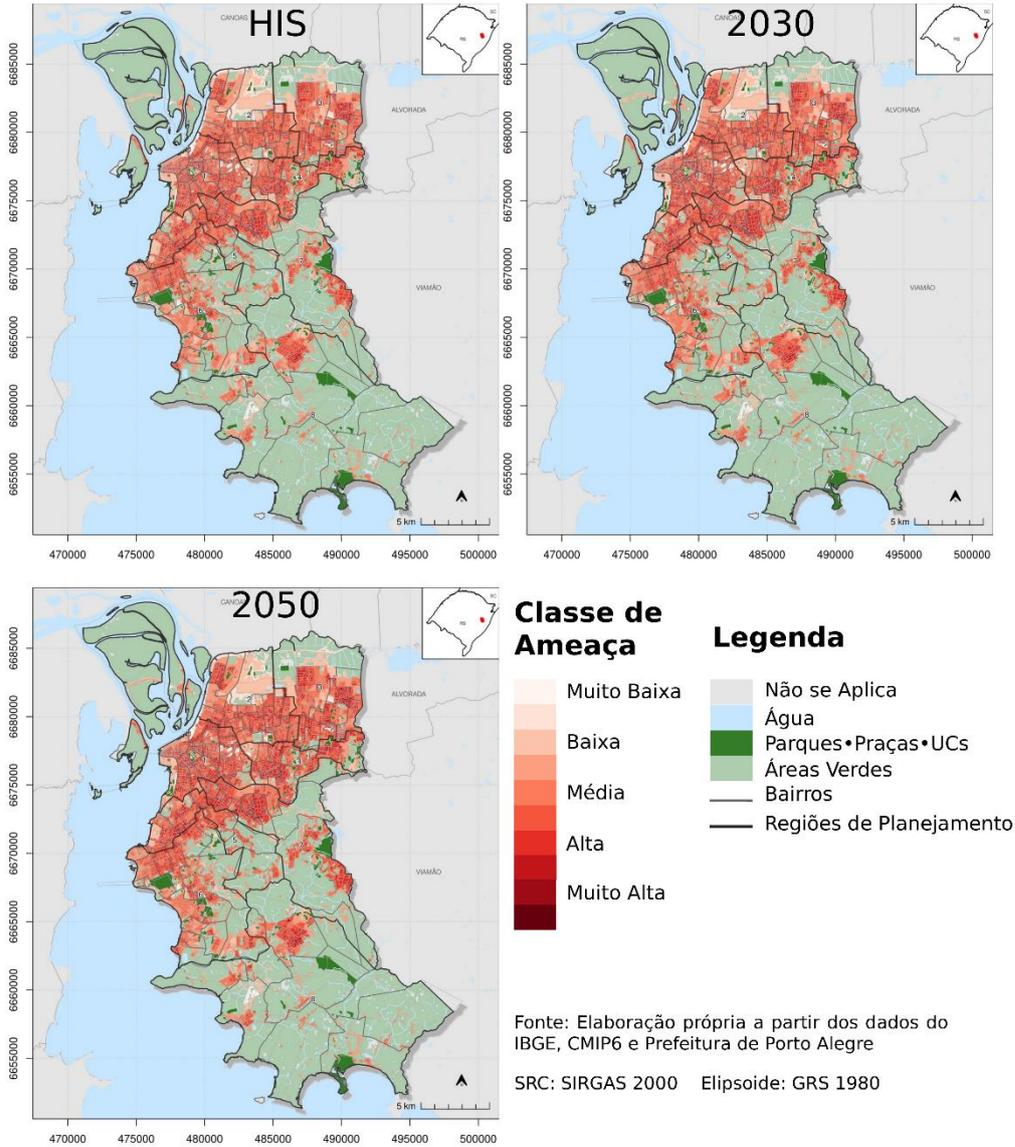


Figura 34. Risco de ondas de calor no município de Porto Alegre de acordo com as Regiões de Gestão do Planejamento em todos os horizontes temporais.

Fonte: WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance.

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

Risco - Ondas de Calor - 2050

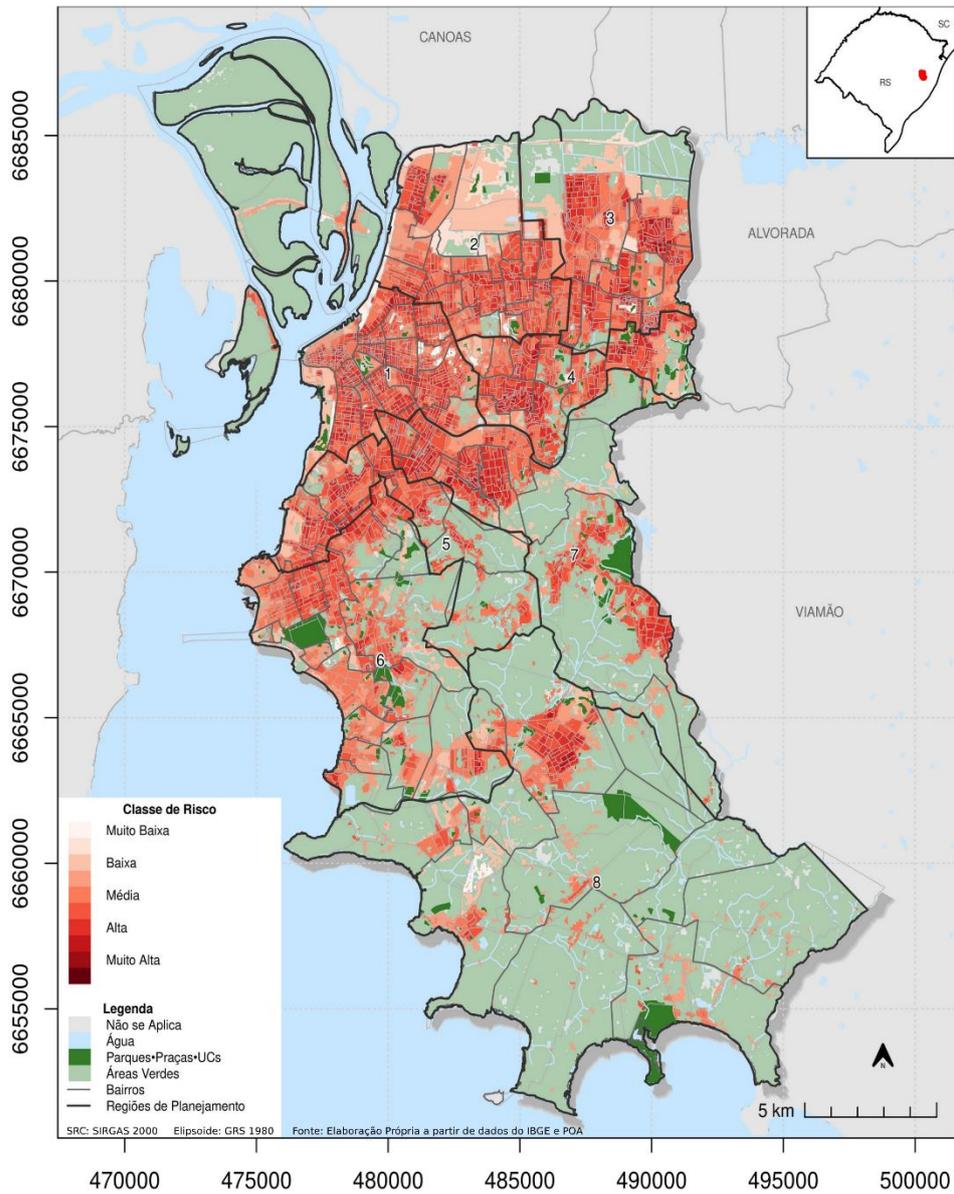


Figura 35. Risco de ondas de calor no município de Porto Alegre de acordo com as Regiões de Gestão do Planejamento em 2050.

Fonte: WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance.

4.5 SECAS METEOROLÓGICAS

AMEAÇA

O cálculo da ameaça para secas meteorológicas se baseou em variáveis climáticas que incluem a precipitação e sua variação, bem como sequência de dias secos, como detalhado no APÊNDICE C. METODOLOGIA DETALHADA DAS AMEAÇAS. No presente estudo, não serão apresentados os mapas de ameaça, pois o resultado para secas meteorológicas foi o mesmo para o município como um todo.

Na Tabela 5, é possível visualizar que o valor da ameaça é semelhante, tanto para o período histórico, quanto para as projeções de 2030 e 2050, apresentando uma classificação “Média”, conforme escala da Tabela 4. Há diferença de 0,035 entre a ameaça do período histórico e a de 2050, mas sem alteração na classificação.

Tabela 6. Variação da ameaça de secas para o município de Porto Alegre no período histórico e horizontes temporais.

Descrição do dado	Histórico	SSP3-7.0 (2030)	SSP3-7.0 (2050)	Variação entre período histórico e 2050
Ameaça de Secas Meteorológicas	0,499	0,506	0,534	0,035
Classificação	Média	Média	Média	-

Fonte: WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance.

Os resultados se mostram coerentes com a intensificação das secas que vem sendo verificada no estado do Rio Grande do Sul, como mencionado no capítulo Secas meteorológicas. De acordo com o Instituto Nacional de Meteorologia, janeiro de 2023 também foi considerado o mais seco de Porto Alegre desde 2005, quando a cidade teve apenas 5 dias de chuva. A capital registrou apenas 52,4 mm de chuva, valor que representa menos da metade (43%) na Normal Climatológica (média histórica) de 1991-2020, que é de 120,7 mm. O valor é o menor acumulado para janeiro desde 2005, quando choveu 28,8 mm (INMET, 2023). O impacto da falta de chuvas levou a capital a decretar estado de emergência nas áreas de produção agrícola e medidas para auxiliar de forma rápida os impactos da estiagem (METSUL, 2023).

Em Porto Alegre, é possível observar uma maior concentração de população na Área de Ocupação Intensiva (AOI). Esse adensamento, em conjunto com o aumento das temperaturas médias, pode ampliar ainda mais o risco da população à ameaça de secas meteorológicas. A escassez hídrica também

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

pode ampliar devido ao aumento da demanda, muitas vezes relacionado ao crescimento e adensamento populacional fora do planejamento da cidade.

Entretanto, um planejamento adequado, assim como a criação de políticas públicas que favoreçam a proteção das bacias hidrográficas e da vegetação ciliar, diminui a vulnerabilidade da população. Nesse sentido, recomenda-se o desenvolvimento de ações em relação ao abastecimento de água, de forma a reduzir impactos significativos, como a insegurança hídrica.

VULNERABILIDADE

Os resultados da análise de vulnerabilidade para secas meteorológicas nas RGP em Porto Alegre encontram-se especializados na Figura 36. As variáveis relacionadas às secas meteorológicas, utilizadas no cálculo apresentado no capítulo VULNERABILIDADE, estão apresentadas no Quadro 10.

Quadro 10. Variáveis de sensibilidade e capacidade adaptativa para secas meteorológicas.

Variáveis – sensibilidade	Variáveis – capacidade adaptativa
Déficit habitacional e População sensível	Renda média, acesso à água e presença de reservatórios de água

Fonte: WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance.

É possível observar que Porto Alegre apresenta, predominantemente, uma classificação que varia entre “Baixa” e “Média” de vulnerabilidade às secas meteorológicas, com alguns pontos específicos com maior vulnerabilidade.

Destaca-se uma baixa vulnerabilidade mais a oeste da capital, nas RGP1, RGP2 e RGP4. Nestas regiões estão presentes em bom número os reservatórios de água utilizados no cálculo da capacidade adaptativa. A proximidade dos reservatórios auxilia no acesso à água em situações de seca, o que reduz a vulnerabilidade.

Como mencionado no capítulo Hidrografia, a Bacia Hidrográfica do Lago Guaíba ocupa a maior parte do território, além de ser a principal fonte de água para o abastecimento da população. É possível observar que os bairros localizados próximos à bacia apresentam menor vulnerabilidade, que varia entre uma classificação “Baixa” e “Média”, o que poderia estar associado à proximidade da localização das ETAs. Além disso, quanto maior o distanciamento de uma região de uma Estação de Tratamento, maior a probabilidade de ocorrer algum processo de intermitência entre os ductos condutores de água, influenciando no acesso de abastecimento de água.

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

Destaca-se que algumas regiões mais ao sul apresentam uma vulnerabilidade que varia entre “Alta” e “Muito Alta”, como na região 8, no Extremo Sul. Os bairros da Zona Sul, especialmente os localizados em morros, sofrem atualmente com desabastecimento de água, principalmente no verão, e não possuem tantos pontos com reservatórios disponíveis. Por este motivo, uma obra de uma nova adutora da Ponta do Arado está sendo realizada para suprir a demanda (DMAE, 2022).

Ainda, nesta região está localizada a zona rural de Porto Alegre, o que poderia acarretar danos à produção local existente, já que a água é imprescindível para a agricultura e produção de alimentos. Além disso, é importante destacar que essa região apresenta a maior parte da concentração da população negra, como podemos visualizar na Figura 16, representando uma maior vulnerabilidade desta população à ameaça de secas.

RISCO

A Figura 38 ilustra o risco de secas meteorológicas para Porto Alegre em 2050, de acordo com as RGP, e a Figura 37 ilustra o risco em todos os horizontes temporais. Os demais mapas estão apresentados no APÊNDICE E. MAPAS DE AMEAÇA E RISCO CLIMÁTICO PARA TODOS OS PERÍODOS AVALIADOS.

Avaliando-se o período histórico e as projeções para o ano de 2030 e 2050, destaca-se que a cidade apresenta, de forma predominante, risco de classificação “Média” para secas meteorológicas, apresentando um aumento da intensidade nos horizontes temporais. Pequenas parcelas de alguns bairros apresentam classificação “Alta”, devido à maior densidade populacional.

Em 2030, a intensidade do risco permanece semelhante em relação ao período histórico nas mesmas regiões. **Em 2050, alguns pontos específicos apresentam aumento da intensidade do risco, passando para a classificação “Alta” em partes dos bairros Farrapos (RGP2), Santa Rosa de Lima (RGP3), Bom Jesus e Mario Quintana (RGP4), Lomba do Pinheiro (RGP7) e Restinga (RGP8).** É possível identificar que esses pontos estão localizados em regiões com menor acesso à água e distantes de reservatórios de água, o que pode influenciar no aumento da intensidade deste risco.

O aumento da intensidade das secas é reflexo do aumento das temperaturas médias, máximas e mínimas previstas pelos modelos climáticos. Além disso, o risco apresentou classificação mais alta na área de maior concentração da população, a região considerada como Área de Ocupação Intensiva (AOI). Nesse sentido, o grande adensamento populacional pode refletir no aumento da indisponibilidade de água, trazendo consequências como o aumento da escassez hídrica.

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

Como as bacias de abastecimento estão intrinsecamente relacionadas com a ocorrência de secas, recomenda-se que exista um planejamento público de conservação desses reservatórios, para que outros impactos não interfiram na disponibilidade de água, como a poluição, presença de resíduos sólidos e uso intensivo da água por diferentes atividades, como uso industrial e agropecuário.

Quadro 11. Bairros com maior risco de Secas Meteorológicas em 2050

Regiões de Gestão do Planejamento	Nome do Bairro	Classificação do risco (2050) – Secas Meteorológicas
RGP 4 - Leste e Nordeste	Bom Jesus	Média
RGP 7 - Lomba do Pinheiro e Partenon	Vila João Pessoa	Média
RGP 1 - Centro	Cidade Baixa	Média
	Bom Fim	Média

Fonte: WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance.

Vulnerabilidade da População a Secas

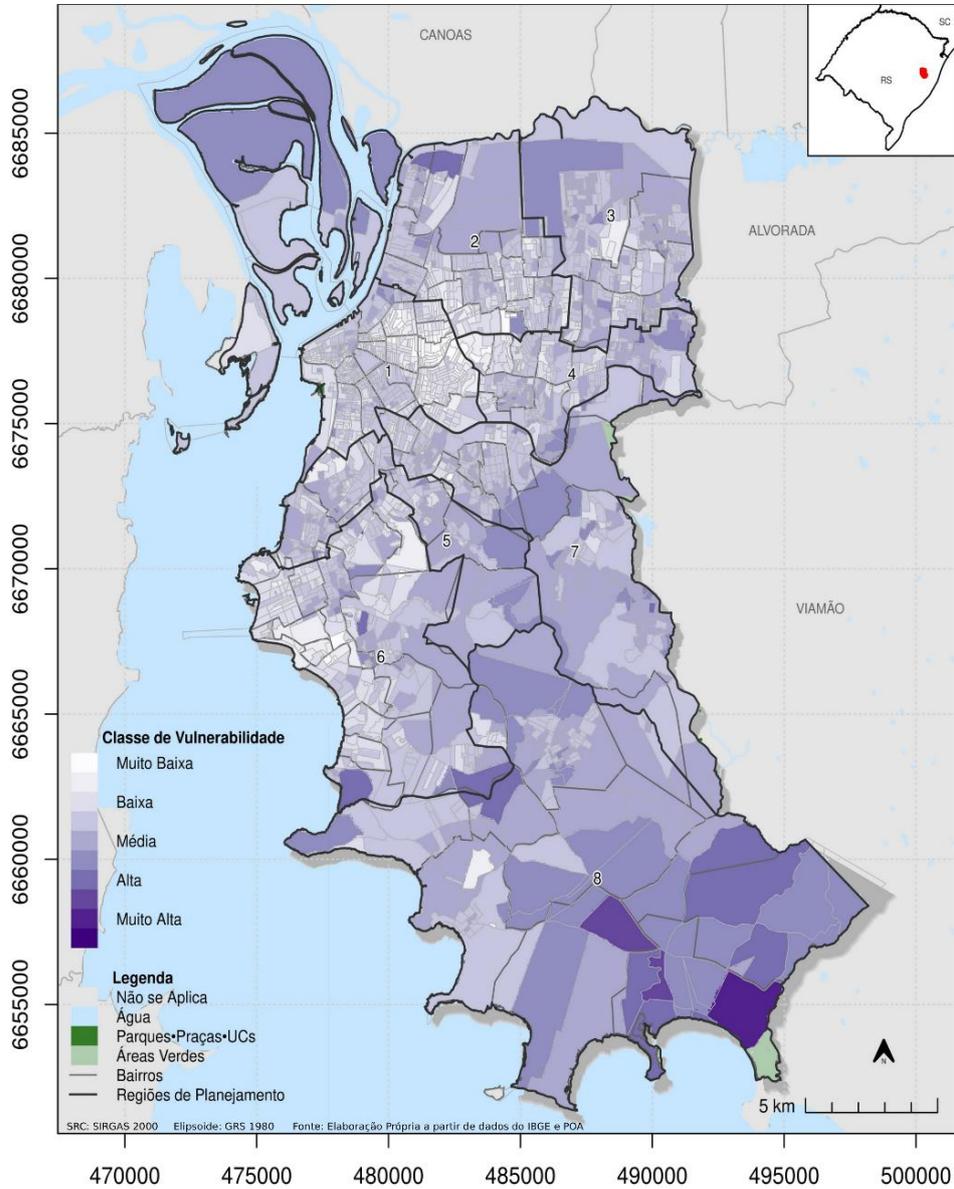


Figura 36. Vulnerabilidade de secas meteorológicas no município de Porto Alegre de acordo com as Regiões de Gestão do Planejamento.

Fonte: WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance.

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

Risco - Secas

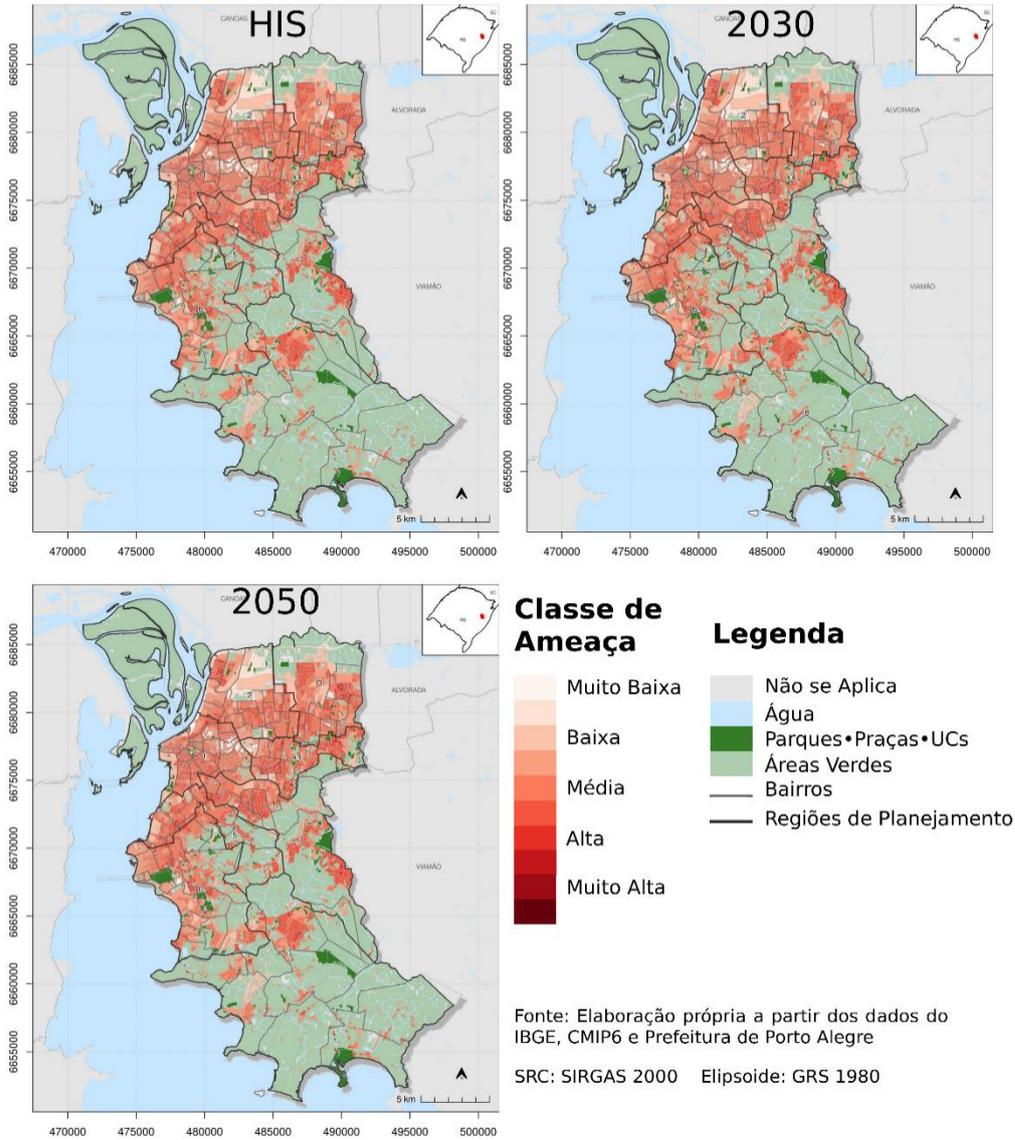


Figura 37. Risco de secas meteorológicas no município de Porto Alegre de acordo com as Regiões de Gestão do Planejamento em todos os horizontes temporais.

Fonte: WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance.

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

Risco - Secas - 2050

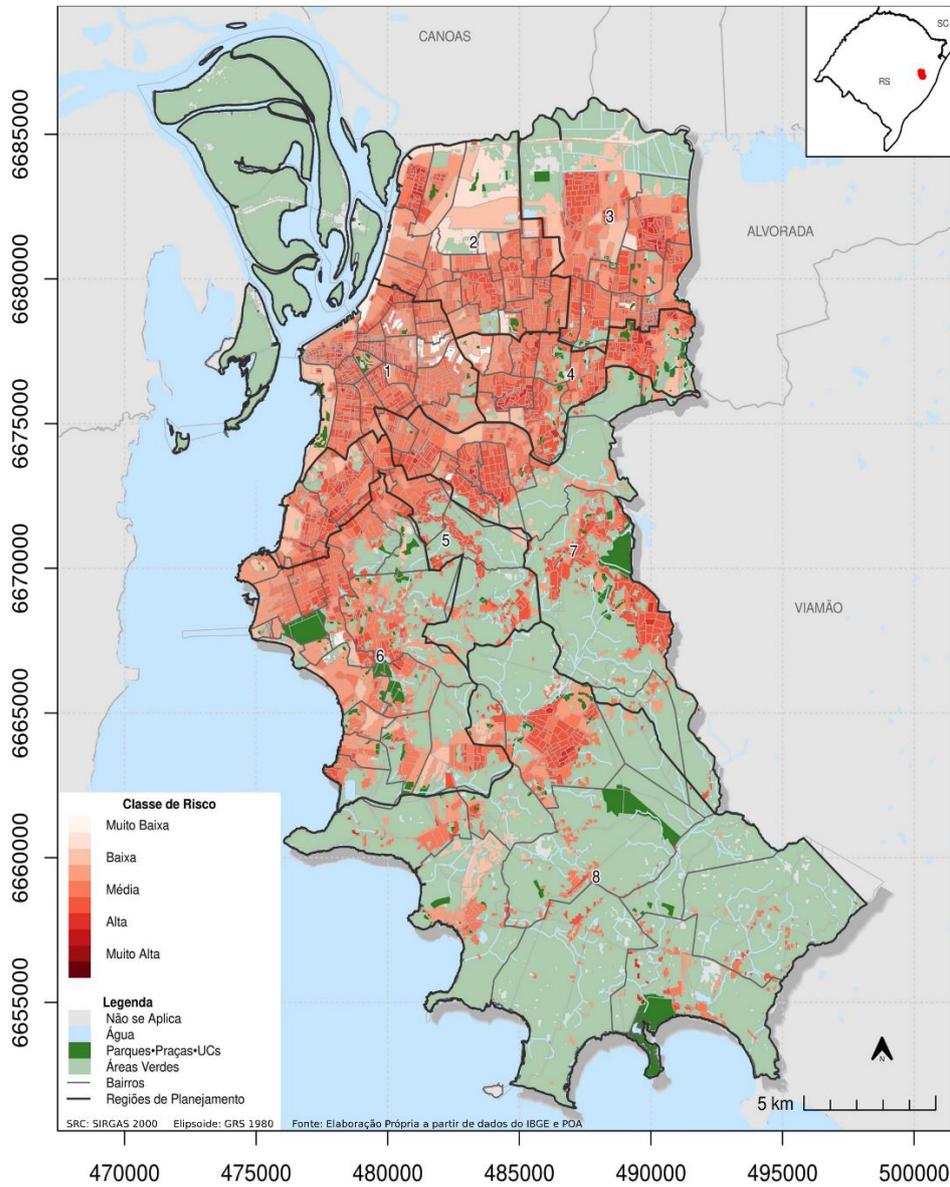


Figura 38. Risco de secas meteorológicas no município de Porto Alegre de acordo com as Regiões de Gestão do Planejamento em 2050.

Fonte: WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance.

4.6 VETORES DE ARBOVIROSES

AMEAÇA

O cálculo da ameaça para vetores de arboviroses se baseou em variáveis climáticas, como temperatura média, umidade relativa do ar, precipitação total acumulada e indicadores relacionados ao ciclo do mosquito *Aedes Aegypti*, como detalhado no APÊNDICE C. METODOLOGIA DETALHADA DAS AMEAÇAS. No presente estudo, não serão apresentados os mapas de ameaça, pois o resultado para vetores de arboviroses foi o mesmo para o município como um todo.

Na Tabela 7, é possível visualizar que o valor da ameaça é semelhante, tanto para o período histórico, quanto para as projeções de 2030 e 2050, apresentando classificação “Média” no histórico, conforme escala da Tabela 4. Entre o histórico e os horizontes temporais houve uma mudança na classificação da ameaça, passando a ser “Alta”, com uma variação entre o período histórico e 2050 de 0,122.

Tabela 7. Variação da ameaça de vetores de arboviroses para o município de Porto Alegre no período histórico e horizontes temporais.

Descrição do dado	Histórico	SSP3-7.0 (2030)	SSP3-7.0 (2050)	Variação entre período histórico e 2050
Ameaça de Vetores de Arboviroses	0,544	0,646	0,666	0,122
Classificação	Média	Alta	Alta	-

Fonte: WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance.

As doenças causadas por vetores de arboviroses, como a dengue, Zika e Chikungunya, acontecem em todo o estado. Em 2022, a Secretaria Estadual de Saúde do Rio Grande do Sul (SES/RS) - por meio do Centro Estadual de Vigilância em Saúde (CEVS) - identificou que, em comparação com a série histórica de casos dos anos anteriores, houve aumento no número de notificações de casos suspeitos de dengue no Estado, e um alerta epidemiológico para situação crítica de dengue foi emitido em 25 de março de 2022 (SECRETARIA DA SAÚDE, 2022).

Especificamente em Porto Alegre, a dengue apresenta um comportamento sazonal, com início do crescimento populacional do vetor em outubro que, somado a casos importados, pode resultar na circulação viral e transmissão autóctone no município de janeiro a maio do ano seguinte (PMPA, 2023j). Assim como no estado, as notificações de dengue nas últimas décadas continuam se ampliando, sendo importante um olhar atento para prevenção da proliferação dos vetores.

VULNERABILIDADE

Os resultados da análise de vulnerabilidade para vetores de arboviroses nas RGP's em Porto Alegre encontram-se espacializados na Figura 39. As variáveis relacionadas às secas meteorológicas, utilizadas no cálculo apresentado no capítulo VULNERABILIDADE, estão apresentadas no Quadro 12.

Quadro 12. Variáveis de sensibilidade e capacidade adaptativa para vetores de arboviroses.

Variáveis – sensibilidade	Variáveis – capacidade adaptativa
Déficit habitacional, População sensível e falta de acesso à água	Renda média, mulheres alfabetizadas, acesso à saúde, acesso à coleta de lixo e armadilhas para o Aedes

Fonte: WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance.

Os bairros que apresentam vulnerabilidade com classificação “Alta” e “Muito Alta” foram Chapéu do Sol, Boa Vista do Sul, São Caetano, Lami e Extrema (RGP8), Arquipélago (RGP2) e Hípica (RGP6).

Este valor de maior vulnerabilidade possivelmente possui relação com a baixa disponibilidade de serviços de saúde e coleta de lixo, quando em comparação a outros bairros, e poucos pontos com armadilhas para o mosquito *Aedes Aegypti*. Para a população que habita regiões com menor acesso a estes serviços, a identificação das doenças transmitidas pelo mosquito e o conseqüente atendimento é dificultado, ou seja, estes cidadãos ficam mais vulneráveis

A classificação “Baixa” e “Muito Baixa” apresentada em boa parte das RGP's 1, 2, 3, 4 e 6, em principal nas áreas mais próximas à região central, é influenciada por vários fatores, entre eles uma maior renda média, acesso à sistemas de saúde, maior quantidade de domicílios com coleta de lixo e mais locais com armadilhas para o mosquito. O acesso à água também é mais facilitado nestas localidades, como já apresentado na discussão sobre secas.

RISCO

A Figura 41 ilustra o risco de vetores de arboviroses para Porto Alegre em 2050, de acordo com as RGP's, e a Figura 40 ilustra o risco em todos os horizontes temporais. Os demais mapas estão apresentados no APÊNDICE E. MAPAS DE AMEAÇA E RISCO CLIMÁTICO PARA TODOS OS PERÍODOS AVALIADOS.

De forma geral, o risco apresenta classificação “Média” na porção norte do território, nas regiões mais urbanizadas e com maior densidade populacional. Em partes destas regiões o risco se agrava nos horizontes de 2030 e 2050, passando a apresentar classificação “Alta”. Alguns dos bairros em que o risco se intensifica são Farrapos (RGP2), Santa Rosa de Lima (RGP3), Mário Quintana, Jardim Carvalho e Bom Jesus (RGP4), São José e Aparício Borges (RGP7), Glória e Cascata (RGP5) e Restinga (RGP8).

Uma das características em comum destes bairros é a alta exposição, ou seja, uma elevada concentração de população que amplia o risco de proliferação de mosquitos transmissores de arboviroses. Porém, ao analisarmos os fatores de vulnerabilidade, percebe-se que o maior risco também possui relação com a menor renda média desta população e menor infraestrutura, o que está diretamente relacionado com a capacidade adaptativa dos cidadãos de desenvolver ações de prevenção ao mosquito.

Recomenda-se que o município siga desenvolvendo ferramentas para, principalmente, prevenir a proliferação do mosquito, promovendo campanhas educativas com a população e ações que reduzam as variáveis de vulnerabilidade, como melhoria na coleta de lixo e maior acesso aos serviços de saúde, com foco inicial nos bairros mais impactados pelas doenças transmitidas pelo Aedes, como dengue, Zika e Chikungunya.

Quadro 13. Bairros com maior risco de Vetores de Arboviroses em 2050

Regiões de Gestão do Planejamento	Nome do Bairro	Classificação do risco (2050) – Vetores de Arboviroses
RGP 4 - Leste e Nordeste	Bom Jesus	Média
RGP 5 - Glória, Cruzeiro e Cristal	Cascata	Média
RGP 7 - Lomba do Pinheiro e Partenon	Vila João Pessoa	Média
	Vila São José	Média

Fonte: WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance.

Vulnerabilidade da População a Doenças

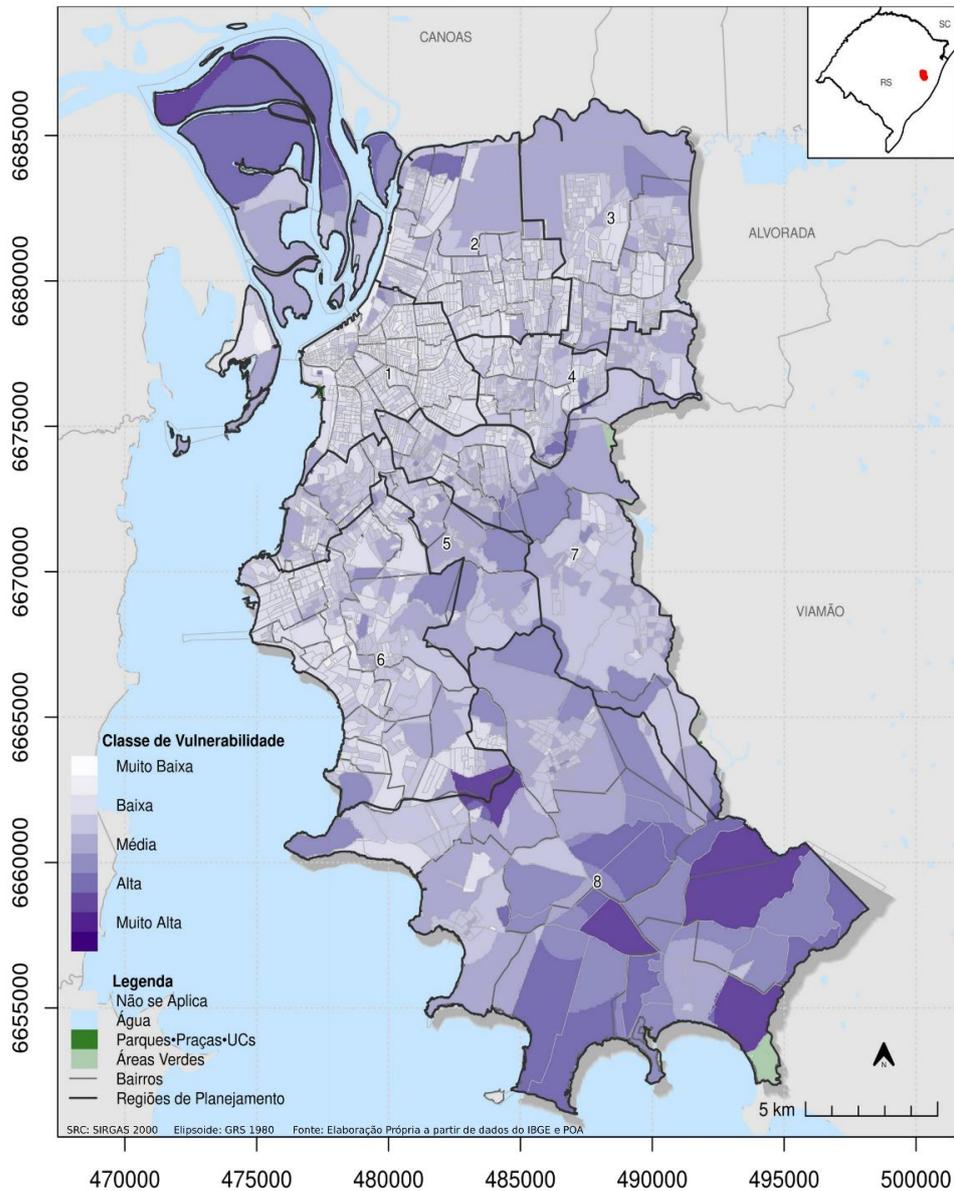


Figura 39. Vulnerabilidade de vetores de arboviroses no município de Porto Alegre de acordo com as Regiões de Gestão do Planejamento.

Fonte: WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance.

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

Risco - Doenças

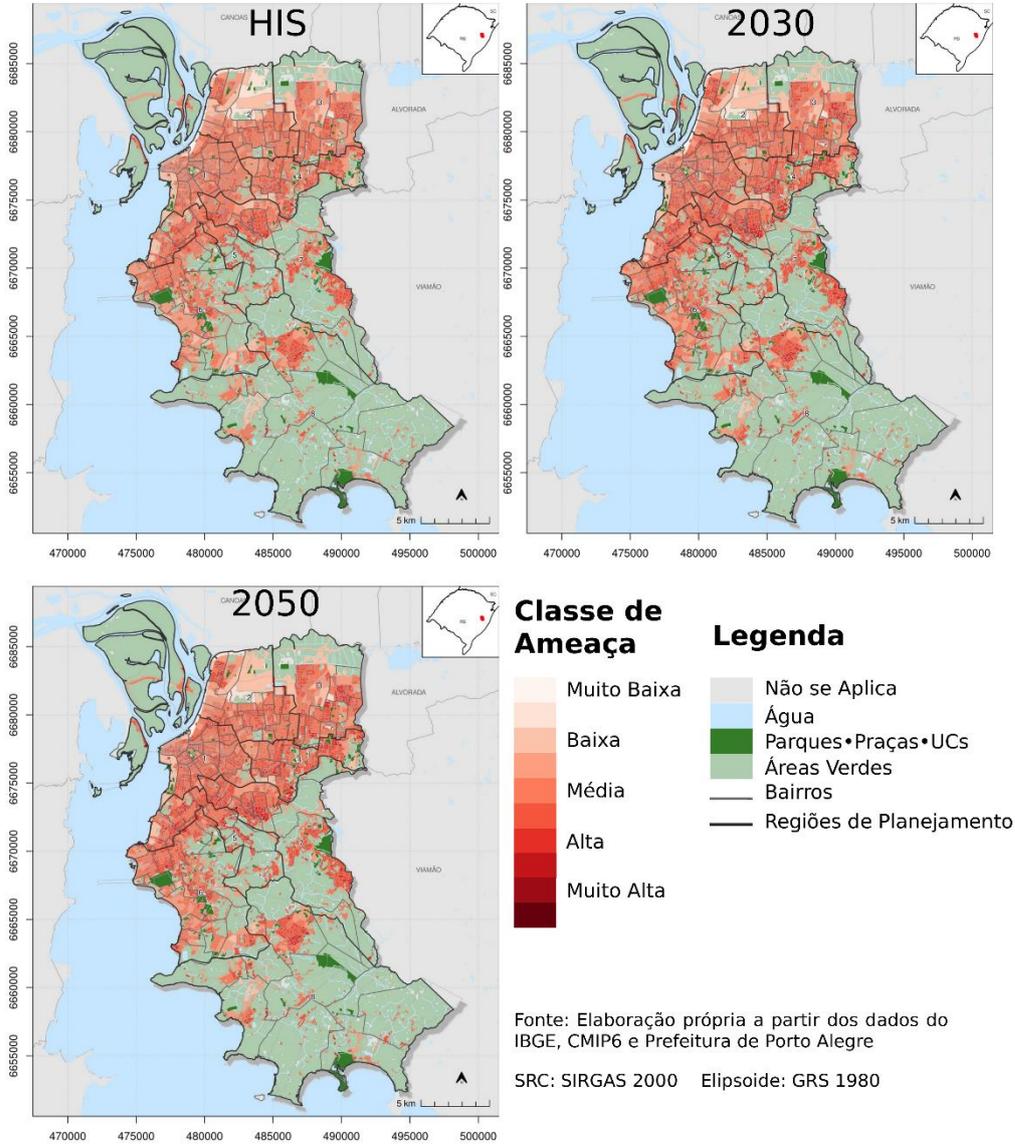


Figura 40. Risco de vetores de arboviroses no município de Porto Alegre de acordo com as Regiões de Gestão do Planejamento em todos os horizontes temporais.

Fonte: WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

Risco - Doenças - 2050

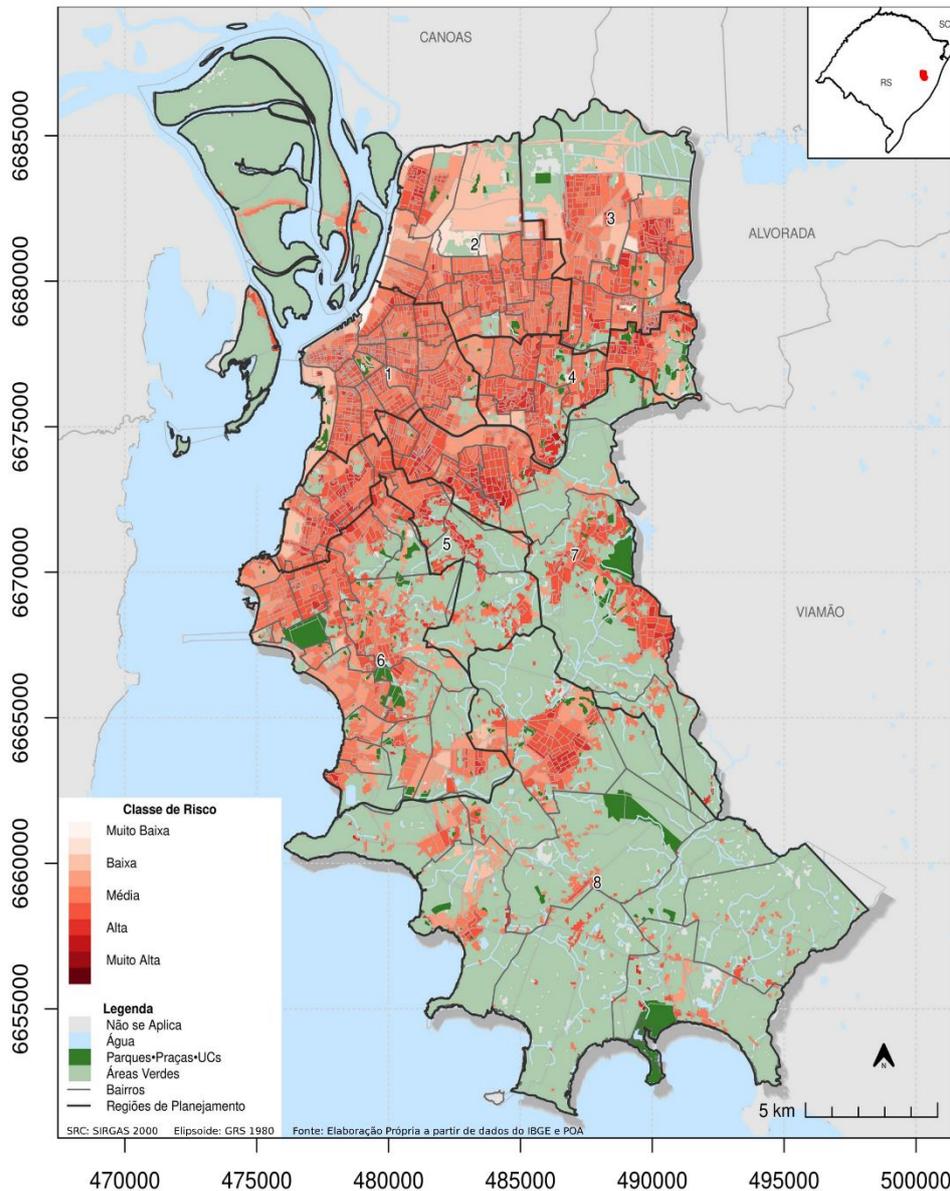


Figura 41. Risco de vetores de arboviroses no município de Porto de acordo com as Regiões de Gestão do Planejamento em 2050.

Fonte: WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance.

4.7 TEMPESTADES

AMEAÇA

O cálculo da ameaça para tempestades se baseou em variáveis climáticas como precipitação máxima e total anual e máxima velocidade do vento, como detalhado no APÊNDICE C. METODOLOGIA DETALHADA DAS AMEAÇAS. No presente estudo, não serão apresentados os mapas de ameaça, pois o resultado para tempestades foi o mesmo para o município como um todo.

A ameaça de tempestades apresenta classificação “Média” para o período histórico e 2030, alterando para “Alta” em 2050 (Tabela 8). Há uma diferença de 0,031 entre o resultado da ameaça para o período histórico e para o horizonte de 2050, sendo que o valor do histórico está bem próximo ao limiar que enquadra a classificação “Alta”.

Tabela 8. Variação da ameaça de tempestades para o município de Porto Alegre no período histórico e horizontes temporais.

Descrição do dado	Histórico	SSP3-7.0 (2030)	SSP3-7.0 (2050)	Variação entre período histórico e 2050
Ameaça de Tempestades	0,597	0,597	0,628	0,031
Classificação	Média	Média	Alta	-

Fonte: WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance.

De forma geral, a ameaça de tempestades pode ocasionar grandes impactos sociais, econômicos e infraestruturais para as cidades, uma vez que também influencia no aumento da ocorrência de deslizamentos e inundações fluviais. Na região sul do Brasil, é ainda mais comum a ocorrência de eventos extremos associados a tempestades, principalmente devido à formação de ciclones extratropicais. Porto Alegre, assim como cidades que apresentam grandes concentrações de adensamentos populacionais, podem ter suas atividades econômicas fortemente impactadas, assim como outros setores relacionados (transporte e logística).

Do ponto de vista social, regiões que apresentam uma menor distribuição de renda são ainda mais vulneráveis à ocorrência desses eventos, diminuindo sua capacidade de se reestruturar após uma tempestade. Recomenda-se um olhar mais voltado para essa população, possibilitando a criação de estratégias que minimizem os impactos associados a ela, como a criação de políticas públicas que contribuam no auxílio à reestruturação de moradias, serviços de atendimento a esses eventos, assim como o de serviços básicos como de saúde e saneamento.

VULNERABILIDADE

Os resultados da análise de vulnerabilidade para tempestades nas RGP em Porto Alegre encontram-se especializados na Figura 42. As variáveis relacionadas às tempestades, utilizadas no cálculo apresentado no capítulo VULNERABILIDADE, estão apresentadas no Quadro 14.

Quadro 14. Variáveis de sensibilidade e capacidade adaptativa para tempestades.

Variáveis – sensibilidade	Variáveis – capacidade adaptativa
Déficit habitacional, População sensível e área impermeável	Renda média, infraestrutura de esgoto e infraestrutura de ruas

Fonte: WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance.

A vulnerabilidade apresenta valores com classificação “Alta” e “Muito Alta” em partes dos bairros Farrapos e Humaitá (RGP2), Sarandi (RGP3), Bom Jesus e Mario Quintana (RGP4), Serraria (RGP6), São José e Lomba do Pinheiro (RGP7) e ainda alguns bairros na RGP8. Destaca-se que impactos de tempestades ao sul, na zona rural, podem impactar não somente a população, como também a produção local.

É possível visualizar que na RGP1 como um todo, em boa parte da RGP 2 e na porção mais a oeste da RGP 6, a vulnerabilidade varia entre “Baixa” e “Muito Baixa”. Essa região é composta por uma população com maior capacidade de adaptação, principalmente por apresentar uma maior renda média e melhor infraestrutura habitacional. Porém, por se tratar de áreas com intensa ocupação populacional, é importante que exista um acompanhamento na intensificação destes eventos para os horizontes futuros, para evitar impactos significativos nas atividades econômicas destas localidades.

No passado, o bairro Sarandi e os bairros que integram as RGP5 e 7 concentraram a maior proporção de chefes de família em condição de pobreza. A pior situação foi observada no Sarandi, 67,29% dos moradores foram considerados pobres. Assim como ele, os bairros Medianeira, Santa Tereza, Cascata e Glória (RGP5) possuem um histórico de vulnerabilidade habitacional, representada pela irregularidade fundiária e a moradia em locais de risco e sem infraestrutura (PMPA, 2004). Conforme visto na Figura 6, estes bairros estão entre os que possuem maior concentração da população negra, tornando esta população mais vulnerável às tempestades.

RISCO

A Figura 44 ilustra o risco de tempestades para Porto Alegre em 2050, de acordo com as RGP, e a Figura 43 ilustra o risco em todos os horizontes temporais. Os demais mapas estão apresentados no APÊNDICE E. MAPAS DE AMEAÇA E RISCO CLIMÁTICO PARA TODOS OS PERÍODOS AVALIADOS.

Avaliando-se o período histórico e as projeções para 2030 e 2050, é possível observar que o risco de tempestades é predominantemente de classificação “Média”, apresentando classificação “Alta” e “Muito Alta” em alguns pontos específicos no município para o período histórico. Com exceção da porção mais a oeste da RGP 5, é possível observar que o risco mais alto está associado a regiões mais interiores do município. Esse fator está relacionado com a maior exposição da população nessa região, alinhado à falta de infraestrutura habitacional e baixa renda média dos moradores.

Nos horizontes de 2030 e 2050, percebe-se uma intensificação dos riscos em alguns bairros, sendo eles: Independência (RGP1), Farrapos (RGP2), partes de Costa e Silva, Passo das Pedras e Santa Rosa de Lima (RGP3), partes de Bom Jesus, Mario Quintana e Jardim Carvalho (RGP4), partes de Santa Tereza e Cristal (RGP5), bem como boa parte dos bairros Aparício Borges e Vila João Pessoa, e partes de Lomba do Pinheiro (RGP7) e Restinga (RGP8).

Em boa parte das RGP 1, 2, 3 e 6, o risco continua com uma classificação “Média” nos horizontes futuros. Este aspecto está relacionado com a melhor distribuição da renda média e melhor qualidade das infraestruturas, o que amplia a capacidade adaptativa e reduz a vulnerabilidade desta população, reduzindo o risco.

É importante destacar que há uma relação entre tempestades e a presença de alagamentos em cidades. Conforme apresentado no capítulo Inundação Fluvial, o alagamento é definido como um acúmulo de água em determinados locais onde o sistema de drenagem não tem capacidade de promover o escoamento da água no volume necessário, ou seja, a conexão está diretamente relacionada à falha dos sistemas de drenagem em escoar a precipitação decorrente da água chuva, que é um dos fatores incluídos na análise de ameaça de tempestades.

Eventos deste tipo foram reportados considerando os anos de 1995 a 2019. Foi constatado que os danos e prejuízos contabilizados no estado do Rio Grande do Sul foram decorrentes principalmente da tempestades, consideradas como um desastre meteorológico, cujas tipologias foram chuvas intensas, vendavais, ciclones e granizos (BANCO MUNDIAL, 2020). Neste sentido, recomenda-se o investimento

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

em melhorias nas infraestruturas de saneamento da cidade, que desta forma contribuem com a redução dos impactos de alagamentos decorrentes das tempestades.

Quadro 15. Bairros com maior risco de Tempestades em 2050

Regiões de Gestão do Planejamento	Nome do Bairro	Classificação do risco (2050) - Tempestades
RGP 4 - Leste e Nordeste	Bom Jesus	Alta
RGP 7 - Lomba do Pinheiro e Partenon	Vila João Pessoa	Alta
	Aparício Borges	Alta
RGP 1 - Centro	Independência	Alta

Fonte: WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance.

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

Vulnerabilidade da População a Tempestades

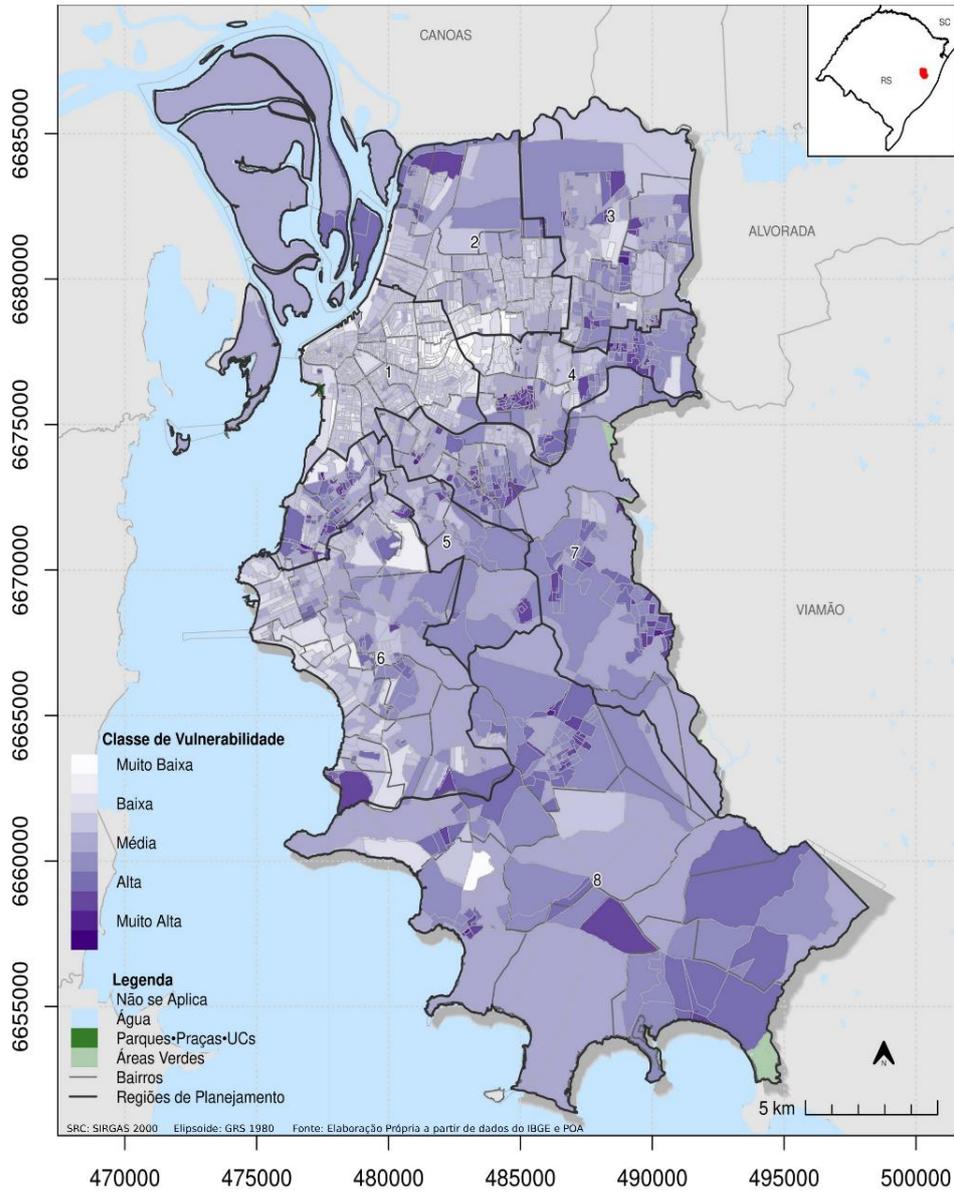


Figura 42. Vulnerabilidade de tempestades no município de Porto Alegre de acordo com as Regiões de Gestão do Planejamento.

Fonte: WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance.

Risco - Tempestade

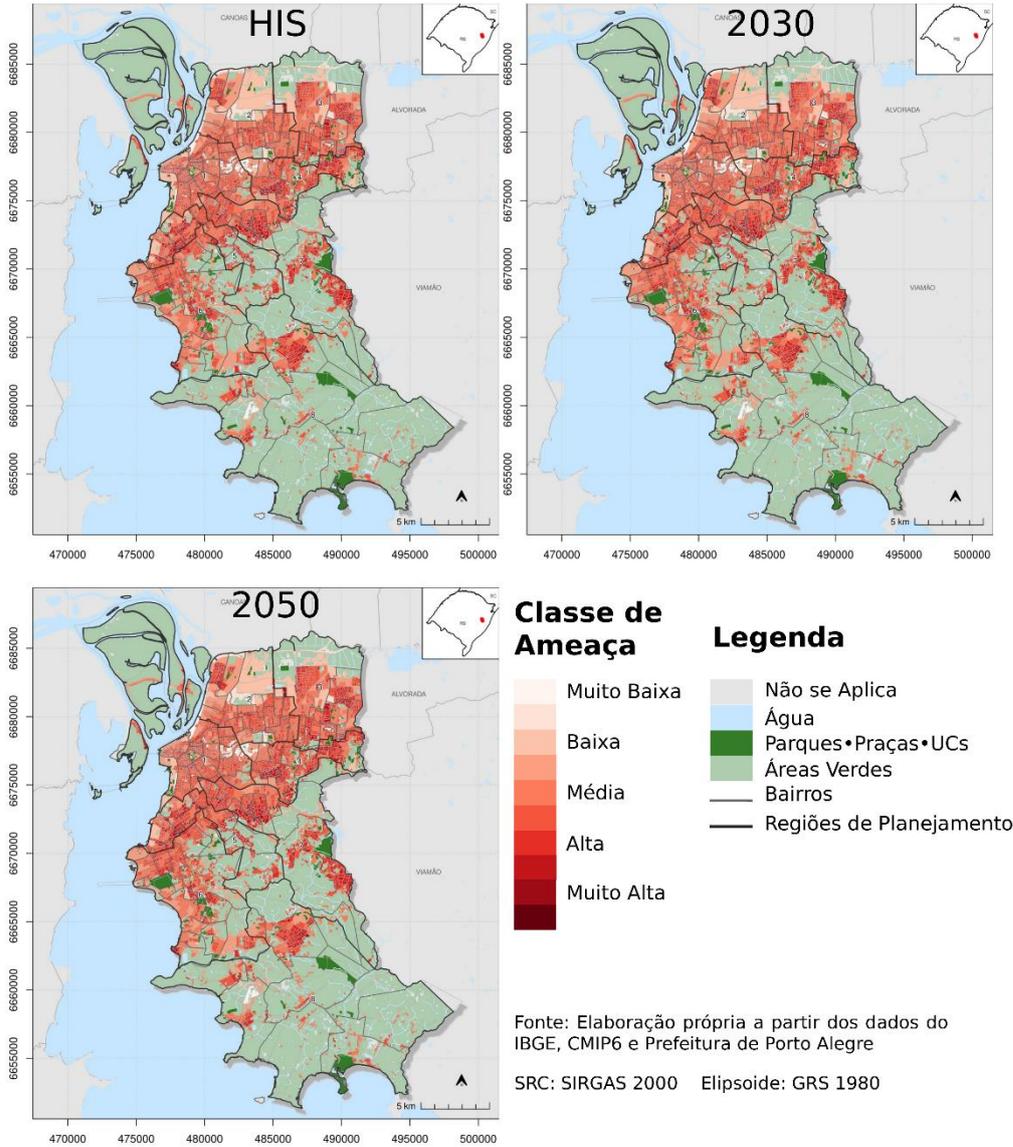


Figura 43. Risco de tempestades no município de Porto Alegre de acordo com as Regiões de Gestão do Planejamento em todos os horizontes temporais.

Fonte: WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance.

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

Risco - Tempestade - 2050

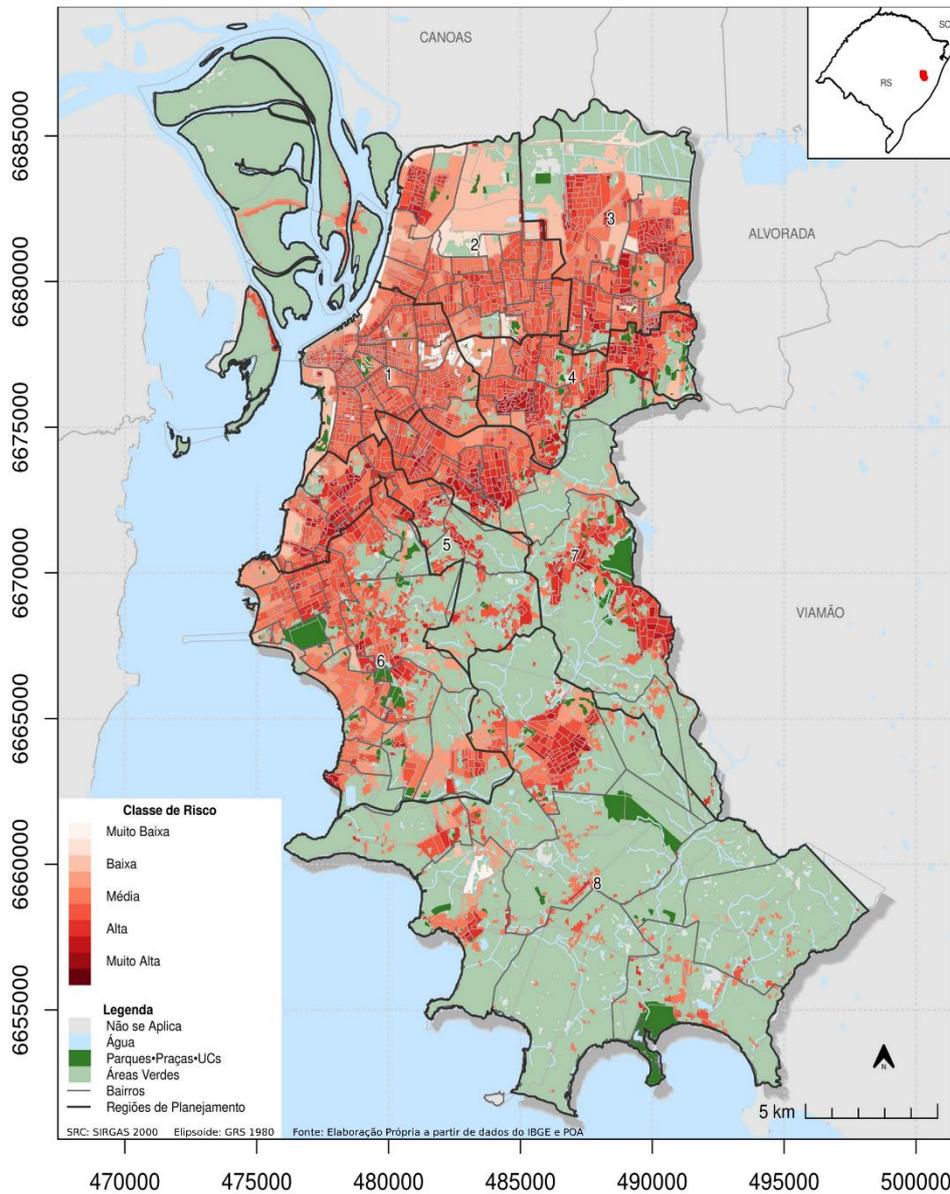


Figura 44. Risco de tempestades no município de Porto Alegre de acordo com as Regiões de Gestão do Planejamento em 2050.

Fonte: WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance.

4.8 4º DISTRITO E CENTRO HISTÓRICO

Como forma de apoiar planejamento e a implementação dos programas de investimento e ações prioritárias no Centro e no 4º Distrito, incluindo o Programa Centro+4D, o presente estudo trouxe um recorte da análise de risco para os bairros dessa região. É importante destacar que, da mesma forma que para os resultados gerais, serão apresentados os mapas da região para o ano de 2050, com os demais mapas inclusos no APÊNDICE E. MAPAS DE AMEAÇA E RISCO CLIMÁTICO PARA TODOS OS PERÍODOS AVALIADOS.

A região do Centro Histórico, de maneira geral, apresenta renda alta, de 4 a 10 salários-mínimos, conforme se pode ver na Figura 3. O bairro apresenta boa infraestrutura de saúde, educação e comércio local, com fluxo diário de pessoas se deslocando para trabalho. Em contraponto, o 4º Distrito apresenta áreas de população com menor renda, precariedade das habitações e ruas e menor acesso ao esgotamento sanitário. No mapa do OBSERVAPOA de vulnerabilidade social, a porção mais ao norte do 4º Distrito, compreendendo os bairros de Farrapos e Humaitá, apresenta uma grande concentração de aglomerados subnormais, caracterizado pela falta de diversos serviços públicos associados (saúde, saneamento e moradia adequada). Além disso, Farrapos é considerado um dos bairros mais pobres da região, o que pode influenciar ainda mais no aumento da precariedade da infraestrutura das moradias (OBSERVAPOA, 2017).

4.8.1 Inundação fluvial

O risco de inundação fluvial para a região do 4º Distrito e Centro Histórico está incluído na Figura 45. É possível observar que alguns pontos do bairro Humaitá apresentam classificação “Alta”, e uma pequena área da região sudoeste de Farrapos, região nordeste do Floresta e área ao centro-sul de São Geraldo apresentam classificação “Média”.

Quanto ao Centro Histórico, apesar da classificação ser “Muito Baixa”, é necessária uma atenção devido ao histórico de inundações ocorrido na região, e considerando sua proximidade com o Lago Guaíba em uma região de baixa altitude. O bairro passou pela enchente histórica de 1941, que motivou a Construção do Muro da Mauá, estrutura de mais de 2,6 km localizado entre o cais e a Avenida Mauá, e o desenvolvimento de um sistema de proteção contra cheias, e foi novamente impactado na recente enchente de 2024, devido, entre outros fatores, a falhas ocorridas em algumas infraestruturas que fazem parte do sistema.

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

A região do 4º Distrito também é altamente suscetível a alagamentos e encontra-se sob um sistema de proteção contra cheias. Um dos diques mais antigos fica às margens do rio Gravataí e no início do delta do Jacuí. A construção teve como intuito evitar a inundação na área urbanizada de Porto Alegre e acabou por atenuar algumas ocorrências. A combinação de fatores, como áreas de baixa declividade, sem uma seção de escoamento para drenar a precipitação; a urbanização e pavimentação, que reduzem a infiltração de água no solo; e a baixa capacidade dos sistemas de bombeamento em drenar a água em excesso são apontados como causas para os alagamentos que ocorrem na região (PMPA; GOMES, 2022). Os fatores mencionados também podem contribuir para a diferenciação apresentada nos mapas, dado que mesmo uma área com baixo adensamento populacional pode apresentar dificuldade quanto a infiltração, devido as características físicas como solo e geomorfologia.

Para completo funcionamento do sistema de proteção contra cheias e dos demais sistemas de drenagem, que contribuem para reduzir inundações e alagamentos, é relevante a manutenção e atualização constante, visto que a tendência é de amplificação dos riscos climáticos que já assolam esta região e outras partes da cidade.

Ao comparar 2030 com 2050, destaca-se que a região ao norte de Humaitá e Farrapos passa da classificação de risco “Muito Baixa” para “Baixa” de inundação, resultado da baixa exposição das regiões. Contudo, é importante ressaltar que em um levantamento realizado pelo Banco Mundial, dentre as 1.500 residências analisadas, os domicílios localizados entre a Arena do Grêmio e a Vila dos Ferroviários foram considerados os mais sensíveis com relação à estrutura física (BANCO MUNDIAL, 2019). Para chegar a esse resultado foram feitas observações no entorno, como presença de esgoto a céu aberto, presença de lixo/entulho, tipos de edificações, número de andares, material das paredes e cobertura da casa.

Adicionalmente, a Figura 46 ilustra a ameaça de inundação fluvial em 2050 considerando as principais estruturas de transporte, saúde e notáveis. É possível perceber que há trechos da BR-290 e BR-116 com classificação “Alta”, principalmente próximo à Arena do Grêmio, ao aeroporto Salgado Filho e próximo ao cruzamento das vias para acesso à Ponte do Guaíba. Por se tratar de vias importantes de entrada e saída do município, a inundação fluvial pode comprometer o acesso às demais regiões da cidade, além de danos a infraestruturas das vias e redução de vida útil.

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

Risco - Inundação - 2050

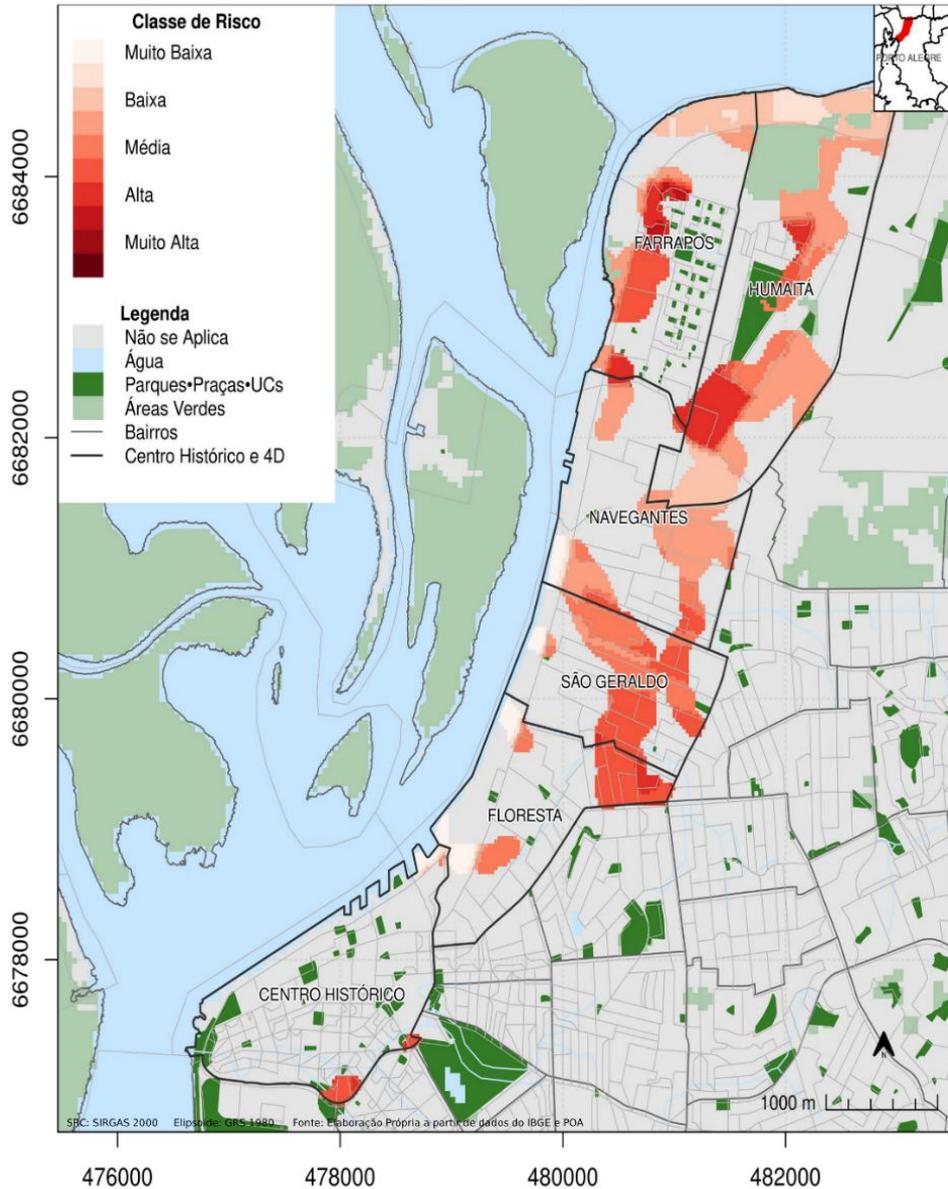


Figura 45. Risco de inundação fluvial para o 4º Distrito e Centro Histórico no município de Porto Alegre em 2050.

Fonte: WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance.

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

Ameaça - Inundação - 2050

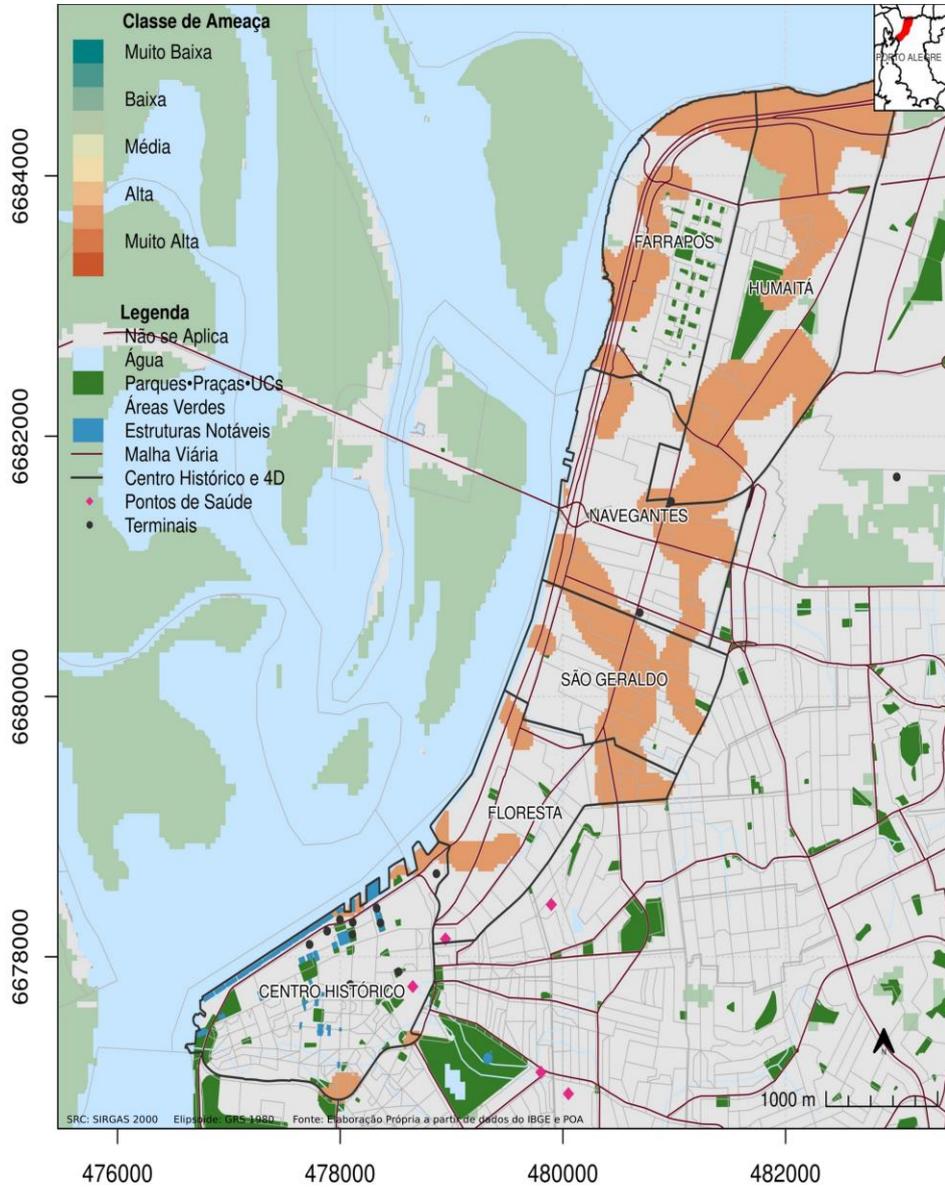


Figura 46. Ameaça de inundação fluvial com as principais estruturas de transportes, saúde e notáveis para o 4º Distrito e Centro Histórico no município de Porto Alegre em 2050.

Fonte: WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance.

4.8.2 Deslizamento

A Figura 47 apresenta o resultado do risco de deslizamento para 2050. Avaliando o período histórico, assim como as projeções para 2030 e 2050, é possível observar que o risco não apresenta alterações significativas. Em ambos os períodos, o risco varia, predominantemente, entre as classes “Baixa” e “Muito Baixa”, com alguns pontos específicos classificados em “Média”, como na região do bairro Farrapos, ao sul do Floresta e a leste do Centro Histórico. Na porção ao leste de São Geraldo, Floresta e Centro Histórico, assim como na parte central de Farrapos e Humaitá, o risco é de classificação “Média”. É importante destacar que este resultado possui conexão com a alta exposição destas áreas e as variáveis de vulnerabilidade, como baixa renda média e localização de habitações irregulares, visto que a ameaça de deslizamento, que considera variáveis climáticas e ambientais, é “Baixa” em toda a região do 4º Distrito.

A oeste de toda a região do 4º Distrito, a classificação é “Muito Baixa” ou “Baixa”, especialmente devido à baixa presença de população residente, visto que o índice de exposição teve classificação “Muito Baixa” neste local. Este resultado, assim como de outras áreas, pode ser justificado por características morfológicas da região onde se situa o 4º Distrito, em que há predomínio de planícies de inundação e terraços fluviais. A porção norte, por exemplo, por ter uma declividade muito baixa, não está sujeita a um fluxo rápido de massas de rochas, terra ou detritos pela força da gravidade. Entretanto, no sentido sul, há áreas próximas a colinas e cuja declividade não é intensa, mas que pode induzir a movimentos leves do solo, os quais podem se intensificar no futuro.

Adicionalmente, a Figura 48 ilustra a ameaça de deslizamento em 2050 considerando as principais estruturas de transporte, saúde e notáveis. É possível perceber que o Centro Histórico possui uma concentração de estruturas notáveis (museus, universidades, casas de cultura, entre outros) e apresenta pontos com classificação “Média”. A ameaça de deslizamento pode comprometer danos às essas estruturas importantes para a cidade.

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

Risco - Deslizamento - 2050

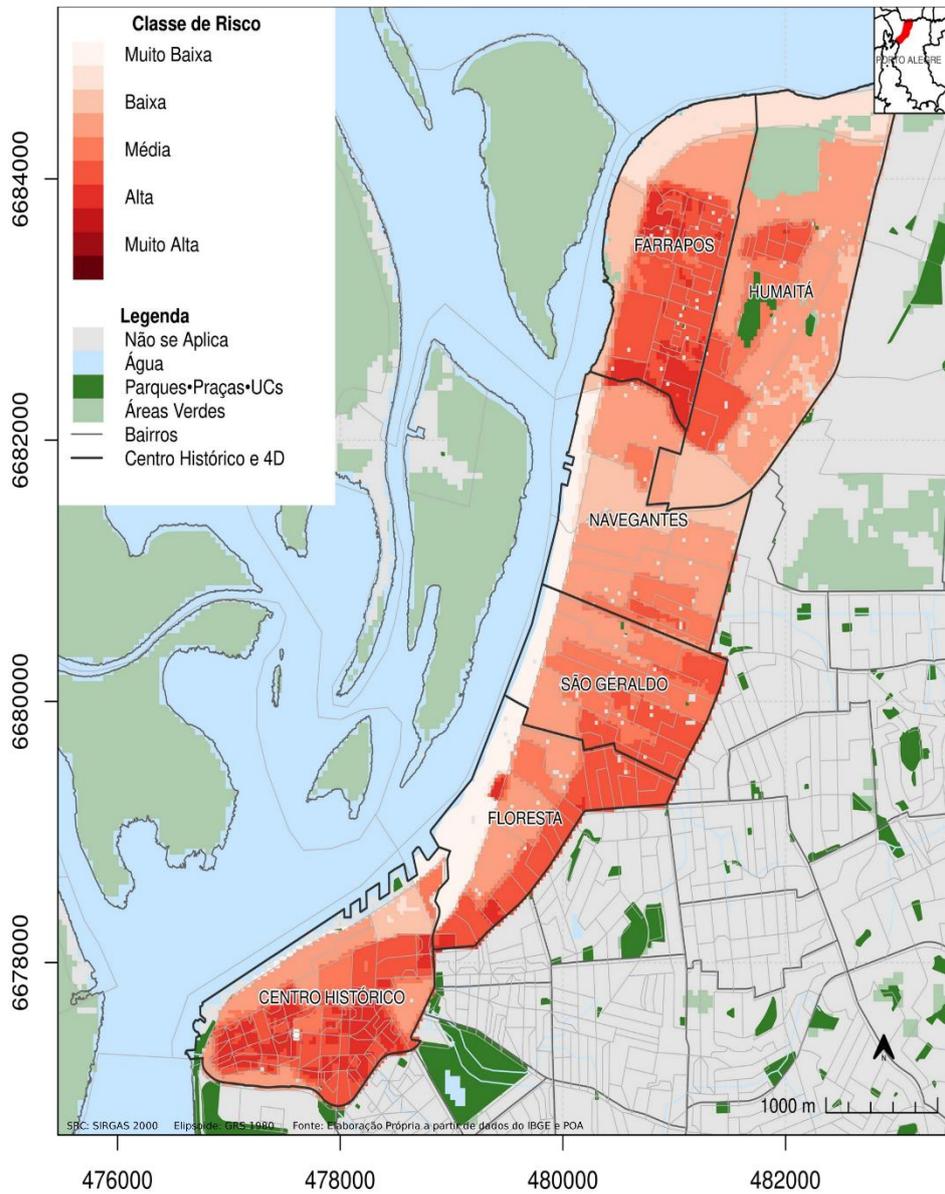


Figura 47. Risco de deslizamento para o 4º Distrito e Centro Histórico no município de Porto Alegre em 2050.

Fonte: WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance.

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

Ameaça - Deslizamento - 2050

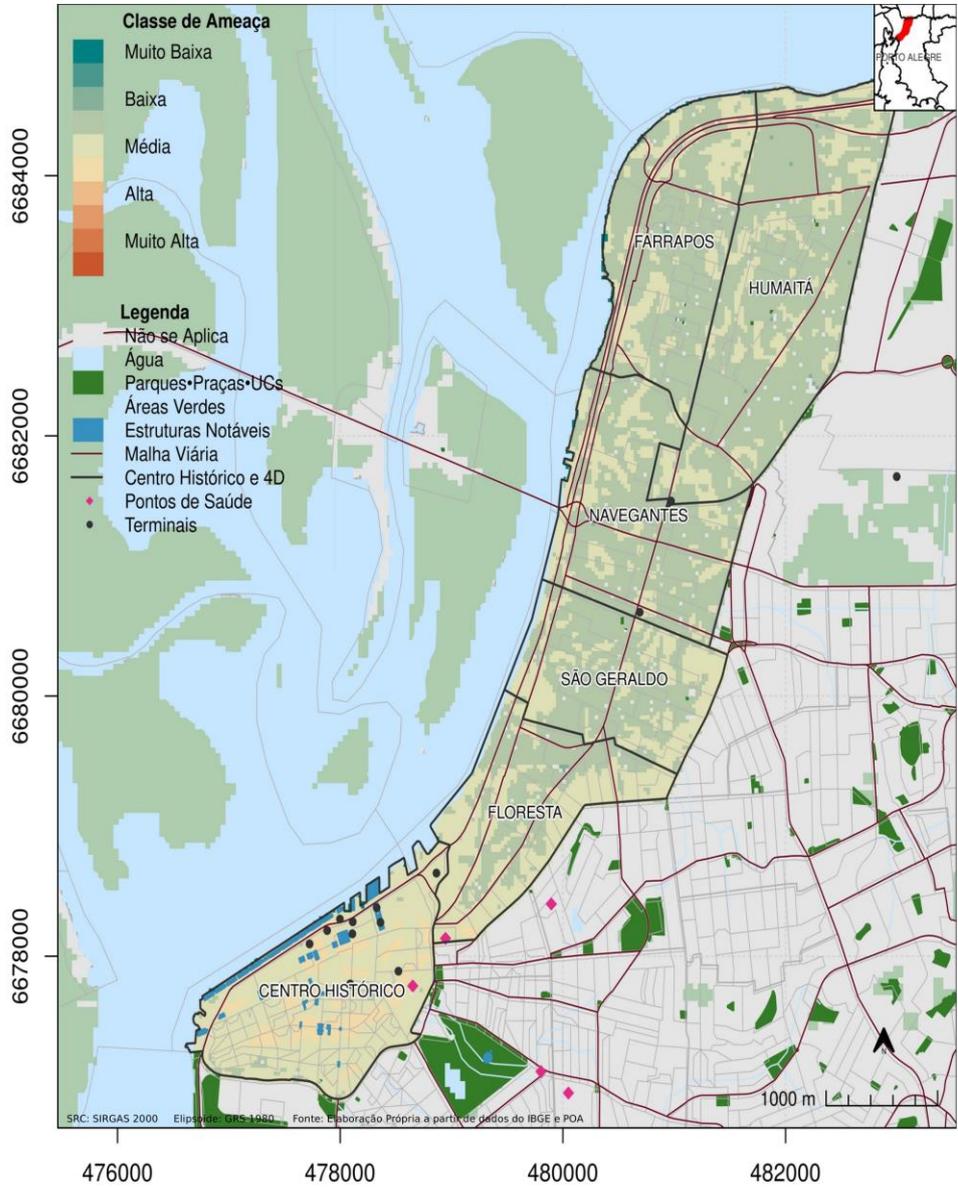


Figura 48. Ameaça de deslizamento com as principais estruturas de transportes, saúde e notáveis para o 4º Distrito e Centro Histórico no município de Porto Alegre em 2050.

Fonte: WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance.

4.8.3 Ondas de Calor

O risco de ondas de calor está apresentado na Figura 49. **Avaliando o período histórico, e comparando os horizontes temporais de 2030 e 2050, destaca-se o aumento da intensidade das ondas de calor para 2050, apresentando alguns bairros com a presença de risco de classificação “Alta”, como no bairro Farrapos, parte leste do bairro Floresta e sudeste do São Geraldo.** Isso é reflexo do aumento das temperaturas médias e da falta de áreas verdes, assim como da baixa presença de parques e praças.

É possível observar que o bairro Farrapos apresenta uma maior exposição da população, assim como uma maior vulnerabilidade para a ocorrência desses eventos. Além disso, é possível observar que este é o bairro com menor concentração de áreas verdes, o que corresponde também a uma menor capacidade adaptativa da população. Além disso, Farrapos apresenta uma população com baixa renda média, o que também influencia na capacidade de resposta para eventos de ondas de calor.

O risco com classificação “Média” é observado na região centro-oeste do bairro de Farrapos, na parte central de São Geraldo e do Centro Histórico, assim como em alguns pontos específicos no Floresta.

Com a aprovação da requalificação da região pela Câmara em 2022, a elaboração de políticas públicas que priorizem o uso de soluções baseadas na natureza para amenizar as temperaturas médias da região é algo a ser pensado, como a possibilidade de introduzir infraestrutura verdes e novas intervenções urbanas previstas (PORTO ALEGRE, 2022).

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

Risco - Ondas de Calor - 2050

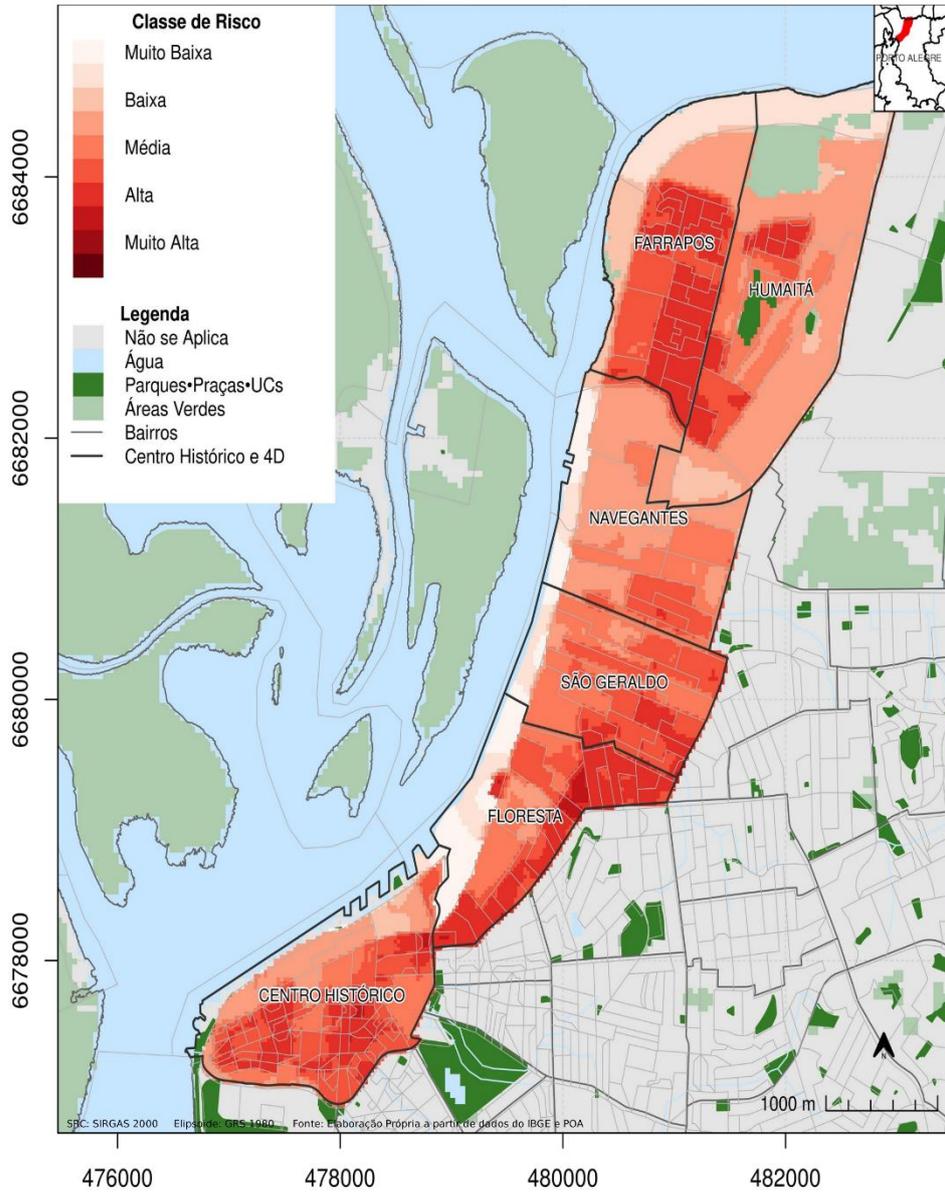


Figura 49. Risco de ondas de calor para o 4º Distrito e Centro Histórico no município de Porto Alegre em 2050. Fonte: WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance.

4.8.4 Secas Meteorológicas

A Figura 50 apresenta o risco de secas meteorológicas. **É possível observar que ao longo do período analisado, o risco de seca apresenta classificação que varia entre “Baixa” e “Média”, com poucas diferenças entre os anos, sendo que porções dos bairros Farrapos, Floresta e Centro Histórico passam a apresentar classificação “Alta” no ano de 2050.**

A intensificação das secas pode influenciar no aumento da escassez hídrica para a população, já que interfere na disponibilidade de água nas bacias hidrográficas. A região do 4º Distrito possui alguns reservatórios de água, o que reduz a vulnerabilidade para este risco, porém, a proximidade com um dos pontos de captação de água da cidade, que direciona para a ETA São João, é um ponto de atenção principalmente com a tendência de aumento deste risco. Atualmente esta região possui classificação “Baixa”, mas um pouco mais a leste a classificação já sobe para “Média” e “Alta”.

O desperdício e o uso exagerado de água por parte da população podem influenciar ainda mais esse aspecto, assim como outros indicadores como a poluição e o desmatamento das matas ciliares. É necessário que exista um maior planejamento e gestão dos recursos hídricos, para que as secas não interfiram na distribuição de água para o município.

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

Risco - Secas - 2050

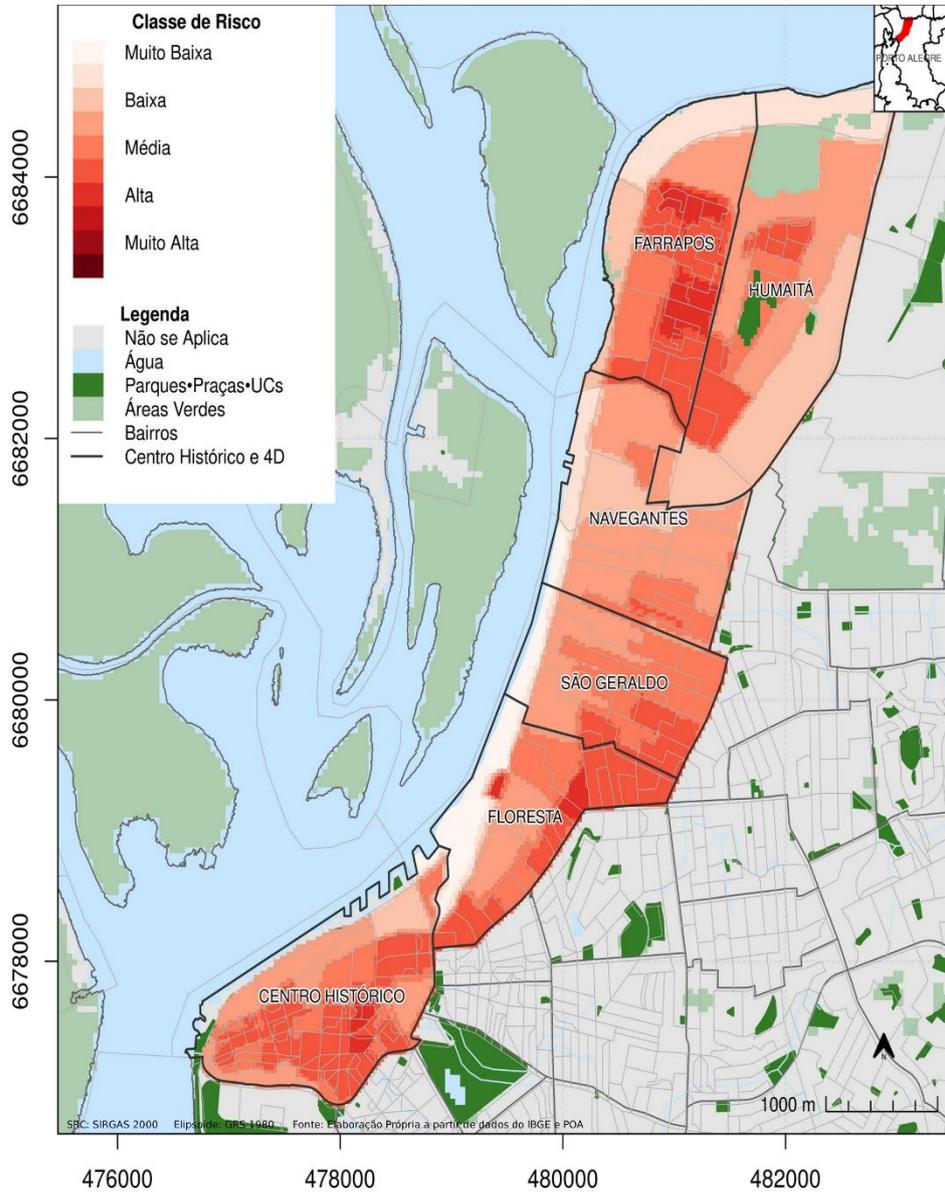


Figura 50. Risco de secas meteorológicas para o 4º Distrito e Centro Histórico no município de Porto Alegre em 2050.

Fonte: WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance.

4.8.5 Vetores de Arboviroses

A Figura 51 apresenta o risco de vetores de arboviroses. No período histórico, de forma geral, o Centro Histórico e os bairros do 4º Distrito apresentam classificação “Média” nas porções mais interiores ao município, com destaque para o Farrapos. Percebe-se que o risco se intensifica em partes do Centro Histórico, Floresta e Farrapos, chegando a apresentar classificação “Alta” em 2050.

Quando se avalia a exposição, verifica-se que são regiões com maior concentração de população. Especificamente para o bairro Farrapos, a vulnerabilidade também é classificada como “Alta”, devido à maior presença de aglomerados subnormais e menor renda da população. O Centro Histórico se destaca com risco de classificação “Alta” na sua porção mais interior do município, onde a exposição e vulnerabilidade foram mais elevadas.

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

Risco - Doenças - 2050

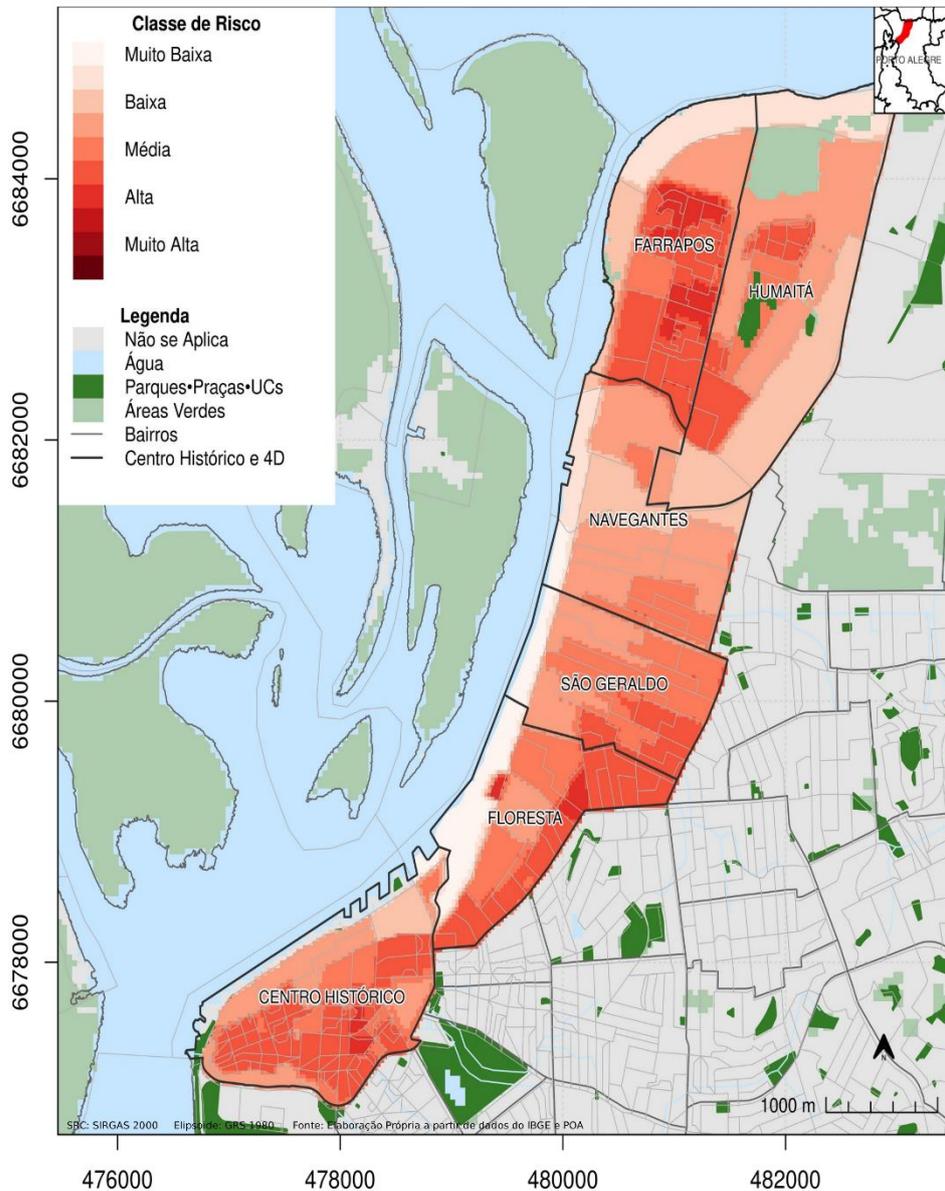


Figura 51. Risco de vetores de arboviroses para o 4º Distrito e Centro Histórico no município de Porto Alegre em 2050.

Fonte: WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance.

4.8.6 Tempestades

A Figura 52 apresenta o risco de tempestades para 2050. Há um aumento da intensidade do risco de tempestades para 2030 em relação ao período histórico, sendo mais acentuado para 2050. Esse resultado é consequência do aumento da frequência e intensidade das precipitações para as projeções futuras, de acordo com os modelos climáticos utilizados.

Destaca-se que o bairro Farrapos apresenta o maior risco aos eventos de tempestades, apresentando classificação que varia entre “Alta” e “Muito Alta”. Isto se deve principalmente à baixa renda média da população residente, além de piores condições de infraestrutura como redes de drenagem. Além disso, nesta área há maior concentração de população, ou seja, maior exposição.

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

Risco - Tempestade - 2050

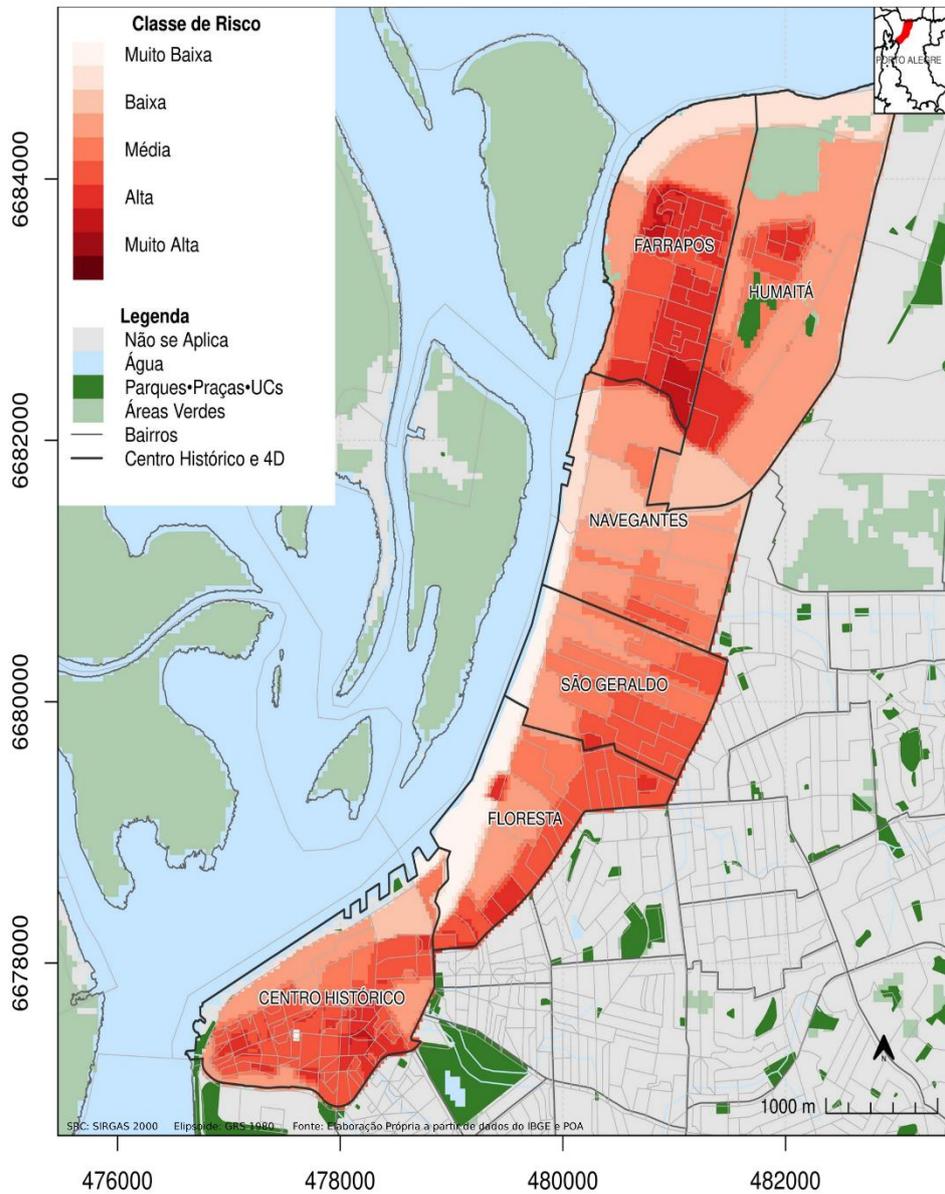


Figura 52. Risco de tempestades para o 4º Distrito e Centro Histórico no município de Porto Alegre em 2050.

Fonte: WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance.

4.9 BAIRROS MAIS AFETADOS

A seguir estão apresentados os mapas de risco de alguns bairros mais críticos, ou seja, aqueles que apresentaram a interpolação de mais de uma ameaça na categoria “Alta” em seu território e que se situavam em uma mesma região, respectivamente para: inundação fluvial (Figura 53), deslizamentos/erosão (Figura 54), ondas de calor (Figura 55), secas meteorológicas (Figura 56), vetores de arboviroses (Figura 57) e tempestades (Figura 58). A classificação completa dos riscos pode ser visualizada no APÊNDICE D. CLASSIFICAÇÃO DOS RISCOS POR AMEAÇA, REGIÃO DE GESTÃO DO PLANEJAMENTO E BAIRRO. Ainda, os bairros apontados aqui como os mais afetados apresentaram ao menos um resultado mais crítico nos cálculos de condições de vida e vulnerabilidade social, do Mapa da Inclusão e Exclusão Social (PMPA, 2004).

Ao realizar um comparativo entre as regiões de planejamento, nota-se que a RGP7 engloba a maior quantidade de bairros com classificação “Alta”. À exceção do bairro Agronomia, que obteve classificação “Baixa” para todas as ameaças, os demais apresentam uma variação de “Média” a “Alta”. Com destaque para Vila João Pessoa, que apresentou alto risco para as ameaças de inundação fluvial, ondas de calor e tempestades. O outro bairro que expressou maior quantidade de ameaças foi o Bom Jesus (RGP4). Enquanto inundações, deslizamentos/erosão, ondas de calor e tempestades foram apontados com classificação “Alta”, secas meteorológicas e vetores de arboviroses receberam classificação “Média”, devido principalmente à diferenciação entre as variáveis de vulnerabilidade e as variáveis climáticas e ambientais consideradas no cálculo de cada ameaça.

Em relação ao risco de inundação fluvial (Figura 53), a RGP7 destaca por ser composta por 7 bairros, sendo que 3 receberam classificação “Média” e 4 apresentaram classificação “Alta”, a maior quantidade em uma mesma região. Além de apresentarem alto risco para inundações, Aparício Borges, São José e Vila João Pessoa são vizinhos e estão inseridos na bacia do Arroio Dilúvio, visto anteriormente como a de maior densidade populacional no município. Também no passado, os bairros foram identificados pelo DEMHAB entre os que continham maior quantidade de habitações irregulares.

O bairro Aparício Borges (RGP7) também apresentou classificação “Alta” de risco para deslizamentos (Figura 54). Conforme mencionado no capítulo O município de Porto Alegre é caracterizado por variações na paisagem, na vegetação, no solo e nas demais singularidades físicas e ambientais que se modificam ao longo do território. Essa seção inclui levantamentos acerca da caracterização geomorfológica, dos solos e das áreas verdes, além de fitofisionomia, clima e hidrografia. Essas

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

informações irão auxiliar na compreensão dos riscos da capital frente aos impactos da mudança do clima.

Geomorfologia e tipos de solo, na capital predominam declividades abaixo de 2%, e os maiores declives se encontram no compartimento de morros nas áreas central, leste e sudeste do município e nos entornos das partes mais altas. É na área central onde há presença de colinas, e onde os bairros Aparício Borges e Bom Jesus estão localizados. Para além dos deslizamentos, o nível de inclinação do terreno e intensidade das chuvas influenciam na velocidade com que as águas escoam, podendo causar uma erosão hídrica. Outro detalhe é que a combinação entre solos mal drenados e grandes volumes de chuva em um curto espaço de tempo potencializam o surgimento de pontos de inundações e alagamentos.

Verifica-se na Figura 55 uma tendência de intensificação de ondas de calor em todos os bairros. Quanto maior a quantidade de construções, seja na horizontal ou na vertical, somado à impermeabilização do solo, maior a quantidade de superfície aquecida. Ressalta-se então a importância de áreas verdes, principalmente em morros e colinas, que amenizam a temperatura.

A Figura 56 apresenta o risco de secas meteorológicas, que apresentou classificação “Média” nestes bairros, diferente das outras variáveis apresentadas. Uma vez que são bairros de população de menor renda, deve-se ter especial atenção para os efeitos das secas na saúde, pois com o tempo seco é comum o aumento de notificações de doenças respiratórias, bem como sangramento nasal e irritação na pele.

Quanto à ameaça de vetores de arboviroses (Figura 57), entre os bairros predomina o risco de classificação “Média” a “Alta”. Assim como para as secas, é interessante considerar a distância, presença e estrutura dos serviços de saúde que existem próximos aos bairros. Por apresentarem alta densidade populacional, um surto de doença ou aumento nos casos de desidratação, em local com poucos profissionais, será prejudicial no atendimento.

Por fim, apesar dos bairros apresentarem uma classificação predominante “Média” para tempestades (Figura 58), isso não implica em menor atenção, visto que a intensidade, frequência e duração dessas chuvas estão conectadas a outros riscos. Nesses bairros, vivem moradores de baixa renda e com habitações precárias, que, além de gastar com reparações caso as moradias sejam afetadas pelas tempestades, também podem sofrer por consequências indiretas.

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

Risco - Inundação - 2050

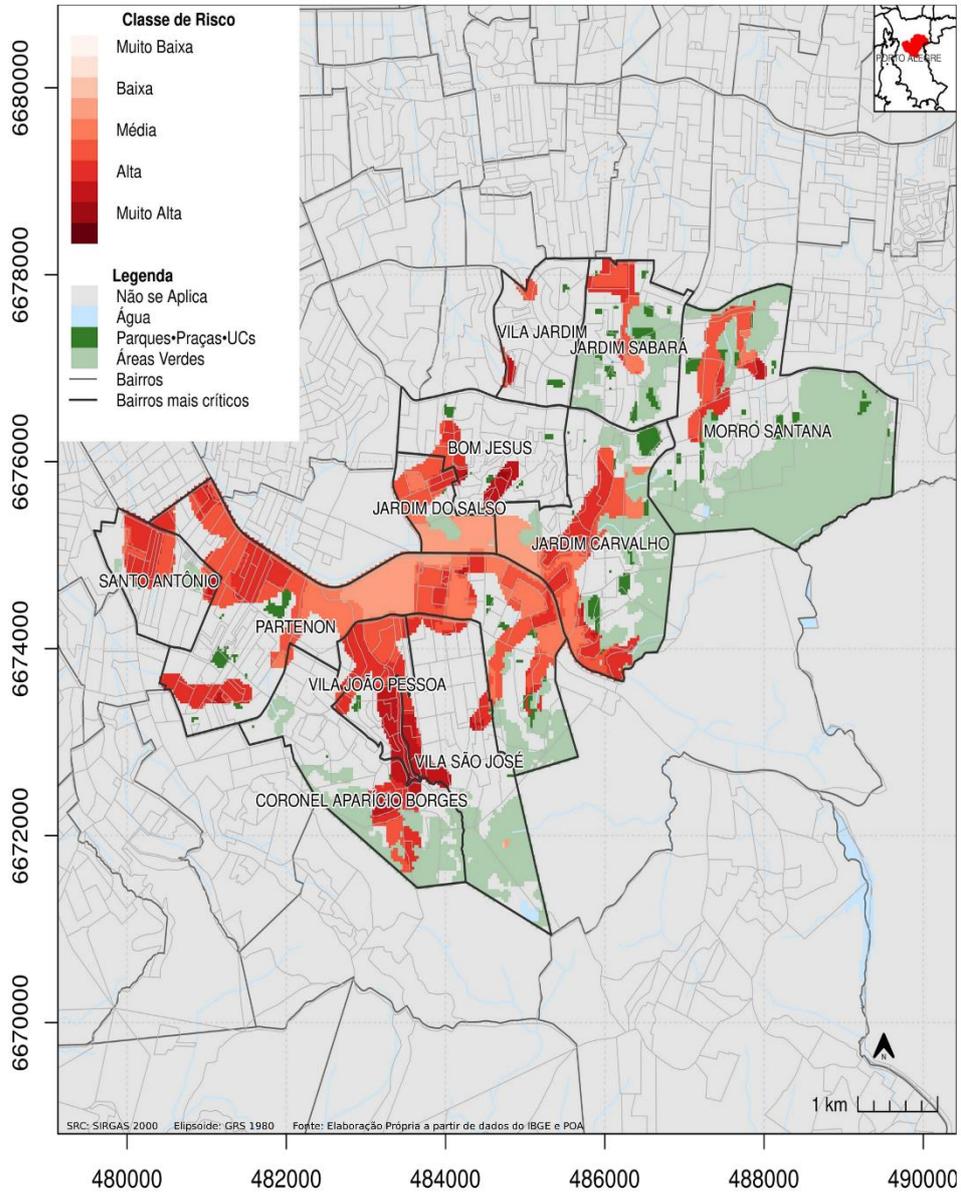


Figura 53. Risco de inundação fluvial para os bairros com risco mais alto em Porto Alegre em 2050.

Fonte: WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance.

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

Risco - Deslizamento - 2050

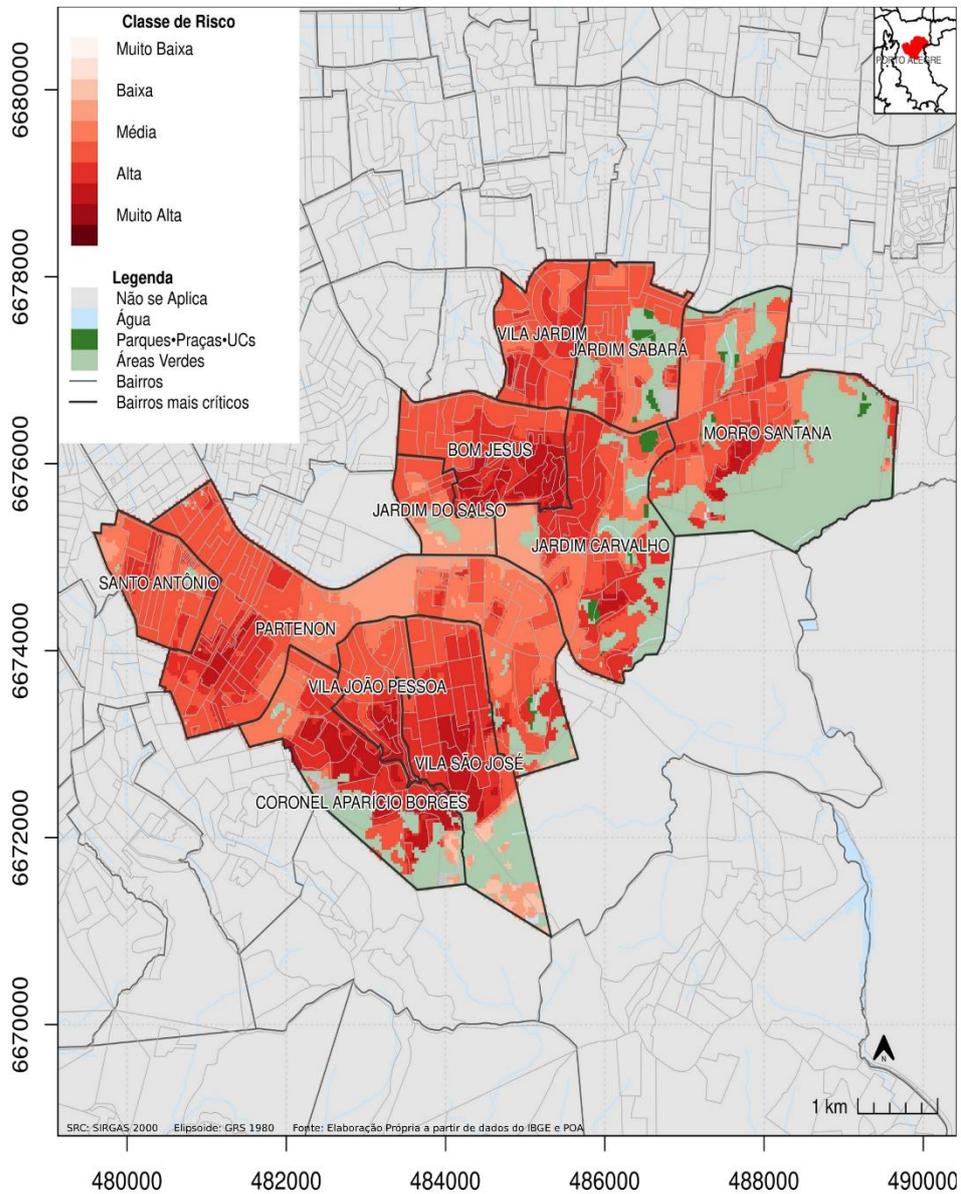


Figura 54. Risco de deslizamentos para os bairros com risco mais alto em Porto Alegre em 2050.

Fonte: WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance.

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

Risco - Ondas de Calor - 2050

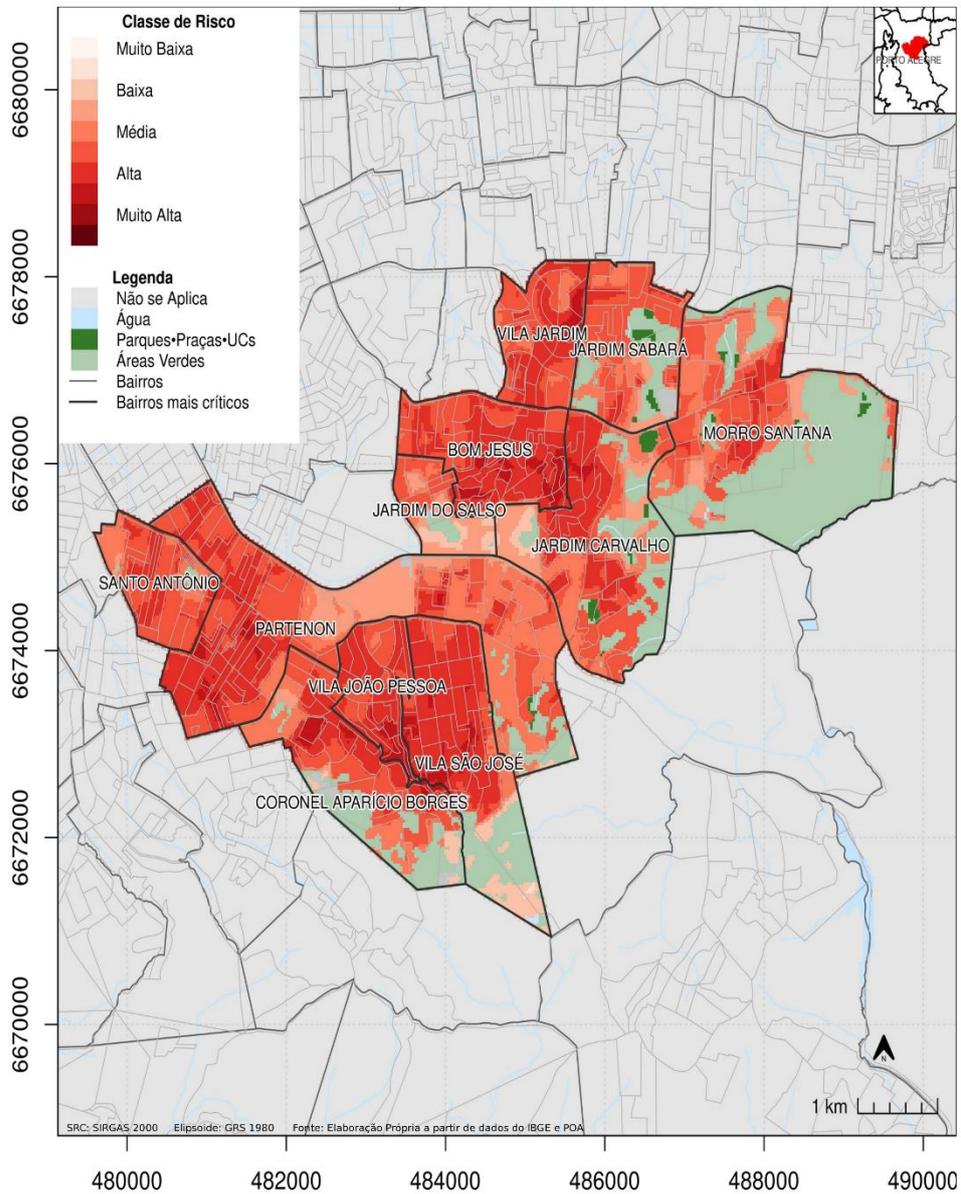


Figura 55. Risco de ondas de calor para os bairros com risco mais alto em Porto Alegre em 2050.

Fonte: WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance.

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

Risco - Secas - 2050

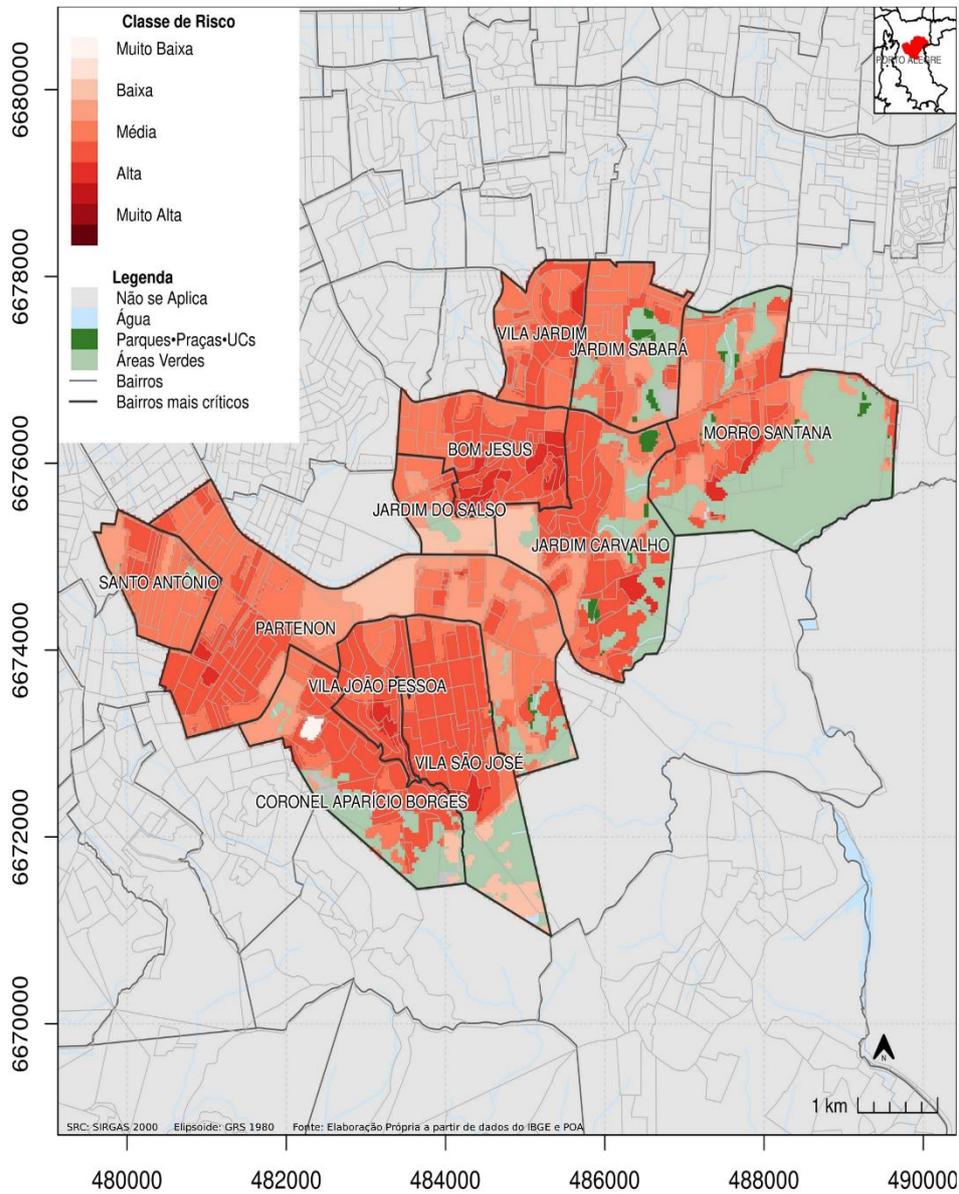


Figura 56. Risco de secas meteorológicas para os bairros com risco mais alto em Porto em 2050.

Fonte: WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance.

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

Risco - Doenças - 2050

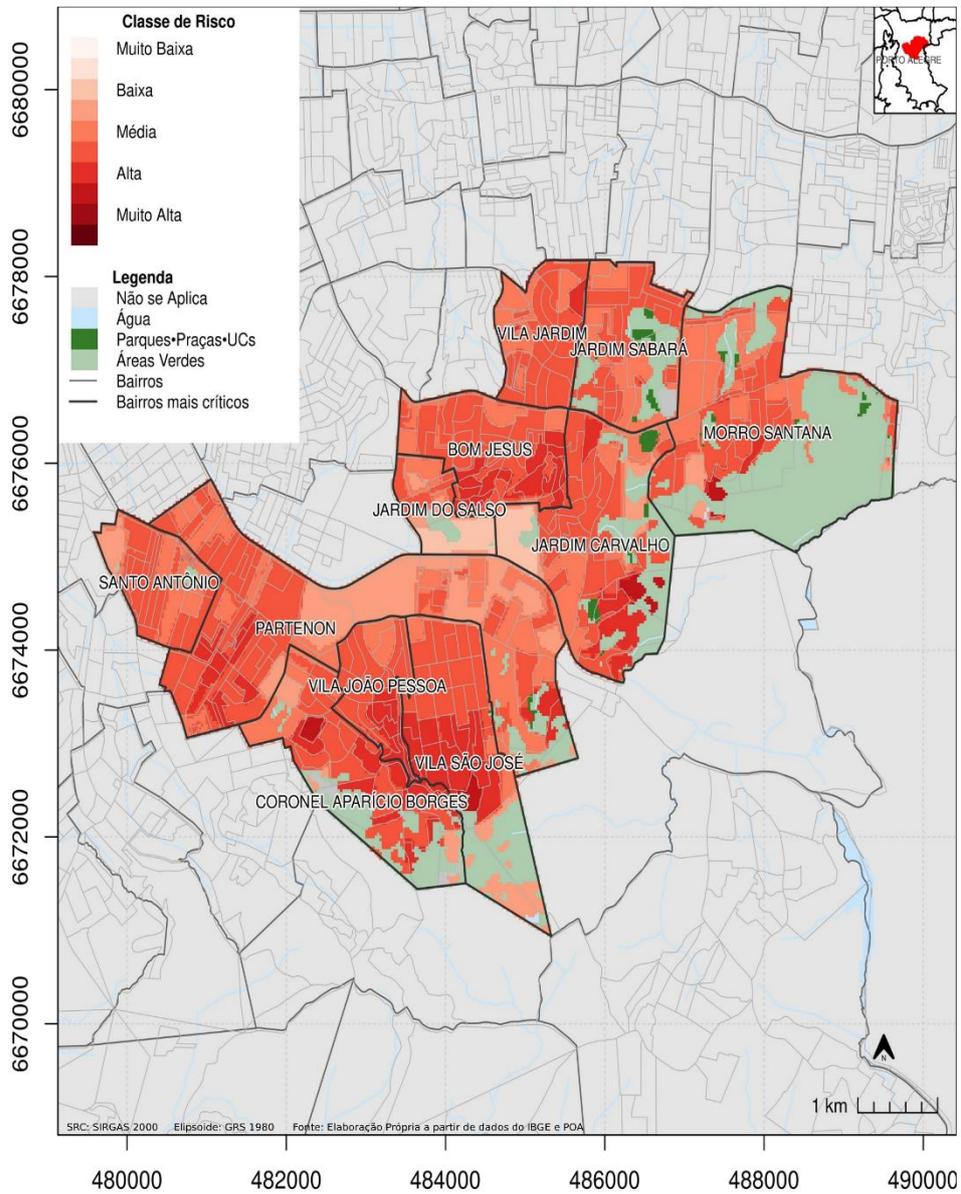


Figura 57. Risco de vetores de arboviroses para os bairros com risco mais alto em Porto em 2050.

Fonte: WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance.

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

Risco - Tempestade - 2050

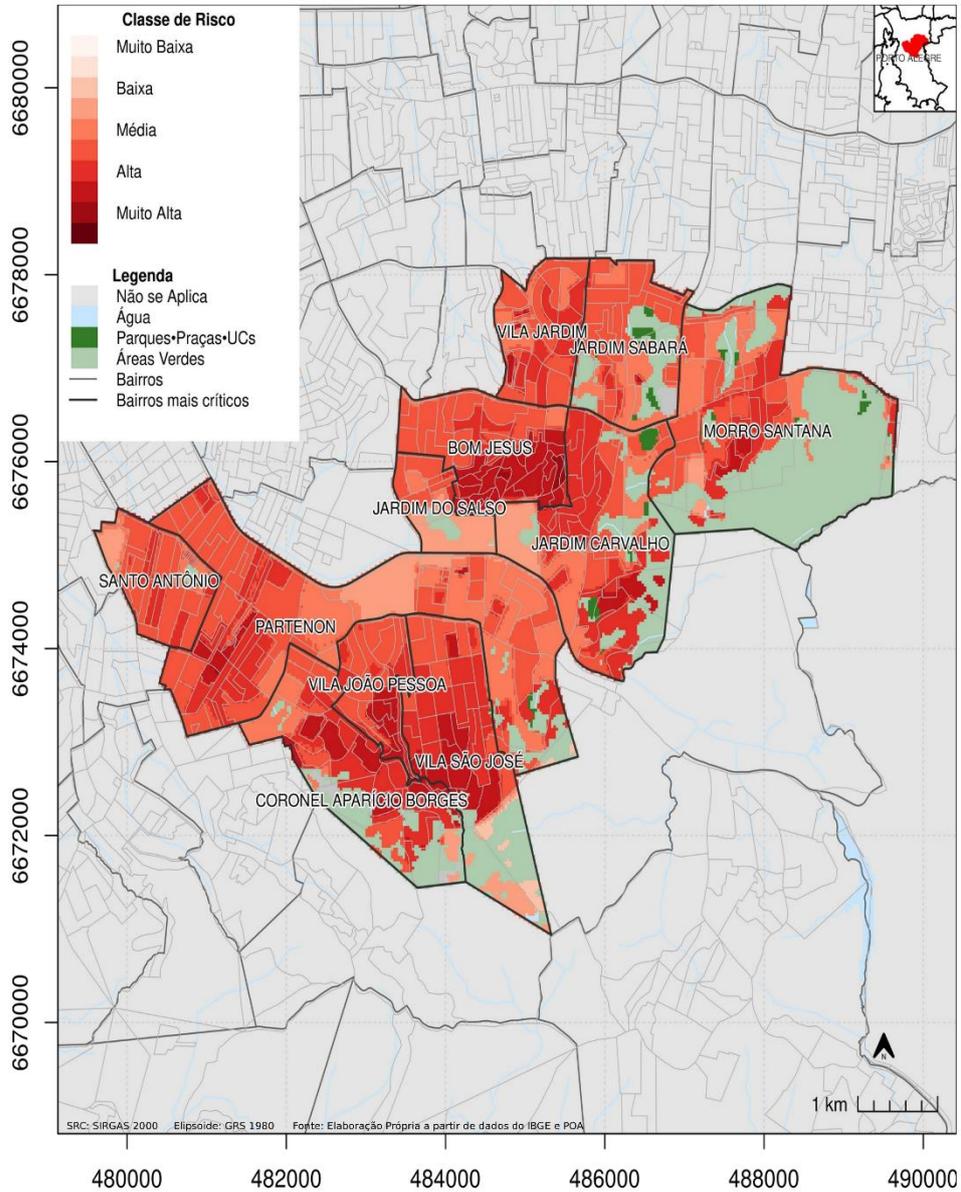


Figura 58. Risco de tempestades para os bairros com risco mais alto em Porto Alegre em 2050.

Fonte: WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance.

5. CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE JUSTIÇA CLIMÁTICA

A análise de riscos climáticos para um município está diretamente relacionada com questões sociais que caracterizam sua população. Como a vulnerabilidade é uma das principais componentes do risco, indicadores como renda, déficit habitacional e falta de infraestrutura básica acabam influenciando diretamente nos resultados. Soma-se a isso o fato de que essas populações mais vulneráveis, em geral, ocupam territórios de forma irregular, e que já são afetados historicamente por eventos climáticos, como várzeas de rios e morros.

Portanto, a mudança do clima se torna mais um fator de agravamento dos problemas sociais existentes. A população mais vulnerável, que já se encontra nas margens da sociedade, que será ainda mais afetada, com poucos recursos para se adaptar ou lidar com os impactos de eventos climáticos. Essa população, por ser de baixa renda e possuir poucos recursos para ter usufruído das atividades mais emissoras, responsáveis pelas mudanças do clima, é a que menos contribui para o problema, mas a que mais sofre com suas consequências. A partir dessa constatação é que surge o termo “justiça climática”, cuja lente deverá ser incorporada em todas as análises relacionadas a clima, independentemente do território.

No contexto de Porto Alegre, essa questão também é evidenciada. **Os resultados mostram que o agravamento dos riscos climáticos se apresenta em áreas habitadas pela população mais vulnerável, como é o caso dos bairros de Humaitá, Farrapos e Arquipélago, na RGP 2, bairro Sarandi, na RGP 3, e em alguns bairros das RGPs 4, 5 e 7.** Nestas áreas há maior concentração de população de baixa renda e vivendo em habitações precárias. Também se localizam próximas a cursos d’água, um fator que determina um maior risco de inundações, por exemplo. Outro elemento relevante ao se observar o perfil da população é que essas áreas possuem uma concentração maior de população negra que outras áreas do município, evidenciando que essa população é mais vulnerável e será uma das mais afetadas pela ocorrência de eventos climáticos extremos.

A constatação dessa interrelação entre o risco climático e a presença de comunidades vulneráveis socialmente no território indica que políticas públicas e ações devem ter como foco a resolução das questões de infraestrutura e a inclusão da população no processo de decisão e na formulação de projetos que visem a sua própria resiliência. Isso porque os projetos de adaptação e resiliência são complexos e demandam uma visão de longo prazo e articulação entre diferentes atores, de forma a serem sustentáveis e atingirem os objetivos propostos. Além disso, projetos locais do tipo deverão ter um cuidado especial para não agravar as desigualdades e as condições de quem já é vulnerável e mais afetado.

6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Porto Alegre é considerada um dos maiores centros urbanos no Brasil e, assim como outras grandes capitais do país, apresenta questões de complexidade e pressão inerentes à gestão do seu território e população, que podem ser exacerbadas pelos impactos da mudança do clima. Além disso, embora a cidade não seja oficialmente enquadrada como zona costeira, pois não é diretamente banhada pela água do mar, ela recebe grande influência de outros corpos hídricos, devido à sua localização próxima às margens da Lagoa dos Patos. Sua proximidade com a região costeira torna a cidade ainda mais vulnerável aos eventos extremos, por receber grande influência das variáveis climatológicas.

Nesse sentido, a análise de riscos e vulnerabilidades para Porto Alegre constitui ferramenta estratégica, tanto para a percepção em relação aos efeitos das ameaças climáticas no município, quanto para orientar a gestão municipal em relação aos riscos e oportunidades no presente e no futuro. Assim como demais diagnósticos, **é recomendável uma atualização periódica desta análise quando houver novos dados do censo demográfico ou a disponibilização de novos modelos climáticos.**

A partir dos resultados apresentados, é possível observar que as localidades mais expostas e vulneráveis às ameaças climáticas, quando se considera todos os riscos avaliados neste diagnóstico, se concentram em bairros mais periféricos da cidade. Estas áreas apresentam grande parte dos conjuntos habitacionais que carecem de infraestrutura, além de apresentarem maior concentração de pobreza da população.

O Quadro 16 apresenta os resultados gerais de ameaça, vulnerabilidade e risco no ano de 2050²⁴, por RGP, considerando a classificação e escala de cores da Tabela 4. **De forma geral, é possível observar que as ameaças de inundação fluvial, vetores de arboviroses e tempestades se destacam com classificação “Alta” para todas as RGPs. No resultado do risco, estes valores caem para “Média”, influenciados pelas variáveis de capacidade adaptativa que reduzem a vulnerabilidade. Destaca-se que as variáveis de capacidade adaptativa e sensibilidade consideram a situação da variável em um determinado ano específico e, no caso de infraestruturas, como por exemplo casas de bomba e sistemas de água e esgoto, considera-se o seu pleno funcionamento.**

²⁴ Vale ressaltar que os cenários não são previsões, mas sim projeções do que pode acontecer. O intuito da modelagem é verificar tendências climáticas, ou seja, entender as variações consideradas normais no território e, a partir desse comportamento climático, descrever como o histórico recente e os cenários futuros se comportam.

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

É importante destacar que este índice apresentado representa a média de todo o território da RGP, portanto há áreas com classificação mais “Alta”. O detalhamento por bairros está apresentado no APÊNDICE D. CLASSIFICAÇÃO DOS RISCOS POR AMEAÇA, REGIÃO DE GESTÃO DO PLANEJAMENTO E BAIRRO.

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

Quadro 16. Média do índice de ameaça, vulnerabilidade e risco em 2050 para todas as ameaças contempladas no estudo, por Região de Gestão do Planejamento.

Região de Gestão do Planejamento	Geral	Inundação Fluvial – 2050			Deslizamentos – 2050			Ondas de Calor – 2050		
	Exposição	Ameaça	Vulnerabilidade	Risco	Ameaça	Vulnerabilidade	Risco	Ameaça	Vulnerabilidade	Risco
RGP 1 – Centro	Alta	Alta	Baixa	Média	Média	Baixa	Média	Alta	Baixa	Média
RGP 2 – Humaitá, Navegantes, Ilhas e Noroeste	Baixa	Alta	Média	Média	Baixa	Média	Baixa	Média	Baixa	Média
RGP 3 – Norte e Eixo Baltazar	Média	Alta	Média	Média	Baixa	Média	Média	Alta	Baixa	Média
RGP 4 – Leste e Nordeste	Média	Alta	Média	Média	Média	Média	Média	Alta	Baixa	Média
RGP 5 – Glória, Cruzeiro e Cristal	Média	Alta	Média	Média	Média	Alta	Média	Média	Baixa	Média
RGP 6 – Centro-Sul e Sul	Média	Alta	Baixa	Média	Média	Média	Média	Média	Baixa	Média
RGP 7 – Lomba do Pinheiro e Partenon	Média	Alta	Média	Média	Média	Alta	Média	Média	Baixa	Média
RGP 8 – Restinga e Extremo-Sul	Baixa	Alta	Média	Média	Média	Média	Média	Média	Baixa	Média

Região de Gestão do Planejamento	Geral	Secas Meteorológicas – 2050			Vetores de Arboviroses – 2050			Tempestades – 2050		
	Exposição	Ameaça	Vulnerabilidade	Risco	Ameaça	Vulnerabilidade	Risco	Ameaça	Vulnerabilidade	Risco
RGP 1 – Centro	Alta	Média	Baixa	Média	Alta	Baixa	Média	Alta	Baixa	Média
RGP 2 – Humaitá, Navegantes, Ilhas e Noroeste	Baixa	Média	Média	Baixa	Alta	Média	Baixa	Alta	Média	Média
RGP 3 – Norte e Eixo Baltazar	Média	Média	Baixa	Média	Alta	Baixa	Média	Alta	Média	Média
RGP 4 – Leste e Nordeste	Média	Média	Baixa	Média	Alta	Baixa	Média	Alta	Média	Média
RGP 5 – Glória, Cruzeiro e Cristal	Média	Média	Média	Média	Alta	Média	Média	Alta	Média	Média
RGP 6 – Centro-Sul e Sul	Média	Média	Baixa	Média	Alta	Baixa	Média	Alta	Média	Média
RGP 7 – Lomba do Pinheiro e Partenon	Média	Média	Média	Média	Alta	Média	Média	Alta	Média	Média
RGP 8 – Restinga e Extremo-Sul	Baixa	Média	Média	Média	Alta	Média	Média	Alta	Média	Média

Fonte: WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance.

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

Em relação à inundação fluvial, é adequado observar os efeitos dessas tendências no período histórico e sua intensificação até 2050, onde estão localizados os bairros próximos ao arroio Dilúvio (RGP1 e RGP7), arroio da Areia (RGP2) e o arroio Santo Agostinho (RGP3). A implementação de políticas públicas que visam combater o desmatamento da vegetação ciliar, restaurar a vegetação nativa e conservar as áreas de preservação permanente (APPs) e demais áreas protegidas é primordial para reduzir o risco de inundação fluvial tanto no entorno dos arroios quanto nas regiões circundadas pelo Lago Guaíba e rio Gravataí. Campanhas de sensibilização da população em relação ao descarte correto de resíduos também reduzem a intensidade dos riscos, uma vez que a precariedade do sistema de drenagem ocorre em diversos bairros do município.

Em relação aos deslizamentos e erosão, a cidade apresenta, de forma predominante, um risco que varia entre as categorias “Baixa” e “Média”. Alguns setores censitários dos seguintes bairros apresentaram classificação “Alta” para deslizamento em 2050: Passo das Pedras (RGP3), Bom Jesus, Vila Jardim e Morro Santana (RGP4), Cascata, Glória e Cristal (RGP5), Aparício Borges, Vila João Pessoa e São José (RGP7). Esses bairros possuem uma maior concentração da população negra e com baixa renda média, o que resulta em uma menor capacidade de resposta em caso de evento extremo, além de maior vulnerabilidade às pessoas negras, altamente concentradas nessas regiões.

Em relação às ondas de calor e secas meteorológicas, é possível verificar um aumento da intensidade desses riscos também para 2030 e 2050, em virtude do aumento das temperaturas médias, máximas e mínimas de acordo com a variação dos extremos climáticos. Para ondas de calor, em 2050 observa-se um risco que varia de classificação entre “Média” e “Alta” para vários setores censitários nas RGP1, RGP3, RGP4, RGP5 e RGP7. Essa região é caracterizada por ser uma Área de Ocupação Intensiva (AOI), ou seja, apresentando uma intensa urbanização. Aliado a isso, a grande concentração de estruturas e edificações e sistema viário desenvolvido, diminui também a concentração de áreas verdes, o que eleva ainda mais a densidade demográfica dessa área, e, conseqüentemente, o risco para a população.

Em relação às secas, é possível observar que a maior parte do risco ocorre onde está situado um maior adensamento populacional, como mencionado anteriormente, na AOI. Nesse sentido, o grande adensamento populacional pode refletir no aumento da indisponibilidade de água, trazendo conseqüências severas, como o aumento da insegurança hídrica. Destaca-se um risco

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

de classificação mais “Alta” em 2050 em setores censitários dos bairros Farrapos (RGP2), Santa Rosa de Lima (RGP3), Bom Jesus e Mario Quintana (RGP4), Lomba do Pinheiro (RGP7) e Restinga (RGP8). É importante observar que esses pontos estão localizados em regiões distantes das estações de tratamento de água, o que pode também influenciar no aumento da intensidade do risco para a região, e na falta de abastecimento de água para a população.

Em relação aos vetores de arboviroses, o risco se agrava para classificação “Alta” nos horizontes de 2030 e 2050 na porção norte do território, nas regiões mais urbanizadas, com maior densidade populacional, menor renda média e menor infraestrutura. Destaque para os bairros em que o risco se intensifica são Farrapos (RGP2), Santa Rosa de Lima (RGP3), Mário Quintana, Jardim Carvalho e Bom Jesus (RGP4), Glória e Cascata (RGP5), São José e Aparício Borges (RGP7), e Restinga (RGP8).

Em relação às tempestades, o risco apresenta predominantemente classificação “Média” para o período histórico e para as projeções para 2030 e 2050. Alguns bairros mais interiores do município apresentam classificação de risco “Alta”. Esse fator está relacionado com a maior exposição da população nessa região, alinhado à falta de infraestrutura habitacional e baixa renda média dos moradores. Os bairros que apresentam aumento do risco são: Independência (RGP1), Farrapos (RGP2), partes de Costa e Silva, Passo das Pedras e Santa Rosa de Lima (RGP3), partes de Bom Jesus, Mario Quintana e Jardim Carvalho (RGP4), partes de Santa Tereza e Cristal (RGP5), bem como boa parte dos bairros Aparício Borges e Vila João Pessoa, e partes de Lomba do Pinheiro (RGP7) e Restinga (RGP8).

De forma geral, as ameaças climáticas tendem a trazer diferentes riscos para o município de Porto Alegre. O acompanhamento dessas ocorrências é extremamente importante para entender o impacto desses eventos na cidade, e as estratégias que podem ser incorporadas para minimizar os seus efeitos. É importante destacar que deve haver atenção especial para os bairros mais populosos, visto que em sua maioria estão sob risco de mais de uma ameaça. A possibilidade de incorporação de Soluções Baseadas na Natureza, como por exemplo jardins de chuva, telhados verdes, áreas livres permeáveis e pavimentos filtrantes, deve ser extremamente pensada visto que são essenciais para tornar a cidade ainda mais resiliente aos efeitos climáticos, com foco nos bairros que apresentam uma classe de risco mais alta.

A ampliação de áreas verdes, buscando-se implementar florestas urbanas em todas as regiões, assim como a ampliação da arborização dos espaços públicos, se fazem necessárias para tornar

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

a população ainda mais resiliente aos eventos de secas e ondas de calor, aliado a ampliação de estratégias que auxiliem na proteção das bacias hidrográficas e das matas ciliares, as quais fortalecem o aumento da segurança hídrica e auxiliam no amortecimento de inundações. 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 extremamente relevantes para diminuir a vulnerabilidade da população em relação aos riscos climáticos apresentados.

A localização de Porto Alegre e a dinâmica do Lago Guaíba, que banha toda a sua porção oeste e é a principal fonte de abastecimento de água da cidade, demandam soluções que vão além do território municipal. Isso ocorre porque a capital está em uma área de confluência dos rios afluentes do Guaíba, os quais têm seu nível elevado em caso de cheias, como a que ocorreu em maio de 2024. Neste sentido, recomenda-se que sejam desenvolvidas ações de prevenção aos riscos climáticos, com enfoque para as inundações e tempestades, em conjunto com os demais municípios localizados na bacia do Guaíba. Para isso, é necessário adotar uma visão sistêmica e compreender que diversos setores e esferas de governo devem dialogar ao formularem soluções de curto e médio prazo, além de políticas urbanas e ambientais.

Ainda, a manutenção e atualização constante dos sistemas de proteção contra cheias do município, bem como dos sistemas de drenagem, limpeza dos canais fluviais, assim como a elaboração de políticas que incentivem o descarte correto dos resíduos são ações extremamente importante para reduzir a intensidade dos riscos de inundações fluviais, deslizamentos e tempestades.

Nos Relatório do Plano de Ação Climática (P6), os resultados deste diagnóstico, bem como dos demais diagnósticos desenvolvidos, servirão de embasamento para o delineamento das ações prioritárias de adaptação e mitigação. No âmbito da adaptação climática, os apontamentos e recomendações aqui apresentados serão inclusos nas ações, com destaque para regiões mais vulneráveis e frequentemente impactadas pelas ameaças climáticas avaliadas neste relatório.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

BANCO MUNDIAL. **Convivendo com as inundações: um estudo para construir resiliência com as comunidades de Porto Alegre. Relatório Fase 1 - Aspectos sociais**. [S. l.: s. n.]. Disponível em: <https://pubdocs.worldbank.org/en/123571555963328356/Relatorio-final-Fase-1-Aspectos-sociais.pdf>. Acesso em: 26 jul. 2023.

BANCO MUNDIAL. **Relatório de Danos Materiais e Prejuízos decorrentes de desastres naturais no Brasil (1995-2019)**. Florianópolis, SC: Banco Mundial. Global Facility for Disaster Reduction and Recovery. Fundação de Amparo à Pesquisa e Extensão Universitária. Centro de Estudos e Pesquisas em Engenharia e Defesa Civil. [Organização Rafael Schadeck], 2020. Disponível em: https://www.gov.br/mdr/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/protecao-e-defesa-civil-sedec/danos_e_prejuizos_versao_em_revisao.pdf.

BARIFOUSE, R. **Por que o mosquito Aedes aegypti transmite tantas doenças?**. [s. l.], 2015. Disponível em: https://www.bbc.com/portuguese/noticias/2015/12/151202_aedes_aegypti_vetor_doencas_r_b.

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.

BRITO, M. M. de. **Geoprocessamento aplicado ao mapeamento da suscetibilidade a escorregamentos no município de Porto Alegre, RS**. 2014. - UFRGS, Porto Alegre (RS), 2014. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/101208>. Acesso em: 27 jul. 2023.

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

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

CAMARINHA, P. I. M.; CANAVESI, V.; ALVALÁ, R. C. S. Shallow landslide prediction and analysis with risk assessment using a spatial model in a coastal region in the state of São Paulo, Brazil. **Natural Hazards and Earth System Sciences**, v. 14, n. 9, p. 2449–2468, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.5194/nhess-14-2449-2014>

CANAVESI, V.; CAMARINHA, P. I. M.; ALGARVE, V. R.; CARNEIRO, R. L. de C. Análise da susceptibilidade a deslizamentos de terra: estudo de caso de Paraibuna, SP. In: XVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO 2013, Foz do Iguaçu, PR, Brasil. **Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013, INPE**. Foz do Iguaçu, PR, Brasil: INPE, 2013. Disponível em: <http://marte2.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/marte2/2013/05.28.23.19.33/doc/p0341.pdf>. Acesso em: 7 jan. 2021.

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.

CMIP. **CMIP Phase 6 (CMIP6) - Coupled Model Intercomparison Project**. [s. l.], 2022. Disponível em: <https://wcrp-cmip.org/cmip-phase-6-cmip6/>. Acesso em: 21 set. 2023.

COMITÊ DO LAGO GUAÍBA. **Histórico** -. [s. l.], 2021. Disponível em: https://comitedolagogaiba.com.br/?page_id=286. Acesso em: 3 jul. 2023.

CPTEC/INPE. **Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos - CPTEC/INPE**. [s. l.], 2023. Disponível em: <https://www.cptec.inpe.br/curiosidades/pt>. Acesso em: 3 jul. 2023.

DATASUS. **Índice de Gini da renda domiciliar per capita segundo Município - Brasil**. [s. l.], 2010. Disponível em: <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/ibge/censo/cnv/ginibr.def>. Acesso em: 25 jul. 2023.

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

DEP; PMPA. **O Arroio Dilúvio**. [s. l.], 2023. Disponível em: https://www2.portoalegre.rs.gov.br/dep/default.php?p_secao=71. Acesso em: 7 jun. 2023.

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

DMAE. **Dados Gerais 2022 - DMAE.** [s. l.], 2021. Disponível em: <https://prefeitura.poa.br/dmae/informacoes-gerais>.

DMAE. **Obra de nova adutora de água tratada da Ponta do Arado está em andamento | Prefeitura de Porto Alegre.** [s. l.], 2022. Disponível em: <https://prefeitura.poa.br/dmae/noticias/obra-de-nova-adutora-de-agua-tratada-da-ponta-do-arado-esta-em-andamento>. Acesso em: 14 set. 2023.

ERNST&YOUNG; PMPA. **Consultoria Técnica para Revisão do Plano Diretor de Porto Alegre. Produto 2 - Conceitos e Diagnósticos (versão draft).** Porto Alegre, RS: Ernst & Young; Prefeitura Municipal de Porto Alegre - Secretaria Municipal de Meio Ambiente, Urbanismo e Sustentabilidade (SMAMUS), 2023. Disponível em: <https://prefeitura.poa.br/planodiretor/publicacoes/relatorios>.

FILHO, B. C.; DE ANDRADE, A. G.; CALDERANO, S. B.; MANZATTO, C. V.; DE SOUZA, J. S. **Avaliação da Suscetibilidade dos Solos à Erosão da Área de Entorno do Reservatório da Usina Hidrelétrica de Tombos, MG.** Rio de Janeiro, RJ: EMBRAPA, 2005.

FUJIMOTO, N. S. V. M.; DIAS, T. S. **Compartimentos de Relevo do Município de Porto Alegre, capital do Estado do Rio Grande do Sul – Brasil.** 2008. Disponível em: <http://observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal12/Procesosambientales/Geomorfologia/19.pdf>. Acesso em: 6 jun. 2023.

FULLERTON, L. M.; DICKIN, S. K.; SCHUSTER-WALLACE, C. J. **Mapping Global Vulnerability to Dengue using the Water Associated Disease Index.** [S. l.]: United Nations University, 2014. Disponível em: <https://inweh.unu.edu/wp-content/uploads/2019/03/Mapping-Global-Vulnerability-to-Dengue-using-WADI.pdf#:~:text=Mapping%20Global%20Vulnerability%20to%20Dengue%20using%20the%20Water,created%20by%20the%20UNU%20Governing%20Council%20in%201996>.

G1-GLOBO. **RS tem 83% das cidades em situação de emergência; entenda a diferença entre seca e estiagem.** [s. l.], 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.

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

GAÚCHA ZH. **Os 80 anos do maior embate de Porto Alegre com a natureza: saiba como foi a enchente de 1941.** [s. l.], 2021. Disponível em: <https://gauchazh.clicrbs.com.br/porto-alegre/noticia/2021/04/os-80-anos-do-maior-embate-de-porto-alegre-com-a-natureza-saiba-como-foi-a-enchente-de-1941-cknkyrnz900dg01984aa73ykp.html>. Acesso em: 19 set. 2023.

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. **Idese - Principais resultados de 2020.** Rio Grande do Sul: Secretaria de Planejamento, Governança e Gestão (SPGG-RS), 2020 a. Disponível em: <https://www.estado.rs.gov.br/upload/arquivos//lançamento-idese-2020-final.pdf>. Acesso em: 22 jun. 2023.

GOV. RIO GRANDE DO SUL. **Região Metropolitana de Porto Alegre - RMPA.** [s. l.], 2020b. Disponível em: <https://atlassocioeconomico.rs.gov.br/regiao-metropolitana-de-porto-alegre-rmpa>. Acesso em: 22 jun. 2023.

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. Disponível em: <https://atlassocioeconomico.rs.gov.br/inicial>. Acesso em: 10 nov. 2022.

GZH. **Tempestade derruba árvores, alaga ruas e causa destruição na Capital.** [s. l.], 2016. Disponível em: <https://gauchazh.clicrbs.com.br/geral/noticia/2016/01/tempestade-derruba-arvores-alaga-ruas-e-causa-destruicao-na-capital-4963983.html>. Acesso em: 6 out. 2023.

GZH. **Mais um trecho da ciclovia da Avenida Ipiranga desaba em dia de chuva.** [s. l.], 2023. Disponível em: <https://gauchazh.clicrbs.com.br/porto-alegre/noticia/2023/09/mais-um-trecho-da-ciclovia-da-avenida-ipuranga-desaba-em-dia-de-chuva-clm51002p001b017yfqg6mz0a.html>. Acesso em: 10 out. 2023.

GZH, 2022. **Moradores do Menino Deus reclamam de descarte irregular de lixo: “Cidadão de bem, bem porco”, diz placa colocada em praça.** [s. l.], 2022. Disponível em: <https://gauchazh.clicrbs.com.br/porto-alegre/noticia/2022/02/moradores-do-menino-deus>

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

reclamam-de-descarte-irregular-de-lixo-cidadao-de-bem-bem-porco-diz-placa-colocada-em-praca-ckzpwq08j000h0188stjh9je5.html. Acesso em: 9 jun. 2023.

HASENACK ET AL. (COORD), H. **Diagnóstico Ambiental de Porto Alegre: Geologia, Solos, Drenagem, Vegetação/Ocupação e Paisagem**. Porto Alegre, RS: Prefeitura Municipal de Porto Alegre - Secretaria Municipal do Meio Ambiente, 2008. Disponível em: http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/smam/usu_doc/hasenack_et_al_2008_diagnostico_ambiental_de_porto_alegre.pdf.

IBGE. **Censo Demográfico 2010 - Tabela 3175: População residente, por cor ou raça, segundo a situação do domicílio, o sexo e a idade - Porto Alegre**. [s. l.], 2010. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/3175#resultado>. Acesso em: 6 jul. 2023.

IBGE (org.). **Suscetibilidade a deslizamentos do Brasil: primeira aproximação**. Rio de Janeiro: IBGE, 2019. (Macrocaracterização dos recursos naturais do Brasil segundo volume). *E-book*. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=2101684>. Acesso em: 1 maio. 2021.

IBGE. **Censo Demográfico 2022 - Primeiros Resultados**. [s. l.], 2022. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-demografico/demografico-2022/primeiros-resultados>. Acesso em: 14 jul. 2023.

IBGE. **Divulgação dos Resultados**. [s. l.], 2023. Disponível em: <https://censo2022.ibge.gov.br/etapas/divulgacao-dos-resultados.html>. Acesso em: 27 jul. 2023.

IBGE. **IBGE Cidades - Porto Alegre | Panorama**. [s. l.], 2024. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/porto-alegre/panorama>. Acesso em: 22 jun. 2023.

IMA. **Diagnóstico e monitoramento ambiental do Arroio Dilúvio (eixo Ipiranga) - Instituto do Meio Ambiente**. [s. l.], 2019. Disponível em: <https://www.pucrs.br/ima/projetos/projetos-concluidos/diagnostico-e-monitoramento-ambiental-do-arroio-diluvio-eixo-ipuranga/>. Acesso em: 7 jun. 2023.

INMET. **Normais Climatológicas do Brasil: Instituto Nacional de Meteorologia - INMET**. [s. l.], 2020. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/normais>. Acesso em: 6 jun. 2023.

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

INMET. **Balanço: Janeiro deste ano foi o mais seco desde 2005 em Porto Alegre (RS).** [s. l.], 2023. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/noticias/ba>. Acesso em: 3 jul. 2023.

INMET. **Dados Meteorológicos do INMET.** [s. l.], 2024. Disponível em: <https://bdmep.inmet.gov.br/>.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **Painel Saneamento Brasil - Porto Alegre - Indicadores.** [s. l.], 2021. Disponível em: <https://www.painelsaneamento.org.br/localidade/compare?id=431490>. Acesso em: 6 jul. 2023.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **Ranking do Saneamento do Instituto Trata Brasil de 2023 (SNIS 2021).** São Paulo: [s. n.], 2023.

IPCC. **Climate change 2014: Impacts, adaptation, and vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Working Group II contribution 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: 17 jun. 2021.

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 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 c. *E-book*. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg2/>. Acesso em: 22 jun. 2022.

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. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/#FullReport>.

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:

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

Cambridge University Press, 2021 b. *E-book*. Disponível em:
<https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/#FullReport>. Acesso em: 22 jun. 2022.

JERONIMO, M. W. **Projeto cartográfico e elaboração do atlas digital de vulnerabilidade social de Porto Alegre**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso - UFRGS, Porto Alegre (RS), 2022. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/handle/10183/240338>. Acesso em: 9 out. 2023.

JUNK, W. J. *et al.* Brazilian wetlands: their definition, delineation, and classification for research, sustainable management, and protection. **Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems**, v. 24, n. 1, p. 5–22, 2014.

KEATING, J. An investigation into the cyclical incidence of dengue fever. v. 53, n. 12, p. 1587–1597, 2001. Disponível em:
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0277953600004433>

LAMBERTY, D.; CPRM. **Mapeamento das Áreas de Risco de Porto Alegre**. Porto Alegre, RS: Serviço Geológico do Brasil - CPRM, 2023. Disponível em:
https://prefeitura.poa.br/sites/default/files/usu_doc/noticias/2023/04/03/SetorizacaoPOA_SGB%20%281%29.pdf.

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. **COBERTURA E TRANSIÇÕES MUNICÍPIOS (COLEÇÃO 7.1)**. [s. l.], 2021. Disponível em: <https://brasil.mapbiomas.org/estatisticas>. Acesso em: 2 ago. 2023.

MARQUES, G. F.; DALCIN, A. P.; FILHO, F. M.; PACHECO, G.; SIGALIS, A.; MELO, D. de C. D.; POSSANTI, I. **Nota Técnica: A cheia de 2024 no estado do Rio Grande do Sul e as linhas de ação para a resiliência contra eventos extremos**. [s. l.], 2024. Disponível em:
https://www.ufrgs.br/iph/wp-content/uploads/2024/05/NT-CHEIA-2024-GESPLA_VF.pdf.
Acesso em: 17 jun. 2024.

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

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

MDS. **Relatório de Informações - RI v.4 - Relatório de Programas e Ações I Porto Alegre**. [s. l.], 2023. Disponível em: <https://aplicacoes.mds.gov.br/sagi/ri/relatorios/cidadania/?localizaDivisao=porto+alegre&codigo=431490&aM=0>. Acesso em: 10 jul. 2023.

MENG, X. **Landslide | Definition, Types, Causes, & Facts | Britannica**. [s. l.], 2021. Disponível em: <https://www.britannica.com/science/landslide>. Acesso em: 3 out. 2023.

METSUL. **Veja os graves efeitos da seca no cinturão verde de Porto Alegre**. [s. l.], 2023. Disponível em: <https://metsul.com/veja-os-graves-efeitos-da-seca-no-cinturao-verde-de-porto-alegre/>. Acesso em: 3 jul. 2023.

METSUL. **Os espantosos números da chuva de maio em Porto Alegre**. 2024a. Disponível em: <https://metsul.com/os-impressionantes-numeros-da-chuva-de-maio-em-porto-alegre/>. Acesso em: 22 jul. 2024.

METSUL. **Como está o Guaíba dois meses após ter avançado sobre Porto Alegre**. 2024b. <https://metsul.com/como-esta-o-guaiba-dois-meses-apos-ter-avancado-sobre-porto-alegre/>. Acesso em: 22 jul. 2024.

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/. 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-abe-novo.pdf>.

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

MOURA, N. S. V.; BASSO, L. A.; SANCHES, N. D. Áreas Suscetíveis à inundação na Bacia Hidrográfica do Arroio do Salso, Porto Alegre-RS: Características das Chuvas e sua Influência na Qualidade das  guas Superficiais. n. Universidade Federal Fluminense-Revista GEOgraphia, p. 33, 2013.

MOURA, N. S. V.; HASENACK, H.; SILVA, L. L. **Mapa Geomorfológico dos municípios de Porto Alegre, Viamão e Alvorada – RS.** UFRGS - IB - Centro de Ecologia: [s. n.], [s. d.]. Escala 1:150;000. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/labgeo/index.php/downloads/dados-geoespaciais/mapa-geomorfologico-dos-municipios-de-porto-alegre-viamao-e-alvorada-rs/>. Acesso em: 18 set. 2023.

NERI, M. **Mapa da Riqueza no Brasil.** Rio de Janeiro, RJ: FGV Social, 2023.

OBSERVAPOA. ** reas de Vulnerabilidade.** [s. l.], 2017. observaPOA. Disponível em: <https://www.google.com/maps/d/viewer?mid=1H0PfsLkO41tmanS6HTQpLKISDV8>. Acesso em: 25 jul. 2023.

OMS. **Using climate to predict infectious disease epidemics.** Geneva: [s. n.], 2005. E-book. Disponível em: <https://apo.who.int/publications/i/item/using-climate-to-predict-infectious-disease-epidemics>. Acesso em: 24 jun. 2022.

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

PAIVA, R.; COLLISCHONN, W.; MIRANDA, P.; PETRY, I.; DORNELLES, F.; GOLDENFUM, J.; FAN, F.; RUHOFF, A.; FAGUNDES, H. **NOTA TÉCNICA: CRITÉRIOS HIDROLÓGICOS PARA ADAPTA O   MUDANÇA CLIMÁTICA: CHUVAS E CHEIAS EXTREMAS NA REGIÃO SUL DO BRASIL - IPH.** [s. l.], 2024. Disponível em: <https://www.ufrgs.br/iph/wp-content/uploads/2024/05/CriteriosAdaptacaoMudancaClimaticaChuvasCheiasExtremasSul.pdf>. Acesso em: 17 jun. 2024.

PATZ, J. A.; CAMPBELL-LENDRUM, D.; HOLLOWAY, T.; FOLEY, J. A. Impact of regional climate change on human health. v. 438, n. 7066, p. 310–317, 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1038/nature04188>

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

PMPA. **Mapa da Inclusão e Exclusão Social de Porto Alegre.** Porto Alegre (RS): Secretaria do Planejamento Municipal, 2004. Disponível em: http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/observatorio/usu_doc/mapa_da_inclusao_e_exclusao_social_de_porto_alegre.pdf.

PMPA. **Plano Diretor de Drenagem Urbana: Manual de Drenagem Urbana - Volume VI.** Porto Alegre, RS: Departamento de Esgotos Pluviais (DEP), 2005. Disponível em: http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/dep/usu_doc/manual_de_drenagem_ultima_versao.pdf. Acesso em: 10 jul. 2023.

PMPA. **Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano Ambiental (PDDUA).** Porto Alegre, RS: Secretaria do Planejamento Municipal, 2010. Disponível em: http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/spm/usu_doc/planodiretortexto.pdf. Acesso em: 9 jun. 2023.

PMPA. **Plano Municipal de Saneamento Básico de Porto Alegre. Volume 2 - Prognóstico, Objetivos e Metas.** Porto Alegre, RS: Prefeitura Municipal de Porto Alegre, Departamento Municipal de Água e Esgotos, Departamento de Esgotos Pluviais e Departamento Municipal de Limpeza Urbana, 2015 a. Disponível em: <https://prefeitura.poa.br/dmlu/plano-municipal-de-saneamento-basico>.

PMPA. **Plano Municipal de Saneamento Básico de Porto Alegre.** Porto Alegre, RS: Departamento Municipal de Água e Esgotos, Departamento de Esgotos Pluviais e Departamento Municipal de Limpeza Urbana, 2015 b. Disponível em: <https://prefeitura.poa.br/dmlu/plano-municipal-de-saneamento-basico>.

PMPA. **Abastecimento de água per capita.** [s. l.], 2017. Disponível em: http://www2.portoalegre.rs.gov.br/dmae/default.php?p_noticia=191265&CONSUMO+EXCESSIVO+E+DESPERDICIOS+AFETAM+ABASTECIMENTO+DE+AGUA. Acesso em: 13 jun. 2023.

PMPA. **Zoneamento de Uso por Subunidade.** Porto Alegre, RS: [s. n.], 2018. Escala 1:50.000. Disponível em: https://prefeitura.poa.br/sites/default/files/usu_img/planejamento_urbano/Mapas%20Digitais/Zoneamento%20de%20Uso%20por%20Subunidade.pdf. Acesso em: 6 jun. 2023.

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

PMPA. **Guia de Consulta: Regime Urbanístico.** [S. l.]: Secretaria Municipal de Meio Ambiente e da Sustentabilidade, 2019. Disponível em: https://urbanismodrive.procempa.com.br/geopmpa/SPM/PUBLICO/PDDUA_ATUAL/PDF/guia_pddua.pdf. Acesso em: 25 jul. 2023.

PMPA. **Banco Mundial aprova financiamento para revitalização do Centro e 4º Distrito | Prefeitura de Porto Alegre.** [s. l.], 2023a. Disponível em: <https://prefeitura.poa.br/smpae/noticias/banco-mundial-aprova-financiamento-para-revitalizacao-do-centro-e-4o-distrito>. Acesso em: 18 set. 2023.

PMPA. **Casos de Dengue/Chikungunya/Zika de Porto Alegre.** [s. l.], 2023b. Disponível em: <https://pentaho-pmpa.procempa.com.br/pentaho/api/repos/%3Apublic%3ASMS%3AIndicadores%3ADengue%3ADengue.wcdf/generatedContent>. Acesso em: 10 jul. 2023.

PMPA. **Plano Diretor de Porto Alegre | Prefeitura de Porto Alegre.** [s. l.], 2023c. Disponível em: <https://prefeitura.poa.br/planodiretor>. Acesso em: 21 ago. 2023.

PMPA. **Informações Água | Prefeitura de Porto Alegre.** [s. l.], 2023d. Disponível em: <https://prefeitura.poa.br/dmae/informacoes-agua>. Acesso em: 10 jun. 2023.

PMPA. **Informações Esgoto Pluvial - DMAE.** [s. l.], 2023e. Disponível em: <https://prefeitura.poa.br/dmae/informacoes-esgoto-pluvial>. Acesso em: 27 jun. 2023.

PMPA. **DMLU - Departamento Municipal de Limpeza Urbana | Prefeitura de Porto Alegre.** [s. l.], 2023f. Disponível em: <https://prefeitura.poa.br/dmlu>. Acesso em: 9 jun. 2023.

PMPA. **PMGIRS-POA (Revisão 2023-2033): Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos.** Porto Alegre, RS: [s. n.], 2023 g. Disponível em: https://prefeitura.poa.br/sites/default/files/usu_doc/sites/dmlu/PMGIRS_POA_2023.pdf. Acesso em: 9 jun. 2023.

PMPA. **Destino Certo (Ecopontos) | Prefeitura de Porto Alegre.** [s. l.], 2023h. Disponível em: <https://prefeitura.poa.br/dmlu/projetos/destino-certo-ecopontos>. Acesso em: 9 jun. 2023.

PMPA. **Conheça Porto Alegre | Prefeitura de Porto Alegre.** [s. l.], 2023i. Disponível em: <https://prefeitura.poa.br/gp/projetos/conheca-porto-alegre>. Acesso em: 6 jun. 2023.

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

PMPA. **Plano Municipal de Contingência DENGUE, ZIKA VÍRUS E CHIKUNGUNYA**. Porto Alegre, RS: Secretaria Municipal de Saúde de Porto Alegre (SMS), 2023 j. Disponível em: https://prefeitura.poa.br/sites/default/files/usu_doc/hotsites/sms/onde-esta-o-aedes/2023_planocontingenciaarbovirose.pdf.

PMPA, D. **DEP. Drenagem Urbana. Plano Diretor**. [s. l.], 2023k. Disponível em: https://www2.portoalegre.rs.gov.br/dep/default.php?p_secao=66. Acesso em: 13 set. 2023.

PMPA; GOMES, V.-P. R. **Programa de Regeneração Urbana do 4º Distrito de Porto Alegre. Relatório I - Diagnóstico**. Porto Alegre (RS): Secretaria Municipal de Meio Ambiente, Urbanismo e Sustentabilidade, 2022. Disponível em: https://prefeitura.poa.br/sites/default/files/usu_img/planejamento_urbano/4D/1_Diagnostico.pdf.

PMPA, P. M. de P. **DEP**. [s. l.], 2023l. Disponível em: https://www2.portoalegre.rs.gov.br/dep/default.php?p_secao=65. Acesso em: 21 jul. 2023.

PMPA; WOLFF, M. de L. **Dmae investe R\$ 9,3 milhões em coleta de esgoto sanitário no 4º Distrito**. [s. l.], 2023. Disponível em: <https://prefeitura.poa.br/dmae/noticias/dmae-investe-r-93-milhoes-em-coleta-de-esgoto-sanitario-no-4o-distrito>. Acesso em: 9 jun. 2023.

PNUD; IPEA; FJP. **Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil | Perfil de Municípios | Porto Alegre**. [s. l.], 2017. Disponível em: <http://www.atlasbrasil.org.br/perfil/municipio/431490>. Acesso em: 22 jun. 2023.

PORTO ALEGRE. **Projeto de revitalização do 4º Distrito é aprovado na Câmara**. [s. l.], 2022. Disponível em: <https://www.camarapoa.rs.gov.br/noticias/projeto-de-revitalizacao-do-4-distrito-e-aprovado-na-camara>. Acesso em: 26 jul. 2023.

PROGRAMA CIDADES SUSTENTÁVEIS; FUNDAÇÃO FORD. **Mapa da Desigualdade entre as Capitais Brasileiras**. [S. l.: s. n.] Disponível em: <https://www.cidadessustentaveis.org.br/arquivos/link/mapa-das-desigualdades.pdf>. Acesso em: 22 jun. 2023.

RIBEIRO, A. F.; MARQUES, G. R. A. M.; VOLTOLINI, J. C.; CONDINO, M. L. F. Associação entre incidência de dengue e variáveis climáticas. **Revista de Saúde Pública**, v. 40, n. 4, p. 671–676, 2006.

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

RUALDO MENEGAT. **Atlas Ambiental de Porto Alegre - UFRGS**. Porto Alegre, RS: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Prefeitura de Porto Alegre e Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2018. Atlas. Disponível em: https://www.ufrgs.br/atlas/atlas_digital.html. Acesso em: 24 maio. 2023.

SALATA, A. R.; RIBEIRO, M. G. **Boletim: Desigualdade nas Metrôpoles - nº 12**. Porto Alegre, RS: Observatório das Metrôpoles, PUCRS, Red ODSAL, 2023. Disponível em: https://www.pucrs.br/datasocial/wp-content/uploads/sites/300/2023/04/BOLETIM_DESIGUALDADE-NAS-METROPOLE_12.pdf. Acesso em: 22 jun. 2023.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAUJO FILHO, J. C. de; OLIVEIRA, J. B. de; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília, DF: EMBRAPA, 2018. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1094003/sistema-brasileiro-de-classificacao-de-solos>. Acesso em: 17 jun. 2024.

SECRETARIA DA SAÚDE. **Secretaria da Saúde emite alerta epidemiológico para situação crítica de dengue**. [s. l.], 2022. Disponível em: <https://saude.rs.gov.br/secretaria-da-saude-emite-alerta-epidemiologico-para-situacao-critica-de-dengue>. Acesso em: 15 ago. 2023.

SEMA. **Área de Proteção Ambiental Estadual Delta do Jacuí**. [s. l.], 2018. Disponível em: <https://www.sema.rs.gov.br/area-de-protecao-ambiental-estadual-delta-do-jacui>. Acesso em: 5 jun. 2023.

SEMA. **Parque Estadual Delta do Jacuí**. [s. l.], 2021. Disponível em: <https://www.sema.rs.gov.br/parque-estadual-delta-do-jacui>. Acesso em: 5 jun. 2023.

SEMA. **Dados Gerais das Bacias Hidrográficas**. [s. l.], 2023. Disponível em: <https://sema.rs.gov.br/bacias-hidrograficas>. Acesso em: 24 maio. 2023.

SGB. **Número de áreas de risco muito alto quintuplicou em Porto Alegre (RS) nos últimos 10 anos**. 2023. Disponível em: [https://www.sgb.gov.br/publique/Noticias/Numero-de-areas-de-risco-muito-alto-quintuplicou-em-Porto-Alegre-\(RS\)-nos-ultimos-10-anos-7818.html](https://www.sgb.gov.br/publique/Noticias/Numero-de-areas-de-risco-muito-alto-quintuplicou-em-Porto-Alegre-(RS)-nos-ultimos-10-anos-7818.html). Acesso em: 6 out. 2023.

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

SHERPA, A. M.; KOOTTATEP, T.; ZURBRÜGG, C.; CISSÉ, G. Vulnerability and adaptability of sanitation systems to climate change. v. 5, p. 487–495, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.2166/wcc.2014.003>

SMAMUS. **Secretaria Municipal do Meio Ambiente, Urbanismo e Sustentabilidade | Prefeitura de Porto Alegre - Áreas Verdes.** [s. l.], 2023a. Disponível em: <https://prefeitura.poa.br/smamus>. Acesso em: 5 jun. 2023.

SMAMUS. **Secretaria Municipal do Meio Ambiente, Urbanismo e Sustentabilidade | Prefeitura de Porto Alegre - Parques.** [s. l.], 2023b. Disponível em: <https://prefeitura.poa.br/smamus>. Acesso em: 5 jun. 2023.

SOARES, A. R. **Avaliação de suscetibilidade a deslizamentos de terra no município de Recife - PE.** 2015. Monografia - INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, [s. l.], 2015. Disponível em: <http://wiki.dpi.inpe.br/lib/exe/fetch.php?media=ser300:monografiaandersonreis.pdf>. Acesso em: 5 fev. 2021.

SOLUÇÕES PARA CIDADES. **Iniciativas Inovadoras: Plano Diretor de Drenagem Urbana de Porto Alegre - RS.** Brasil: Associação Brasileira de Cimento Portland, Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica, 2013. Disponível em: https://www.solucoesparacidades.com.br/wp-content/uploads/2013/07/AF_Inic%20Insp03_pl%20drenagem_web.pdf. Acesso em: 27 jun. 2023.

THIEL, R. **Entenda como funciona o sistema de diques de Porto Alegre.** [s. l.], 2023. Disponível em: <https://www.correiodopovo.com.br/especial/entenda-como-funciona-o-sistema-de-diques-de-porto-alegre-1.1391793>. Acesso em: 9 out. 2023.

UNITED NATIONS, U. **Global Issues: Water.** [s. l.], 2020. Disponível em: <https://www.un.org/en/global-issues/water>. Acesso em: 11 set. 2023.

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>.



P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

WHO. **Heat and Health**. [s. l.], 2018. Disponível em: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/climate-change-heat-and-health>. Acesso em: 8 set. 2023.

APÊNDICES

APÊNDICE A. METODOLOGIA DETALHADA RISCO CLIMÁTICO

Nesta seção, será feito um detalhamento dos elementos envolvidos e como eles são calculados e utilizados na análise de risco climático.

A.1 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 previsões 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

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

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 A.1 apresenta um resumo das características e estimativas de cada um desses cenários.

Tabela A.1 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 ₂ nulas até 2050.	1,5	1,6	1,4
SSP1-2.6	Emissões de GEE baixas, com emissões de CO ₂ nulas até 2075.	1,5	1,8	1,9
SSP2-4.5	Emissões de GEE medianas, com manutenção das atuais emissões de CO ₂ 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 ₂ dobradas até 2100.	1,5	2,2	3,7
SSP5-8.5	Emissões de GEE muito altas, com emissões de CO ₂ triplicadas até 2100.	1,6	2,5	4,5

Fonte: Elaborado por WayCarbon, 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 Porto Alegre está exposto. O cenário escolhido foi o SSP3-7.0, que considera uma trajetória de emissões altas, com emissões de CO₂ 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 MIROC6, MRI-ESM2-0, NorESM2-MM, GFDL-ESM4, ACCESS-ESM1-5, IPSL-CM6A-LR, 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 Porto Alegre, os modelos foram validados mediante comparação com dados observados de precipitação do conjunto

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

CHIRPS²⁵. 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.

A.2 CONSTRUÇÃO DO ÍNDICE DE RISCO

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)²⁶, 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.

²⁵ 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/>

²⁶ A modelagem de risco climático segue períodos temporais utilizados no Sexto Relatório de Avaliação (AR6) do IPCC (IPCC, 2021b). As projeções futuras consideram os horizontes de 2021-2040 e 2041-2060 e o período histórico é estabelecido no intervalo de 1995-2014 devido a disponibilidade de dados dos modelos climáticos. Desta forma, o período de referência foi definido como 1895-1994 para contemplar o maior intervalo de tempo possível e obter melhor precisão da análise, no caso de 100 anos.

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

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.

O **índice de vulnerabilidade (V)** é avaliado a partir de fatores que caracterizam o ativo exposto, qualificando-o em relação a cada ameaça. Assim, esse índice é calculado em função da sensibilidade ou suscetibilidade e da capacidade de adaptação, a partir de informações espacialmente disponibilizadas (Equação 2).

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

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 Porto Alegre, CMIP6 e DATASUS, 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.

Para o cálculo do **índice de exposição (E)** considerou-se localização ou presença de pessoas residentes, que possam ser negativamente afetados pela mudança do clima (IPCC, 2014b). Com isso, a densidade populacional é usada para indicar o grau de presença de pessoas

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

potencialmente afetadas na ocorrência da ameaça. Vale destacar que, por falta de disponibilidade de dados atuais especializados da população para o cálculo da exposição, foram utilizados os dados da população total em 2010 (CENSO 2010) e a estimativa da população do município no ano de 2022, de acordo com os primeiros resultados divulgados pelo CENSO 2022 (IBGE, 2023) 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 2022 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”.

APÊNDICE B. NOTA TÉCNICA SOBRE CICLONES

**NOTA TÉCNICA SOBRE OS EVENTOS EXTREMOS DE PRECIPITAÇÃO OCORRIDOS NO
RIO GRANDE DO SUL ENTRE JULHO E SETEMBRO DE 2023**

Elaborado pela equipe técnica da WayCarbon, com revisão do Dr. Carlos Nobre,

03 de outubro de 2023.

Durante os meses de inverno (junho, julho e agosto) e primavera deste ano o Rio Grande do Sul registrou volumes excepcionais de precipitação. Segundo o Balanço Climático do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) a capital, Porto Alegre, teve o terceiro inverno mais chuvoso de todo o registro histórico, totalizando 652,2 mm, cerca de 50% acima da média climatológica para a estação, que é de 435,5 mm. O início da primavera não foi diferente. Durante o mês de setembro, até o dia 26, já havia chovido 413,8 mm, colocando setembro de 2023 como o mais chuvoso da história. Na porção norte do estado, na bacia do Rio Taquari-Antas, a vazão registrada na usina de Castro Alves no início de setembro foi superior à vazão Decamilenar, ou seja, maior vazão esperada em 10 mil anos, o que destaca a raridade do evento. As consequências para o estado estão sendo catastróficas. Segundo a Defesa Civil, no estado, 13 municípios decretaram estado de calamidade pública e cerca de 3,5 milhões de pessoas já foram afetadas.

Chuvas volumosas são comuns na Região Sul do Brasil, especialmente durante os meses de inverno. Ciclones, frentes frias, cavados e centros de baixa pressão estão entre os principais sistemas meteorológicos atuantes na região (CAVALCANTI, 2009). Entretanto, o que tem chamado a atenção é a frequência e intensidade com que estes eventos têm ocorrido. No período entre julho e setembro, 8 ciclones extratropicais atingiram a região num intervalo de tempo curtíssimo. O solo encharcado e as cotas dos rios elevadas resultaram em enchentes catastróficas. A seguir, são apontadas algumas das possíveis causas para este comportamento climático anômalo.

Oceano Atlântico Sul mais quente: desde o início do inverno, são observadas temperaturas da superfície do mar acima da média no Oceano Atlântico Sul, o que potencializa e intensifica a formação de ciclones e centros de baixa pressão. Os ventos, que tendem a soprar de sudeste, transportam o calor e umidade do oceano para o continente, servindo de combustível para a formação de sistemas de precipitação.

Fenômeno El Niño: segundo a agência americana NOAA (*National Oceanic and Atmospheric Administration*) e o CEMADEN (Centro de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais), o fenômeno El Niño encontra-se vigente desde junho de 2023 e já influencia consideravelmente os padrões climáticos na América do Sul de. Um dos principais fatores que podem ser atribuídos

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

ao El Niño dentro da sequência de ocorrência de ciclones extratropicais, é o aporte de umidade continental proveniente de latitudes baixas. Em anos de El Niño, o corredor de ventos úmidos e quentes oriundos da Amazônia se fortalecem e alimentam a formação de sistemas de precipitação na região Sul (CAI et al. 2020). Ressalta-se, todavia, que o ápice de atuação do El Niño se dá na primavera e verão e que, portanto, deve-se permanecer em alerta para ocorrência de novos extremos pluviométricos. O El Niño também faz com que o jato subtropical no topo da troposfera sobre o centro-leste da América do Sul se intensifique. Esta intensificação induz que as frentes frias fiquem estacionárias nesta região, atingindo o RS e outros estados do Sul e induz a ascendência do ar, carregando umidade e facilitando a formação de chuvas e sistemas de baixa pressão e ciclones extratropicais intensos.

Mudanças Climáticas: as alterações climáticas causadas pela atividade humana têm intensificado a frequência e intensidade de eventos climáticos extremos (IPCC, 2022). Além das chuvas intensas, secas, ondas de calor e de frio extremo também são consequências dessas mudanças. Nos recentes episódios dos ciclones ocorridos no Rio Grande do Sul, nota-se claramente uma frequência de ocorrência acima da média. Somente no mês de setembro, 4 ciclones foram reportados - dias 4, 8, 13 e 26 - num intervalo quase semanal. Além disso, o evento excepcional ocorrido na bacia do Rio das Taquari-Antas demonstra uma intensificação destes sistemas.

Ciclones extratropicais são fenômenos meteorológicos bem compreendidos e previsíveis a curto prazo na escala de sete a dez dias, porém, como todos os fenômenos meteorológicos, suas datas e locais de ocorrência não são previsíveis a longo prazo de muitas semanas a meses. Entretanto, alguns estudos avaliaram a evolução e formação destes ciclones em diferentes cenários de mudanças climáticas. Segundo Priestley et al. (2022), a atividade ciclogênica deve reduzir globalmente até final deste século. Já a intensidade destes sistemas deve ser intensificada. Este resultado também foi encontrado no estudo de De Jesus et al. (2021), demonstrando um grau de consenso entre os diferentes modelos. As mudanças climáticas induzem a maior ocorrência de fenômenos meteorológicos extremos em todo planeta.

Dentro das projeções climáticas realizadas com a plataforma MOVE na etapa de diagnóstico de risco climático para a cidade de Porto Alegre, foram analisados os riscos de inundação fluvial, deslizamentos, ondas de calor, secas meteorológicas, tempestades e proliferação de vetores de arboviroses para o período histórico (1995-2014) e horizontes temporais de 2030 e 2050, em alinhamento a marcos nacionais e internacionais, e com uso do cenário climático SSP3 7.0, cenário pessimista, o qual projeta uma trajetória alta de emissões. De forma geral, o município apresenta ameaça e risco com classificação “alta” em diversos bairros para todas as ameaças, exceto secas. Embora o risco de secas meteorológicas nos bairros tenha índice de classificação “média”, alguns setores censitários já apresentam a classe “alta”. Os riscos se intensificam em 2050 para todas as ameaças, mas com maior intensidade para ondas de calor e vetores.

Ressalta-se que estas projeções utilizam modelos climáticos globais que, apesar de vieses e incertezas intrínsecas atreladas, são capazes de representar de maneira realística a circulação

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

geral da atmosfera e dos oceanos, e incorporar variações climáticas decorrentes de fenômenos como o El Niño. Todavia, fenômenos locais, como complexos convectivos e nuvens isoladas, tendem a ser ineficientemente representados (RANDALL et al., 2007). Desse modo, os resultados dispostos no Plano de Adaptação devem ser interpretados com cautela e parcimônia, levando em conta as premissas cabíveis aos modelos climáticos globais, que buscam descrever cenários futuros, mas tomar como base científica robusta que a maioria dos fenômenos climáticos extremos irão ocorrer com maior frequência, como chuvas intensas.

REFERÊNCIAS DA NOTA TÉCNICA

ABM. El Niño and positive Indian Ocean Dipole currently active. Acessado 03 de out. de 2023. Disponível em: [Climate Driver Update \(bom.gov.au\)](http://Climate Driver Update (bom.gov.au)).

Cai, W. et al. Climate impacts of the El Niño–Southern Oscillation on South America. *Nat. Rev. Earth Environ.* 1, 215–231 (2020).

CAVALCANTI, I.F. Tempo e Clima no Brasil. Oficina de Textos, 2009

DE JESUS, Eduardo Marcos et al. Multi-model climate projections of the main cyclogenesis hot-spots and associated winds over the eastern coast of South America. *Climate Dynamics*, v. 56, n. 1-2, p. 537-557, 2021.

INMET. Balanço: Porto Alegre (RS) teve chuva e temperaturas acima da média no inverno/2023. Acessado 03 de out. de 2023. Disponível em: inmet.gov.br.

IPCC, 2022: Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Lössche, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press. In Press.

RANDALL, David A. et al. Climate models and their evaluation. In: *Climate change 2007: The physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the IPCC (FAR)*. Cambridge University Press, 2007. p. 589-662.

PRIESTLEY, Matthew DK; CATTO, Jennifer L. Future changes in the extratropical storm tracks and cyclone intensity, wind speed, and structure. *Weather and Climate Dynamics*, v. 3, n. 1, p. 337-360, 2022.

APÊNDICE C. METODOLOGIA DETALHADA DAS AMEAÇAS

C.1 INUNDAÇÃO FLUVIAL

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.

$$Aind = \frac{(R95p + RX1day + RXXmm)}{3} \times IM \quad [3]$$

Em que:

- **Aind** Ameaça de inundação;
- **R95p** Precipitação anual total dos dias em que a precipitação é maior que o 95º percentil;
- **RX1day** Máxima precipitação anual acumulada em 1 dia;
- **RXXmm** 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 C.1).

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

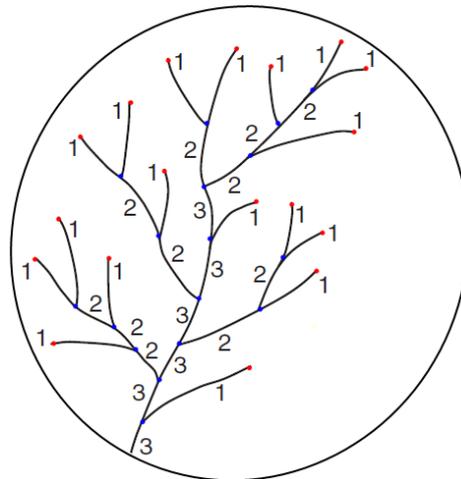


Figura C.1. Conceito de ordens de curso d'água, apresentado em uma bacia hipotética

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 é, maior que 20°);
- ii) quanto maior as distâncias vertical e horizontal dos cursos d'água, menor será a associação com as inundações (assim, mais próximo de 0);
- iii) os cursos d'água de maior ordem recebem maior descarga hídrica e, portanto, estão mais sujeitos à inundação, ficando com valores mais próximos de 1.

Em seguida, é realizada álgebra de mapas para a combinação dos elementos morfométricos em um único índice. Foram atribuídos pesos: o maior peso à inclinação (50%), justificado pois afeta diretamente a rapidez com que a água se move sobre a paisagem e se acumula em áreas baixas. O peso de 20% à ordem dos cursos de água reconhece a sua importância na determinação da extensão das cheias, sem ofuscar a influência crítica da inclinação do terreno. O peso de 15% para a curvatura vertical destaca o seu papel na definição da dinâmica do fluxo, particularmente na localização do risco de inundação em áreas onde a água pode acumular e, de maneira semelhante à curvatura vertical, um peso de 15% para a curvatura horizontal ajuda a considerar os padrões de fluxo lateral e áreas potenciais de inundação concentrada (Creed & Saas, 2011).

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

De modo que:

$$IM = 0.5 * Dec + 0.2 Strahler + 0.15 Vcurve + 0.15 Hcurve$$

Em que:

- IM representa o Índice Morfométrico;
- Dec representa a declividade reescalada entre 0 e 1;
- Strahler representa a ordem dos rios também reescalada de 0 a 1;
- Vcurve e Hcurve representam as curvaturas vertical e horizontal, respectivamente, reescaladas entre 0 e 1.

C.2 DESLIZAMENTO/EROSÃO

A componente climática da ameaça de deslizamento de terra foi estimada a partir de índices de eventos extremos de precipitação, tais como: máxima precipitação anual (em milímetros) acumulada em 5 dias consecutivos (RX5day), número máximo de dias consecutivos com chuva no ano (CWD) e o número de dias no ano com precipitação total diária maior ou igual ao 3º quartil (RXXmm). Esses extremos combinados refletem as características intrínsecas de um evento extremo de precipitação como frequência, duração e intensidade, os quais podem refletir em condições favoráveis à ocorrência de deslizamentos de terra.

Adicionalmente, utilizou-se o Índice de Susceptibilidade do Solo (ISS) que representa a componente ambiental da ameaça de deslizamento. O ISS é gerado a partir de variáveis ambientais (tipo e uso de solo, feição e formação geológica, declividade, curvatura horizontal e vertical) que estão direta ou indiretamente relacionadas à deflagração do impacto (CAMARINHA; CANAVESI; ALVALÁ, 2014; CANAVESI *et al.*, 2013; SOARES, 2015). Para o cálculo do ISS, foram atribuídos pesos às classes das variáveis ambientais, com base nos estudos mencionados anteriormente.

O ISS foi obtido através do cruzamento a partir da técnica estatística de gama difusa²⁷, que permite a combinação de fatores utilizando diferentes critérios, considerando as variáveis

²⁷A equação gama difusa é utilizada para combinação de fatores utilizando diferentes critérios.

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

descritas na Tabela C.2. O ISS é um método amplamente utilizado por ser flexível no processo de inferência e suavização da precipitação (Equação 4), como adotado por Camarinha *et al.* (2014).

$$\mu = \left(1 - \prod_{i=1}^n \mu_i (1 - \mu_i) \right)^\gamma \cdot \left(\prod_{i=1}^n \mu_i \right)^{1-\gamma} \quad [4]$$

em que μ_i é a função de associação difusa do i -ésimo mapa, $i = 1, 2, \dots, n$ mapas a serem combinados e γ (*gamma*) é um parâmetro dentro do intervalo (0 a 1), sendo adotado o valor de 0,8 conforme Camarinha *et al.* (2014).

Tabela C.2. Critérios relacionados ao desencadeamento de deslizamentos.

Variável	Pressuposto	Classe	Valor
Uso do solo (MapBiomás)	Cobertura florestal contribui para a boa interceptação da água da chuva no solo, evitando o escoamento e, conseqüentemente, os processos de deslizamento. Por outro lado, áreas não vegetadas tendem a favorecer o escoamento superficial e reduzir a infiltração da água no solo, além de deixar o solo desprotegido, o que torna mais suscetível a deslizamentos.	Campo antrópico	0,9
		Aglomerados rurais	0,7
		Mineração	1
		Área industrial	0,7
		Área urbana	0,7
		Cultura temporária	0,8
		Cultura permanente	0,7
		Reflorestamento	0,2
		Mata	0,2
		Aterro sanitário	0,9
		Lagos, lagoas ou reservatórios	0
Declividade (MDE)	Encostas mais íngremes são mais propensas a deslizamentos sendo um dos fatores principais na indução da instabilidade da encosta.	≤ 3° - Plano	0
		3-8° - Suave ondulado	0,3
		8-20° - Ondulado	0,5
		20-45° - Forte ondulado	0,8
		>45° - Montanhoso	1
Curvatura Vertical (Topodata/INPE)	A curvatura vertical refere-se ao caráter convexo/côncavo do terreno. A parte côncava é mais propensa a deslizamentos do que a convexa.	Muito côncava	1
		Côncava	0,8
		Retilínea	0,2
		Convexa	0,3
		Muito convexa	0,5
Curvatura Horizontal (Topodata/INPE)	A curvatura horizontal refere-se ao caráter divergente/convergente dos fluxos de matéria sobre o terreno quando analisado em projeção horizontal. Terreno com perfis convergentes apresentam um risco mais elevado de incidentes de deslizamento do que perfis divergentes.	Muito convergente	1
		Convergente	0,8
		Planar	0,2
		Divergente	0,3
		Muito divergente	0,5

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

Variável	Pressuposto	Classe	Valor
Geologia & Pedologia (IBGE, 2019)	O mapa de macro caracterização de solos do IBGE foi utilizado por representar de forma unificada pelo Brasil a susceptibilidade geológica e pedológica a deslizamentos.	Contínua	0 a 1

Fonte: WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance.

Por fim, o ISS é combinado à componente climática da ameaça de deslizamento, composta pelos extremos climáticos $RX5day$, CWD e $RXXmm$, definindo, assim, a ameaça de deslizamento:

$$A_{des} = \left(\frac{RX5day + CWD + RXXmm}{3} \right) * ISS \quad [5]$$

Na Equação 5, A_{des} representa a ameaça de deslizamento, $RX5day$ representa a máxima precipitação anual em mm acumulada em 5 dias consecutivos, CWD representa o número máximo de dias consecutivos com chuva no ano, $RXXmm$ precipitação anual total dos dias com precipitação superior ao 3º quartil e ISS representa o Índice de Susceptibilidade do Solo. Para que as componentes ambientais e climáticas possam ser computadas por meio da Equação 5, realizou-se um reescalonamento dos valores dos parâmetros entre referenciá-los entre 0 e 1.

C.3 ONDAS DE CALOR

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 6:

$$A_{oc} = \frac{(WSDI + HW.D + HW.N)}{3} \times IT \quad [6]$$

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.

C.4 SECAS METEOROLÓGICAS

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*²⁸).

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 7, a seguir:

$$SM = \frac{CDD + CV + (1 - PRCPTOT)}{3} \quad [7]$$

Em que:

- **SM** Seca Meteorológica;
- **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.

²⁸ Sigla do termo em inglês “*Consecutive Dry Days*”.

C.5 VETORES DE ARBOVIROSES

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; SCHUSTER-WALLACE, 2014).

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

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

$$NG = \frac{30 \times (T_{medt} - 9,95)}{251,9} \quad [8]$$

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

$$PI = (0,0729 \times T_{medt}) - 0,9037 \quad [9]$$

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

$$PT = (0,001044 \times T_{medt}) \times (T_{medt} - 12,286) \times \sqrt{(32,461 - T_{medt})} \quad [10]$$

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

$$OP = -162,3230 + (1,3089 \times U_{medt}) + (4,8921 \times T_{medt}) + (0,0436 \times P_{acumt}) \quad [11]$$

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.

C.6 TEMPESTADES

Para o presente trabalho, o cálculo da probabilidade de ocorrência do risco de tempestades foi analisado a partir dos extremos de chuva e vento, sendo eles: $Rx1_{day}$ (precipitação máxima anual em 1 dia), $R99p$ (precipitação total anual dos dias em que se excedeu o percentil 99) e $WX1_{day}$ (máxima velocidade do vento em 1 dia), conforme Equação 12.

$$Probabilidade \ de \ ocorrência \ de \ tempestades = \frac{Rx1_{day} + R99p + WX1_{day}}{3} \quad [12]$$

APÊNDICE D. CLASSIFICAÇÃO DOS RISCOS POR AMEAÇA, REGIÃO DE GESTÃO DO PLANEJAMENTO E BAIRRO

Os resultados das análises de ameaças, vulnerabilidades e riscos climáticos foram estratificadas por RGPs e por bairros para cada ameaça climática, através da extração do valor médio regional.

O Quadro D.1 apresenta a classificação da ameaça e o Quadro D.2 apresenta a classificação do risco no período histórico, 2030 e 2050, compilados por Região de Gestão do Planejamento (RGP) e com a escala de classes e cores da Tabela 4. Pode-se perceber que para ameaça, se destacam inundação fluvial, vetores de arboviroses) e tempestades. Especialmente para inundações e vetores, a ameaça já tem classificação “Alta” para todas as RGPs em 2030 e 2050. Já quando avaliamos o risco, que considera os fatores de sensibilidade e capacidade adaptativa e a densidade demográfica da população (exposição), nenhuma ameaça apresenta classificação “Alta” nas RGPs. Isso deve-se em grande parte porque na análise se considera a média de toda a região para o cálculo do índice, e nem todos os setores censitários da RGP contribuem com este risco.

Uma análise mais detalhada, por bairro, pode ser vista no Quadro D.3, que apresenta a classificação do risco no ano de 2050, conforme a escala de classes e cores apresentadas na Tabela 4. Os bairros Aparício Borges, Vila João Pessoa, São José e Bom Jesus apresentaram classificação “alta” para mais de uma ameaça neste horizonte, e se situam próximos um do outro, tendo sido discutidos de forma mais específica no Capítulo 4.9 BAIRROS MAIS AFETADOS.

Quadro D.1. Classificação das ameaças por Região de Gestão do Planejamento.

Região de Gestão do Planejamento	Inundação fluvial - Ameaça			Deslizamentos - Ameaça			Ondas de Calor - Ameaça		
	Histórico	2030	2050	Histórico	2030	2050	Histórico	2030	2050
RGP 1 - Centro	Alta	Alta	Alta	Média	Média	Média	Média	Média	Alta
RGP 2 - Humaitá, Navegantes, Ilhas e Noroeste	Alta	Alta	Alta	Baixa	Baixa	Baixa	Média	Média	Média
RGP 3 - Norte e Eixo Baltazar	Alta	Alta	Alta	Baixa	Baixa	Baixa	Média	Alta	Alta
RGP 4 - Leste e Nordeste	Alta	Alta	Alta	Média	Média	Média	Média	Média	Alta
RGP 5 - Glória, Cruzeiro e Cristal	Alta	Alta	Alta	Média	Média	Média	Média	Média	Média
RGP 6 - Centro-Sul e Sul	Alta	Alta	Alta	Média	Média	Média	Média	Média	Média
RGP 7 - Lomba do Pinheiro e Partenon	Alta	Alta	Alta	Média	Média	Média	Média	Média	Média
RGP 8 - Restinga e Extremo-Sul	Alta	Alta	Alta	Média	Média	Média	Média	Média	Média

Região de Gestão do Planejamento	Secas meteorológicas - Ameaça			Vetores de Arboviroses - Ameaça			Tempestades - Ameaça		
	Histórico	2030	2050	Histórico	2030	2050	Histórico	2030	2050
RGP 1 - Centro	Média	Média	Média	Média	Alta	Alta	Média	Média	Alta
RGP 2 - Humaitá, Navegantes, Ilhas e Noroeste	Média	Média	Média	Média	Alta	Alta	Média	Alta	Alta
RGP 3 - Norte e Eixo Baltazar	Média	Média	Média	Média	Alta	Alta	Média	Média	Alta
RGP 4 - Leste e Nordeste	Média	Média	Média	Média	Alta	Alta	Média	Média	Alta
RGP 5 - Glória, Cruzeiro e Cristal	Média	Média	Média	Média	Alta	Alta	Alta	Média	Alta
RGP 6 - Centro-Sul e Sul	Média	Média	Média	Média	Alta	Alta	Alta	Média	Alta
RGP 7 - Lomba do Pinheiro e Partenon	Média	Média	Média	Média	Alta	Alta	Alta	Média	Alta
RGP 8 - Restinga e Extremo-Sul	Média	Média	Média	Média	Alta	Alta	Alta	Média	Alta

Fonte: WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance.

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

Quadro D.2. Classificação dos riscos por Região de Gestão do Planejamento.

Região de Gestão do Planejamento	Inundação fluvial - Risco			Deslizamentos -Risco			Ondas de Calor - Risco		
	Histórico	2030	2050	Histórico	2030	2050	Histórico	2030	2050
RGP 1 - Centro	Média	Média	Média	Média	Média	Média	Média	Média	Média
RGP 2 - Humaitá, Navegantes, Ilhas e Noroeste	Baixa	Baixa	Média	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa	Média	Média
RGP 3 - Norte e Eixo Baltazar	Média	Média	Média	Média	Média	Média	Média	Média	Média
RGP 4 - Leste e Nordeste	Média	Média	Média	Média	Média	Média	Média	Média	Média
RGP 5 - Glória, Cruzeiro e Cristal	Média	Média	Média	Média	Média	Média	Média	Média	Média
RGP 6 - Centro-Sul e Sul	Média	Média	Média	Média	Média	Média	Média	Média	Média
RGP 7 - Lomba do Pinheiro e Partenon	Média	Média	Média	Média	Média	Média	Média	Média	Média
RGP 8 - Restinga e Extremo-Sul	Média	Média	Média	Média	Média	Média	Baixa	Média	Média

Região de Gestão do Planejamento	Secas meteorológicas - Risco			Vetores de Arboviroses - Risco			Tempestades - Risco		
	Histórico	2030	2050	Histórico	2030	2050	Histórico	2030	2050
RGP 1 - Centro	Média	Média	Média	Média	Média	Média	Média	Média	Média
RGP 2 - Humaitá, Navegantes, Ilhas e Noroeste	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa	Média	Média
RGP 3 - Norte e Eixo Baltazar	Média	Média	Média	Média	Média	Média	Média	Média	Média
RGP 4 - Leste e Nordeste	Média	Média	Média	Média	Média	Média	Média	Média	Média
RGP 5 - Glória, Cruzeiro e Cristal	Média	Média	Média	Média	Média	Média	Média	Média	Média
RGP 6 - Centro-Sul e Sul	Média	Média	Média	Média	Média	Média	Média	Média	Média
RGP 7 - Lomba do Pinheiro e Partenon	Média	Média	Média	Média	Média	Média	Média	Média	Média
RGP 8 - Restinga e Extremo-Sul	Média	Média	Média	Média	Média	Média	Média	Média	Média

Fonte: WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance.

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

Quadro D.3 Classificação dos riscos em 2050 por ameaça, Região de Gestão do Planejamento e bairro.

Regiões de Gestão do Planejamento	Nome do Bairro	Classificação do risco (2050)					
		Inundações	Deslizamentos	Ondas de Calor	Secas Meteorológicas	Vetores de Arboviroses	Tempestades
RGP 1 - Centro	Auxiliadora	Média	Média	Média	Média	Média	Média
	Azenha	Média	Média	Média	Média	Média	Média
	Bela Vista	Média	Baixa	Baixa	Baixa	Média	Baixa
	Bom Fim	Alta	Média	Alta	Média	Média	Média
	Centro Histórico	Baixa	Média	Média	Média	Média	Média
	Cidade Baixa	Média	Média	Alta	Média	Média	Média
	Farroupilha	Média	Média	Média	Média	Média	Média
	Floresta	Média	Baixa	Média	Baixa	Baixa	Baixa
	Independência	Não se aplica	Média	Média	Média	Média	Alta
	Jardim Botânico	Média	Média	Média	Baixa	Média	Média
	Menino Deus	Média	Média	Média	Média	Média	Média
	Moinhos De Vento	Média	Baixa	Média	Baixa	Média	Média
	Montserrat	Média	Média	Média	Baixa	Média	Média
	Petrópolis	Média	Média	Média	Baixa	Média	Média
	Praia De Belas	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa
Rio Branco	Média	Média	Média	Média	Média	Média	
Santa Cecília	Média	Média	Média	Média	Média	Média	
Santana	Média	Média	Média	Média	Média	Média	
RGP 2 - Humaitá, Navegantes, Ilhas e Noroeste	Anchieta	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa
	Arquipélago	Média	Média	Baixa	Não se aplica	Média	Média
	Boa Vista	Média	Média	Média	Baixa	Média	Média
	Cristo Redentor	Média	Média	Média	Média	Média	Média
	Farrapos	Média	Média	Média	Média	Média	Média
	Higienópolis	Média	Média	Média	Média	Média	Média
	Humaitá	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

Regiões de Gestão do Planejamento	Nome do Bairro	Classificação do risco (2050)					
		Inundações	Deslizamentos	Ondas de Calor	Secas Meteorológicas	Vetores de Arboviroses	Tempestades
	Jardim Europa	Média	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa
	Jardim Floresta	Baixa	Média	Média	Média	Média	Média
	Jardim Lindóia	Média	Média	Média	Média	Média	Média
	Jardim São Pedro	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa
	Navegantes	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa
	Passo D'areia	Média	Média	Média	Média	Média	Média
	Santa Maria Goretti	Média	Média	Média	Média	Média	Média
	São Geraldo	Média	Média	Média	Média	Média	Média
	São João	Média	Média	Média	Média	Média	Média
	São Sebastião	Média	Média	Média	Média	Média	Média
RGP 3 - Norte e Eixo Baltazar	Vila Ipiranga	Média	Média	Média	Média	Média	Média
	Costa E Silva	Média	Média	Média	Média	Média	Média
	Jardim Itu	Média	Média	Média	Média	Média	Média
	Jardim Leopoldina	Média	Média	Média	Média	Média	Média
	Parque Santa Fé	Média	Média	Média	Baixa	Média	Média
	Passo Das Pedras	Alta	Média	Média	Média	Média	Média
	Rubem Berta	Média	Média	Média	Média	Média	Média
	Santa Rosa De Lima	Média	Média	Média	Média	Média	Média
RGP 4 - Leste e Nordeste	Sarandi	Média	Baixa	Média	Baixa	Baixa	Média
	Bom Jesus	Alta	Alta	Alta	Média	Média	Alta
	Chácara Das Pedras	Média	Média	Média	Baixa	Média	Média
	Jardim Carvalho	Média	Média	Média	Média	Média	Média
	Jardim Do Salso	Média	Média	Média	Baixa	Baixa	Média
	Jardim Sabará	Média	Média	Média	Média	Média	Média
	Mário Quintana	Média	Média	Média	Média	Média	Média
Morro Santana	Média	Média	Média	Média	Média	Média	

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

Regiões de Gestão do Planejamento	Nome do Bairro	Classificação do risco (2050)					
		Inundações	Deslizamentos	Ondas de Calor	Secas Meteorológicas	Vetores de Arboviroses	Tempestades
	Três Figueiras	Média	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa
	Vila Jardim	Alta	Média	Média	Média	Média	Média
RGP 5 - Glória, Cruzeiro e Cristal	Belém Velho	Média	Média	Média	Média	Média	Média
	Cascata	Média	Média	Média	Média	Média	Média
	Cristal	Média	Média	Média	Média	Média	Média
	Glória	Média	Média	Média	Média	Média	Média
	Medianeira	Média	Média	Média	Média	Média	Média
	Santa Tereza	Alta	Média	Média	Média	Média	Média
RGP 6 - Centro-Sul e Sul	Aberta Dos Morros	Média	Média	Média	Baixa	Média	Média
	Camaquã	Média	Média	Média	Média	Média	Média
	Campo Novo	Média	Média	Média	Média	Média	Média
	Cavahada	Média	Média	Média	Média	Média	Média
	Espírito Santo	Média	Média	Média	Baixa	Média	Média
	Guarujá	Média	Média	Média	Baixa	Média	Média
	Hípica	Média	Média	Média	Baixa	Média	Média
	Ipanema	Média	Média	Média	Baixa	Média	Média
	Jardim Isabel	Média	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa	Média
	Nonoai	Média	Média	Média	Média	Média	Média
	Pedra Redonda	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa
	Serraria	Média	Média	Média	Média	Média	Média
	Sétimo Céu	Não se aplica	Média	Baixa	Baixa	Média	Média
	Teresópolis	Média	Média	Média	Média	Média	Média
	Tristeza	Média	Média	Média	Média	Média	Média
	Vila Assunção	Média	Baixa	Baixa	Baixa	Média	Baixa
Vila Conceição	Não se aplica	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa	
Vila Nova	Média	Média	Média	Média	Média	Média	

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

Regiões de Gestão do Planejamento	Nome do Bairro	Classificação do risco (2050)					
		Inundações	Deslizamentos	Ondas de Calor	Secas Meteorológicas	Vetores de Arboviroses	Tempestades
RGP 7 - Lomba do Pinheiro e Partenon	Agronomia	Média	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa
	Aparício Borges	Alta	Alta	Média	Média	Média	Alta
	Lomba Do Pinheiro	Alta	Média	Média	Média	Média	Média
	Partenon	Média	Média	Média	Média	Média	Média
	Santo Antônio	Alta	Média	Média	Média	Média	Média
	São José	Alta	Média	Média	Média	Média	Média
	Vila João Pessoa	Alta	Média	Alta	Média	Média	Alta
RGP 8 - Restinga e Extremo-Sul	Belém Novo	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa	Baixa
	Boa Vista Do Sul	Média	Média	Média	Média	Média	Média
	Chapéu Do Sol	Média	Baixa	Baixa	Baixa	Média	Média
	Extrema	Média	Média	Baixa	Média	Média	Média
	Lageado	Média	Média	Baixa	Média	Média	Média
	Lami	Média	Média	Baixa	Média	Média	Média
	Pitinga	Média	Média	Baixa	Média	Média	Média
	Ponta Grossa	Média	Média	Média	Média	Média	Média
	Restinga	Média	Média	Média	Média	Média	Média
	São Caetano	Média	Baixa	Baixa	Média	Média	Média

Fonte: WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance. Legenda: NA - Não aplicável.

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

APÊNDICE E. MAPAS DE AMEAÇA E RISCO CLIMÁTICO PARA TODOS OS PERÍODOS AVALIADOS

Este Apêndice será apresentado de forma separado do relatório, pois inclui a apresentação de todos os mapas da Análise de Riscos e Vulnerabilidades Climáticas (P3), por ameaça climática, nesta ordem: inundação fluvial, deslizamentos/erosão, ondas de calor, secas meteorológicas, vetores de arboviroses e tempestades. São apresentados os mapas do período histórico, 2030 e 2050, além de um mapa comparativo entre os três períodos.

ATA DE REUNIÃO - WORKSHOP DE APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS DA ANÁLISE DE RISCO E VULNERABILIDADE CLIMÁTICA E PEGADA HÍDRICA DE PORTO ALEGRE

Data: 17 de outubro de 2023

Horário: das 14h às 17h

Tipo: virtual

Local: Zoom

Objetivo

- Apresentação dos resultados da Análise de Risco e Vulnerabilidade Climática e Pegada Hídrica de Porto Alegre ao Grupo de Trabalho (GT).

Pontos abordados

- Workshop se inicia com a apresentação das regras da sessão e falas iniciais do Secretário Germano Bremm, representando do Prefeitura de Porto Alegre; Emanuela Monteiro, representando o Banco Mundial, Rosangela Silva, representando a WayCarbon e Rodrigo Corradi, representando o ICLEI - Governos Locais pela Sustentabilidade.
- Rosangela apresenta as etapas de diagnóstico do Plano de Ação Climática e o processo de elaboração de seus estudos complementares.
- Franciele apresenta a metodologia e premissas consideradas para a elaboração da análise de risco e vulnerabilidade climática.
 - ⌘ Foram consideradas a análise de seis riscos climáticos para o município de Porto Alegre: inundação fluvial, deslizamento, tempestades, ondas de calor, secas e vetores de arboviroses.
 - ⌘ São apresentados os indicadores considerados para a análise da vulnerabilidade para todos os riscos considerados.
 - ⌘ Apresentação das regiões de planejamento consideradas na apresentação dos resultados.
- Roberta apresenta os resultados obtidos pela Análise de Risco e Vulnerabilidade.
 - ⌘ Apresentação dos cenários futuros para 2050 para os riscos analisados:
 - Inundação fluvial: RGP 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7
 - Participante pergunta sobre a consideração do Arroio do Salso.
 - Deslizamento: RGP 3, 4, 5, 6 e 7
 - Tempestade: RGP 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7
 - Ondas de Calor: RGP 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8
 - Seca: RGP 2, 3, 4, 7 e 8
 - Vetores: RGP 2, 3, 4, 5, 7 e 8
 - ⌘ Apresentação dos cenários futuros para 2050 para os riscos analisados, destacando as regiões críticas que apresentam maiores pioras nos índices de risco climático.
 - RGP 7 (Arroio dilúvio e afluentes): Inundação fluvial
 - Área central: Deslizamento, Tempestade, Ondas de Calor, Secas e Vetores.
- Rosangela apresenta sobre a nota técnica desenvolvida junto ao Prof. Carlos Nobre sobre os extremos de precipitação vivenciados pelo Estado do Rio Grande do Sul, considerando, em especial, o contexto de Porto Alegre.
- Rosangela abre o espaço para a discussão e coleta de contribuições sobre os dados apresentados

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

- ☞ Anelise pergunta se o Bairro Glória/Cascata, que apresenta grande risco de deslizamentos, foi considerado, assim como o Bairro Arquipélago para o risco de inundação e de vetores e o Bairro Humaitá e Navegantes.
 - Rosângela e Roberta respondem que os bairros foram sim considerados e que no relatório é apresentado com um maior detalhamento essas análises.
- ☞ Anelise perguntou ainda sobre o tempo de recorrência considerado para o reassentamento da população.
 - Gregory responde que no relatório que será reencaminhado aos participantes é apresentado todo o aspecto metodológico dos cenários.
- ☞ Demétrio pergunta sobre a inclusão dos cenários de aumento do nível do mar nos riscos de inundação.
 - Rosângela responde que o risco de inundação considera apenas os impactos fluviais
- ☞ Simone comenta a influência da Lagoa dos Patos e de demais corpos hídricos sobre o Guaíba, sendo considerada a área que mais chove no Rio Grande do Sul. Pergunta se isso foi considerado para as análises e reforça que Porto Alegre se encontra desenvolvendo o seu Plano Diretor e se há associação entre suas discussões com o Plano de Ação Climática.
 - Rosângela responde que esse diálogo será feito mais próximo à etapa de elaboração das ações, sendo realizado o esforço de amarração entre os direcionamentos climáticos e urbanísticos do Plano de Ação Climática e do Plano Diretor.
- ☞ Vaneska comenta sobre as cidades que estão incorporando em suas normativas urbanísticas as questões climáticas e ambientais e pergunta como está sendo pensado essa integração.
- ☞ Rodrigo comenta sobre a revisão e validação dos documentos que serão reencaminhados aos participantes.
- ☞ Mark comenta que considerando o contexto de um Plano de Ação Climática, qual é a proposta de envolvimento das populações mais sensíveis, já que esse plano não deve ser restrito a um grupo técnico ou do poder público. Será desenvolvido algum grupo de voluntários ou de bairros-pilotos para o desenvolvimento de ações?
 - Rosângela responde que a etapa de diagnóstico considera momentos de participação pública, mas os demais pontos serão considerados na etapa de elaboração do Plano de Ação Climática em si.
- ☞ Vaneska comenta sobre a incorporação dos indicadores para o monitoramento do Plano. Complementando a fala do Mark, comenta ainda que há as discussões do Plano Diretor pelos fóruns, podendo ser um espaço para a, também, a discussão do Plano de Ação Climática nas regiões
 - Rovana complementa que a discussão do Plano Diretor e do crescimento da cidade tem que estar atrelada à pauta climática, por isso a elaboração dos diagnósticos para compreender o contexto atual e futuro.
- ☞ Júlio traz a questão da revalorização das florestas urbanas em contraponto com a ampliação da impermeabilização devido à malha urbana e à expansão. Comenta ainda de Porto Alegre como um Hub de Resiliência e da participação da população na discussão e vivência nos espaços urbanos.
 - Rosângela reforça que para a Análise de Risco, as áreas verdes são consideradas, principalmente para as ameaças de ondas de calor e secas, mas que posteriormente essa temática será retomada para a definição de ações para o Plano de Ação Climática.

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

- Júlio complementa ainda sobre a mudança da matriz energética nos transportes seria algo de longo prazo, enquanto a ampliação das áreas verdes haveria um retorno muito mais rápido para a melhora ambiental.
- Rosângela inicia a apresentação da metodologia aplicada para a obtenção dos resultados obtidos pela Pegada Hídrica.
 - ☞ Os resultados mostram que a maior pegada identificada é a pegada cinza, com 97%, deixando claro o impacto da poluição no município, com maior participação do setor doméstico.
 - ☞ Considerando apenas o setor doméstico, a principal pegada identificada é a cinza devido a efluentes não tratados, demonstrando que uma ação voltada para o tratamento de efluentes poderá gerar uma grande melhoria na pegada hídrica de Porto Alegre.
 - ☞ Indústrias de papel e celulose e de produtos alimentícios contribuem com maior carga orgânica.
 - ☞ O setor de agropecuária apresenta pegadas verde e azul, não sendo considerada a pegada cinza para o setor.
 - ☞ Com o Balanço Hídrico é identificada uma situação preocupante para a bacia do Salso e um cenário muito crítico para grande parte do município.
 - No Balanço Hídrico Qualitativo, grande parte do município apresenta uma classe péssima.
 - ☞ É destacado que, considerando que o Lago Guaíba recebe contribuições de outros municípios, é necessário a integração de ações para sua melhoria ambiental.
- Rosângela para o espaço para a discussão de resultados e coleta de Contribuição.
 - ☞ Rodrigo reforça o momento para a validação dos dados apresentados e também para o direcionamentos de demais dados para a complementação das análises apresentadas para que, futuramente, seja possível o desenvolvimento de ações alinhadas com esse contexto.
 - ☞ Emanuela comenta que um estudo de Pegada Hídrica é um diferencial na elaboração do Plano de Ação Climática, sendo uma demanda específica da Prefeitura, destacando a prioridade dessa temática para o município.
 - ☞ Pedro comenta sobre o esforço de obtenção e tratamento de dados.
 - ☞ Simone pergunta sobre a consideração da DBO na Pegada Hídrica e da importância da água para a regularização da temperatura local e da produção de oxigênio e complementa se é medido/considerado os agrotóxicos nos efluentes. Pergunta ainda se é realizado o cálculo de fitoplânctons.
 - Rosângela responde que é utilizado a metodologia do Water Footprint, sendo considerada apenas a DBO para a análise. Porém a consideração de outros parâmetros, como agrotóxicos, poderia ser considerado em um aprimoramento da metodologia, porém que passam por uma órgão superior.
 - Sobre o cálculo de fitoplânctons será verificado no estudo anterior realizado para a cidade de João Pessoa que é um município litorâneo.
- Rosângela segue com a apresentação dos próximos passos e comenta do próximo workshop de apresentação pública dos resultados.
- Rosângela traz as etapas específicas do desenvolvimento do Plano de Ação Climática.
 - ☞ Apresentação que exemplos de ações e iniciativas implementadas em outros países e cidades que poderão ser adaptadas e servir de inspiração para as ações de Porto Alegre.
- Júlio parabeniza a dinâmica do Jornal do Futuro e reforça a importância da transversalidade da temática e a necessidade de envolvimento da população, em especial dos jovens, para se pensar o futuro da cidade entendendo o seu passado.

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

☞ Coloca que imagina uma cidade mais biofílica, com a utilização da mobilidade ativa para os deslocamentos urbanos, potencializando, também, a vivência em uma cidade mais arborizada.

- Rosangela comenta que essas contribuições são muito importantes para se traçar as melhores ações para Porto Alegre, considerando possíveis barreiras a serem superadas.
- Rovana realiza as falas de encerramento.
- Pedro comenta sobre a Estação da Lomba do Sabão e as questões associadas à barragem, sendo um assunto a ser discutido e acertado de forma conjunta.

Conclusões ou encaminhamentos

- Será encaminhado aos participantes a gravação da reunião, a apresentação utilizada e os documentos desenvolvidos para a análise e validação.

Participantes

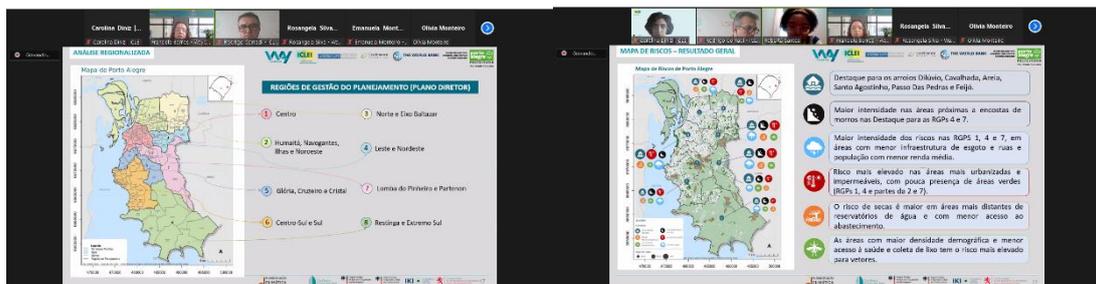
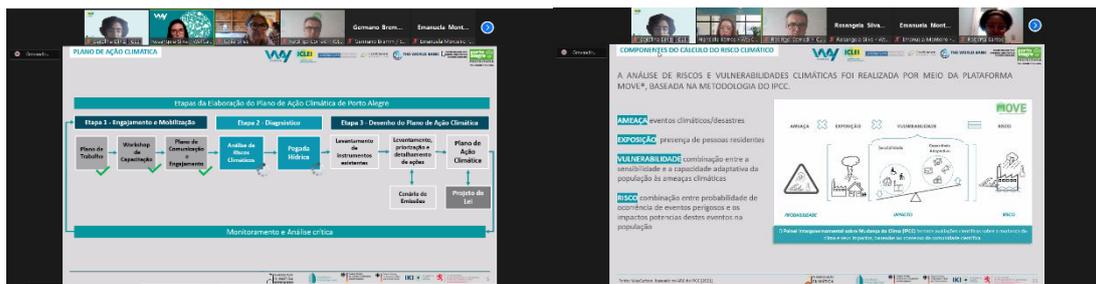
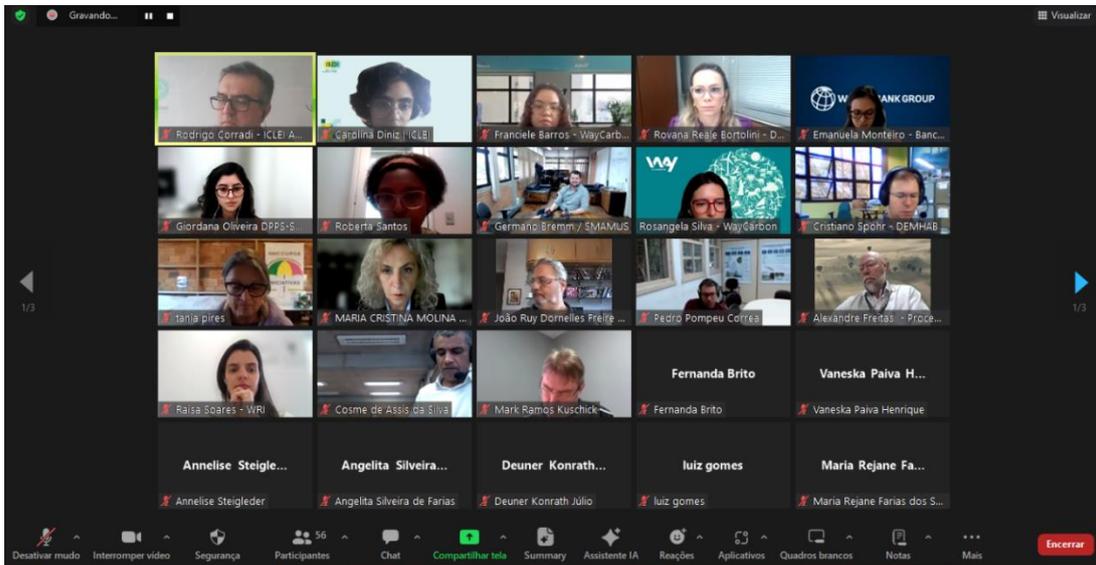
Nome	Instituição/Organização/Secretaria
Rosangela Silva	WayCarbon
Franciele Barros	WayCarbon
Roberta Santos	WayCarbon
Gregory Pitta	WayCarbon
Rodrigo Corradi	ICLEI
Carolina Diniz	ICLEI
Jurema Paes	Ludovino Lopes Advogados
Eduardo Baltar	Ecofinance
Jhulie Ferreira	Ecofinance
Emanuela Monteiro	Banco Mundial
Rovana Reale Bortolini	SMAMUS
Germano Bremm	SMAMUS
Giordana Oliveira	SMAMUS
Carla Bisol	Comunicação
Alexandre Freitas	Procempa
Ana Bratkowski	
Angelita Silveira de Farias	
Annelise Steigleder	
Bárbara d'Acampora	
Bruno Beltrame	
Cosme de Assis da Silva	
Cristiano Spohr	DEM HAB
Daniela Vieira da Silva	CPU DPU SMAMUS
Demetrio Guadagnin	
Erika K.Vianna	UOM/SMED
Eugenia Kuhn	DEUR UFRGS
Evelise Tarouco da Rocha	Diretoria de Vigilância em Saúde POA
Felisberto Seabra Luisi	-
Fernanda Brito	-
Gabriela Santiago	SMS/ DVS/ NVRV
Glenio Vianna Bohrer	-
Jane Brochado	CMDUA
João Ruy Dornelles Freire	SMDS
Juliana M Pinto	PMPA/SMS/DVS
Júlio Deuner	PPGeCI-UFRGS/PHA
Katia Zanini	
Lourenço Valentini	

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

Nome	Instituição/Organização/Secretaria
Luana Pavan Detoni	UFRGS
Lucia de Borba Maciel	
Lúcia Pansera	DPU/SMAMUS
Luciana Saraiva	
Luiz Gomes	
Maria Carmen Bastos	
Maria Cristina Molina Ladeira	SMMU
Maria Rejane Farias dos Santos	
Marina Vieira da Rosa	SMS
Mariusia Reuter Colombo	
Mark Ramos Kuschick	
Carlos Alberto Mendes	
Olívia Bertolini Monteiro	
Márcia Orantas	
Patricia	SMAMUS
Patrick Stephanou	SMAMUS
Luana Pavan Detoni	
Pedro Pompeu Correa	DMAE
Raisa Soares	WRI
Richard Bernardes	
Rihan Michele	
Rodolfo Fork	
Roxana Nishimura	
Silva Santiago	
Simone Azambuja	
Sonia Castro	CAUGE-SMAMUS
Tania Pires	
Tarouco da Rocha Evelise	
Ana Andrieli Todero	
Vaneska Paiva Henrique	
Júlio Vargas	

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

Registros fotográficos



ATA DE REUNIÃO - WORKSHOP ABERTO DE APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS DA ANÁLISE DE RISCO E VULNERABILIDADE CLIMÁTICA E PEGADA HÍDRICA DE PORTO ALEGRE

Data: 31 de outubro de 2023

Horário: das 14h às 17h

Tipo: virtual

Local: Zoom

Objetivo

- Workshop Público de Validação dos resultados obtidos pela Análise de Risco e Vulnerabilidade Climática e pela Pegada Hídrica de Porto Alegre.

Pontos abordados

- Reunião se inicia com a apresentação das diretrizes e regras da reunião.
- Realização das falas de abertura de Rovana Reale, representando a SMAMUS, Emanuela Monteiro, representando o Banco Mundial, Melina Amoni, representando a WayCarbon e Rodrigo Corradi, representando o ICLEI.
- Rosângela dá prosseguimento à apresentação trazendo dados iniciais sobre a mudança do clima, impactos em Porto Alegre e sobre a agenda climática do município.
- Rosângela apresenta os objetivos do projeto e as etapas do diagnóstico.
- Franciele inicia a apresentação da Análise de Risco e Vulnerabilidade Climática, destacando sobre a metodologia considerada pela análise.
 - Rosângela dá prosseguimento apresentando os resultados obtidos com a Análise e áreas críticas do território.
 - Rosângela apresenta as conclusões finais sobre a Análise, destacando as regiões 4 e 7 como áreas mais críticas.
 - Ainda é apresentado sobre a nota técnica desenvolvida tratando do contexto estadual sobre as recentes ocorrências de eventos extremos, com um destaque especial para Porto Alegre.
- Abertura para a retirada de dúvidas
 - Joel comenta sobre o risco mapeado nas ilhas, onde há uma grande sensibilidade já que as cotas são baixas, mesmo havendo baixa densidade populacional.
 - Complementa que na região 1, o risco de alagamento está muito associado a alta impermeabilização, mais do que a falta de rede de drenagem.
 - Complementa sobre as intervenções na drenagem de Porto Alegre, onde foi implementada soluções de redução dos impactos de alagamentos, podendo ser destacadas essas infraestruturas.
 - Pergunta qual o cenário do IPCC foi considerado.
 - Rosângela responde que é considerado o pessimista-realista 3.7.0
 - Joel comenta que concorda com a seleção do cenário.
 - Joel comenta que o Bomfim se enquadra como alagamento, mas não há córregos no bairro para sua consideração como áreas de inundação.
 - Se põe à disposição para próximas etapas
 - Mário pergunta se é realizado a modelagem evolutiva das ameaças

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

- Rosângela responde que sim, essas modelagens foram realizadas e estão presentes no relatório de forma mais detalhada.
- Marcos pergunta sobre a disponibilização dos dados em formato shapefile.
 - Rosângela responde que será verificado com a SMAMUS como poderá ser feita a disponibilização dessas bases.
- Rovana comenta sobre o retorno da Defesa Civil sobre o risco nas ilhas.
 - Rosângela complementa que, para as ilhas, devido a questão da baixa concentração de população (exposição), o risco nessas áreas acaba se classificando como menor em relação a regiões mais populosas, porém isso não quer dizer que não foi identificado o risco nas ilhas.
- Por meio do chat, outra contribuição mapeada foi sobre a apresentação dos impactos à população negra e sobre a situação atual do Arroio Dilúvio com as chuvas fortes.
- Realização de um intervalo de 5 minutos.
- Flora inicia a apresentação de resultados para a Pegada Hídrica, trazendo o processo metodológico de desenvolvimento da etapa.
 - Apresenta os resultados e conclusões finais sobre a análise, identificando a necessidade de aprimoramento do sistema de tratamento de efluentes.
- Abertura para a retirada de dúvidas
 - Mark pergunta se há algum plano em andamento sobre o tratamento desses efluentes, atualmente considerados como não tratados e se esses dados foram consultados junto ao DMAE.
 - Rosângela comenta que os dados foram sim recebidos a partir do DMAE, mas que agora o processo irá se debruçar melhor sobre as melhorias necessárias nas agendas de saneamento já existentes para essa melhoria no tratamento desses efluentes.
 - Pedro complementa sobre os desafios para as próximas etapas, identificado os impactos por arroio e quais os pontos de atenção e críticos para a melhoria do saneamento e drenagem urbana.
 - Pelo chat, Érika comenta como entraria a questão da drenagem urbana no estudo ou qual estudo está ou poderá ser feito para a avaliação dessa questão.
 - Rosângela responde que esta questão é discutida pelo relatório e complementa que essas questões entrarão no processo de levantamento e priorização de ações para o Plano de Ação Climática.
 - Erika complementa que seria interessante incluir os equipamentos públicos escolares nos mapas.
 - Mark pergunta sobre a pegada hídrica residencial, comercial e público, é possível informar o dado sobre os pHs de forma segregada para uma proposta de redução para cada setor em específico e direcionamento de ações para isso.
 - Rosângela responde que esses pHs foram agrupados em pH doméstico já que não é possível a segregação desse dado. Porém há os dados de consumo que podem trazer um direcionamento.
- Rosângela apresenta os próximos passos do projeto, detalhando a metodologia de desenvolvimento do Plano de Ação Climática.
- Rovana apresenta os projetos já desenvolvidos e/ou em desenvolvimento pela Prefeitura de Porto Alegre que poderão nortear a elaboração de ações.
 - Erika pergunta se as ações mostradas dos planos da SMAMUs (estacionamento, redução do valor do imóvel, redução de deslocamento), já receberam estudos que quantifiquem seus impactos, confirmando a sua assertividade.
 - Rosângela comenta que esse estudo será realizado para as ações que entrarão no Plano.
 - Rovana comenta que esses dados não foram realizados estudos sobre seus impactos.
- Espaço para a realização da dinâmica de Jornal do Futuro.

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

- Pedro comenta que o monitoramento é um processo lento, caro, mas necessário para entender a realidade no território e planejar ações mais específicas de acordo com os dados do município.
- Joel pergunta sobre o projeto de despoluição do arroio Dilúvio, pois, pela mídia o que foi recebido foi a melhoria local e embelezamento do arroio e não um processo de despoluição.
 - Rovana responde que é um projeto de despoluição, porém está em etapa de projeto e desenvolvimento ainda.
- Lindytamie pergunta como tornar essas práticas sustentáveis (principalmente de construção) mais acessíveis para a população de baixa renda? Nessas obras de revitalização (arroio do Dilúvio), há preocupação com a gentrificação?
 - Rosângela reforça a fala de Rovana, considerando que isso poderá ser considerado, já que o projeto está em uma etapa inicial.
- Mark pergunta se está previsto um convite para a população residente nas bacias dos arroios para que conhecessem e eventualmente colaborassem?
 - Rosângela comenta que será realizado um especial esforço para a mobilização nas etapas participativas do Plano para essa coleta de contribuições dessas populações, olhando também pela lente da justiça climática
- Paulo comenta que a questão da redução de vagas de veículos nos grandes centros reduziria a emissão de gases, e pergunta se, em contrapartida, o aumento populacional não iria gerar mais lixos e resíduos nas redes de esgoto.
 - Rosângela responde que é um ponto a ser avaliado, mas que, nesse caso a população já existe, só se encontra em regiões mais periféricas, então a geração seria a mesma, mas seria necessário identificar se há o atendimento pela rede.
- Rosângela e Rovana realizam as falas de encerramento.

Conclusões ou encaminhamentos

- Será encaminhado aos participantes a apresentação e gravação do workshop.

Participantes

Nome	Instituição/Organização/Secretaria
Melina Amoni	WayCarbon
Rosângela Silva	WayCarbon
Flora Simon	WayCarbon
Franciele Barros	WayCarbon
Roberta Santos	WayCarbon
Rodrigo Corradi	ICLEI
Raquel Gonçalves	ICLEI
Carolina Diniz	ICLEI
Nathan Pedroni	Ecofinance Negócios
Jhulie Ferreira	Ecofinance Negócios
Jurema Paes	Ludovino Lopes Adv.
Emanuele Monteiro	Banco Mundial
Rovana Reale	SMAMUS
Giordana de Oliveira	SMAMUS
Rafael Favery	Poyry Engenharia
Andréa Rehm	Dep. Inovação - UFRGS
Matheus Dias	SEMMAM São Leopoldo
Giovane Homero Barbosa	Defesa Civil PMPA
América	CAU/DAV/SMAMUS
Christian Bueller	Jornal Zero Hora

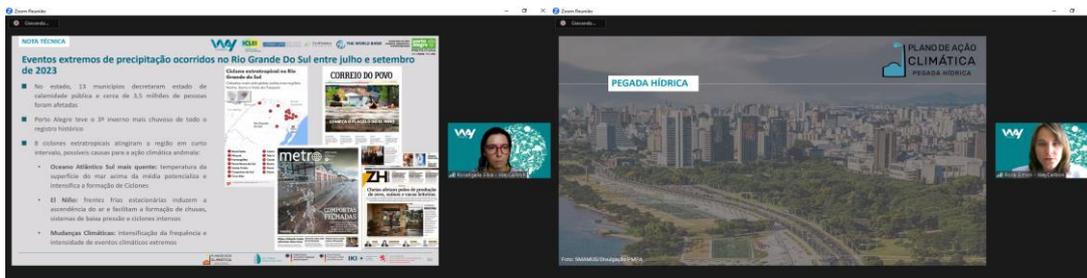
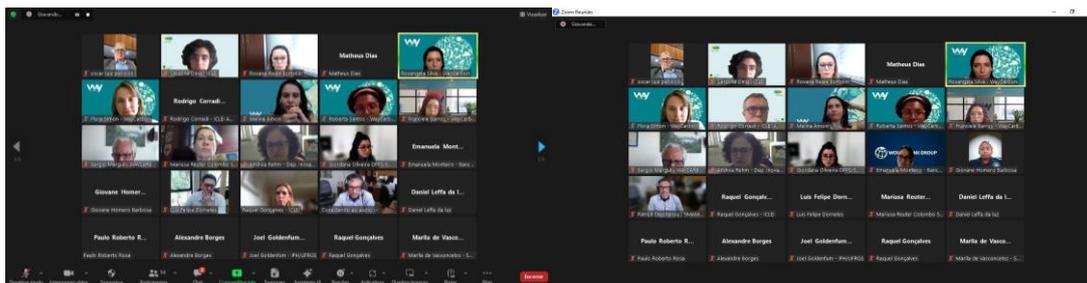
P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

Nome	Instituição/Organização/Secretaria
Juliano Balbueno	Defesa Civil PMPA
Leandro Fernandes	Defesa Civil PMPA
Angelita Silveira de Farias	Metroplan
Mark Ramos Kuschick	Sociedade de Economia do RS
Marcelo Coelho	DVS/SMS
Cosme de Assis da Silva	SMAMUS/Prefeitura de Porto Alegre
Raquel Alves	Defesa Civil
Fran Schwanck	IPH/UFRGS
Joel Goldenfum	IPH/UFRGS
Oscar Luiz Pellicoli	Desenvolvimento Econômico e Turismo
Marlla de Vasconcelos	SMAMUS PMPA
Mariusia Reuter Colombo	SMAMUS PMPA
Bruna Rodrigues	UFRGS
Rodrigo Rangel	Defesa Civil
Erika Kupac Vianna	SMED- Secretaria da Educação de Porto Alegre
Jivago Corrêa Pereira	Defesa Civil
Pedro Pompeu Correa	DMAE PMPA
Aline Zechlinski	SMAMUS PMPA
Carolina Falcao	Petinelli
Daniel Leffa da luz	Defesa Civil
Joaquim Viana Cardinal	SMAMUS PMPA
Renata Padilha	Eco Pelo Clima
Luciano Velleda	Sul21
Natalia Tusset	UFRGS
Mario Saffer	Engenio Engenharia e Meio Ambiente
Marcos Cruz	ObservaPOA/SMPAE
Isadora Fonseca	Defesa Civil
Paulo Roberto Rosa	Defesa Civil
Lindytamie Almeida	UFRGS
Elisabete Sabka	SMS/USA
Alexandre Borges	Defesa Civil
Luis Felipe Dorneles	DLMA
Paulo Júnior	Defesa Civil
Patrick Stephanou	SMAMUS
Jacson Martins	Defesa Civil
Maurício Polidoro	Ministério dos Povos Indígenas
Maria Rejane Santos	Profissional liberal
Luciano Nardon	Secretaria de segurança
Renata Ribeiro	AGI
Lindomar Constante	Defesa civil
Ricardo Quevedo	PROPUR - UFRGS
Bruno Carbonari	Net Impact Porto Alegre
Barbara Mallmann	Net Impact Porto Alegre
Juliana Maciel Pinto	SMS Porto Alegre
Caroline Palacio	AFRY
João Vitor Zaltron	Defesa civil
BRUNO BELTRAME	Coordenação de Resiliencia / SMGOV
Soraya Ribeiro	SMAMUS
Carla Fontana	Igrè - Associação Sócio Ambientalista
LUIZ GOMES	CMDUA
Claudia Garcia	DMAE
Luciano Amaral	Defesa civil

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

Nome	Instituição/Organização/Secretaria
Luciane Ulbrich	SMAMUS
Mariana Saraiva	UFRGS
Miguel Zanona Krasner	SMPAE
Gabriel Cantor	UFRGS
Adriano Rossetto	SMAMUS
Luiz Sibemberg	UFRGS
Marina Milani	SMAMUS

Registros fotográficos



P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

RESULTADOS - PEGADA HÍDRICA

A PEGADA HÍDRICA TOTAL DENTRO DA ÁREA DO MUNICÍPIO FOI DE 1,8 BILHÕES DE M³ POR ANO. ISSO EQUIVALE A 729 MIL PISCINAS OLÍMPICAS CHEIAS*

Processo	Porcentagem
Processos Industriais	8%
Processos Domésticos	92%
Pegada Cinza	97,8%
Pegada Verde	0,6%
Pegada Azul	1,8%

EXEMPLOS DE AÇÕES - PORTO ALEGRE

Isenção obrigatória de vagas de estacionamento

- Eliminação dos requisitos mínimos de vagas de estacionamento
- Aumento no número de moradas (redução do valor do imóvel)
- Empreendimento em áreas centrais
- Redução de deslocamento

Sistema de Indicadores de Sustentabilidade para Transporte Público

- Construir sistema de indicadores de sustentabilidade para a transição energética
- Consultar a população local sobre o transporte público sustentável
- Desenvolver comitês de investimento para eletrificar a frota.

Financiamento:

- City Climate Finance Gap Fund
- Federal Ministry for Economic Cooperation and Development
- Federal Ministry for Economic Affairs and Climate Action
- IKI
- INTERNATIONAL CLIMATE INITIATIVE
- THE GOVERNMENT OF THE GRAND DUCHY OF LUXEMBOURG

Execução:

- ICLEI
- THE WORLD BANK
- WAY CARBON
- LUDOVINO LOPEZ ADVOGADOS
- Ecofinance NEGÓCIOS

Realização:

- SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE, URBANISMO E SUSTENTABILIDADE
- PORTO ALEGRE
- PREFEITURA
- PRELÓGIO 2015-2016

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

G.1 Respostas dos questionamentos recebidos da sociedade civil no workshop aberto

No dia 31/10/2023, foi realizado, em formato online na plataforma Zoom, o Workshop público de apresentação dos resultados da Análise de Riscos e Vulnerabilidades Climáticas e Pegada Hídrica, com o objetivo de apresentar os principais resultados destes dois diagnósticos e escutar as contribuições da sociedade civil sobre os estudos. Todos os comentários foram encaminhados por meio do chat disponível na plataforma ou por meio de contribuição em formato de fala. Neste Apêndice estão apresentadas todas as contribuições que não foram respondidas durante o workshop, visto que as demais constam na ata, que também está apresentada neste Apêndice, e na gravação, que será disponibilizada no Youtube da SMAMUS²⁹.

O Quadro F.3 apresenta os comentários e perguntas, com o respectivo status e a justificativa. O status pode ser “Incorporado”, quando a observação foi adicionada aos produtos P3 ou P4, ou “Não incorporado”, quando o respectivo produto já apresentava as informações solicitadas. Em ambos os casos, a justificativa fornece as explicações aos apontamentos.

²⁹ Link para acesso ao Youtube da SMAMUS com a gravação do workshop:
<https://www.youtube.com/watch?v=JQW3bD4iluM>

Quadro G 1. Respostas às proposições da sociedade civil realizadas por meio do chat.

Comentário	Status	Justificativa
Quando falam em 'população negra', sugiro que a frase seja reescrita para dizer que os eventos "afetam mais à população negra", que historicamente residem em regiões de maior vulnerabilidade ambiental e social. Justificativa: falar que num lugar com diversos fatores desfavoráveis é tbm um lugar com 'maior concentração de população negra' pode dar a entender que a 'população negra faz parte do problema', como 'causadora do problema', o que seria um erro grave e não é isso o que eu entendi da fala de vcs.	Incorporado	Ao longo da discussão dos resultados, as discussões foram direcionadas sobre como os eventos climáticos afetam com mais intensidade populações mais vulneráveis (ex: população negra e de baixa renda). Para atender ao apontamento realizado, o primeiro parágrafo antes da Figura 16 teve a última frase alterada. Segue parágrafo com destaque em negrito para a frase reescrita: “Em 2004 a pior situação era observada no bairro Sarandi, em que 67,3% das famílias eram pobres, bairros Lomba do Pinheiro e Agronomia, com 54,2%, e Restinga, com 53,4%. Em comum, as regiões concentravam a maior proporção de chefes de família em condição de pobreza (PMPA, 2004). Como podemos observar na Figura 16, estes bairros apresentam uma maior concentração da população negra. Historicamente estas populações são mais vulneráveis aos efeitos da mudança do clima devido às desigualdades socioeconômicas que, muitas vezes, resultam em moradias com menor infraestrutura e localizadas em áreas de risco. ”
Como está sendo tratado a situação do Arroio Dilúvio que, com as chuvas fortes, tem subido muito na Av. Ipiranga?	Não incorporado	O Arroio Dilúvio é citado ao longo dos relatórios da Análise de Risco (P3) e Pegada Hídrica (P4). Este importante arroio do município é citado tanto no capítulo de contextualização quanto na discussão dos resultados, devido a sua relevância para ambos os diagnósticos. No capítulo 4.2. Inundação fluvial do P3, é apresentado o potencial de transbordamento do Arroio Dilúvio nos bairros em que se situa, consequentemente afetando avenidas. Na próxima etapa do PLAC, de levantamento de ações, as regiões afetadas serão consideradas para proposição de iniciativas de adaptação aos efeitos das ameaças climáticas.
Seria interessante incluir os equipamentos públicos escolares nos mapas (<i>referente à exposição das infraestruturas, na Análise de Risco</i>).	Não incorporado	No relatório do P3 estão inclusos mapas adicionais contendo infraestruturas críticas, considerando setores de saúde (Hospitais e Unidades de Pronto Atendimento - UPAs), transporte (principais vias e terminais rodoviários, hidroviários, aeroviário) e patrimônios edificados (casas de cultura e arte, museus, bibliotecas, entre outros). Importante destacar que a inclusão do sistema viário contempla a análise de como a população pode ser afetada em eventos que resultam no bloqueio de vias, visto que tais eventos impediriam a chegada nas escolas, locais de trabalho e moradias.

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

Comentário	Status	Justificativa
<p>Está previsto um convite para a população residente nas bacias dos arroios para que conhecessem e eventualmente colaborassem?</p>	<p>Será incorporado na próxima etapa de construção do PLAC.</p>	<p>Como comentado também no workshop, a sequência da etapa de diagnóstico será de levantamento de ações e medidas que a cidade vem desenvolvendo ou possa vir a desenvolver, com base nos diagnósticos apresentados no dia 31/10 (Análise de Riscos e Pegada Hídrica) e no inventário de emissões da cidade (lançado em 2021). Nesta etapa, serão consultados diferentes atores tanto da Prefeitura quanto da sociedade civil, academia, ONGs, entre outros, para que as ações que serão priorizadas do PLAC contemplem as demandas das populações mais afetadas por efeitos resultados da mudança do clima. Além disso, foi disponibilizado um formulário aberto para contribuição da população (https://forms.office.com/r/udLxJYxSZX).</p>
<p>Questão de alagamentos na RGP1: Alagamentos se dão provavelmente por excesso de impermeabilização, é interessante este destaque.</p>	<p>Incorporado</p>	<p>Estas questões foram apontadas na discussão do terceiro e quartos parágrafos, no subitem Risco, dentro dos resultados de inundação fluvial. Para dar mais destaque, foi incluída a frase destacada em negrito, no terceiro parágrafo:</p> <p>“Avaliando-se as Ameaças, a inundação se amplia em 2050 para o município como um todo, porém, na análise do risco climático, pode-se perceber que a classificação na RGP 8 varia entre “Baixa” e “Média”. Isto acontece porque à exceção do bairro Restinga e pouco setores censitários, na zona sul predominam atividades rurais, assim como baixa concentração populacional e menos áreas impermeabilizadas. Já na RGP 1 e na RGP3, regiões que por serem mais urbanizadas possuem maior quantidade de áreas impermeáveis, há uma elevada densidade demográfica, concentrada principalmente ao redor dos arroios.”</p>
<p>No Plano Diretor de drenagem já observamos também a importância de se realizar intervenções na drenagem. Algumas bacias já foram avaliadas aqui no IPH, com essa ideia de utilizar algumas estruturas como telhados verdes e pavimentos permeáveis para reduzir tanto efeitos de inundações quanto alagamentos. Talvez possa ser importante dar um reforço maior para esse tipo de infraestrutura.</p>	<p>Será incorporado na próxima etapa de construção do PLAC.</p>	<p>Essas recomendações de medidas são mencionadas no capítulo final de recomendações. Segue parágrafo:</p> <p>“A possibilidade de incorporação de Soluções Baseadas na Natureza deve ser extremamente pensada visto que são essenciais para tornar a cidade ainda mais resiliente aos efeitos climáticos, com foco nos bairros que apresentam uma classe de risco mais alta”.</p> <p>Na próxima etapa do PLAC serão revistos todos os planos desenvolvidos pela cidade que possuem conexão com a mudança do clima, incluindo o Plano Diretor de Drenagem, para aprofundamento de ações, metas e medidas já em desenvolvimento e planejadas pela cidade, incluindo medidas de telhados verdes e pavimentos permeáveis, entre outras similares.</p>

P3 - Análise de Riscos e Vulnerabilidade Climáticas

Comentário	Status	Justificativa
<p>Verificar questões sobre inundação nos bairros Bom fim e Cidade Baixa, porque se enquadraria mais como alagamentos.</p>	<p>Não incorporado</p>	<p>Como apresentando na tabela geral de classificação do risco que está no Apêndice D do relatório, os bairros Bom Fim e Cidade Baixa possuem classificação “Alta” e “Média”. Como apresentado na metodologia, a classificação do risco é resultado de três índices: ameaça (constituída por fatores climáticos e ambientais), exposição (população por setor censitário nos bairros); e vulnerabilidade (que inclui variáveis de sensibilidade e capacidade adaptativa). Neste sentido, pode-se verificar que o transbordamento da bacia do arroio Dilúvio chega a atingir parte de ambos os bairros (Figura 17 do Produto 3). Aliado a isso, os fatores que influenciaram em um valor mais elevado para o risco advêm da elevada exposição e da alta impermeabilidade do solo na região, que é um aspecto que amplia a vulnerabilidade.</p>
<p>Quando é apresentada a pegada hídrica doméstica (residencial, comercial e setor público), está disponível este dado da pegada hídrica para cada setor, pensando em proposta de reunião sistemática para cada setor?</p>	<p>Incorporado</p>	<p>Na Figura 16 do Produto 4, estão apresentadas as pegadas hídricas por cada subsetor (residencial, comercial e setor público), que juntos resultam na pegada hídrica doméstica. Estes subsetores foram definidos a partir do percentual do volume de água faturado pelo DMAE para cada tipo de ligação na rede e, portanto, a diferenciação do valor se dará mais na pegada azul, devido aos diferentes consumos de cada subsetor. É importante destacar que a água é tratada em conjunto para todos os subprocessos, e, portanto os valores de DBO dos efluentes são os mesmos para residenciais, comércios e repartições públicas.</p> <p>Foram realizadas alterações no parágrafo que apresenta a Figura 16 e no Apêndice sobre a metodologia. Seguem as alterações nos parágrafos destacadas em negrito:</p> <p>“A Figura 16 apresenta com detalhamento os subprocessos, sendo que o setor doméstico inclui os diferentes setores ligados à rede do DMAE (residencial, comercial e público), o setor industrial contempla indústrias de Transformação e Mineração, e o setor agropecuário inclui agricultura e pecuária. Percebe-se que a pegada hídrica residencial é a mais significativa, representando 76,8% do total, seguido pelo setor comercial, com 12,1%.”</p> <p>“Para o setor doméstico, foram calculadas as pegadas azul e cinza. Para a pegada azul foram considerados a média do volume de água faturado nos anos de 2016 a 2019 enviados pelo DMAE, separado pelos diferentes tipos de ligação: residencial, comercial e setor público, e adotada a premissa de que 100% da população é atendida com água potável, visto que este valor é bastante próximo do real (PMPA, 2023d).”</p>

Fonte: WayCarbon, ICLEI, Ludovino e Ecofinance