

PAC-PR

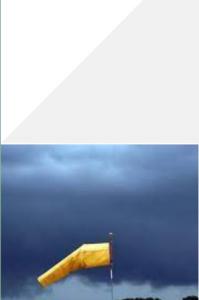
Plano Estadual de Ação Climática **2024-2050**

Diagnóstico









Carlos Massa Ratinho Júnior

Governador do Estado do Paraná

Valdemar Bernardo Jorge

Secretário de Estado do Desenvolvimento Sustentável (Sedest)

Louise da Costa e Silva Garnica

Diretora Geral (Sedest)

Eduardo Alvim Leite

Diretor-Presidente do Sistema de Tecnologia e Monitoramento Ambiental do Paraná (Simepar)

Everton Luiz da Costa Souza

Diretor-Presidente do Instituto Água e Terra (IAT)

Gustavo Fischer Sbrissia

Diretor de Políticas Ambientais (Sedest)

Matheus Bueno Patrício

Coordenador de Gestão Ambiental e Ação Climática (Sedest)

Reinaldo Bomfim da Silveira

Coordenador do Programa Paranaclima (Simepar)

Equipe Técnica:

Adhemar Romero

Ana Roberta Soares da Silva

Anna Flávia Moraes Nogueira

Bruno Reis Martins

Christiano Pires de Campos

Diego José Paiva

Giovanna Pospissil Moutinho

Isabella Tioqueta

Luis Antônio Andretta

Marina Oliveira Gonçalves

Navana Machado

Nathalia Zancarli Ruse de Melo

Rayssa Alves Ronchi da Silva

Vanessa Cristina Mendonça Gomes

Vinicius Maggioni dos Santos

Vitor Rodrigo de Moraes

Walquíria Letícia Biscaia de Andrade

© 2023. Governo do Paraná

Todos os direitos reservados. É permitida a reprodução parcial ou total desta obra, desde que citada a fonte e que não seja para venda ou qualquer fim comercial.

Para maiores informações e contato:

Endereço: Rua Desembargador Motta, 3384 - Mercês - 80430-200 - Curitiba - PR, Telefone: (41) 3304-7766 E-mail: dipam@sedest.pr.gov.br















LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Participação percentual dos municípios nas emissões de gases de efeito
estufa em 20197
Figura 2 - Evolução das inscrições ao longo dos anos de 2015 a 2022. Fonte: Sedest,
2022
Figura 3 - Análise de participação dos municípios do estado no Selo Clima Paraná, entre
os anos de 2021 e 2022. Fonte: Sedest, 202212
Figura 4 - Município de Guaíra antes do Projeto Parque Urbano (PPU)28
Figura 5 - Município de Guaíra após Projeto Parque Urbano (PPU)28
Figura 6 - Município de Primeiro de Maio Anterior ao Projeto Parque Urbano (PPU)29
Figura 7 - Município de Primeiro de Maio Depois Projeto Parque Urbano (PPU)29
Figura 8 - Localização da Bacia Hidrográfica do Baixo Ivaí, no Paraná, Brasil31
Figura 9 - Extrato do relatório de risco para as américas devido às mudanças climáticas.
Fonte: Magrin et. Al., 2014.Magrin et. Al., 2014
Figura 10 - Rede de estações meteorológicas do Paraná. Fonte: Simepar38
Figura 11 - Climatologia da chuva acumulada em 24 horas para o estado do Paraná,
referente ao período de 1961 a 1990. Fonte: Simepar39
Figura 12 - Climatologia da temperatura média anual para o estado do Paraná, referente
Figura 12 - Climatologia da temperatura média anual para o estado do Paraná, referente ao período de 1961 a 1990. Fonte: Simepar40
ao período de 1961 a 1990. Fonte: Simepar40
ao período de 1961 a 1990. Fonte: Simepar40 Figura 13 - Climatologia da umidade relativa do ar média anual para o estado do Paraná,
ao período de 1961 a 1990. Fonte: Simepar
ao período de 1961 a 1990. Fonte: Simepar
ao período de 1961 a 1990. Fonte: Simepar
ao período de 1961 a 1990. Fonte: Simepar
ao período de 1961 a 1990. Fonte: Simepar
ao período de 1961 a 1990. Fonte: Simepar
ao período de 1961 a 1990. Fonte: Simepar
ao período de 1961 a 1990. Fonte: Simepar







Figura 20 - Anomalias de temperatura para o cenário SSP 1-2.6 para as RA do Paraná,
correspondentes às médias do ESM MIROC-6, MPI-M e HADGEM-3, para as décadas
2021 a 2030, 2031 a 2040, 2041 a 2050 e 2051 a 2060. Fonte: Simepar48
Figura 21 - Anomalias de temperatura para o cenário SSP 1-2.6 para as RA do Paraná,
correspondentes às médias do ESM MIROC-6, MPI-M e HADGEM-3, para as décadas
2061 a 2070, 2071 a 2080, 2081 a 2090 e 2091 a 2100. Fonte: Simepar49
Figura 22 - Anomalias de temperatura para o cenário SSP 5-8.5 para as RA do Paraná,
correspondentes às médias do ESM MIROC-6, MPI-M e HADGEM-3, para as décadas
2021 a 2030, 2031 a 2040, 2041 a 2050 e 2051 a 2060. Fonte: Simepar50
Figura 23 - Anomalias de temperatura para o cenário SSP 5-8.5 para as RA do Paraná,
correspondentes às médias do ESM MIROC-6, MPI-M e HADGEM-3, para as décadas
2061 a 2070, 2071 a 2080, 2081 a 2090 e 2091 a 2100. Fonte: Simepar51
Figura 24 - Anomalias de precipitação para os cenários ssp 1-2.6 e ssp 5-8.5 para as
RA do Paraná, correspondentes às médias do ESM MIROC-6, MPI-M e HADGEM-3,
para o período de 2015 a 2100. Fonte: Simepar52
Figura 25 - Anomalias de padronizada de precipitação para o cenário SSP 1-2.6 para as
RA do Paraná, correspondentes às médias do ESM MIROC-6, MPI-M e HADGEM-3,
para as décadas 2021 a 2030, 2031 a 2040, 2041 a 2050 e 2051 a 2060. Fonte: Simepar.
52
Figura 26 - Anomalias de padronizada de precipitação para o cenário SSP 1-2.6 para as
RA do Paraná, correspondentes às médias do ESM MIROC-6, MPI-M e HADGEM-3,
para as décadas 2061 a 2070, 2071 a 2080, 2081 a 2090 e 2091 a 2100. Fonte: Simepar.
53
Figura 27 - Anomalias de padronizada de precipitação para o cenário SSP 5-8.5 para as
RA do Paraná, correspondentes às médias do ESM MIROC-6, MPI-M e HADGEM-3,
para as décadas 2021 a 2030, 2031 a 2040, 2041 a 2050 e 2051 a 2060. Fonte: Simepar.
54
Figura 28 - Anomalias de padronizada de precipitação para o cenário SSP 5-8.5 para as
RA do Paraná, correspondentes às médias do ESM MIROC-6, MPI-M e HADGEM-3,
para as décadas 2061 a 2070, 2071 a 2080, 2081 a 2090 e 2091 a 2100. Fonte: Simepar.
55
Figura 29 - Sensibilidade à seca climática conforme uso e ocupação do solo. Fonte:
- · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·







Figura 30 - Sensibilidade ao excesso hídrico conforme uso e ocupação do solo. Fonte:
IBGE (2010) e Simepar58
Figura 31 - Sensibilidade à seca climatológica conforme a oferta e demanda de água
nos municípios. Fonte: ANA (2021) e Simepar60
Figura 32 - Sensibilidade ao excesso hídrico, conforme a oferta e demanda de água nos
municípios. Fonte: ANA (2021) e Simepar61
Figura 33 - Fator sensibilidade para seca climática e excesso hídrico, conforme a
densidade demográfica. Fonte: IBGE (2010) e Simepar62
Figura 34 - Fator sensibilidade à falta ou excesso hídrico devido a taxa de mortalidade
infantil. Fonte DATASUS (2021) e Simepar63
Figura 35 - Sensibilidade à falta ou excesso hídrico relacionada a parcela da população
municipal com renda mensal inferior a 25% do salário mínimo. Fonte: IBGE (2010) e
Simepar64
Figura 36 - Índice de GINI para os municípios paranaenses. Fonte: IBGE (2003)65
Figura 37 - Taxa de analfabetismo nos municípios do Paraná. Fonte: IBGE (2010)66
Figura 38 - IDHm para o Paraná. Fonte: IBGE (2010)67
Figura 39 - Vulnerabilidade dos municípios do Paraná quanto ao risco de seca
climatológica para os períodos climatológicos futuros 2031 a 2060 e 2061 a 2090. Os
mapas correspondem aos cenários SSP 1-2.6 (esquerda) e SSP 5-8.5 (direita),
projetados pelos modelos E SM do CMIP6, MIROC-6, MPI-M e HADGEM-3. Fonte:
Simepar69
Figura 40 - Vulnerabilidade dos municípios do Paraná quanto a excesso hídrico para os
períodos climatológicos futuros 2031 a 2060 e 2061 a 2090. Os mapas correspondem
aos cenários SSP 1-2.6 (esquerda) e SSP 5-8.5 (direita), projetados pelos modelos ESM
do CMIP6, MIROC-6, MPI-M e HADGEM-3. Fonte: Simepar70
Figura 41 - Distribuição espacial das ocorrências de desastres naturais associadas a
estiagem. Fonte: CEDEC-PR72
Figura 42 - Distribuição espacial das ocorrências de desastres naturais associadas a
excesso hídrico. Fonte: CEDEC-PR73







LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Emissões setoriais anuais de gases de efeito estufa entre 2005 e 20195
Gráfico 2 - Emissões de gases de efeito estufa do Paraná por setor e gás em 20195
Gráfico 3 - Ranking dos 30 municípios com maiores emissões de gases de efeito estufa
em 20196
Gráfico 4 - Descrição das categorias e mercados escolhidos em 2023. Fonte: Sedest,
202213
Gráfico 5 - Representação da proporção das ações ESG declaradas pelas
organizações, conforme os tipos de segmentos. Fonte: Sedest, 202216
Gráfico 6 - Ações Ambiental, social e de governança (ESG) relatadas pelas instituições
participantes. Fonte: Sedest. 2022







LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Estratificação do porte, relacionado ao número de instituições pa	rticipantes.
	12
Tabela 2 - Relação da pontuação das categorias e número de instituições pa	rticipantes.
	13
Tabela 3 - Segmentação das ações ESG declaradas pelas organizações	15
Tabela 4 - Número de Objetivos do desenvolvimento sustentável (ODS) alcar	าçados nas
ações desenvolvidas no ano base 2021 pelas organizações	17
Tabela 5 - Documentos de ESG relatados	18
Tabela 6 - Tipos de documentos de ESG relatados	19
Tabela 7 - Ações ESG relatadas.	20
Tabela 8 - Valores teóricos do SPI	41
Tabela 9 - Desastres naturais nas regiões do Paraná para o período de 19	80 a 2021.
Fonte: CEDEC-PR	71







SUMÁRIO

1.	INT	RODUÇÃO	1
2.	DIA	AGNÓSTICO	2
2	2.1.	POLÍTICAS AMBIENTAIS	2
2	2.2.	INVENTÁRIO DE EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA	3
2	2.3.	Diagnóstico do Período de 2005-2019	3
2	2.4.	Diagnóstico de 2019	5
2	2.5.	AÇÕES DE MITIGAÇÃO E ADAPTAÇÃO ÀS MUDANÇAS CLIMÁTI	CAS NO
Р	PARA	NÁ	8
3.	SE	LO CLIMA	10
3	3.1.	RESULTADOS DA 8ª EDIÇÃO (2022)	10
3	3.2.	RELATÓRIO DE EMISSÕES DE CO ₂	
3	3.3.	DECLARAÇÃO DE REDUÇÃO DE EMISSÃO	14
3	3.4.	RELATÓRIO DE AÇÕES ESG	15
3	5.5.	RELATÓRIO DOS MUNICIPIOS INSCRITOS	18
3	3.6.	CURITIBA – IPPUC	18
3	3.7.	MARINGÁ – IPPLAM	19
4.	TR	ATAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS E EFLUENTES	21
4	.1.	RESÍDUOS SÓLIDOS	21
4	.2.	EFLUENTES	22
4	.3.	EDUCAÇÃO AMBIENTAL	24
4	.4.	PARQUES URBANOS	26
5.	ES	TUDO DE ADAPTAÇÃO BASEADA EM ECOSSISTEMAS - Abe P	ARA OS
MU	NICÍ	ÍPIOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO BAIXO IVAÍ	30
5	5.1.	CONCEITO DE SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS E ADAPTAÇÃO BA	ASEADA
Е	МЕ	COSSISTEMAS (AbE)	30
5	5.2.	O estudo	32
6.	РО	LINIZA PARANÁ	33
7.	MA	PEAMENTO DE VULNERABILIDADE, RISCO E RESILIÊNCIA DE ÁR	EAS NO
PA	RAN	Á	36
7	'.1.	ANÁLISE CLIMÁTICA	38
7	.2.	RESULTADOS DA CLIMATOLOGIA	39
7	'.3.	RISCO CLIMÁTICO	40







7.4.	PROJEÇÕES CLIMÁTICAS IPCC E CMIP6	43
7.5.	MODELOS CLIMÁTICOS GLOBAIS	43
7.6.	INDICADORES SOCIOECONÔMICOS	55
7.7.	SUBÍNDICE SENSIBILIDADE	56
7.8.	SUBÍNDICE CAPACIDADE ADAPTATIVA	64
7.9.	VULNERABILIDADE DOS MUNICIPIOS PARANAENSES	67







LISTA DE SIGLAS

2INVPR - Segundo Inventário de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Estado do Paraná

AbE - Adaptação Baseada em Ecossistemas

Abrelpe - Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais

AFOLU – Agricultura, Floresta e Outros Usos da Terra

ANA - Agência Nacional das Águas

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica

CEDEC-PR - Coordenadoria Estadual da Defesa Civil do Paraná

CH₄ - Metano

CO₂ - Dióxido de carbono

DATASUS – Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde do Brasil

EA - Educação Ambiental

ECMWF - Centro Europeu para Previsões Climáticas de Médio Prazo

ERA5 - Quinta geração do Centro Europeu para Previsões meteorológicas de Médio Alcance

ESG – Ambiental, Social e Governança (do inglês, Environmental, Social and Governance)

ETAs - Estações de Tratamento de Água

ETEs - Estações de Tratamento de Esgoto

FR - Força radiativa

GEE - Gases de Efeito Estufa

GLP - Gás Liquefeito de Petróleo

GWP – Global Warming Potential

IAT – Instituto Água e Terra

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IDHm - Índice de Desenvolvimento Humano Municipal

IFPR - Instituto Federal do Paraná

INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia

IPCC - Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas

IPPLAM - Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Maringá

IPPU - Processos Industriais e Uso de Produtos

IPPUC - Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba

ISH-U - Índice Urbano de Segurança Hídrica

MMA - Ministério do Meio Ambiente

MUT - Mudanças do Uso da Terra

N₂O – Óxido nitroso

NOAA – Administração Americana para Oceano e Atmosfera

ODS - Objetivos do Desenvolvimento Sustentável

OMM - Organização Meteorológica Mundial

ONU - Organização das Nações Unidas

PAC-PR – Plano de Mudanças Climáticas do Estado do Paraná

PD&I - Projetos de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação









PERS/PR - Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Estado do Paraná

PLRs – Planos de Logística Reversa

PNRS - Política Nacional de Resíduos Sólidos

PPU – Projeto Parque Urbano

RCP - Trajetória Representativas de Concentração

REPAR - Refinaria Presidente Getúlio Vargas

ROB - Receita Bruta Operacional

Samaes - Serviços Autônomos Municipais de Água e Esgoto

Sanepar - Companhia de Saneamento do Paraná

SbN - Soluções baseadas na Natureza

Sedest - Secretaria do Desenvolvimento Sustentável

SEEG - Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa

Simepar - Sistema de Tecnologia e Monitoramento Ambiental do Paraná

SPI - Índice padronizado de precipitação

WRCP - Programa Mundial de Pesquisa Climática







1. INTRODUÇÃO

A urgente necessidade de abordar os desafios decorrentes das mudanças climáticas tem orientado uma crescente atenção por parte de governos, comunidades e setores empresariais em todo o mundo. O estado do Paraná, consciente da importância desse tema global, apresenta um plano abrangente e proativo de enfrentamento das mudanças climáticas.

Esse fenômeno resulta da acumulação de gases de efeito estufa na atmosfera, um processo que se iniciou com a revolução industrial. Em resposta, cada estado deve desenvolver suas próprias estratégias e ações para equacionar o desafio.

Este plano não apenas reconhece a realidade do aquecimento planetário como resultado da atividade humana, mas também reafirma o compromisso do estado em agir de forma decisiva para mitigar seus impactos e assegurar a qualidade de vida de seus cidadãos.

Ao estabelecer metas, colaborar com parceiros estratégicos e implementar ações concretas, o Plano de Mudança Climática do Estado do Paraná (PAC-PR) visa não apenas atender às necessidades atuais, mas também pavimentar um caminho sustentável para o futuro, onde a harmonia entre o desenvolvimento e o meio ambiente é fundamental.

Dessa forma, o Estado do Paraná empenha-se em encontrar uma maneira que permita enfrentar essa questão efetivamente, através de um Plano de Mudanças Climáticas.







2. DIAGNÓSTICO

A construção do plano de mudanças climáticas do estado do Paraná, referente ao diagnóstico dos fatores relevantes ao tema, incluiu os seguintes componentes:

- Mapeamento das políticas ambientais, relacionadas ao tema de mudanças climáticas, realizadas pelo estado do Paraná;
- Atualização do inventário de emissões de gases de efeito estufa (GEE) em nível municipal;
- III. Ações de mitigação e adaptação, a fim de conscientizar e preparar a população, bem como iniciar atividades para reduzir efeitos futuros das mudanças climáticas;
- IV. Avaliação dos indicadores socioeconômicos dos municípios do Paraná, com a finalidade de estimar a capacidade adaptativa para o impacto das mudanças climáticas;
- V. Determinar a vulnerabilidade dos municípios ao risco e impactos das mudanças climáticas.

2.1. POLÍTICAS AMBIENTAIS

O estabelecimento de políticas públicas ambientais tem o intuito de evitar o agravamento da escassez hídrica, a perda da biodiversidade, a extinção de florestas tropicais, as alterações climáticas que afetam a produção agrícola, entre outros.

O Paraná possui políticas ambientais de proteção e conservação do meio ambiente e desenvolvimento sustentável. Dentre estas, destaca-se a Política Estadual sobre Mudança do Clima (Lei nº 17.133/2012) e o Fórum Paranaense de Mudanças Climáticas Globais (Lei nº 16.019/2008), as quais são instrumentos importantes para discussão entre vários setores da sociedade.

Durante a execução do Paranaclima, foram realizadas pesquisas e levantamentos das políticas ambientais existentes a nível estadual, nacional e internacional, com a apresentação do resultado compilado no Anexo 1. A finalidade dessa compilação é auxiliar legisladores, gestores públicos e sociedade quanto às legislações que norteiam a preservação e conservação do meio ambiente e são relativas às ações de mitigação e adaptação às mudanças climáticas.

A partir da construção do Anexo 1, verifica-se a preocupação e a atuação do Paraná em relação às mudanças climáticas, pois possui de forma robusta programas,









políticas, parcerias nacionais e internacionais, projetos e demais ações públicas que visam atender as necessidades e o interesse do Estado, como por exemplo a Política Estadual sobre Mudança do Clima (Lei nº 17.133/2012) e o Fórum Paranaense de Mudanças Climáticas Globais (Lei 16.019/2008), mencionados anteriormente; o Sistema de Tecnologia e Monitoramento Ambiental do Paraná (Simepar), importante instituto de pesquisa científica e desenvolvimento tecnológico na área de monitoramento ambiental e prestação de serviços de meteorologia, hidrologia e meio ambiente; e o próprio programa Paranaclima que tem como objetivo o desenvolvimento de projetos e ações de prevenção, adaptação e mitigação dos efeitos das mudanças climáticas.

2.2. INVENTÁRIO DE EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA

Este item resume os resultados do Segundo Inventário de Emissões de GEE do Estado do Paraná (2INVPR) e identifica as principais fontes de emissão para o período entre os anos de 2005 e 2019. O 2INVPR é um documento fundamental para monitorar e avaliar as emissões de GEE nos diferentes setores da economia, bem como auxiliar na identificação das oportunidades de redução das emissões. A apresentação e análise mais detalhada dos resultados estão disponíveis no relatório do 2INVPR e também em relatórios de referência setoriais que descrevem quais os fatores de emissões utilizados, quais os dados de entrada coletados e quais a metodologias utilizadas para estimar as emissões em cada tipo de atividade (2INVPR, 2023). Os resultados foram organizados em um banco de dados alocando as emissões por município, por atividade, por ano e por tipo de gás. Este é o primeiro inventário estadual no Brasil que apresenta suas emissões neste nível de detalhe.

2.3. Diagnóstico do Período de 2005-2019

As emissões estaduais entre os anos de 2005 e 2019 tiveram um aumento de 8%, passando de aproximadamente 67.000 para 72.000 Gg CO₂eq (para conversão de outros gases em CO₂eq foram aplicados os fatores de Global Warming Potential (GWP) apresentados no Sexto Relatório de Avaliação do IPCC (SMITH, et al. 2021). As maiores emissões ocorreram no ano de 2015 atingindo 74.842 Gg CO₂eq e o menor registro foi no ano de 2009 com emissões totais de 64.843 Gg CO₂eq.

O setor de agropecuária, florestas e outros usos da terra (AFOLU) é o setor que mais contribuiu para as emissões de GEE estaduais, cerca de 62% das emissões em







2005 e 54% em 2019, principalmente na pecuária, aplicação de fertilizantes, queima de biomassa e conversão da floresta em terras agrícolas.

O setor de energia é o segundo setor que mais contribuiu para as emissões de gases de efeito estufa, cerca de 28% em 2005 e 36% em 2019, com expectativa de elevadas taxas de crescimento com o desenvolvimento econômico do Paraná. As emissões de CO₂ provenientes da queima de combustíveis fósseis, como diesel, gasolina, gás natural e GLP foram responsáveis por mais de 80% das emissões de GEE do setor de energia. Uma vez que a matriz elétrica do estado é majoritariamente renovável.

O setor de processos industriais e uso de produtos (IPPU) contribuiu com cerca de 5% anualmente tanto em 2005 quanto em e 2019, principalmente na produção de cimento, cal, aço, amônia e metanol. Outras emissões ocorreram em menor escala na utilização de refrigeradores e ar-condicionado. O setor de saneamento e resíduos foi responsável por cerca de 5% das emissões tanto no ano de 2005 quanto em 2019 decorrente da disposição de resíduos sólidos e geração de efluentes líquidos.

É importante entender que as emissões de gases de efeito estufa variam de acordo com a região e as atividades predominantes. Portanto, as emissões de cada setor foram também analisadas municipalmente para que medidas de redução possam ser desenvolvidas de forma mais eficiente.

O setor de AFOLU envolve três atividades fundamentalmente diferentes, portanto para uma análise mais detalhada optou-se por apresentar as emissões em Agricultura, Pecuária e Mudança do Uso da Terra (MUT). Essa subdivisão permite identificar as principais fontes de emissões em cada uma dessas atividades, fornecendo informações detalhadas para a elaboração de planos de mitigação no estado.

Considerando esta subdivisão do setor de AFOLU, conclui-se que o setor de energia e as atividades de pecuária somam mais de 50% das emissões estaduais em todos os anos inventariados, com contribuições de 57% em 2005 e 60% em 2019. Para o mesmo período, as atividades de MUT tiveram uma redução de aproximadamente 8% na participação estadual, e as atividades de agricultura sofreram um aumento de 3%, ultrapassando as emissões de MUT no ano de 2019. Já os setores de processos industriais e resíduos se mantiveram praticamente estáveis com aumentos menores que 1% entre os anos de 2005 e 2019. O Gráfico 1 apresenta a variação das emissões setoriais ao longo dos anos inventariados.







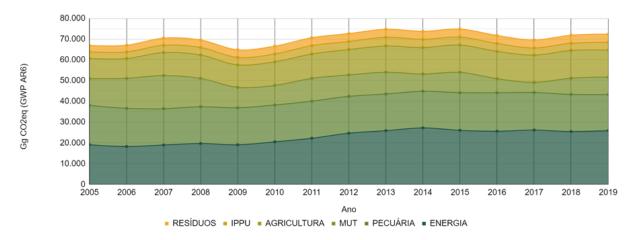


Gráfico 1 - Emissões setoriais anuais de gases de efeito estufa entre 2005 e 2019.

2.4. Diagnóstico de 2019

Diante da análise das estimativas obtidas no 2INVPR para o ano de 2019, constata-se que o setor de Agropecuária, Florestas e MUT é o maior emissor, contribuindo com cerca de 54% das emissões totais. Em seguida, temos o setor de Energia com cerca de 36%, Processos Industriais e Uso de Produtos (IPPU) com cerca de 5% e o setor de resíduos com cerca de 5%, conforme apresentado no Gráfico 2.

Emissões de GEE do Paraná em 2019 (Setor e Gás) Total: 72.381 Gg CO2eq

Transporte rodoviário 28.2% 28.2% 35.8% Energia 4% Residencial/industrial 4% CO2 55% 4% 1.5% Fugitivas 1.4% 11.6% MUT Mineral 4.1% 0.6% Química 4.1% 4.1% 5.9% IPPU Fermentação entérica 22.2% Outros gases 0.6% 22.2% 23.9% Pecuária 2.7% 1:3% Manejo Outros 1.6% CH4 29% 1:3% Efluentes 4.1% 4.1% 1.2% Disposiçã 3.9% 5.4% Resíduos Calagem 2.7% 0.3% Aplicação Uréia duo Agrícola 5.1% 5.1% 5.1% 18% Agricultura 4% 4% N20 15.4% 3.8% 1:2% Adubos orgânicos

Fonte: 2º Inventário de Emissões de GEE do Estado do Paraná

Gráfico 2 - Emissões de gases de efeito estufa do Paraná por setor e gás em 2019.







As emissões de CO₂ foram responsáveis por 55% das emissões totais de GEE, o CH₄ 29% e o N₂O 15%, sendo que o setor de Energia foi o maior contribuinte com 35%, seguidos pela pecuária com 24%, agricultura 18%, mudança do uso da terra com 12%, resíduos 5% e processos industriais 5%, conforme ilustrado no Gráfico 2.

Ainda com base no Gráfico 2, observou-se que as subatividades que mais contribuíram para as emissões de GEE no Paraná são: em primeiro lugar o transporte rodoviário, responsável por cerca de 28% das emissões; em segundo lugar a fermentação entérica, com aproximadamente 22%; e pôr fim a mudança do uso da terra, que é a causa de 12% das emissões de GEE.

O 2º grupo de subatividades que mais contribuiu nas emissões de GEE é formado por: resíduos agrícolas, efluentes líquidos, indústria mineral, fertilizantes sintéticos e energia para uso residencial e industrial, que contribuíram entre 4% e 5%.

Quanto às estimativas municipais das emissões de GEE, o Gráfico 3 apresenta um ranking com os 30 municípios com as maiores emissões, identificando as proporções setoriais em cada município.

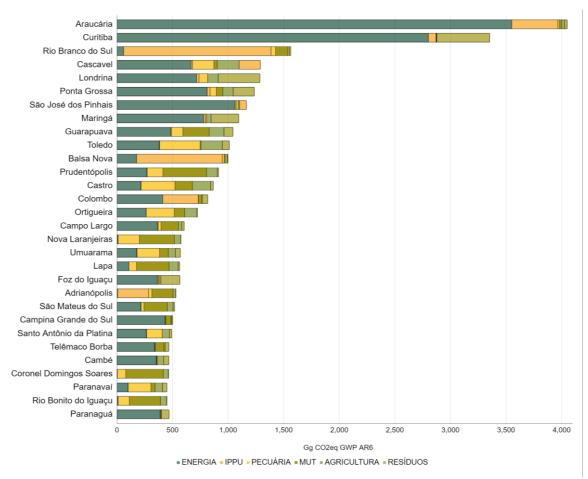


Gráfico 3 - Ranking dos 30 municípios com maiores emissões de gases de efeito estufa em 2019.







O município de Araucária tem a maior emissão de GEE devido a alocação da Refinaria Presidente Getúlio Vargas (REPAR), e da Usina Elétrica a Gás de Araucária que são grandes fontes de emissões de CO₂. Curitiba vem em segundo lugar principalmente devido ao transporte e disposição de resíduos sólidos urbanos. Em terceiro lugar aparece o município de Rio Branco do Sul, que apesar de ter baixa participação das emissões de energia, tem significativas emissões do setor de Processos Industriais e Uso de Produtos (IPPU) devido a produção de cimento, situação semelhante ao município de Balsa Nova. Os demais municípios aparecem seguindo basicamente o transporte, que são influenciados principalmente pelo tamanho populacional conforme dispõe o Gráfico 3, no qual 30 municípios emitiram 40% das emissões de GEE no estado. A Figura 1 ilustra o percentual dos municípios nas emissões de GEE no ano de 2019.

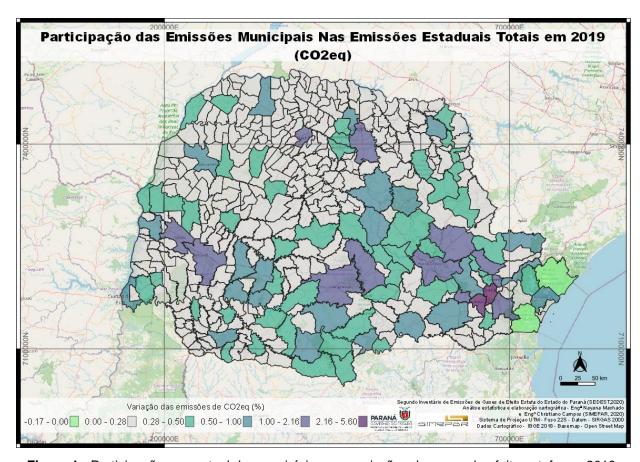


Figura 1 - Participação percentual dos municípios nas emissões de gases de efeito estufa em 2019.

Com base na Figura 1, a primeira classe destaca os 2 municípios (Araucária e Curitiba) responsáveis por mais de 10% das emissões estaduais. A segunda classe representa 12 municípios com contribuições que variam de 1,00 a 2,16 % das emissões, somando 18% das emissões estaduais. As duas próximas classes representam 73 municípios com emissões que variam entre 0,29 e 1%, somando 34% das emissões







estaduais. A maior classe contempla 310 municípios que somam 38% das emissões, variando entre 0 a 0,29%. E a última classe que representa 2 municípios, sendo eles Guaratuba e Guaraqueçaba, que possuem emissões negativas.

A partir dos resultados do 2INVPR, nota-se que a adoção de medidas que visem à redução das emissões de GEE no estado do Paraná são necessárias, com enfoque no setor de energia e os subsetores da pecuária, agricultura e mudança do uso da terra. A implementação de políticas públicas voltadas para o uso de fontes de energia limpa e renovável, ações de manejo sustentável das áreas rurais e práticas agrícolas mais eficientes é uma medida que deve/pode ser adotada.

Além disso, é fundamental o engajamento da sociedade na adoção de práticas mais sustentáveis em suas atividades cotidianas. O combate às mudanças climáticas é uma responsabilidade compartilhada e é necessário que cada um faça a sua parte para garantir um futuro mais sustentável para as próximas gerações.

2.5. AÇÕES DE MITIGAÇÃO E ADAPTAÇÃO ÀS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NO PARANÁ

O Paraná apresenta uma diversidade de biomas e ecossistemas, que abrangem desde a Mata Atlântica até a região de Cerrado. Esses ambientes são essenciais para a manutenção do equilíbrio climático e a preservação da biodiversidade local, porém, estão sendo afetados pelas mudanças climáticas. O aumento das temperaturas, a frequência e intensidade de eventos climáticos extremos, como secas e chuvas intensas, têm impactado diretamente a agricultura, a pecuária, os recursos hídricos e a saúde pública.

Diante desse cenário, o estado do Paraná tem adotado estratégias de mitigação das emissões de gases de efeito estufa, buscando reduzir sua contribuição para o aquecimento global. A promoção de fontes de energia renovável, como a solar e a eólica, tem sido incentivada, visando diminuir a dependência dos combustíveis fósseis. Além disso, programas de eficiência energética têm sido implementados, promovendo o uso consciente de energia e a redução do consumo em diferentes setores da sociedade.

No que diz respeito à adaptação, o Paraná tem investido em projetos e ações que visam fortalecer a resiliência das comunidades e dos ecossistemas locais. Programas de monitoramento climático e previsão de eventos extremos têm sido desenvolvidos, permitindo uma melhor preparação e resposta diante de situações de risco. A implementação de práticas agrícolas sustentáveis, como o manejo adequado do solo e







o uso de sistemas agroflorestais, busca minimizar os impactos das mudanças climáticas na produção de alimentos e preservar a biodiversidade.

Diante dos desafios impostos pelas mudanças climáticas, o estado do Paraná demonstra um compromisso em enfrentar essa problemática de forma proativa. Com a implementação de ações de mitigação e adaptação, o estado busca preservar seu patrimônio ambiental, promover o desenvolvimento sustentável e garantir um futuro mais resiliente para as próximas gerações.







3. SELO CLIMA

O Estado do Paraná se destaca devido ao comprometimento das instituições públicas e privadas presentes em seu território com o desenvolvimento sustentável. O Selo Clima Paraná foi criado pelo Governo de Estado, por meio da Secretaria do Desenvolvimento Sustentável (Sedest), e foi desenvolvido com o intuito de reconhecer, valorizar e engajar organizações privadas e públicas que buscam adotar boas práticas nos processos de produção.

Em 2022, o Selo passou por uma remodelação, a metodologia foi atualizada com base nos princípios expressos nos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) e nas ações ESG (Ambiental, Social e Governamental). Além disso, foi considerada a Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas (ONU), além de outros compromissos internacionais, como as campanhas "Race to Zero" e "Race to Resilience", e a Declaração de Edimburgo. O Selo Clima é um instrumento da política pública designado como Sistema de Registro Público Estadual de Emissões de Gases de Efeito Estufa, conforme a Política Estadual sobre Mudança do Clima (Lei nº 17.133, de 25 de abril de 2012).

Logo, ao implementar a referida certificação, o Estado do Paraná busca reconhecer e incentivar as atividades econômicas que preservam os recursos naturais e promovem o desenvolvimento sustentável, propiciando o crescimento socioeconômico aliado à conservação do meio ambiente. Segundo o feedback recebido, a participação trouxe às empresas visibilidade e valorização por parte dos *stakeholders*, novos negócios, valorização da cultura de boas práticas ao meio ambiente, aperfeiçoamento da prática de governança nas empresas, entre outros benefícios.

Deste modo, o objetivo de tornar o Paraná reconhecido como o Estado mais comprometido com o desenvolvimento sustentável, em um horizonte de médio prazo, por meio de ações junto aos setores da economia paranaense, torna-se mais próximo da realidade.

3.1. RESULTADOS DA 8ª EDIÇÃO (2022)

As informações declaradas neste tópico são referentes à documentação com base no ano de 2021, que foram fornecidas pelas empresas durante o processo de inscrição do Selo Clima Paraná em 2022 e validadas pela equipe de verificação da Sedest. A pontuação e os certificados foram concedidos durante o Evento de Outorga







realizado em dezembro de 2022. Os dados foram relacionados e filtrados de acordo com o interesse da Sedest. Foram segregados em dois eixos principais, das declarações de Emissões de GEE e dos parâmetros voltados para as ações de ESG das organizações.

É notório um aumento gradativo do número de inscrições nas edições mais recentes do programa (Figura 2), devido principalmente a uma melhoria na divulgação do Programa nas mídias sociais da Sedest e de parceiros do Selo e também pela mudança da metodologia de inscrição, que abrangeu assuntos de relevância na conjuntura atual, como a valorização do Governo para com as organizações que se preocupam com o impacto de suas ações nos âmbitos ambientais, sociais e de governança.

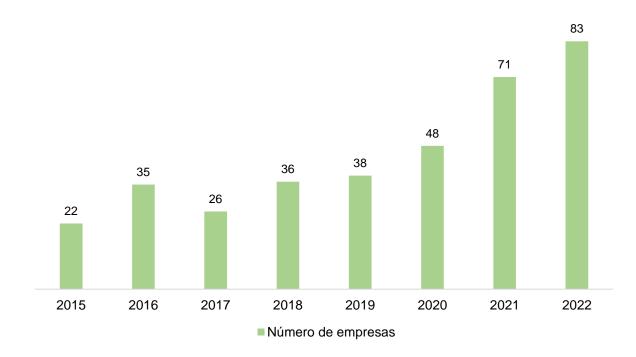


Figura 2 - Evolução das inscrições ao longo dos anos de 2015 a 2022. Fonte: Sedest, 2022.

Conforme a Figura 3, foi identificada uma redução de participação de instituições localizadas na região oeste do estado, além de uma ausência de participantes da região central e centro sul. Com essa identificação, será possível tornar a divulgação mais efetiva do Selo nessas regiões com poucas ou nenhuma empresa participante. Em contrapartida, notou-se um aumento de municípios na região noroeste, que comprova a expansão no Selo Clima Paraná.







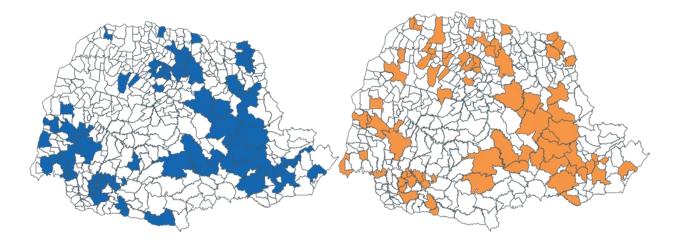


Figura 3 - Análise de participação dos municípios do Estado no Selo Clima Paraná, entre os anos de 2021 e 2022. Fonte: Sedest, 2022.

O Selo contemplou 83 instituições (260 unidades), com sedes distribuídas em 79 municípios do estado. Curitiba foi a mais expressiva, contando com a participação de 26 instituições, seguido por São José dos Pinhais com 8, Ponta Grossa e Colombo com 5.

O Porte das instituições foi definido por uma metodologia baseada na receita e no número de funcionários, sendo definido em: grande, médio 1, médio 2, médio 3 e pequeno. Foi identificado que 54,2% das participantes são classificadas como grandes e 12% pequenas empresas, devido seus faturamentos e números de funcionários. Houveram variações da Receita Bruta Operacional (ROB), de R\$ 270.000,00 à R\$ 300.000.000,000 e números de funcionários variando de 3 até 250 mil, conforme dispõe a Tabela 1.

Tabela 1 - Estratificação do porte, relacionado ao número de instituições participantes.

Porte	Descrição	N.º de Empresas
Pequeno	N.º de funcionários ≥ 250 e Renda anual > R\$ 4,8 milhões	11
Médio 1	N.º de funcionários ≥ 250 e Renda anual ≤ R\$ 4,8 milhões ≥ 16 milhões	3
Médio 2	N.º de funcionários ≥ 250 e Renda anual ≥ R\$ 16 milhões e < R\$ 90 milhões	14
Médio 3	N.º de funcionários ≤ 250 e Renda anual ≥ R\$ 90 milhões e <r\$ 300="" milhões<="" td=""><td>10</td></r\$>	10
Grande	N.º de funcionários > 250 ou Renda Anual ≥ a R\$ 300 milhões	45

Fonte: Sedest, 2022.

O Certificado do Selo Clima Paraná é concedido pela Comissão de Avaliação da Sedest, desde que obtenha a pontuação mínima (0,3) a organização será enquadrada







em uma das categorias: A, B, C e D, de acordo com as pontuações dispostas na Tabela 2.

Tabela 2 - Relação da pontuação das categorias e número de instituições participantes.

	Intervalos		Número de empresas categorizadas
Categoria	Superior	Inferior	Categorizadas
Α		5,5	50
В	5,4	3	18
С	2,9	1	14
D	0,9	0,3	1

Fonte: Sedest, 2022.

Conforme citado anteriormente, as instituições participantes optaram por uma modalidade no ato da inscrição, as opções disponíveis são: Mercado interno e Mercado externo. A escolha dessas categorias está descrita no Gráfico 4.

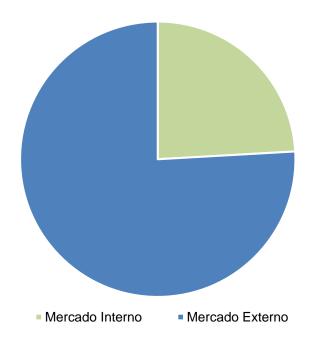


Gráfico 4 – Descrição das categorias e mercados escolhidos em 2023. Fonte: Sedest, 2022.

3.2. RELATÓRIO DE EMISSÕES DE CO2

As emissões são declaradas conforme documento padronizado pela Sedest, este é preenchido pela empresa de acordo com suas informações internas. Ao final do processo, é publicada uma tabela com a síntese das declarações recebidas contendo:









Nome da empresa, local das operações, modalidade, categoria, Escopo I (tCO2e), Escopo II (tCO2e), Carbono biogênico (tCO2e), total emissões no ano (tCO2e), total das emissões escopo I + II (tCO2e) menos biogênico e escopo III (tCO2e).

O Escopo I, reflete as emissões geradas como resultado direto das operações internas da empresa. Todas as frotas automotivas que a organização possui ou outros equipamentos que utilizam combustíveis fósseis e que causem a emissão de gases de efeito estufa devem ser incluídos neste escopo.

Já o Escopo II, são as emissões indiretas, provenientes principalmente da utilização de energia elétrica adquirida para uso da instituição. Neste Escopo, deve ser relatada todas as emissões de gases geradas pelo consumo de eletricidade, vapor, calor e refrigeração.

O Escopo III refere-se a todas as emissões as quais a empresa é indiretamente responsável dentro da sua cadeia de valor e é o escopo mais complexo de se declarar. São emissões provenientes de produtos de fornecedores e de seus produtos, abrange também o deslocamento de funcionários, viagens de negócios e a destinação e tratamento de resíduos, além do transporte e distribuição das cargas da organização. Em 2022, nove empresas aplicaram para o Mercado Interno e optaram pelo preenchimento do Escopo III. Das empresas que aplicaram para o Mercado Externo, quinze efetuaram o preenchimento do Escopo III e cinco não preencheram.

3.3. DECLARAÇÃO DE REDUÇÃO DE EMISSÃO

Esta declaração é emitida pela Organização Inventariante de terceira parte acreditada pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO), contratada pelas empresas, de forma que garante as informações de redução das emissões de gases de efeito estufa declaradas na inscrição, medidas em toneladas de Dióxido de Carbono Equivalente (tCO2e), quando comparadas as emissões totais de Escopo I e Escopo II do ano base e do ano inventariado.

Em 2022, cinco empresas declararam a redução de suas emissões em relação ao ano base 2021, totalizando um somatório de mais de 40 mil tCO2e que deixaram de ser emitidos.

Por meio da declaração de redução de emissões de GEE auditadas por terceira parte independente, algumas empresas relataram como alcançaram suas reduções: 1) Redução do Consumo de óleo de combustível nas caldeiras e fornos de cal; 2) Troca de







óleo por Metanol; 3) Troca de gasolina em veículos leves por etanol, por meio de campanhas e um novo procedimento de orientação de abastecimento; 4) Redução do consumo de óleo diesel no transporte de madeira; 5) Redução das emissões de escopo 2 associada à não contabilização das emissões do consumo de energia, enquanto exercendo o papel de compensador síncrono ao SIN; 6) Redução no consumo de gases refrigerantes através da realização de manutenção preventiva periódica; 7) Automatização da elaboração do inventário de GEE através da plataforma Cerensa, contribuindo para a melhoria e eficácia do processo; 8) Compra de locomotivas mais eficientes, com maior capacidade de carga e com um consumo menor de combustível, além de sistemas que permite condução semi autônoma, sendo mais eficiente, suave e otimizada, com redução de até 6% no consumo de combustível em uma viagem, além de implantar o dispositivo start-stop (tecnologia dos automóveis em ele é o responsável por ligar e desligar o motor do carro de forma automática quando o condutor para o veículo, como em semáforos e no congestionamento, visando a economia de combustível).

3.4. RELATÓRIO DE AÇÕES ESG

Com a nova metodologia implantada no processo de inscrição do Selo Clima Paraná em 2022, considerou-se as boas ações do âmbito ESG (ambiental, social e de governança) das organizações e suas complexidades. Dentro do Selo Clima, o requerente preenche as ações desenvolvidas por sua instituição dentro de três segmentos, sendo eles: Certificação, Metas e Outras Ações. Nesse sentido, foram totalizadas 1299 ações, distribuídas conforme a Tabela 3 e no Gráfico 5.

Tabela 3 - Segmentação das ações ESG declaradas pelas organizações.

Certificados	262
Metas	350
Outras Ações	687
Total	1299

Fonte: Sedest, 2022







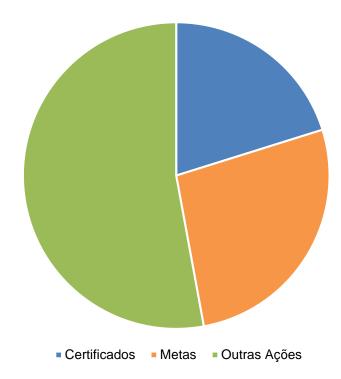


Gráfico 5 - Representação da proporção das ações ESG declaradas pelas organizações, conforme os tipos de segmentos. Fonte: Sedest, 2022.

Cada uma das ações pontuadas é correlacionada a um Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS), como resultado das informações preenchidas, as ações possibilitaram atingir todos os 17 ODS, como demonstra a Tabela 4.







Tabela 4 - Número de Objetivos do desenvolvimento sustentável (ODS) alcançados nas ações desenvolvidas no ano base 2021 pelas organizações.

1. Erradicação da pobreza	09
2. Fome zero e agricultura sustentável	27
3. Saúde e Bem-estar	137
4. Educação de qualidade	59
5. Igualdade de Gênero	33
6. Água potável e Saneamento	62
7. Energia Acessível e Limpa	58
8. Trabalho decente e crescimento econômico	57
9. Indústria, Inovação e Infraestrutura	57
10. Redução das desigualdades	56
11. Cidades e comunidades sustentáveis	136
12. Consumo e produção responsáveis	235
13. Ação contra a mudança global do clima	222
14. Vida na água	05
15. Vida terrestre	56
16. Paz, justiça e instituições eficazes	51
17. Parcerias e meios de implementação	39
TOTAL	1299

Fonte: Sedest, 2022.

As informações obtidas demonstram uma principal porcentagem em ações voltadas ao âmbito Ambiental (56%), seguidas pelas ações Sociais (31%) e de governança (13%). O Gráfico 6 representa os valores quantitativos de cada ação.







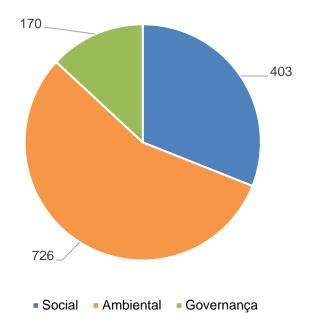


Gráfico 6 - Ações Ambiental, social e de governança (ESG) relatadas pelas instituições participantes. Fonte: Sedest, 2022.

3.5. RELATÓRIO DOS MUNICIPIOS INSCRITOS

Os municípios que participaram utilizando do seu CNPJ, foram: Curitiba através do Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Curitiba (IPPUC) e o município de Maringá, através do Instituto de Pesquisa e Planejamento Urbano de Maringá (Ipplam).

3.6. Curitiba - IPPUC

Dentre os documentos comprobatórios de ações desenvolvidas no ano de 2022, foram apresentadas na Tabela 5.

Tabela 5 - Documentos de ESG relatados.

Certificados	0
Metas	7
Outras Ações	15
Total	22

Fonte: Sedest, 2022.

Algumas metas apresentadas, foram: "Adequação Hidrossanitária das Instalações do Instituto", com a implantação das adequações hidrossanitárias, conforme o Programa de Ampliação da Sustentabilidade para promover a economia de água. A







redução de emissões totais do Instituto e implementar o Projeto de Eficiência Energética do IPPUC, que consiste em cinco produtos, como: a) Elaboração do diagnóstico das edificações; b) Adequação energética de todas as dependências do Instituto; c) Elaboração de novo projeto elétrico seguindo padrões de sustentabilidade e da Copel; d) Elaboração do projeto de geração distribuída de energia fotovoltaica; e) Participação no Edital de Eficiência Energética da ANEEL, dentre outras metas.

E como outras ações, atividades relacionadas ao paisagismo da cidade, visando substituição de espécies exóticas invasoras por espécies nativas na arborização e no paisagismo. Ao Plano de Estrutura Cicloviária de Curitiba, buscando ambientalmente as conexões da malha às estruturas existentes e a conscientização. O Programa de Ampliação da Sustentabilidade das Atividades do IPPUC, que engloba ações e metas para garantir a sustentabilidade do Instituto, dentre outras ações.

Essas, garantem o cumprimento do ODS 11, que trata das cidades e comunidades sustentáveis, e são de dimensão Ambiental, Social e Governamental, atingindo todos os ESG.

Quanto às emissões declaradas, destaca-se o Escopo I - 4,84 tCO₂e, devido principalmente ao consumo de gasolina da frota do Instituto e Escopo II - 20,85 tCO₂e se deve pelo consumo de energia elétrica da estrutura administrativa.

3.7. Maringá – IPPLAM

Dentre os documentos comprobatórios de ações desenvolvidas no ano de 2022, foram apresentadas na Tabela 6.

Tabela 6 - Tipos de documentos de ESG relatados.

Certificados	1
Metas	0
Outras Ações	22
Total	23

Fonte: Sedest, 2022.

O Certificado descrito, trata-se do Selo Clima Paraná 2021, o qual o município já demonstrou participação no ano anterior, com a realização do inventário simplificado de emissões de gases do efeito estufa das instalações da prefeitura do município. Além disso, outras ações foram realizadas, sendo: horas comunitárias, ampliação da malha







cicloviária, projetos de revitalização de locais com descarte irregular de resíduos e campanhas de cunho social como, campanha do agasalho, aconselhamento psicológico, enquadramento de pessoas no mercado de trabalho. As ações direcionadas a cada ODS, foram subdivididas de acordo com a Tabela 7.

Tabela 7 - Ações ESG relatadas.

Total	23
Governança	11
Social	5
Ambiental	7

Fonte: Sedest, 2022.

Quanto às emissões declaradas, destaca-se o Escopo I com 3.940,33 tCO₂e, decorrente principalmente do consumo de combustíveis fósseis pela frota do município e Escopo II com 1.244,21 tCO₂e que se deve pelo consumo de energia elétrica das estruturas administrativas.

Com as alterações realizadas na metodologia em 2022, notou-se uma maior participação das organizações, institutos e municípios. Buscando melhorias para o programa, foi solicitado o preenchimento de um feedback das participantes via google docs e as respostas recebidas na participação trouxeram informações importantes para a continuidade do Selo Clima Paraná, além de sugestões de alterações que foram pensadas para as próximas edições. Além disso, foi relatado pelas empresas que o Certificado e Selo recebidos, trouxeram maior visibilidade e valorização por parte dos stakeholders, novos negócios nacionais e internacionais, aumentou a cultura de boas práticas ao meio ambiente internamente dentro das organizações, aperfeiçoou a prática de governança nas empresas, trazendo maior transparência das organizações.

Após a avaliação das informações, foi perceptível o avanço do Selo Clima Paraná em 2022, o qual recebeu maior número de inscrições e conseguiu realizar um levantamento de informações que servirá como um banco de dados ao Estado. Além de proporcionar aos participantes a certificação da conscientização com as questões de emissões de GEE e ações desenvolvidas no âmbito das ESG e das ODS. Com o objetivo de continuar certificando as instituições envolvidas com a sustentabilidade, o Selo Clima Paraná inicia sua 9ª Edição em 2023.







4. TRATAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS E EFLUENTES

4.1. RESÍDUOS SÓLIDOS

O contínuo aumento da população e seus hábitos de consumo têm impactado diretamente no volume de resíduos sólidos gerados no Brasil. De acordo com a Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2022), no ano de 2022 foram gerados no país aproximadamente 81,8 milhões de toneladas de resíduos sólidos urbanos, resultando em uma média de 381 kg por habitante ao ano.

Os melhores cenários na mitigação das emissões de gases de efeito estufa têm sido aqueles relacionados ao tratamento aeróbio, como a compostagem e o anaeróbio com recuperação de metano (Barton, Issaias & Stentiford, 2008). Segundo o Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG, 2020), a compostagem com recuperação da fração orgânica evita emissões de 3 kg de CH4 t⁻¹, e digestão anaeróbia evita 2,3 kg de CH4 t⁻¹ de resíduo.

A disposição incorreta ou o manuseio indevido de resíduos sólidos acarreta em sérios problemas para a região de localização dos mesmos, prejudicando todos os pilares do meio ambiente como a fauna, a flora, solo, águas subterrâneas e superficiais, além de contribuir com as mudanças climáticas uma vez que os gases gerados durante o processo de decomposição dos resíduos sólidos potencializam o aquecimento global.

No Brasil, aterros sanitários bem construídos, com camada de impermeabilização na base e drenos para coleta de lixiviados e gases, operados com eficiência, com cobertura de solo ao final de cada período de serviço, e em localização adequada, são alternativas seguras para gestão dos resíduos, porém não se enquadram como uma realidade para grande parte do país. Cabe a ressalva que, quanto melhor a condição anaeróbia de um aterro sanitário, maior o potencial de produção de metano e os demais gases, quando não coletado.

De acordo com o SEEG, o indicador resíduo está na quinta colocação entre os principais setores responsáveis pelas emissões de GEE no Brasil, ficando atrás de indicadores como: mudanças de uso da terra e florestas, agropecuária, energia e processos industriais. As emissões de gases associados aos resíduos sólidos urbanos, para o ano de 2021, foram 91,12 milhões de toneladas de CO² eq., sendo que a principal contribuição para essas emissões está diretamente relacionada à disposição final inadequada dos resíduos.







Em relação à disposição final, de acordo com o Panorama (Abrelpe) referente ao ano de 2021, dos 5.570 municípios brasileiros apenas 2.774 possuíam destinação adequada em aterros sanitários, em contrapartida 2.826 destinavam seus resíduos de forma inadequada em lixões ou aterros controlados.

4.2. EFLUENTES

De acordo com a Lei 11.445 de 2007, também conhecida como Lei do Saneamento, os efluentes domésticos são resíduos que provêm de serviços públicos de saneamento básico compostos basicamente de abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, resíduos e drenagem das águas pluviais urbanas.

Os efluentes domésticos podem ser uma fonte de metano (CH₄) quando tratados por sistemas anaeróbios ou quando este gás se mantém dissolvido no efluente tratado em sistemas aerados, além de serem uma fonte de emissões de óxido nitroso (N₂O). As emissões de dióxido de carbono (CO₂) de efluentes domésticos não são consideradas nas Diretrizes do IPCC porque geralmente são derivadas de matéria orgânica biogênica em excrementos humanos ou resíduos de alimentos (referência 2019 *Refinement to the* 2006 *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*). O óxido nitroso (N₂O) tem um potencial de aquecimento global de 298 GPW100 enquanto o metano tem o potencial de aquecimento global 25 GPW100 (IPCC, 2014).

Segundo o Instituto Trata Brasil (2023), apenas 100 milhões de habitantes possuem acesso ao saneamento básico que conta com distribuição de água potável e coleta de esgoto, ou seja, não há informações detalhadas para que o cálculo exato de geração e emissão GEE possa ser contabilizado.

No Paraná, as estações de tratamento de esgotos domésticos são administradas pela Companhia de Saneamento do Paraná - Sanepar, pelos Serviços Autônomos Municipais de Água e Esgoto (Samaes) e algumas empresas privadas, como exemplo a Paranaguá Saneamento atuante no município de Paranaguá. Ao todo, o Estado do Paraná conta com, aproximadamente, 320 ETEs outorgadas e cadastradas nos sistemas de licenciamento do Instituto Água e Terra.

Os processos de tratamento dos esgotos geram efluentes com carga reduzida de matéria orgânica, os quais são lançados em corpos hídricos como alternativa de disposição final. Os sólidos orgânicos e inorgânicos resultantes da atividade microbiana nos processos de decantação biológica ficam retidos no processo de tratamento e







posteriormente são estabilizados e desidratados formando-se o lodo. A geração do lodo das ETAs e ETEs, conforme o Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Paraná, PERS/PR (2018), foi de aproximadamente 43 mil t/ano de matéria seca.

Segundo as informações obtidas no 2INVPR no período de 2005 a 2019 foram elencados dois subsetores, sendo eles: efluentes domésticos e resíduos sólidos, que contribuíram com 25% e 75%, respectivamente. Os resultados obtidos apontaram que, para o ano de 2019, o setor de resíduos e efluentes emitiram cerca de 3,8 milhões de toneladas CO² eq.

Visando mitigar as emissões provocadas pelo setor foram adotadas as seguintes ações:

- Lei Estadual 20.607 de 10 de junho de 2021, que institui o PERS/PR e dá outras providências;
- II. Consórcios Regionais: visa atuar na gestão regionalizada dos resíduos sólidos urbanos, visto que no Estado do Paraná, em sua composição majoritária é composto por municípios de pequeno porte, refletindo em uma gestão precária dos resíduos no que tange à disposição final. chorume no lençol freático e a falta de controle nas emissões dos gases gerados;
- III. Sistema Estadual de Informações sobre Resíduos Sólidos (Plataforma Contabilizando Resíduos): trata-se de uma ferramenta que tem como finalidade avaliar, monitorar e fiscalizar as atividades municipais e do setor empresarial. Bem como, a publicação das resoluções Conjuntas Sedest/IAT n°20 e 22/2021;
- IV. Logística Reversa: visa verificar as ações dos setores/empresas sujeitas à realização da logística reversa em âmbito estadual, acompanhamento também dos instrumentos federais, tais como: Acordos Setoriais, Termos de Compromissos e Regulamentos expedidos pelo Poder Público;
- V. Novas Tecnologias: trata-se de uma Iniciativa de Projetos de Pesquisa, Desenvolvimento e Inovação (PD&I) com o objetivo de estudar e reconhecer novos processos tecnológicos para a gestão e tratamento de resíduos sólidos (rotas térmicas, biológicas e mecânicas) em municípios paranaenses.







Por meio das ações de mitigação adotadas, nos últimos anos foram obtidos os seguintes resultados:

- Identificação de 17 consórcios no Estado do Paraná que possui a finalidade de gestão de resíduos sólidos, no entanto, há 11 consórcios atuando de fato com a operacionalização regionalizadas de resíduos sólidos urbanos, o que corresponde a 113 municípios do Estado;
- Quanto às informações da plataforma no ano de 2022, recebemos o diagnóstico de 249 municípios paranaenses;
- III. Para a Logística Reversa, foram avaliados 55 Planos de Logística Reversa (PLR), distribuídos em 15 setores empresariais sujeitos à logística reversa estadual. Além dos PLRs, foram firmados 3 Termos de Compromisso para o setor de: Lâmpadas, Baterias Chumbo ácido e Embalagens de Papel/Papelão;
- IV. Implantação do Projeto Piloto Usina de Termomagnetização de Resíduos Sólidos, elaboração da Resolução Conjunta Sedest/IAT Nº 9 DE 30/05/2022, que "Dispõe sobre incentivos ao aproveitamento energético de resíduos sólidos por rotas biológicas ou térmicas, buscando priorizar a hierarquia apresentada na Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), de não-geração, redução, reutilização e reciclagem, bem como incentivos e apoio à pesquisa, desenvolvimento e inovação realizados por órgãos públicos, pela academia e sociedade civil organizada em temas relacionados a rotas tecnológicas de tratamento" e Resolução Conjunta Sedest/IAT nº 014/2022: Instituí os representantes do Comitê de deliberação, gestão e avaliação dos requerimentos de projetos, pesquisas e inovações tecnológicas sustentáveis na gestão de resíduos sólidos, referente a execução do Projeto LIXO 5.0.

4.3. EDUCAÇÃO AMBIENTAL

A Educação Ambiental (EA) compreende os processos por meio dos quais o indivíduo e a coletividade constroem valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências voltadas para a conservação do meio ambiente, bem de uso comum do povo, visando a melhor qualidade de vida, através do uso sustentável do meio ambiente. (ICMBio, 2023). É crucial a compreensão profunda dos desafios e questões







ambientais, como a degradação dos ecossistemas e perda da biodiversidade, poluição, ações climáticas e escassez de recursos naturais.

Diante de suas múltiplas construções em todo o mundo, é explicada por distintas definições, linhas e tendências. O conceito de educação ambiental é baseado no Tratado de Educação Ambiental para Sociedades Sustentáveis e Responsabilidade Global (BRASIL, 2005), documento construído na Jornada Internacional de Educação Ambiental, durante o Fórum Global, paralelo à Rio-92 e da missão e objetivos enunciados pelo Programa Nacional e Estadual de Educação Ambiental (ProNea, 2004):

"A educação ambiental consiste em processos permanentes, contínuos, articulados com a totalidade dos habitantes de cada base territorial, de aprendizagem baseada no cuidado e respeito com todas as formas de vida e na conservação, recuperação e melhoria do meio ambiente e da qualidade de vida. Tal educação afirma valores e ações que contribuem para a transformação humana e social e estimula a formação de sociedades sustentáveis, que conservam entre si relação de interdependência e diversidade. Isto requer responsabilidade individual e coletiva em nível local, nacional e planetário (BRASIL, 2004)."

A EA também é um dos instrumentos fundamentais da gestão ambiental e territorial, uma vez que orienta agentes públicos e privados na reflexão, construção e implementação de políticas públicas que possibilitem solucionar questões estruturais, almejando a sustentabilidade socioambiental. A educação tem contribuições a oferecer e a construir se a entendermos como processo estratégico de mediação na relação do indivíduo com a sociedade, consigo mesmo e com o ambiente natural e construído. Neste sentido, a educação ambiental contribui com o tema das mudanças climáticas, dentro da Secretaria Estadual do Desenvolvimento Sustentável, como parte da Política Estadual de Mudanças Climáticas, atuando em interface com a Política Estadual de Educação Ambiental. Isso significa explorar e apoiar as possibilidades de instrumentalizar essas políticas a partir de propostas e ações educativas, atuantes em diversos ambientes, comunitários, não governamentais, governamentais e empresariais.

As políticas públicas em educação ambiental implicam uma crescente capacidade do Estado de responder, ainda que com mínima intervenção direta, às demandas que surgem do conjunto articulado de instituições atuantes na educação ambiental crítica e emancipatória (Sorrentino, et. al 2005). Trata-se de uma inserção quantitativa e







qualitativa, pois é uma estratégia que auxilia no incremento da Educação Pública de qualidade. Com ela são estabelecidos arcabouços legais que respaldam a educação ambiental, tanto no âmbito do ensino formal como do ensino não formal. Isso pode incluir a criação de leis, regulamentos e diretrizes que exigem o fortalecimento da EA nos currículos dos diferentes níveis de ensino, bem como a promoção de programas, projetos e ações em prol do desenvolvimento sustentável e da cultura de responsabilidade socioambiental.

Construir uma sociedade sustentável, pensando na educação ambiental, exige uma mudança de paradigmas, que, no fim, se relacionam diretamente ao combate às mudanças climáticas. Ou seja, as ações educativo-ambientais, direta ou indiretamente, buscam sensibilizar pessoas para que elas, mesmo realizando suas atividades de produção, consumo e descarte, mantenham os ecossistemas equilibrados. Isso inclui sensibilizar diferentes atores para que reduzam as emissões de GEE, executem ações visando mitigar os efeitos das mudanças climáticas, ou mesmo que se baseiam nos ecossistemas naturais para se adaptarem a tais efeitos.

O Paraná, por ser um Estado detentor de diversas áreas protegidas, como parques, reservas biológicas, áreas de preservação permanente, reservas legais e estações ecológicas, deve utilizar a EA para sua proteção e conscientização. O Estado estimula o desenvolvimento de projetos de agricultura familiar, agroecologia e turismo sustentável, valorizando a conservação da biodiversidade e também a geração de renda para as comunidades locais.

4.4. PARQUES URBANOS

O Convênio de Parques Urbanos visa impulsionar a criação de parques em áreas urbanas ou de expansão com características de fundo de vale, erosão e recursos hídricos. O objetivo principal é promover a conservação da biodiversidade e a restauração ecológica do bioma Mata Atlântica, utilizando espécies nativas, incluindo aquelas ameaçadas de extinção.

Além disso, visa incentivar a instalação de meliponídeos através do projeto Poliniza Paraná, para destacar a importância da conservação das abelhas nativas sem ferrão. Por fim, busca-se estimular a implantação de ações e atividades de educação ambiental.







O objetivo é proteger corpos hídricos, recuperar matas ciliares e fornecer espaços de lazer para a população paranaense. Até 2022, o programa já abrangia 99 municípios, sendo que 24 deles tiveram seus parques concluídos, outros 35 estão em fase de execução, 4 estão em processo de licitação e 36 aguardam a liberação de recursos. Cerca de 250 municípios solicitaram participação no programa, sendo que alguns já apresentaram seus projetos, os quais estão em análise pela equipe técnica.

A estruturação e manutenção das áreas resultam em diversos benefícios, como a melhoria das condições microclimáticas, o controle da poluição, a conservação da biodiversidade e a promoção da interação entre as pessoas e a natureza. Esses efeitos positivos são alcançados por meio de ações como o plantio de mudas nativas para reestruturar áreas de Proteção Permanente e bosques, o desassoreamento e proteção de corpos hídricos para melhorar sua qualidade, a recuperação de erosões, a polinização local através dos meliponários e a conscientização ambiental por meio de espaços educadores sustentáveis, o que evita o uso inadequado dessas áreas. Foram entregues parques nos municípios de Guaíra e Primeiro de Maio, por exemplo. Na Figura 4 e a Figura 5 demonstram o antes e depois do município de Guaíra, respectivamente. A Figura 6 e a Figura 7 representam o antes e depois do município de Primeiro de Maio, respectivamente.









Figura 4 - Município de Guaíra antes do Projeto Parque Urbano (PPU).



Figura 5 - Município de Guaíra após Projeto Parque Urbano (PPU).











Figura 6 - Município de Primeiro de Maio Anterior ao Projeto Parque Urbano (PPU).



Figura 7 - Município de Primeiro de Maio Depois Projeto Parque Urbano (PPU).







5. ESTUDO DE ADAPTAÇÃO BASEADA EM ECOSSISTEMAS – ABE PARA OS MUNICÍPIOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO BAIXO IVAÍ

Desde 1990, com o primeiro relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima (IPCC), até os dias atuais, uma das maiores preocupações mundiais segue sendo a mudança do clima e de que forma isso tem se intensificado devido a influência humana no ambiente em que vive. Dito isso, os impactos nas áreas econômicas, sociais e ambientais têm levantado um alerta para que algo seja feito. Medidas como a preservação e conservação de áreas naturais e a recuperação de áreas degradadas, somadas a ações de sustentabilidade, como a Adaptação baseada em Ecossistemas (AbE) e Soluções baseadas na Natureza (SbN), são apenas algumas das maneiras pensadas para minimizar ou tentar impedir que os problemas causados pelas mudanças climáticas se estendam e afetem as futuras gerações.

Neste contexto, foi estabelecida uma parceria entre o Instituto Federal do Paraná (IFPR) e a Secretaria de Estado do Desenvolvimento Sustentável (Sedest), com o intuito de apresentar soluções na linha da AbE, para que possam beneficiar setores econômicos como a agricultura, pecuária e o turismo, os quais, em cenários futuros, são fortemente afetados pela mudança climática, sendo setores que causam grandes repercussões sociais e ambientais. Desse modo, tratar de questões como a mudança do clima, vulnerabilidade, AbE e SbN em municípios, como da Bacia Hidrográfica do Baixo Ivaí, é de extrema relevância, considerando que a região poderá sofrer muito com os impactos previstos, devido às alterações climáticas.

5.1. CONCEITO DE SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS E ADAPTAÇÃO BASEADA EM ECOSSISTEMAS (AbE)

A Lei que institui a Política Nacional de Pagamento por serviços ambientais (Lei nº 14.119/2021) define os Serviços Ecossistêmicos como os benefícios relevantes para a sociedade, que são realizados por diferentes ecossistemas, isto em relação à manutenção, recuperação ou melhoria das condições ambientais (Brasil, 2021; GIZ, 2015). A mesma lei classifica os serviços ecossistêmicos em quatro modalidades (serviços de provisão, de suporte, de regulação e culturais), de acordo com as características e consequentes proveitos gerados por cada um. A partir dessa base teórica surge o conceito de Soluções baseadas na Natureza (SbN), que pode auxiliar a minimizar alguns dos impactos da mudança do clima. Isso quer dizer que se direciona o foco das soluções, para diferentes problemas gerados pelas mudanças climáticas, para







os benefícios decorrentes da biodiversidade, dos serviços ecossistêmicos para o ser humano e da forma como esses benefícios podem ser utilizados para o enfrentamento dos impactos previstos. Como os efeitos e impactos da mudança do clima serão sentidos de forma distinta nos diferentes países, estados e cidades, estes possuem estratégias diversas para combater e/ou minimizar os possíveis impactos previstos. Dentre essas estratégias, estariam as de mitigação e adaptação. Entende-se por mitigação, "à implementação de medidas que reduzam as fontes de emissão de gases de efeito estufa e aumentem os sumidouros de carbono" (MMA, 2016). Por sua vez, as ações de adaptação são entendidas como "iniciativas e medidas para reduzir a vulnerabilidade dos sistemas naturais e humanos frente aos efeitos atuais e esperados da mudança do clima" (MMA, 2016). Já o IPCC (2014, p. 21) define adaptação como "o processo de ajuste de sistemas humanos e naturais ao clima atual ou esperado e a seus efeitos". Em outras palavras, a mitigação investe em ações voltadas para limitação ou diminuição da emissão de gases de efeito estufa. E a adaptação tem um foco em ações que busquem reduzir os impactos negativos da mudança do clima. De acordo com o Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2021), "a adaptação à mudança do clima baseada em ecossistemas (AbE) busca usar a biodiversidade e os serviços ecossistêmicos como estratégia para ajudar as pessoas a se adaptarem aos impactos da mudança do clima."

Nesse contexto, o projeto AbE que tem os municípios da Bacia Hidrográfica do Baixo Ivaí como área de estudo (Figura 8), e toma como objetivo identificar quais sistemas de produção serão afetados pelos impactos da mudança do clima. Ou seja, busca analisar o cenário atual e eventos futuros, a fim de mostrar as possíveis ameaças que possam interferir na continuidade das atividades econômicas na região.



Figura 8 - Localização da Bacia Hidrográfica do Baixo Ivaí, no Paraná, Brasil.







Do mesmo modo, tem como o objetivo específico descrever o clima atual e apresentar a previsão do clima futuro nos municípios estudados, destacando como as atividades socioeconômicas da localidade podem ser influenciadas pelos impactos da mudança climática.

5.2.0 ESTUDO

A partir da análise dos dados coletados sobre as características, clima atual e a previsão sobre o clima futuro, para os municípios da Bacia Hidrográfica do Baixo Ivaí, conclui-se que a região será afetada pela mudança do clima, essencialmente no setor de produção agrícola e pecuária. Tais impactos se relacionam à demanda hídrica, à tolerância às oscilações de temperatura e à falta de adaptação (às mudanças ambientais) dos agricultores. Tais efeitos são evidenciados pelo estudo que foi realizado, todavia é provável que diversos outros problemas sejam identificados com estudos mais elaborados. Todos esses impactos na agricultura e pecuária locais afetarão a cadeia de geração de alimentos, uma das principais fontes de renda de alguns municípios da região como Guairaçá, por exemplo. Dessa forma, a alteração do clima também trará forte impacto negativo na área socioeconômica da região.

Se não forem encontradas e realizadas alternativas para reduzir tais impactos, os danos causados serão irreversíveis, segundo o 6º relatório IPCC. Pensando em um panorama maior, os impactos da crise climática atingirão as cadeias de abastecimento, os mercados, as finanças e o comércio global, reduzindo, assim, a disponibilidade de bens no Brasil e, consequentemente, aumentando seus preços, bem como prejudicando os mercados de exportações do país. Os choques econômicos provocados pelos impactos das mudanças climáticas, incluindo a redução dos rendimentos agrícolas, os danos à infraestrutura crítica e os aumentos de preços das commodities, podem levar a instabilidades financeiras em níveis locais, nacionais e globais.

Partindo dessa premissa, as alternativas disponíveis para minimizar ou impedir que os impactos sejam sofridos, em toda a cadeia produtiva, seria ideal propor políticas públicas para incentivo dessas iniciativas. Por exemplo, poderiam ser criadas ações eficazes de mitigação, buscando reverter os danos já sentidos e reduzir situações de riscos potenciais. Ainda, também se poderia instigar a realização de mais estudos na região, visando a qualidade ambiental e a qualidade de vida para a população local.







6. POLINIZA PARANÁ

As abelhas são essenciais para o bem-estar humano devido à sua função no ecossistema, favorecendo a reprodução de espécies vegetais selvagens e agrícolas, o que garante segurança alimentar para a humanidade e a perpetuação da vida na Terra. As abelhas são os mais importantes polinizadores, entre os grupos de insetos e vertebrados que prestam esse serviço. São conhecidas mais de 20.000 espécies de abelhas em todo o mundo, que podem ter hábito social e formar colônias de diversos tamanhos, além daquelas semi-sociais e das abelhas solitárias. A grande maioria das espécies de abelhas alimentam-se exclusivamente de recursos florais, criando uma alta afinidade com as plantas que consomem. No decorrer da evolução, plantas e abelhas desenvolveram diversas adaptações recíprocas, o que é chamado de coevolução.

A atividade mais importante que desempenham, sob o ponto de vista de benefícios aos seres humanos, é a polinização. Sem a polinização, muitas espécies vegetais não produzem sementes e frutos, impossibilitando a sobrevivência da vegetação nativa e a produção de alimentos. Assim, são responsáveis por manter o fluxo gênico de diversas espécies da flora nativa e espécies cultivadas em vários ecossistemas do mundo (NOCELLI et al., 2012; COSTA & OLIVEIRA, 2013).

Essa interação ecológica, fornecida pelas abelhas nativas, é considerada um serviço ecossistêmico regulatório, de provisão e cultural que fornece muitos benefícios aos seres humanos, entre eles: variabilidade genética das plantas, sustentação da biodiversidade e funções ecossistêmicas, garantia e diversidade de frutos, sementes, mel, entre outros, bem como a valoração do conhecimento tradicional (BPBES/REBIPP, 2019).

As abelhas nativas têm grande relevância nos ecossistemas naturais e agrícolas, pois são capazes de polinizar cerca de 40% a 90% das plantas nativas (KERR, 1997). Em áreas agrícolas podem ser responsáveis por polinizar até 70% das 1.330 espécies cultivadas nas regiões tropicais, produzindo frutos e sementes em maior quantidade e com melhor qualidade, em relação a outras formas de polinização. Além disso, as abelhas nativas têm relação direta com 15 a 30% da produção mundial de alimentos (BPBES/REBIPP, 2019; SANTOS, 2010).

Os primeiros estudos sobre a importância econômica mundial dos serviços ecossistêmicos, prestados por esses polinizadores, estimavam uma valoração em torno de US\$70 bilhões por ano (COSTANZA, et al., 1998). Em 2016, esse número foi







atualizado e atualmente é estimado entre US\$235 bilhões e US\$577 bilhões por ano. No Brasil essa valoração pode passar dos US\$12 bilhões por ano.

Diversas espécies, principalmente de abelhas nativas, estão ameaçadas pela degradação ambiental, exigindo que ações eficazes e políticas públicas para protegê-las sejam fundamentais. As mudanças climáticas globais têm sido consideradas um dos motivos mais preocupantes para o declínio dos polinizadores no mundo. Essas mudanças podem comprometer diversas características das espécies como: sua riqueza e abundância; a sincronização de fenologia e padrões de atividade diurna de polinizadores; modificar redes de interação polinizadores-plantas e alterar as áreas de ocupação adequadas dessas espécies. O que faz de a problemática da extinção das abelhas ser uma adversidade ambiental relevante e que deve ser combatida.

Tendo em vista as inúmeras ameaças sofridas pelas abelhas nativas e a sua importância para a manutenção de áreas naturais e cultivadas, atualmente são crescentes as ações e iniciativas que buscam incentivar a sua conservação e proteção por meio da atividade da criação racional, motivada pela relevância ambiental, cultural e econômica. Por meio da meliponicultura, o Projeto Poliniza Paraná, é um excelente exemplo de ação favorável às abelhas nativas. Devido ao enorme potencial do projeto para a proteção desses polinizadores.

Esse Projeto tem como principal objetivo a manutenção e aumento da população das abelhas nativas em áreas naturais e divulgação do importante papel de polinização que é desempenhado por elas. Sua execução é feita por meio da instalação de meliponários, chamados de "Jardins de Mel", em espaços públicos dos municípios, tais como em parques, bosques, praças e instituições estaduais de ensino público. Além disso, o Projeto tem potencial de contribuir com a reposição das populações de abelhas nativas na natureza, principalmente nos ambientes que elas já não estavam mais presentes, ajudando a conservar as espécies naturais do Paraná.

O Poliniza Paraná é uma iniciativa para contribuir com o ODS nº 15 – Vida Terrestre, apontado na Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas (ONU). Aparece como um projeto para ser referência mundial em manutenção da biodiversidade, uma ferramenta para processos educativos sobre os serviços ecossistêmicos e o papel das abelhas nativas no equilíbrio e qualidade ambiental do planeta. As atividades desenvolvidas no âmbito do Projeto Poliniza Paraná visam a divulgação e sensibilização sobre a importância e os benefícios dos serviços ecossistêmicos prestados pelas abelhas nativas sem ferrão. São implantados







meliponários com espécies de abelhas nativas de ocorrência geográfica natural das regiões contempladas, preferencialmente as espécies mais adaptadas ao manejo racional local, com menor defensividade para ações de educação ambiental e as mais representativas. Os meliponários são instalados em áreas estratégicas, tanto para sensibilizar a sociedade como acomodar adequadamente as colônias de abelhas nativas, esses ambientes são preferencialmente os Parques Urbanos, Unidades de Conservação, hortas comunitárias, escolas e praças.







7. MAPEAMENTO DE VULNERABILIDADE, RISCO E RESILIÊNCIA DE ÁREAS NO PARANÁ

Analisamos a vulnerabilidade dos municípios paranaenses com relação aos efeitos oriundos das mudanças climáticas, tais como eventos severos e extremos de chuva, vento, umidade do ar e temperatura, devido a causas naturais, os quais preocupam setores diversos da sociedade quanto a susceptibilidade ao dano e a resiliência dos sistemas de infraestrutura. Dentre as atividades humanas mais sensíveis a esses eventos, estão aquelas ligadas à preservação da vida, distribuição de água, agricultura, energia, transporte e turismo.

No contexto das mudanças climáticas, conforme ilustrado no diagrama da Figura 9, a vulnerabilidade é caracterizada pela junção de fatores climáticos e não climáticos. Assim sendo, o termo diz respeito à susceptibilidade e a capacidade dos sistemas natural e humano para lidarem com os riscos e efeitos adversos provocados pelos agentes causadores dos impactos das mudanças climáticas. Ainda, diferentes localizações podem ser expostas a diferentes cenários climáticos, com intensidades e frequências distintas e, sob este aspecto, realizamos uma análise dos fatores socioeconômicos dos municípios, a fim de determinar os fatores de sensibilidade e capacidade adaptativa em face da exposição ao risco, tais como os que estão ilustrados, referente ao relatório de 2014 do grupo de trabalho II do IPCC sobre os riscos e impactos das mudanças climáticas para as Américas.







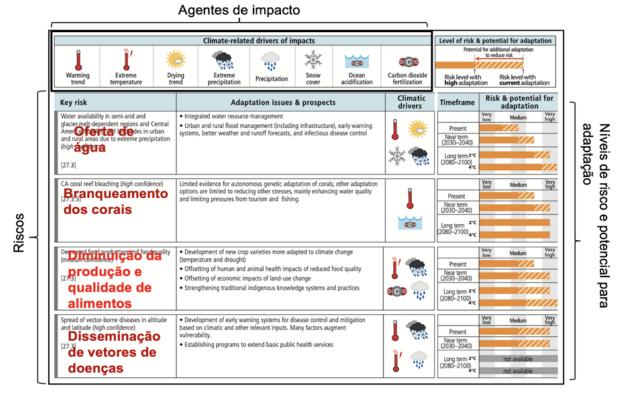


Figura 9 - Extrato do relatório de risco para as américas devido às mudanças climáticas. Fonte: Magrin et. Al., 2014.Magrin et. Al., 2014.

A fim de atingir os objetivos do planejamento das ações para o Paraná, os seguintes dados foram utilizados:

- Dados de observações de 100 estações meteorológicas telemétricas no estado do Paraná e dados de análises numéricas do clima no estado. As variáveis temperatura, chuva, vento e umidade do ar foram usadas no diagnóstico climático para o período de 1950 a 2020;
- Dados socioeconômicos do Paraná, disponíveis publicamente nos sites do IBGE e ANA;
- III. Dados de ocorrências de desastres para o período de 1981 a 2021, disponíveis publicamente na CEDEC-PR.

Os dados coletados foram utilizados na adaptação dos métodos preconizados no IPCC para a determinação da vulnerabilidade das regiões e municípios paranaenses, conforme descritos a seguir.







7.1. ANÁLISE CLIMÁTICA

Dados climáticos de chuva, temperatura e umidade relativa do ar, referente à rede de estações meteorológicas do estado do Paraná, com cerca de 100 estações, conforme descrito na Figura 10, referentes ao período de 1997 a 2021, foram selecionados para as análises climáticas. Apesar da amostragem em nível regional conter dados na maioria das regiões administrativas, a quantidade de estações é insuficiente para representar o clima a nível municipal. Por outro lado, o período de amostragem também é insuficiente para esta análise. Por isso, complementamos os dados observados na rede telemétrica com dados de modelos numéricos de previsão climática, conhecidos como reanálises (REF).

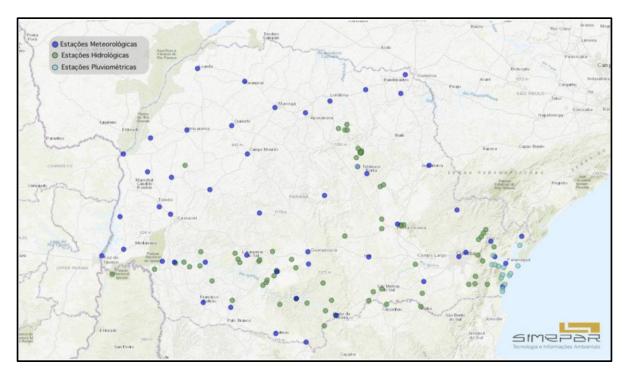


Figura 10 - Rede de estações meteorológicas do Paraná. Fonte: Simepar.

As reanálises mais utilizadas são as elaboradas pela Administração Americana para Oceano e Atmosfera (NOAA) dos Estados Unidos (REF) e a reanálise do Centro Europeu para Previsões Climáticas de Médio Prazo (ECMWF), sendo esta última denominada ERA5 (REF). A reanálise consiste em um conjunto de dados em quatro dimensões, correspondente à simulação de variáveis atmosféricas, desde a superfície da terra ao topo da atmosfera em um dado instante, realizada por análise numérica das equações que regem a circulação atmosférica. Valores em um nível próximo a superfície da terra, tais como temperatura, umidade, vento e chuva, são fornecidos nos pontos de uma grade horizontal georreferenciada com espaçamento horizontal podendo variar de







alguns quilômetros a centenas de quilômetros. Nesta análise climática utilizamos o conjunto de dados ERA5 por apresentar melhor resolução espacial que a reanálise da NOAA, com uma malha de 10 x 10 km. As variáveis foram extraídas do ERA5 para o período de 1950 a 2020.

7.2. RESULTADOS DA CLIMATOLOGIA

As referências climatológicas são essenciais para determinação das anomalias das variáveis climáticas, calculadas como a diferença entre o valor em um dado momento e a média de longo prazo, usualmente 30 anos. A Organização Meteorológica Mundial (OMM), estabeleceu os períodos de 1931 a 1960, 1961 a 1990 e 1991 a 2020 como períodos de referência climática, os quais são utilizados para avaliar alterações climáticas. Os mapas das Figura 11, Figura 12 e Figura 13, descrevem respectivamente a climatologia e desvio padrão da precipitação, temperatura e umidade relativa do ar, para o período de 1961 a 1990.

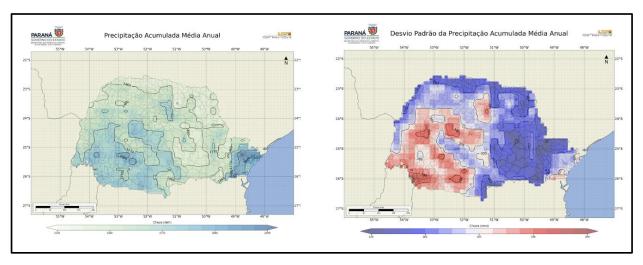


Figura 11 - Climatologia da chuva acumulada em 24 horas para o estado do Paraná, referente ao período de 1961 a 1990. Fonte: Simepar.







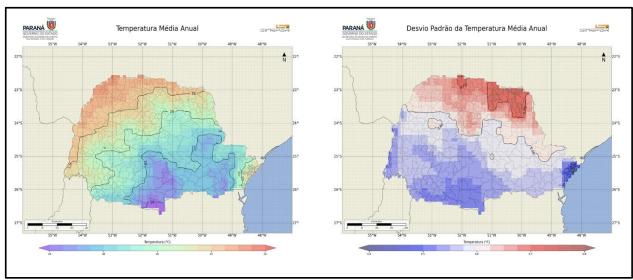


Figura 12 - Climatologia da temperatura média anual para o estado do Paraná, referente ao período de 1961 a 1990. Fonte: Simepar.

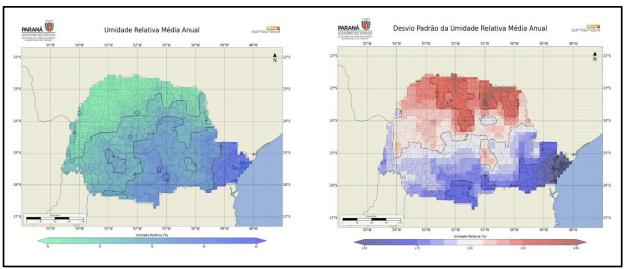


Figura 13 - Climatologia da umidade relativa do ar média anual para o estado do Paraná, referente ao período de 1961 a 1990. Fonte: Simepar.

7.3. RISCO CLIMÁTICO

No contexto do plano de mudanças climáticas, as referências climáticas foram úteis para a determinação do risco climático dos municípios com relação a escassez e excesso hídrico, para a qual adaptamos a abordagem descrita em MMA (2017), sendo o risco expresso como:

$$Risco\ Clim\'atico = \frac{[CV + PotSH\ + (1 - MLT_{CHUVA})]}{3}$$

(1)

Onde: MLT é a média climatológica da chuva;

CV é o coeficiente de variação da chuva = DP/MLT;









DP é o desvio padrão e

PotSH: é a potência de seca ou excesso hídrico.

O termo PotSH foi determinado a partir do índice padronizado de precipitação, SPI, desenvolvido por McKee et. al. (1993), explicado a seguir.

O SPI é um índice utilizado para caracterizar seca meteorológica e hidrológica de uma dada região. Neste contexto, os dados históricos de precipitação (séries superiores a 30 anos) foram ajustados à distribuição de probabilidade Gamma e esta foi transformada em um índice utilizado para quantificar o déficit de precipitação em várias escalas de tempo, geralmente em intervalos mensais. Deste modo, o período do tempo para o qual o SPI é calculado é comparado ao histórico da precipitação, indicando o grau de severidade com relação aos demais períodos do histórico. Nos intervalos pequenos, de 1 mês a 6 meses, o SPI é relacionado à umidade do solo, enquanto para intervalos superiores a 12 meses, pode ser associado a armazenamento de água nas camadas internas do solo ou reservatórios. Como exemplo, o SPI de 6 meses, a ser calculado em um dado mês, utiliza os valores deste mês e os valores dos cinco meses anteriores para calcular o índice do mês. Valores teóricos de SPI, definidos para caracterizar a condição de umidade/seca são apresentados na Tabela 8. O objetivo no contexto do diagnóstico dos riscos, devido às mudanças climáticas foi avaliar a disponibilidade hídrica nas regiões administrativas e municípios do Paraná (Figura 14 e Figura 15).

Tabela 8 - Valores teóricos do SPI.

Condição umidade/hídrica	SPI
Extremamente úmido	>= 2
Severamente úmido	1,5 a 1,99
Moderadamente úmido	1,0 a 1,49
Próximo ao normal climatológico	-0,99 a 0,99
Moderadamente seco	-1,49 a -1,00
Severamente seco	-1,99 a -1,50
Extremamente seco	<= -2,00

O termo PotSH foi calculado com base nos limites de severidade de ambas as situações de seca ou excesso hídrico, aplicados aos períodos identificados nas séries de SPI.





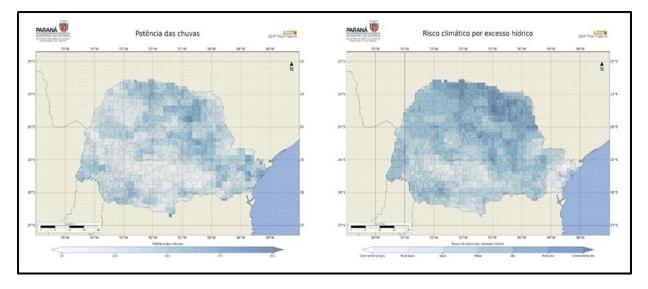


Potência das secas

Potência das secas das sec

Figura 14 - Potência das secas para os municípios do paraná (esquerda) e risco de seca climática (direita). Fonte: Simepar.

Figura 15 - Potência das chuvas para os municípios do paraná (esquerda) e risco de excesso hídrico associado (direita). Fonte: Simepar.



O risco também foi calculado para o excesso de calor e frio, considerando o limiar das temperaturas mínimas e máximas no estado e a frequência de ocorrência de eventos que excederam o limiar. A Figura 16 ilustra o resultado obtido para a climatologia do período de 1991 a 2020.







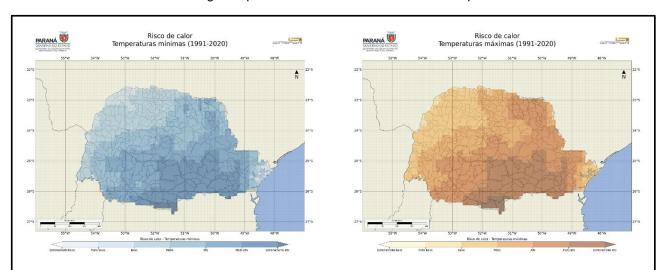


Figura 16 - Risco de calor, calculado para temperaturas mínimas (esquerda) e máximas (direita), com a climatologia do período de 1991 a 2020. Fonte: Simepar.

7.4. PROJEÇÕES CLIMÁTICAS IPCC E CMIP6

A climatologia da chuva para o período de referência (1961 a 1990) e o SPI foram utilizadas para determinar o risco de seca e excesso hídrico para os municípios no momento atual. No entanto, segundo descrito em MMA (2017), a caracterização da vulnerabilidade às ameaças em um determinado período no futuro, devido às mudanças climáticas, depende da alteração dos padrões climáticos no período futuro, considerada como componente exposição da vulnerabilidade. Para o cálculo destas anomalias utilizamos as projeções de chuva e temperatura dos modelos climáticos, conforme descritos a seguir.

7.5. MODELOS CLIMÁTICOS GLOBAIS

O IPCC coordena os relatórios com as conclusões e progressos dos modelos climáticos globais disponíveis na análise dos cenários futuros do clima. Neste contexto, cerca de 50 grupos realizam experimentação numérica em nível global, seja por aprimoramento das grades utilizadas ou por parametrização dos processos físicos. Por isso, estes centros estão em constante atualização dos modelos climáticos, além da infraestrutura de suporte, como atualização do parque computacional, a fim de aprimorar o processamento numérico dos modelos. Estes aprimoramentos são devidamente documentados o que possibilita a avaliação adequada das metodologias empregadas para a simulação dos cenários climáticos.







Desde 1995 os centros que desenvolvem modelos climáticos participam dos projetos de intercomparação promovidos pelo Programa Mundial de Pesquisa Climática (WRCP), os quais têm por premissa a padronização das forçantes climáticas das simulações, tais como concentração de aerossóis e gases do efeito estufa. Esta intercomparação encontra-se na sexta fase, que iniciou em 2014, conhecida como Projeto de Intercomparação de Modelos Climáticos Acoplados (termo traduzido do inglês Coupled Model Intercomparison Project), CMIP6 (Eyring et. al. 2016).

Além da padronização das forçantes climáticas, um dos objetivos dos CMIPs é calcular o clima futuro, a partir de diferentes combinações de parâmetros que estejam relacionados com a maneira pela qual a humanidade interfere na evolução das variáveis climáticas, com base nos aspectos econômicos, sociais, tecnológicos e políticos, dado que as projeções futuras dos níveis dos gases do efeito estufa (GEE) podem ser alteradas devido esses fatores. Assim, os modelos são calibrados para representar possibilidades em função das escolhas atuais e futuras dos indivíduos, empresas e sociedade no que tange a emissão dos GEE.

Os cenários propostos pelo WRCP refletem o balanço global de energia radiativa que é a razão entre a energia absorvida pela atmosfera da Terra e a energia que retorna para o espaço, usualmente expressa em W/m². Nesse sentido, os cenários representam diferentes níveis de forçante radiativa (FR), sendo que os valores mais altos estão associados a aumento dos gases do efeito estufa, ou mais calor sendo aprisionado na atmosfera. O relatório do IPCC (IPCC,2018) informa que antes de 1750, marco da revolução industrial, os níveis da forçante radiativa eram estáveis (a razão próxima a zero) e por isso o valor desta data é usado como referência para os cenários de forçante radiativa. Em resumo, no CMIP anterior (CMIP5), além da referência, quatro *trajetórias representativas de concentração* (RCP) foram examinadas como possíveis emissões dos GEE no futuro:

- I. RCP 0.0: FR de referência, período pré-industrial;
- II. RCP 2.6: FR incluída em 2011, com o objetivo de manter o aumento global da temperatura média do ar em 2°C até 2100, considerado ideal, no entanto improvável de ocorrer;
- III. **RCP 4.5**: é um cenário que estabiliza a FR em 4.5 W/m² no ano de 2100 sem nunca exceder esse valor;









- IV. RCP 6.0: é uma trajetória que descreve tendências de longo prazo das emissões globais de GEE, espécies de curta duração e alterações no uso da cobertura de vegetação, as quais levam a estabilização da FR em 6.0 W/m² no ano 2100, sem exceder este valor nos anos anteriores.
- V. RCP 8.5: corresponde ao cenário com a mais alta emissão dos GEE (8.5 W/m²). Este cenário combina hipóteses como alta população e relativamente baixo crescimento econômico, com baixas taxas de desenvolvimento tecnológico e eficiência no processo de geração de energia limpa, o que pode levar a alta demanda de energia a base de carbono e aumento das emissões dos GEE. Este pode ser um cenário provável na ausência de política de mudança climática.

A atual revisão do CMIP, o CMIP6, inclui novos cenários como base em diferentes hipóteses socioeconômicas. alterando а nomenclatura para Trajetórias Socioeconômicas compartilhadas, como uma maneira de expressar os desafios da sociedade para mitigar as causas da mudança do clima ou adaptar aos impactos desta. As siglas dos cenários passaram para SSP1-2.6, SSP2-4.5, SSP4-6.0 e SSP5-8.5, como FR similares àquelas dos cenários do CMIP5. No entanto, três novos cenários foram incluídos: um intermediário SSP3-7.0, entre o pior cenário e um mais otimista (o SSP4-6.0); um cenário também intermediário entre o plausível (SSP1-2.6) e o que limita as emissões em 4.5 W/m² (o SSP2-4.5), sendo este novo chamado SSP4-3.4. O objetivo deste cenário é avaliar populações que conseguiram (ou conseguirão) manter o aquecimento em 3º C até 2100, mas não o fazem ao nível de 2ºC. O outro novo cenário é o SSP1-1.9, incluído após o acordo de Paris, em 2015, com o objetivo de manter o aquecimento global inferior a 1.5° C até 2100. Em resumo os cenários SSP implicam na seguinte análise com relação à mitigação e adaptação:

- I. SSP1: pequenos desafios tanto para mitigação quanto para adaptação;
- II. **SSP2**: desafios moderados para ambos os aspectos;
- III. SSP3: desafios altos tanto para mitigação quanto para adaptação;
- IV. **SSP4**: maior desafio para adaptação do que para mitigação (desigualdade)
- V. **SSP5**: maior desafio para mitigação, situação em que energia por combustível fóssil domina.









Com relação aos cenários, avaliamos principalmente os cenários SSP1-2.6, ideal mas improvável e o de SSP5-8.5, cenário que pode ocorrer na ausência de políticas socioeconômicas de mitigação e adaptação.

Concentramos as análises climáticas nos resultados dos cenários determinados por dois modelos acoplado (ESM), o modelo MIROC-6 e MPI-M, os quais descrevem com grande detalhamento os processos físicos do sistema terrestre, incluindo a representação de nuvens e aerossóis. Um terceiro modelo foi utilizado, também bastante avançado, mas com alta sensibilidade para o equilíbrio climático, o HADGEM3.

As saídas dos modelos foram coletadas do site CMIP6 (WCRP) na resolução espacial original, conforme informada nas respectivas tabelas com as características dos modelos globais (250km para o MIROC6 e MPI e 100 km para o HADGEM3). Dada a resolução grosseira dos modelos, uma interpolação bilinear (Press et al., 1992) foi aplicada aos resultados, escalonada até a grade de 25 km, a fim de avaliar os resultados em nível regional sem a degradação do resultado original dos modelos.

Dados de reanálise ERA5 do modelo ECMWF (Hersbach et. al. 2020) foram utilizados para fins de determinação das séries climáticas de temperatura e precipitação, referente a normal climatológica do período de 1961 a 1990 e para calcular as anomalias referentes a estes parâmetros para os cenários dos modelos ESM com relação ao período de referência adotado.

As projeções climáticas das anomalias padronizadas de temperatura e chuva foram descritas para os municípios paranaenses e também para as regiões administrativas do Paraná indicadas no mapa da Figura 17.







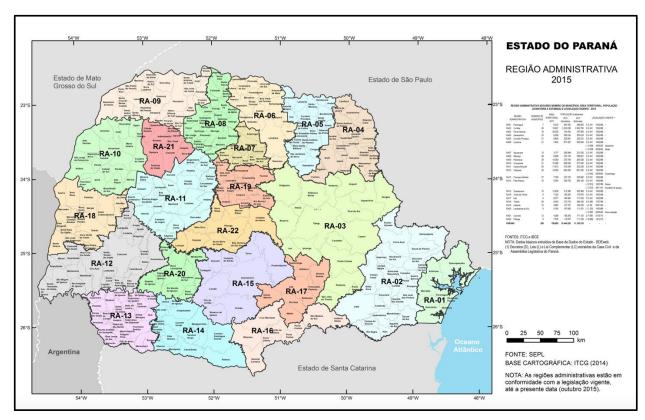


Figura 17 - Regiões administrativas do Paraná 2015. (Fonte: ITCG e IBGE).

As anomalias de temperatura para os cenários SSP 1-2.6 e SSP 5-8.5, calculadas para as médias dos modelos MIROC-6, MPI-M e HADGEM-3 e para as regiões administrativas do Paraná são descritas nos gráficos das Figura 18, Figura 19, Figura 20, Figura 21 e Figura 22.

Cenários de anomalia de temperatura para as RA do Paraná

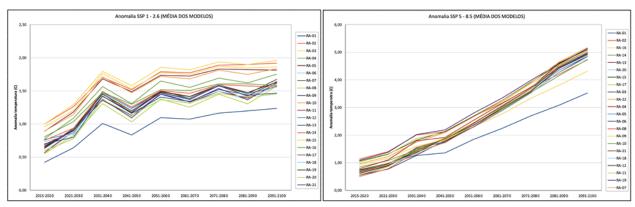


Figura 18 - Anomalias de temperatura para os cenários ssp 1-2.6 e ssp 5-8.5 para as RA do Paraná, correspondentes às médias do ESM MIROC-6, MPI-M e HADGEM-3, para o período de 2015 a 2100. Fonte: Simepar.







Anomalia de Temperatura SSP 1 - 2.6

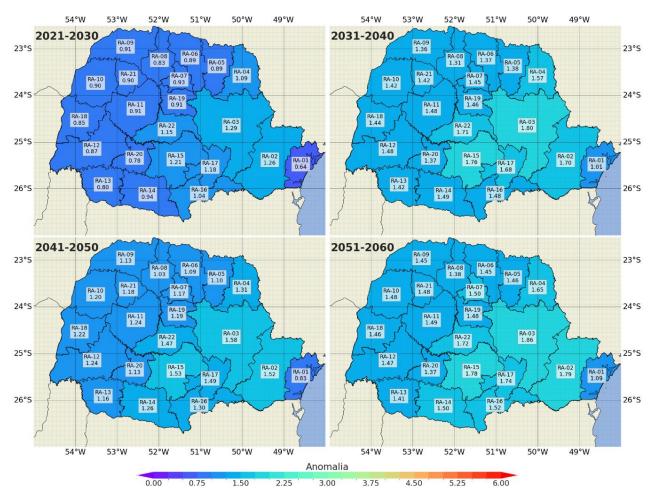


Figura 19 - Anomalias de temperatura para o cenário SSP 1-2.6 para as RA do Paraná, correspondentes às médias do ESM MIROC-6, MPI-M e HADGEM-3, para as décadas 2021 a 2030, 2031 a 2040, 2041 a 2050 e 2051 a 2060. Fonte: Simepar.







Anomalia de Temperatura SSP 1 - 2.6

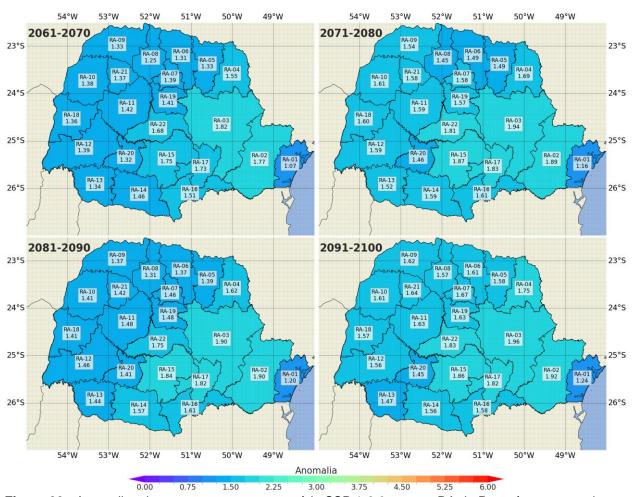


Figura 20 - Anomalias de temperatura para o cenário SSP 1-2.6 para as RA do Paraná, correspondentes às médias do ESM MIROC-6, MPI-M e HADGEM-3, para as décadas 2061 a 2070, 2071 a 2080, 2081 a 2090 e 2091 a 2100. Fonte: Simepar.







Anomalia de Temperatura SSP 5 - 8.5

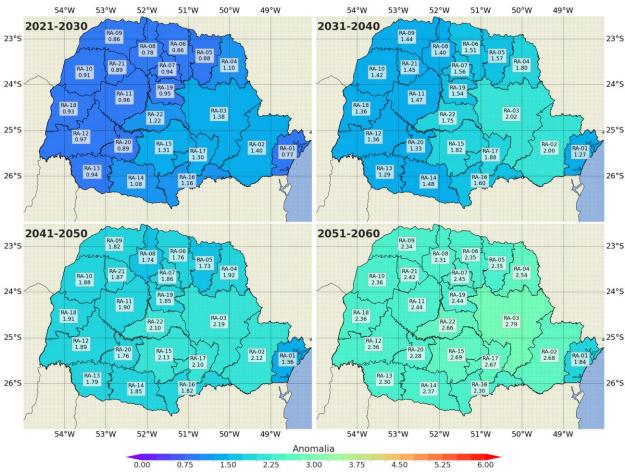


Figura 21 - Anomalias de temperatura para o cenário SSP 5-8.5 para as RA do Paraná, correspondentes às médias do ESM MIROC-6, MPI-M e HADGEM-3, para as décadas 2021 a 2030, 2031 a 2040, 2041 a 2050 e 2051 a 2060. Fonte: Simepar.







Anomalia de Temperatura SSP 5 - 8.5

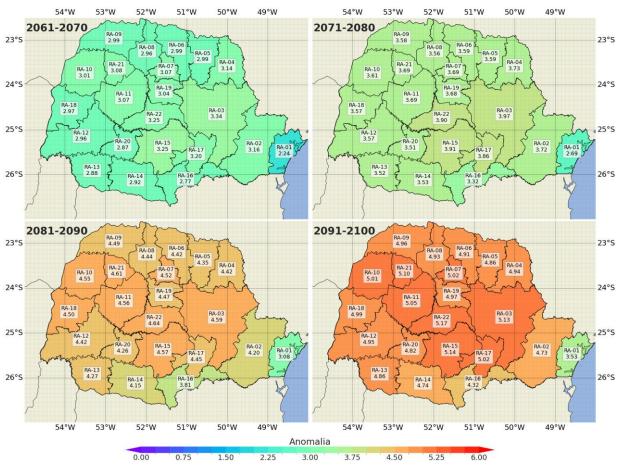


Figura 22 - Anomalias de temperatura para o cenário SSP 5-8.5 para as RA do Paraná, correspondentes às médias do ESM MIROC-6, MPI-M e HADGEM-3, para as décadas 2061 a 2070, 2071 a 2080, 2081 a 2090 e 2091 a 2100. Fonte: Simepar.

As anomalias de precipitação para os cenários SSP 1-2.6 e SSP 5-8.5, calculadas para as médias dos modelos MIROC-6, MPI-M e HADGEM-3 e para as regiões administrativas do Paraná são descritas nos gráficos da Figura 23 e os mapas da Figura 24, Figura 25, Figura 26 e Figura 27. Estes resultados foram utilizados para calcular o componente de exposição que, juntamente com outros componentes, sensibilidade e capacidade adaptativa, formam o cômputo final da vulnerabilidade.







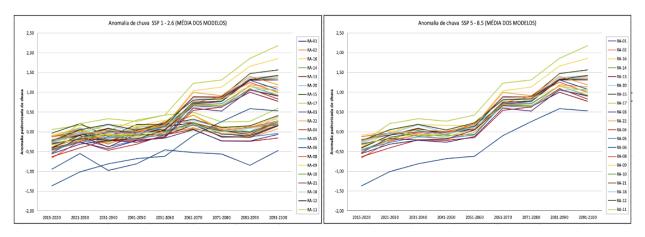


Figura 23 - Anomalias de precipitação para os cenários ssp 1-2.6 e ssp 5-8.5 para as RA do Paraná, correspondentes às médias do ESM MIROC-6, MPI-M e HADGEM-3, para o período de 2015 a 2100. Fonte: Simepar.

Anomalia Padronizada da Precipitação (Média dos modelos) SSP 1 - 2.6

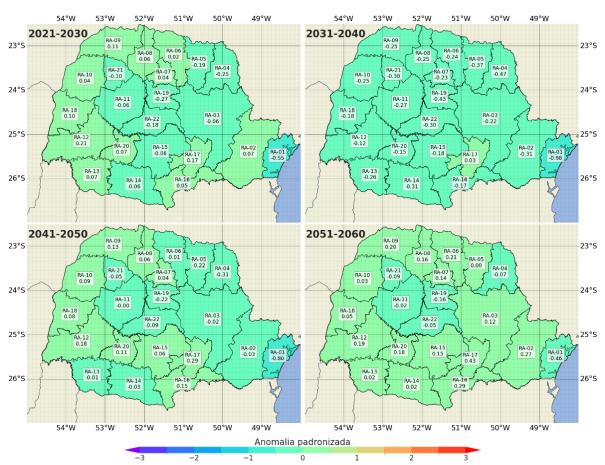


Figura 24 - Anomalias de padronizada de precipitação para o cenário SSP 1-2.6 para as RA do Paraná, correspondentes às médias do ESM MIROC-6, MPI-M e HADGEM-3, para as décadas 2021 a 2030, 2031 a 2040, 2041 a 2050 e 2051 a 2060. Fonte: Simepar.







Anomalia Padronizada da Precipitação (Média dos modelos) SSP 1 - 2.6

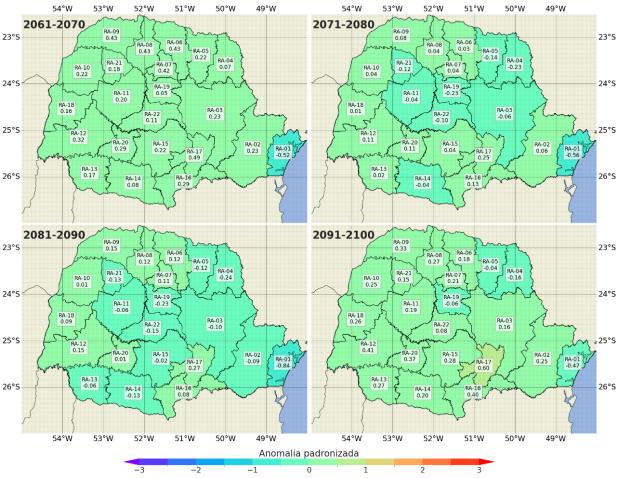


Figura 25 - Anomalias de padronizada de precipitação para o cenário SSP 1-2.6 para as RA do Paraná, correspondentes às médias do ESM MIROC-6, MPI-M e HADGEM-3, para as décadas 2061 a 2070, 2071 a 2080, 2081 a 2090 e 2091 a 2100. Fonte: Simepar.







Anomalia Padronizada da Precipitação (Média dos modelos) SSP 5 - 8.5

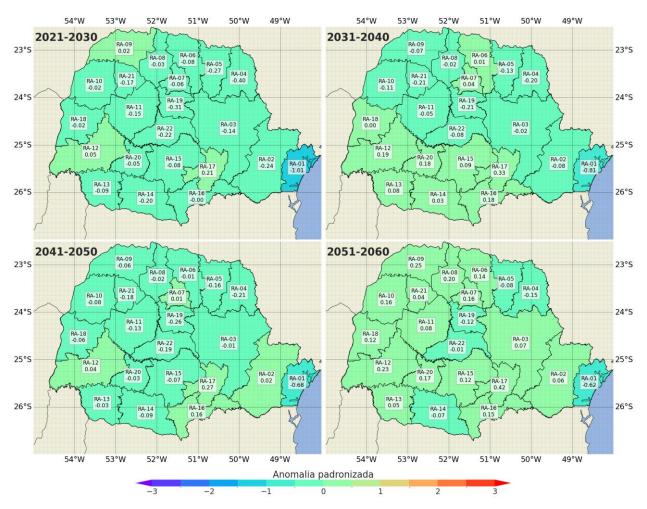


Figura 26 - Anomalias de padronizada de precipitação para o cenário SSP 5-8.5 para as RA do Paraná, correspondentes às médias do ESM MIROC-6, MPI-M e HADGEM-3, para as décadas 2021 a 2030, 2031 a 2040, 2041 a 2050 e 2051 a 2060. Fonte: Simepar.







Anomalia Padronizada da Precipitação (Média dos modelos) SSP 5 - 8.5

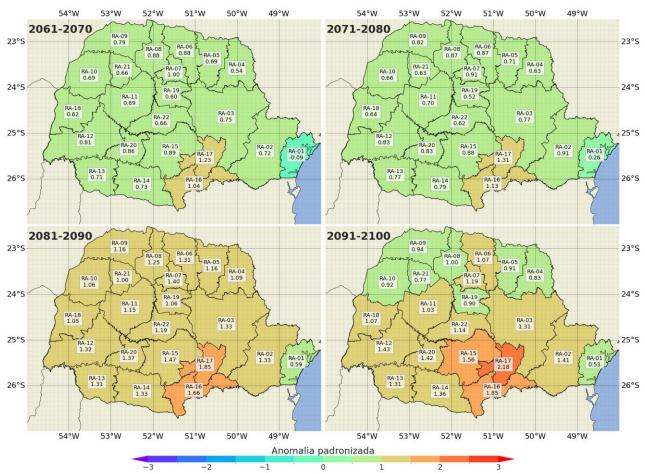


Figura 27 - Anomalias de padronizada de precipitação para o cenário SSP 5-8.5 para as RA do Paraná, correspondentes às médias do ESM MIROC-6, MPI-M e HADGEM-3, para as décadas 2061 a 2070, 2071 a 2080, 2081 a 2090 e 2091 a 2100. Fonte: Simepar.

Os resultados nos gráficos e mapas da variabilidade da precipitação nas décadas avaliadas, de 2015 a 2100, os dados são resultados obtidos de saídas de modelos climatológicos globais que utilizam diferentes forçantes radioativas para realizar a projeção do clima. Esses indicam uma tendência de aumento de precipitação na região sudeste e ligeiro decréscimo nas demais regiões, exceto no litoral onde o padrão é de diminuição das chuvas até 2060 seguido por aumento até 2100.

7.6. INDICADORES SOCIOECONÔMICOS

Indicadores socioeconômicos referentes aos municípios do Paraná foram avaliados com a finalidade de determinar os subíndices de sensibilidade e capacidade adaptativa dos municípios em face aos riscos de desastres naturais, como os eventos







associados a seca severa ou excesso hídrico. Foram utilizados para esta finalidade, os seguintes indicadores informados pelo IBGE (2010), DATASUS (2020) e ANA (2021):

Sensibilidade:

- I. Uso e ocupação do solo;
- II. Oferta e demanda de água;
- III. Taxa de mortalidade infantil;
- IV. Taxa de indigência;
- V. Densidade demográfica.

Capacidade Adaptativa:

- I. Índice GINI;
- II. Taxa de analfabetismo;
- III. IDHm.

7.7. SUBÍNDICE SENSIBILIDADE

O subíndice sensibilidade está relacionado com o efeito da mudança climática associado a fatores sociais e ambientais. É a intensidade com a qual um determinado sistema poderá ser afetado por variações climáticas, diferente das quais está adaptado. As variáveis que compõem esse indicador buscam refletir espacialmente fragilidades sociais e ambientais de maneira que as variações climáticas possam se tornar desastres, ou seja, quanto maior a sensibilidade de uma região ou município, maior será essa probabilidade.

Se as variáveis utilizadas para a determinação da sensibilidade forem analisadas separadamente irão refletir as dificuldades e fragilidades específicas e já existentes dos municípios. Ao serem utilizadas conjuntamente refletem um contexto socioeconômico com maior ou menor sensibilidade aos impactos provocados por cenários de secas e excesso hídrico.

O uso e a ocupação do solo estão relacionados às principais atividades econômicas de uma região. A identificação e classificação de quão sensível cada uso é em relação aos cenários de variação dos padrões normais de chuva, exerce uma influência direta sobre a resiliência econômica e a sustentabilidade dessa região. A sensibilidade relacionada ao uso do solo foi avaliada para cenários climatológicos de seca e de excesso hídrico, levando a duas classificações espacialmente diferentes. Isso ocorre porque um tipo de uso do solo pode apresentar uma resiliência diferente a







cenários de seca do que para cenários com excesso hídrico. A base de dados utilizada para o levantamento do uso do solo para o estado do Paraná foi disponibilizada pelo IBGE (2010). Através do cruzamento espacial entre essas informações e a delimitação política dos municípios ponderou-se um índice de sensibilidade único para cada município.

O mapa na Figura 28, refere-se ao resultado da sensibilidade à seca climática em função do uso e ocupação do solo. Observamos maior sensibilidade para as áreas urbanizadas, lavouras, pastagens e sistemas agroflorestais.

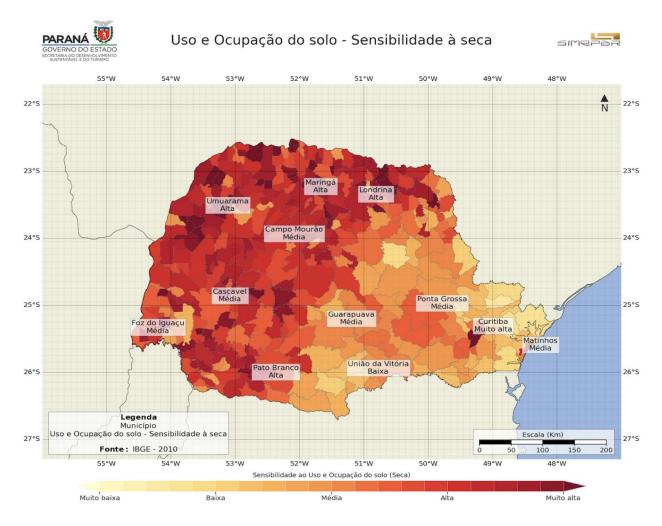


Figura 28 - Sensibilidade à seca climática conforme uso e ocupação do solo. Fonte: IBGE (2010) e Simepar.

O mapa na Figura 29, refere-se ao resultado da sensibilidade ao excesso hídrico conforme o uso e ocupação do solo. Observamos maior sensibilidade para áreas urbanizadas, lavouras e pastagens.







Muito alta

Figura 29 - Sensibilidade ao excesso hídrico conforme uso e ocupação do solo. Fonte: IBGE (2010) e Simepar.

Sensibilidade ao Uso e Ocupação do solo (Excesso Hídrico)

51°W

52°W

Outra variável analisada que reflete a sensibilidade dos municípios paranaenses frente a cenários de variações climáticas é a oferta e demanda de água. Para realizar o mapeamento desse fator a níveis municipais e para cenários de seca e excesso hídrico, foi utilizado o Índice Urbano de Segurança Hídrica (ISH-U) apresentado no Atlas Águas: Segurança hídrica e abastecimento urbano, desenvolvido pela Agência Nacional de Águas e Saneamento (ANA, 2021).

O ISH-U é composto por dois indicadores, um relacionado à eficiência de produção do sistema e outro à eficiência de distribuição do sistema.

A eficiência de produção é determinada pelos seguintes parâmetros:

- I. Resiliência do sistema;
- II. Grau de atendimento à demanda;

Baixa

III. Porte do manancial.



Muito baixa





A resiliência do sistema expressa o potencial dos estoques naturais e artificiais de água para o atendimento das demandas a múltiplos usos. O grau de atendimento à demanda é a relação entre a parcela da demanda humana urbana atendida pelo manancial e sua disponibilidade hídrica. E o porte do manancial é um valor representativo do volume de armazenamento de reservatórios, vazão média de rios e da localização da captação (ANA, 2021).

A eficiência de distribuição de água foi determinada com a combinação dos parâmetros:

- I. Faixa de cobertura do sistema de distribuição;
- II. Desempenho técnico da infraestrutura.

A faixa de cobertura do sistema de distribuição é a relação entre a população atendida pelo serviço de distribuição de água tratada e a população residente no município, possibilitando a identificação da parcela da população não atendida pelo sistema. E o desempenho técnico da infraestrutura é associado à qualidade do serviço prestado na distribuição de água, relacionado ao gerenciamento das perdas no sistema (ANA, 2021).

Através da combinação dos parâmetros relacionados à eficiência de produção e de distribuição, é formado o ISH-U qualitativamente nas classes mínima (menor segurança hídrica), baixa, média, alta e máxima (alta segurança hídrica). Naturalmente, o valor do ISH-U já representa o inverso da sensibilidade ao uso e demanda hídrica municipal para cenários de seca, de maneira que, quanto maior o ISH-U, menor é a sensibilidade municipal às variações climáticas que possam afetar o sistema de produção e distribuição de água.

De maneira análoga ao uso do solo, em condições excedentes hídrico a sensibilidade do sistema poderá ser divergente em alguns aspectos em relação aos cenários de seca. Nessas condições entende-se que a eficiência de produção do manancial frente a demanda será aliviada, de maneira que a vazão média de rios e volumes armazenados em reservatórios aumentarão. Entretanto, tais condições hidrológicas podem provocar eventuais danos às estruturas de captação de distribuição e alterações na qualidade de água, uma vez que vazões maiores em rios e córregos possuem maiores capacidades de transporte e remobilização de sedimentos já







depositados em seus leitos. Essa análise remontaria a considerações detalhadas e mais específicas de todos os municípios contemplados por este estudo.

Dessa forma, entendendo que há um alívio no sistema produtor de água para cenários de excesso hídrico, mas que não é possível determinar os impactos negativos relacionados à qualidade de água captada e eventuais sobrecargas ou danos à infraestrutura existente, aumentou-se a eficiência de produção de água dos municípios, de maneira que a classificação final do ISH-U não superasse a classificação "Alta".

Por fim, a sensibilidade relacionada à oferta e demanda de água, resultou no inverso do ISH-U, ou seja, quanto maior o índice de segurança hídrica, menor é a sensibilidade municipal para este tema.

O mapa da Figura 30, descreve a sensibilidade à oferta e demanda de água devido à seca climatológica. Os maiores centros urbanos apresentam o maior impacto, em oposição aos menores centros urbanos, cujo impacto é baixo. No litoral o impacto é médio, exceto em Paranaguá onde a sensibilidade é alta. Nas áreas com lavouras e sistemas agroflorestais a sensibilidade é média.

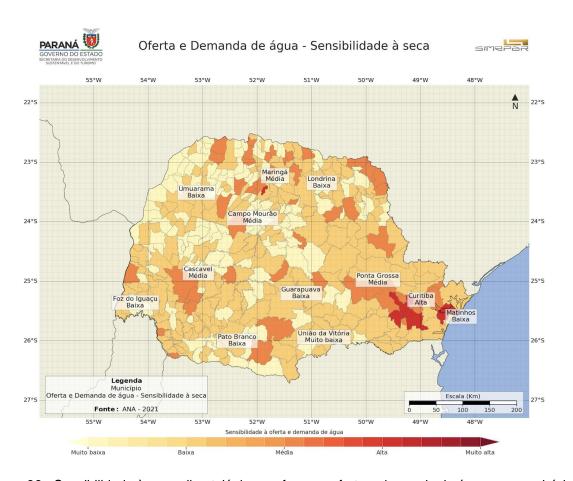


Figura 30 - Sensibilidade à seca climatológica conforme a oferta e demanda de água nos municípios. Fonte: ANA (2021) e Simepar.







O mapa da Figura 31, descreve a sensibilidade à oferta e demanda de água devido ao excesso hídrico. O impacto nos maiores centros urbanos varia de médio a alto. Já nos menores centros urbanos a sensibilidade varia de muito baixo a baixo. No litoral o impacto é baixo, com exceção de Paranaguá, cuja sensibilidade é alta. A sensibilidade é também baixa nas lavouras e nos sistemas agroflorestais. apresentam o maior impacto, em oposição aos menores centros urbanos, cujo impacto é baixo. No litoral o impacto é médio, exceto em Paranaguá onde a sensibilidade é alta.

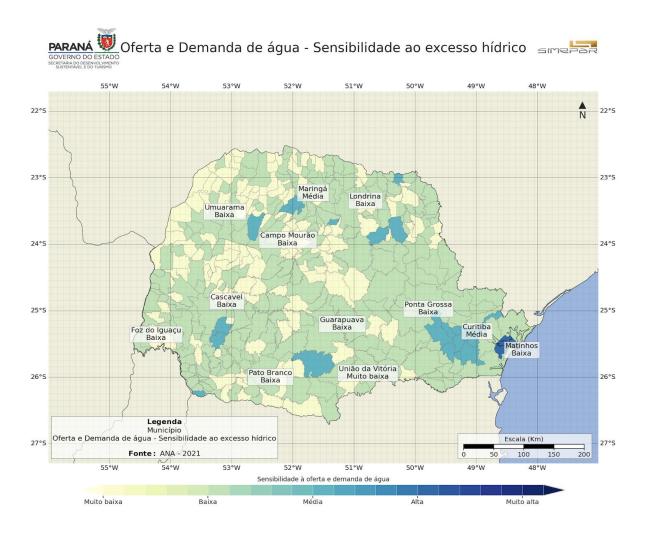


Figura 31 - Sensibilidade ao excesso hídrico, conforme a oferta e demanda de água nos municípios. Fonte: ANA (2021) e Simepar.

A sensibilidade relacionada à densidade demográfica está associada aos locais com maior concentração de pessoas, induzindo a uma demanda natural por mais recursos básicos, como água, mantimentos, serviços básicos, entre outros, que podem ser afetados em cenários de seca ou excedente hídrico.

O mapa da Figura 32 corresponde ao fator sensibilidade para seca climática e excesso hídrico, devido à densidade demográfica, sendo este parâmetro obtido do censo









demográfico do IBGE de 2010. Observamos que os maiores impactos ocorrem nos municípios onde há maior demanda de água e alimentos.

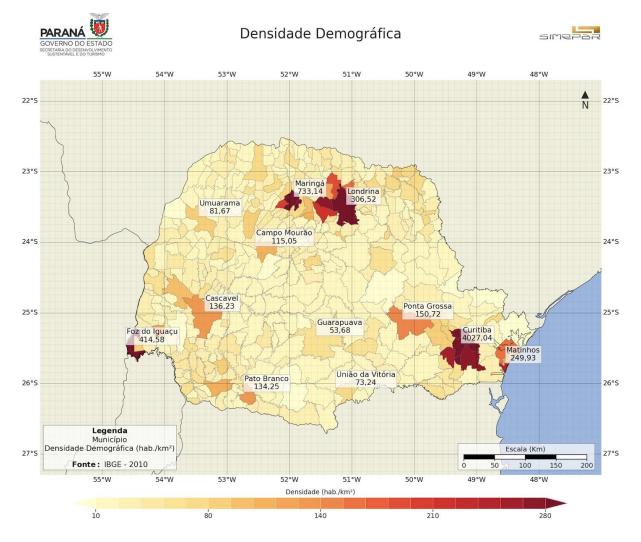


Figura 32 - Fator sensibilidade para seca climática e excesso hídrico, conforme a densidade demográfica. Fonte: IBGE (2010) e Simepar.

A taxa de mortalidade infantil ilustra a disseminação e propagação de doenças comumente de veiculação hídrica, relacionadas à má qualidade da água, agravada em situações de anomalias climáticas. A sensibilidade municipal relacionada a esse parâmetro é diretamente proporcional à taxa de mortalidade.

O mapa da Figura 33, corresponde ao fator sensibilidade por falta ou excesso hídrico com relação à taxa de mortalidade infantil informada pelo DATASUS (2021), a qual reflete a relação entre óbitos a cada mil nascidos vivos abaixo de um ano.







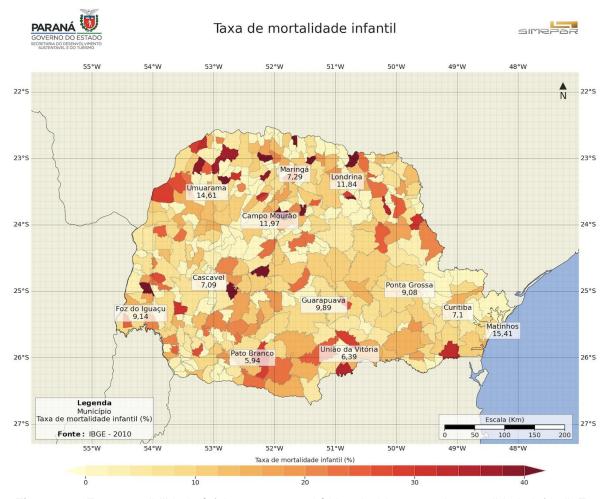


Figura 33 - Fator sensibilidade à falta ou excesso hídrico devido a taxa de mortalidade infantil. Fonte DATASUS (2021) e Simepar.

Por fim, o último fator analisado para compor a sensibilidade foi a taxa de indigência, que representa a parcela da população que sobrevive com uma renda mensal inferior a 25% do salário mínimo. Essa parcela da população vive em extrema vulnerabilidade social, e que não provém de rendimentos mínimos necessários para aquisição de mantimentos e bens que ajudariam em condições climáticas adversas. Assim, a sensibilidade relacionada à taxa de indigência será diretamente proporcional à parcela da população vivendo sob tais condições.

Os dados divulgados pelo IBGE, referentes ao censo de 2010, foram utilizados para mapear a taxa de indigência dos municípios do Paraná à sensibilidade por falta ou excesso hídrico. O mapa na Figura 34 descreve os resultados desta análise.







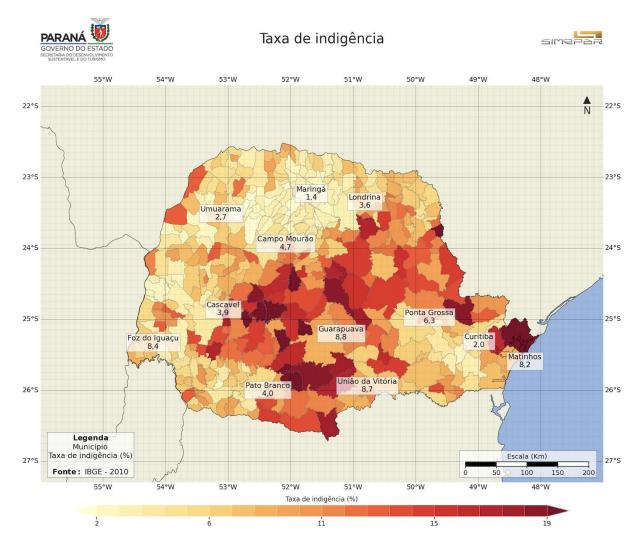


Figura 34 - Sensibilidade à falta ou excesso hídrico relacionada a parcela da população municipal com renda mensal inferior a 25% do salário mínimo. Fonte: IBGE (2010) e Simepar.

7.8. SUBÍNDICE CAPACIDADE ADAPTATIVA

Diferentemente da sensibilidade, o subíndice da capacidade adaptativa está relacionado à capacidade de resposta e reordenamento que determinado município possui para se adaptar e minimizar os impactos em condições de variação climática. Ressalta-se que a capacidade adaptativa representa um meio de amortização dos impactos potenciais à região, não possuindo uma relação com a intensidade da ocorrência da variação climática. Ou seja, uma região com capacidade adaptativa nula, seria uma região que sofreria todos os impactos potenciais causados por um cenário de mudança climática.

Os indicadores socioeconômicos utilizados para o mapeamento e caracterização da capacidade adaptativa dos municípios foram o índice GINI, Taxa de analfabetismo e o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHm).







O índice GINI, a taxa de analfabetismo e o IDHm foram utilizados para avaliar a capacidade adaptativa dos municípios, os quais são descritos na Figura 35, Figura 36 e Figura 37.

O índice de GINI (IBGE, 2003) é utilizado para medir o grau de desigualdade social existente em uma distribuição de indivíduos, segundo a renda domiciliar *per capta*. A interpretação e aplicação desse índice na capacidade adaptativa municipal está relacionada com a afirmativa de que regiões mais desiguais, possuem parcelas da população com acessos limitados à conhecimentos, tecnologias e recursos disponíveis, afetando negativamente a sinergia na resposta social adaptativa. Em regiões onde a desigualdade é menor, a população é menos segregada em relação ao acesso a tais recursos, proporcionando benefícios e facilidades de ações conjuntas de adaptação.

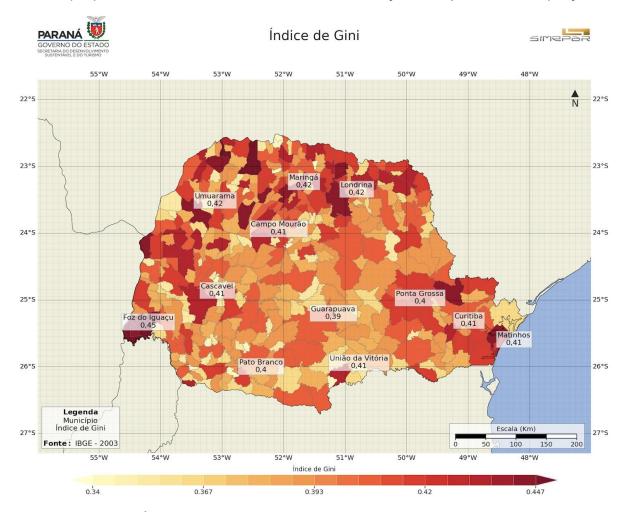


Figura 35 - Índice de GINI para os municípios paranaenses. Fonte: IBGE (2003).

Outro indicador utilizado para compor a capacidade adaptativa municipal foi a taxa de analfabetismo, que está relacionada com a porcentagem da população com











capacidade limitada de articulação e compreensão da situação de risco, levando a uma menor acessibilidade aos meios de comunicação e reduzindo a eficácia de ações de adaptação. A taxa de analfabetismo expressa a porcentagem da população acima de 15 anos sem conhecimento de leitura e escrita em cada município, e encontra-se especializada e apresentada conforme Figura 36.

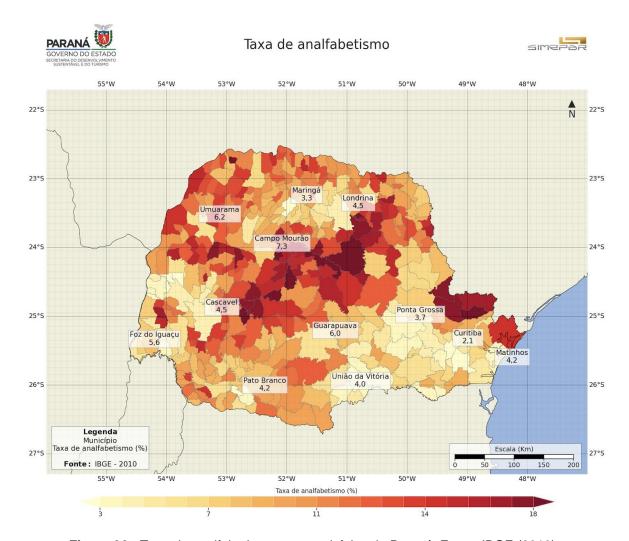


Figura 36 - Taxa de analfabetismo nos municípios do Paraná. Fonte: IBGE (2010).

Por fim, o IDHm compôs o último índice considerado na determinação da capacidade adaptativa dos municípios. O IDHm (IBGE, 2010) segue as mesmas dimensões do IDH global, ou seja, longevidade, educação e renda. O indicador é composto por mais de 180 indicadores socioeconômicos que ampliam a compreensão dos fenômenos e dinâmicas voltadas ao desenvolvimento municipal, tais como Educação Ambiental e a problemática das mudanças climáticas. O indicador IDHm para o Paraná é ilustrado na Figura 37.







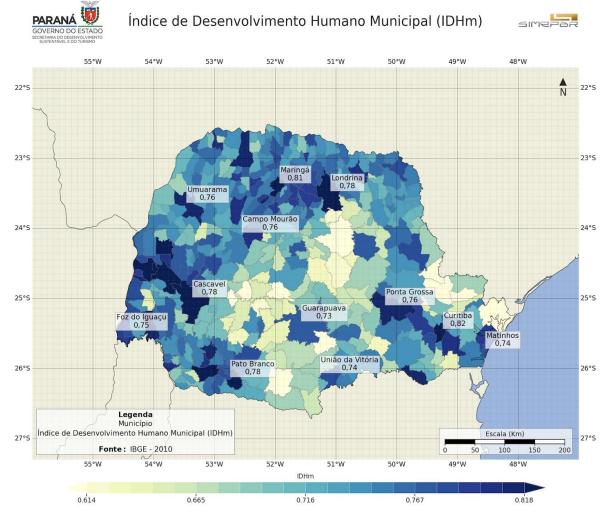


Figura 37 - IDHm para o Paraná. Fonte: IBGE (2010).

7.9. VULNERABILIDADE DOS MUNICIPIOS PARANAENSES

Os fatores exposição, sensibilidade e capacidade adaptativa, determinados e avaliados na seção anterior, integram o cômputo da vulnerabilidade dos municípios aos eventos severos de seca climatológica e excesso hídrico, os quais poderão ser provocados pelas mudanças no clima projetadas pelos cenários avaliados pelos modelos ESM do CMIP6. A vulnerabilidade foi calculada pela expressão:

$$VULNERABILIDADE = \frac{[EXP + SENSIB]}{2}x \left[0.5 + \frac{(1 - CAP.ADAPT.)}{2}\right]$$

Onde: **EXP** refere-se ao componente exposição devido às mudanças climáticas, calculado como a variabilidade climática no futuro em função do período de referência de 1961 a 1990.







(2)

Os resultados da equação (2) para a determinação da vulnerabilidade dos municípios do Paraná quanto ao risco da seca climatológica, levando em consideração os fatores socioeconômicos e a capacidade adaptativa dos municípios são indicados nos mapas da Figura 38 e Figura 39, referentes aos períodos climáticos de 2031 a 2060 e 2061 a 2090. Os mapas referem-se à média dos modelos climáticos ESM do CMIP6, MIROC-6, MPI-M e HADGEM-3, para os cenários SSP 1-2.6 e SSP 5-8.5. No geral observamos que a vulnerabilidade varia de baixa a alta em ambos cenários. No entanto, observamos que a vulnerabilidade tende a aumentar no segundo período climático, em particular para a região central, norte e nordeste do Paraná.

Os mapas da Tabela 9 expressam os resultados da vulnerabilidade dos municípios quanto aos eventos severos devido a excesso hídrico, para os períodos climáticos futuros de 2031 a 2060 e de 2061 a 2090, calculada para os cenários SSP 1-2.6 e SSP 5-8.5 projetadas pelos modelos ESM MIROC-6, MPI-M e HADGEM-3. Os resultados indicam que a vulnerabilidade em ambos os cenários varia de muito baixo a alto, não havendo muita variação entre os cenários SSP. O maior impacto é projetado para as regiões nordeste e noroeste do estado, em ambos os períodos climatológicos, não sendo projetadas diferenças significativas entre os dois períodos. Os impactos são menores para as regiões leste e sul, exceto para a região metropolitana de Curitiba.







Índice de Vulnerabilidade para o Paraná Seca

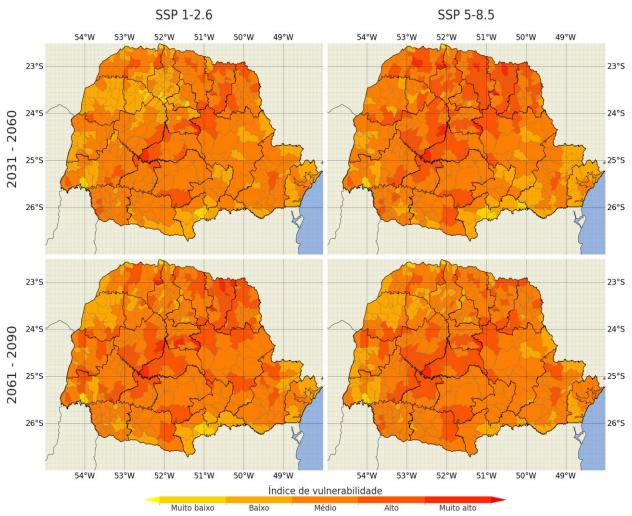


Figura 38 - Vulnerabilidade dos municípios do Paraná quanto ao risco de seca climatológica para os períodos climatológicos futuros 2031 a 2060 e 2061 a 2090. Os mapas correspondem aos cenários SSP 1-2.6 (esquerda) e SSP 5-8.5 (direita), projetados pelos modelos E SM do CMIP6, MIROC-6, MPI-M e HADGEM-3. Fonte: Simepar.







Índice de Vulnerabilidade para o Paraná Excesso hídrico

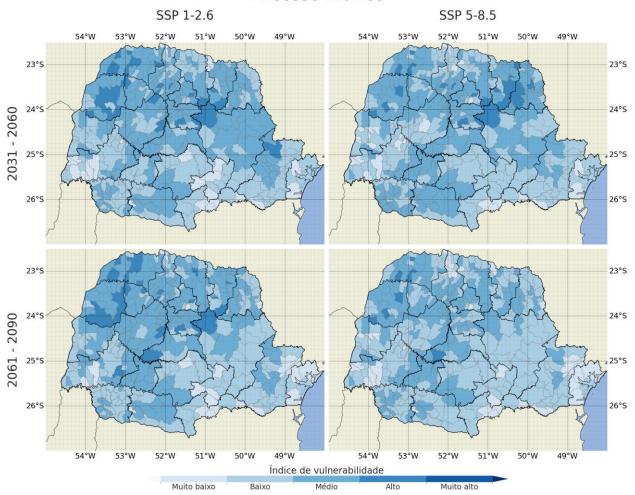


Figura 39 - Vulnerabilidade dos municípios do Paraná quanto a excesso hídrico para os períodos climatológicos futuros 2031 a 2060 e 2061 a 2090. Os mapas correspondem aos cenários SSP 1-2.6 (esquerda) e SSP 5-8.5 (direita), projetados pelos modelos ESM do CMIP6, MIROC-6, MPI-M e HADGEM-3. Fonte: Simepar.







Tabela 9 - Desastres naturais nas regiões do Paraná para o período de 1980 a 2021. Fonte: CEDEC-PR.

REGIÕES	COBRADE														
	1		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Centro Ocidental Paranaense	9				3	47	2	15	18		10	41			111
Centro Oriental Paranaense	50				15	26		2	17	1	4	53	1		117
Centro-Sul Paranaense	31				10	29	1	24	24		9	123		1	247
Noroeste Paranaense	33				5	168		69	174	2	17	73	2		336
Norte Central Paranaense	60			1	13	110	1	41	78		21	116	1		525
Norte Pioneiro Paranaense	24				12	71	1	13	77		4	26	1	1	159
Oeste Paranaense	64				12	96		28	32		12	142	4	5	479
Região Metropolitana de Curitiba	227	9	1	6	198	111	7	18	109	1	4	126	5		419
Sudeste Paranaense	26		1		11	38		2	82	1	5	70		3	138
Sudoeste Paranaense	27				23	85		66	60		17	158	2	2	376
Cascavel	10					7			1			12	1		64
Curitiba	39				10	8	2	1	7			5			62
Francisco Beltrão	7				5	8		2	8			8		1	45
General Carneiro	8				3	3			4		1	4			8
Guarapuava	20				1	3			1			15			54
Litoral	53	9	1		24	26	1	1	17	1		19	1		101
Londrina	8				2	5	1	2				1			66
Maringá	9				2	3		1				5			73
Palmas	2				1	5			3						15

Onde as colunas referem-se à nomenclatura adotada no manual COBRADE da Defesa Civil. Fonte: CEDEC (2022), conforme o seguinte:

- I. Alagamentos;
- II. Ciclones Marés de Tempestade (Ressacas);
- III. Corridas de Massa Rocha/Detrito;
- IV. Corridas de Massa Solo/Lama;
- V. Deslizamentos;
- VI. Enxurradas;
- VII. Erosão de margem fluvial;











- VIII. Estiagem;
 - IX. Inundações;
 - X. Rompimento/colapso de barragens;
 - XI. Tempestade local/convectiva chuvas intensas;
- XII. Tempestade local/convectiva granizo;
- XIII. Tempestade local/convectiva tempestade com raios;
- XIV. Tempestade local/convectiva tornados e
- XV. Tempestade local/convectiva vendaval.

Os mapas na Figura 40 referem-se à distribuição espacial das ocorrências de desastres relacionados à seca e à estimativa do risco de seca climática nos municípios, respectivamente. Observa-se a concordância entre a estimativa e as ocorrências registradas pela CEDEC-PR, sendo as regiões noroeste, sudoeste, norte e a região metropolitana de Curitiba identificadas como áreas de maior risco. O risco calibrado corrobora com a projeção da vulnerabilidade (Figura 41) nestas regiões para ambos cenários dos modelos, sendo o impacto mais significativo no cenário SSP 5-8.5 e para o período climático de 2061 a 2090.

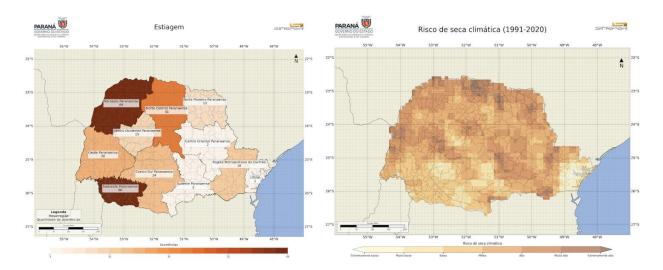


Figura 40 - Distribuição espacial das ocorrências de desastres naturais associadas a estiagem. Fonte: CEDEC-PR.

Os mapas na Figura 41 referem-se à distribuição espacial das ocorrências de desastres relacionados a excesso hídrico, tendo sido somadas as ocorrências de inundações, alagamentos, enxurradas e deslizamentos e à estimativa do risco de excesso hídrico nos municípios, respectivamente. Observa-se a concordância entre a estimativa e as ocorrências registradas pela CEDEC-PR, sendo a região metropolitana







de Curitiba, centro-norte, noroeste e sudoeste identificadas como áreas de maior risco. O risco calibrado corrobora com a projeção da vulnerabilidade nestas regiões para ambos cenários dos modelos, sendo o impacto mais significativo no cenário SSP 1-2.6 e principalmente para o período climático de 2031 a 2060.

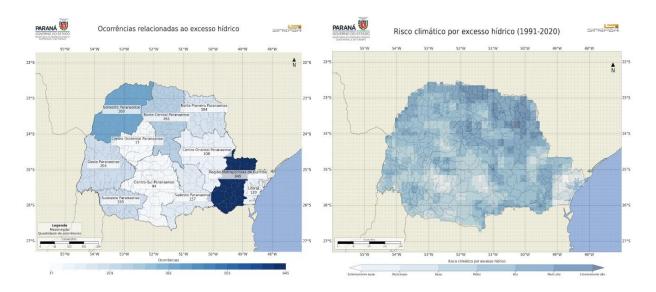


Figura 41 - Distribuição espacial das ocorrências de desastres naturais associadas a excesso hídrico. Fonte: CEDEC-PR.







