

**A INFLUÊNCIA DA MASSA POLAR ATLÂNTICA NA REGIÃO OESTE DO
PARANÁ DE 1995 A 2025**

MARIANE DUTRA MAGNABOSCO

Foz do Iguaçu
2026

A INFLUÊNCIA DA MASSA POLAR ATLÂNTICA NA REGIÃO OESTE DO PARANÁ DE 1995 A 2025

MARIANE DUTRA MAGNABOSCO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Latino-Americano de Tecnologia, Infraestrutura e Território da Universidade Federal da Integração Latino-Americana, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Geografia.

Orientadora: Profa. Doutora Marcia Aparecida Procopio da Silva Scheer.

Foz do Iguaçu
2026

MARIANE DUTRA MAGNABOSCO

**A INFLUÊNCIA DA MASSA POLAR ATLÂNTICA NA REGIÃO OESTE DO PARANÁ DE
1995 A 2025**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Latino-Americano de Tecnologia, Infraestrutura e Território da Universidade Federal da Integração Latino-Americana, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Geografia.

BANCA EXAMINADORA

Orientador: Profa. Dra Marcia Aparecida Procopio da Silva Scheer
UNILA

Prof. Dr José Mauro Palhares
UNIFAP

Profa. Dra Léia Aparecida Veiga
UEL

Foz do Iguaçu, 30 de junho de 2026.

Dedico este trabalho a minha mãe *In*
Memorian, que sempre acreditou que os
estudos têm a capacidade de transformar
vidas. A ela todo meu respeito, minha
admiração e amor eterno.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço aos meus pais Roque David e Maria de Fátima *In Memoriam*, pelas bases que me deram para me tornar a pessoa que sou hoje.

Aos meus irmãos Igor e Thiago, que apoiaram o meu sonho de entender melhor o espaço geográfico e me incentivaram a não desistir.

A Deus pela minha vida, por guiar as minhas escolhas e os meus passos, me ajudando a superar todos os obstáculos encontrados durante o meu percurso. Também pelas minhas conquistas e pelas oportunidades que surgiram.

A Universidade Federal da Integração Latino-Americana como um todo, que me possibilitou oportunidades incríveis, como conhecer pessoas de diversos países, participar de eventos importantes e ser monitora e tutora, através de seus projetos de apoio aos estudantes de outros cursos da instituição.

A minha orientadora, a professora Marcia, pelos valiosos ensinamentos, pela paciência e por guiar os meus passos, tornando este trabalho possível.

Aos professores de Geografia, que me ensinaram a ler o espaço para além do óbvio, e que foram fundamentais no meu processo de formação profissional, possibilitando unir a teoria à prática, proporcionando viagens de campo inesquecíveis e discussões críticas com diferentes pontos de vista.

Aos professores da banca por aceitarem o convite e pelas contribuições.

Aos colegas de curso, pelos conhecimentos compartilhados e construídos, por fazerem parte da minha trajetória. Em especial, à Mariana Ostrufka e Lucas Martins, por pertencerem ao meu grupo de estudos, por todo o apoio que proporcionaram durante minha jornada.

A todos da Geografia, incluindo coordenadores, técnicos, corpo docente e discentes que, de alguma forma, me ajudaram ao longo desta caminhada.

E a todos os geógrafos que acreditam na transformação do espaço através da ciência.

“O espaço geográfico é a expressão da relação entre a sociedade e a natureza.”

“Subestimar a necessidade de preservar o meio ambiente é caminhar para a extinção.”

Milton Santos

RESUMO

Esta pesquisa analisou a influência da Massa Polar Atlântica (MPA) na região oeste do Paraná entre os anos de 1995 a 2025, destacando sua relevância na intensificação de eventos climáticos extremos e as implicações socioeconômicas e ambientais. A MPA foi identificada como um dos principais agentes responsáveis por ondas de frio, geadas e precipitações intensas, com impactos diretos sobre a agricultura, infraestrutura urbana e saúde da população. A pesquisa se baseou em autores como Maack (1981), que descreveu o papel do relevo paranaense na penetração do ar frio; Mendonça (2007), ao abordar sistemas atmosféricos e pesquisadores como Aquino (2012) e Lindemann (2025), que reforçam a relação entre aquecimento global e a intensificação desses eventos climáticos. Também foram considerados os relatórios do Painel Intergovernamental sobre mudanças climáticas (IPCC). A metodologia envolveu a análise de fontes secundárias, como dados meteorológicos de três cidades representativas da mesorregião oeste (Foz do Iguaçu, Cascavel e Toledo), complementadas por registros jornalísticos, bancos de dados do governo do estado do Paraná e boletins da Defesa Civil e SIMEPAR. Os resultados mostraram que a MPA intensificou a frequência e a gravidade dos eventos extremos na região oeste do Paraná, com destaque para geadas fora de época que comprometeram culturas agrícolas, tempestades de granizo que afetaram tanto áreas urbanas quanto rurais, secas prolongadas que impactaram o abastecimento de água e ondas de frio que aumentaram a incidência de doenças respiratórias e afetaram populações vulneráveis. Conclui-se que tais fenômenos geram pressão econômica e social, exigindo estratégias de adaptação para além dos danos ambientais, e que aumente a resiliência dos agricultores e da população em geral.

Palavras-chave: Massa Polar Atlântica; oeste paranaense; eventos climáticos extremos; mudanças climáticas.

RESUMEN

Esta investigación analizó la influencia de la Masa de Aire Polar del Atlántico (MPA) en la región occidental de Paraná entre 1995 y 2025, destacando su papel en la intensificación de eventos climáticos extremos y sus implicaciones socioeconómicas y ambientales. Se identificó a la MPA como uno de los principales factores desencadenantes de olas de frío, heladas y precipitaciones intensas, lo que repercute directamente en la agricultura, las infraestructuras urbanas y la salud pública. La investigación se basó en los trabajos de autores como Maack (1981), quien describió el papel de la topografía de Paraná en la penetración del aire frío; Mendonça (2007), al abordar los sistemas atmosféricos; e investigadores como Aquino (2012) y Lindemann (2025), que refuerzan el vínculo entre el calentamiento global y la intensificación de estos fenómenos extremos. También se tuvieron en cuenta los informes del Panel Intergubernamental sobre el Cambio Climático (IPCC). La metodología consistió en el análisis de fuentes secundarias, como datos meteorológicos de tres ciudades representativas de la mesorregión occidental (Foz do Iguaçu, Cascavel y Toledo), complementadas con noticias de prensa, bases de datos del Gobierno del estado de Paraná y boletines de Defensa Civil y del SIMEPAR. Los resultados demostraron que el MPA intensificó la frecuencia y la gravedad de los eventos extremos en el oeste de Paraná, destacando heladas fuera de temporada que comprometieron los cultivos agrícolas, las granizadas que afectaron tanto a las zonas urbanas como a las rurales, sequías prolongadas que impactaron al abastecimiento de agua y las olas de frío que aumentaron la incidencia de enfermedades respiratorias y afectaron a poblaciones vulnerables. El análisis concluye que estos fenómenos generan presión económica y social, lo que exige estrategias de adaptación que, más allá de abordar el daño medioambiental, mejoren la resiliencia de los agricultores y de la población en general.

Palabras clave: Masa Polar Atlántica; oeste del Paraná; fenómenos meteorológicos extremos; cambio climático.

ABSTRACT

This study analyzed the influence of the Atlantic Polar Air Mass (MPA) on the western region of Paraná between 1995 and 2025, highlighting its role in intensifying extreme weather events and the associated socioeconomic and environmental implications. The MPA was identified as a primary driver of cold waves, fronts, and heavy precipitation, directly impacting agriculture, urban infrastructure, and public health. The research drew upon the work of authors such as Maack (1981), who described the role of Paraná's topography in cold air penetration; Mendonça (2007), regarding atmospheric systems; and researchers like Aquino (2012) and Lindemann (2025), who reinforce the link between global warming and the intensification of these extreme weather events. Reports from the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) were also taken into account. The methodology involved analyzing secondary sources, such meteorological data from three representative cities in the western mesoregion (Foz do Iguaçu, Cascavel, and Toledo), complemented by news reports, Paraná state government databases, and bulletins from Civil Defense and SIMEPAR. The results demonstrated that the MPA intensified the frequency and severity of extreme events in western Paraná, notably including unseasonal frosts that compromised crops, hailstorms affecting both urban and rural areas, prolonged droughts impacting water supplies, and cold waves that increased the incidence of respiratory diseases and affected vulnerable populations. The study concludes that these phenomena create economic and social pressure, requiring adaptation strategies that, beyond addressing environmental damage, enhance the resilience of farmers and the general population.

Key words: Atlantic Polar Mass; western Paraná; extreme weather events; climate change.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Tipos de Climas da Terra.....	16
Figura 2 – Os fenômenos ZCIT e ZCAS.....	19
Figura 3 – Exemplo sobre água precipitável da composição dos dias com e sem Bd e anomalias dos dias com e sem Bd durante o outono.....	20
Figura 4 – Células térmicas e dinâmicas da atmosfera.....	21
Figura 5 – Esquema de uma frente fria.....	29
Figura 6 – Ondas de Rossby.....	31
Figura 7 – Ondas de calor no Brasil em setembro de 2024.....	31
Figura 8 – Fluxograma da pesquisa.....	33
Figura 9 – Mapa da regionalização da região oeste do Paraná.....	35
Figura 10 – Dados de precipitação e temperatura em Foz do Iguaçu.....	39
Figura 11 – Episódio de maior cheia nas Cataratas.....	39
Figura 12 – Episódio de maior seca nas Cataratas.....	40
Figura 13 – Forte tempestade de granizo na primavera de 2015, FI.....	41
Figura 14 – Chuvas intensas em janeiro de 2021 e novembro de 2024, FI.....	41
Figura 15 – Temporais recentes em outubro de 2023 e em junho de 2025, FI.....	42
Figura 16 – Granizo em outubro de 2024 e ondas de calor em janeiro de 2022, FI.....	42
Figura 17 – Ondas de ar polar no inverno, em junho de 2025, FI.....	43
Figura 18 – Dados de precipitação e temperatura em Toledo.....	44
Figura 19 – Temporais de granizo em abril de 2014 e danos à agricultura, TD.....	45
Figura 20 – Alagamentos em novembro de 2025 e registros de tornado em janeiro de 2018, TD.....	45
Figura 21 – Dados de precipitação e temperatura em Cascavel.....	46
Figura 22 – Chuva de granizo em 2020 e tempestades fortes em 2023, durante a primavera, CV.....	47
Figura 23 – Tornado em outubro de 2023 e alagamentos em março de 2019, durante a primavera, CV.....	48
Figura 24 – Total de eventos registrados pela Defesa Civil no Paraná 2010-2023...	51

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Climas da América do Sul.....	17
Quadro 2 – As consequências do ENO.....	22
Quadro 3 – A mesorregião oeste do Paraná.....	36
Quadro 4 – Eventos climáticos extremos em Foz do Iguaçu, segundo a Defesa Civil.....	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Histórico mensal de precipitação e temperatura em Foz do Iguaçu.....	39
Tabela 2 – Histórico mensal de precipitação e temperatura em Toledo.....	44
Tabela 3 – Histórico mensal de precipitação e temperatura em Cascavel.....	46

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AF	Clima de Floresta tropical
AM	Clima de Monção tropical
AMOP	Associação dos Municípios do Oeste do Paraná
AP	Alta Pressão
AW	Clima de Savana tropical
BD	Banda Dupla
BP	Baixa Pressão
BSK	Clima Semiárido frio
BWK	Climas Desérticos frios
CFA	Clima Subtropical úmido
CO ²	Dióxido de Carbono
CPC	Centro Polar e Climático
CPTEC	Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos
ENOS	El Niño - Oscilação Sul
GEE	Gases do Efeito Estufa
IDR-PR	Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IPCC	Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas
MPA	Massas de Ar Polar Atlânticas
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration
ONU	Organização das Nações Unidas
PA	Pressão Atmosférica
PMFI	Prefeitura Municipal de Foz do Iguaçu
POD	Programa Oeste em Desenvolvimento
SAM	Modo Anular do Sul ou Oscilação Antártica
SANEPAR	Companhia de Saneamento do Paraná
SIMEPAR	Sistema de Tecnologia e Monitoramento Ambiental
UFPEL	Universidade Federal de Pelotas
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
ZCAS	Zona de Convergência do Atlântico Sul
ZCIT	Zona de Convergência Intertropical

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	13
2 REFERENCIAL TEÓRICO-HISTÓRICO.....	15
2.1 BREVE HISTÓRICO DO CLIMA MUNDIAL.....	15
2.2 BREVE PANORAMA DO CLIMA NA AMÉRICA DO SUL.....	17
2.3 BREVE CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA DO SUL DO BRASIL.....	24
2.4 DESCRIÇÃO DO CLIMA POLAR.....	26
2.4.1 As Massas de Ar Polar.....	28
2.4.2 As ondas de Rossby e as mudanças climáticas.....	31
3 METODOLOGIA.....	35
3.1 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	35
3.2 BREVE CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	37
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	40
4.1 RESULTADOS.....	40
4.1.1 Foz do Iguaçu.....	40
4.1.2 Toledo.....	47
4.1.3 Cascavel.....	50
4.2 DISCUSSÃO.....	53
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	58
REFERÊNCIAS.....	60

1 INTRODUÇÃO

A Região Sul do Brasil é marcada por uma expressiva variabilidade climática, influenciada por fatores geográficos, atmosféricos e oceânicos. Inclui os estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, e dentre os elementos que desempenham papel crucial na dinâmica do clima local, as massas de ar polar oriundas da Antártica destacaram-se como agentes transformadores, exercendo forte influência sobre os padrões climáticos globais e sendo responsáveis por intensas ondas de frio, geadas e até mesmo precipitação de neve em áreas específicas.

Foi a crescente intensificação de fenômenos que podem ser associados as mudanças climáticas globais e seus impactos regionais que justificaram a escolha desse tema. Nas últimas décadas, eventos extremos como ondas de frio intensas, geadas fora de época e variações bruscas de temperatura tornou-se mais frequentes no sul do Brasil, levantando questões sobre o papel do clima polar antártico nesse processo, conforme destacado por Velleda (2025) e pelo explorador Polar e o Doutor em Glaciologia Jefferson Cardia Simões, criador do Centro Polar e Climático (CPC) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). O aquecimento global alterou os padrões atmosféricos, como as Ondas de Rossby e a circulação dos ventos polares, favorecendo a penetração de massas de ar frio vindas da Antártica até as áreas habitadas do continente sul-americano.

A ocorrência de massas de ar polar intensificou-se no Brasil, resultando em invernos mais rigorosos e variações climáticas que impactou diretamente a vida da população e a economia local, com problemas notáveis na agricultura, como perdas significativas nas colheitas; impactos na infraestrutura urbana como estradas e edificações afetadas por condições climáticas extremas e mudanças na saúde da população, como o aumento da incidência de doenças respiratórias e a necessidade de exigir adaptações nos serviços de saúde, conforme destacou reportagens da mídia e os boletins do (CPC), além de ser uma temática muito explorada por autores como Aquino, professor da UFRGS (2012) e Lindemann (2025) da Universidade Federal de Pelotas (UFPEL).

O Paraná é um dos estados afetados pelas massas de ar polar, devido a sua diversidade de relevo e posição geográfica, pois, para Maack (1981), o Planalto Meridional atua como um corredor que potencializa a penetração do ar frio, favorecendo quedas acentuadas de temperatura nas regiões centro-sul e nos Campos Gerais. Os registros dessas incursões polares podem ser acompanhados nos boletins do Sistema de Tecnologia e Monitoramento Ambiental do Paraná (SIMEPAR).

Assim, nesse contexto de estudos de eventos climáticos, esta pesquisa teve como objetivo investigar como as massas de ar polar que se deslocam da Antártica afetaram a temperatura, precipitação e outros fenômenos climáticos na região oeste do estado do Paraná, evidenciando os episódios de eventos extremos relacionados às massas de ar polar como a frequência, intensidade e efeitos durante o período de 1995 a 2025, para entender suas implicações climáticas, sociais e econômicas.

A metodologia adotada partiu de uma pesquisa bibliográfica para contextualizar e oferecer uma base teórica robusta sobre o tema. A abordagem uniu pesquisa qualitativa e quantitativa, e para isso, foram analisados uma série de dados meteorológicos de três localidades representantes da mesorregião oeste: Foz do Iguaçu, Cascavel e Toledo. Também foram selecionadas reportagens jornalísticas que ilustram essas implicações de eventos atmosféricos extremos na região.

Ao detectar, analisar e estudar a intensidade e consequências desses impactos na região, a pesquisa permitiu uma compreensão mais profunda da relação entre as massas de ar e os padrões climáticos observados no oeste paranaense que poderão contribuir para o desenvolvimento de estratégias de adaptação diante de eventos extremos que antecipem, diminuam os danos ambientais e aumentem a resiliência dos agricultores e da população em geral. Além disso, a pesquisa forneceu dados valiosos para serem utilizados na criação de políticas públicas e iniciativas locais.

O texto final foi organizado em três partes. Na primeira parte realizou-se o Referencial Teórico-histórico, abordando um breve histórico do clima mundial, na América do Sul, no Sul do Brasil e no continente antártico, com destaque para os principais fenômenos climáticos e suas influências para a região Sul do Brasil. Em seguida, a Metodologia, com a descrição dos procedimentos da pesquisa e a caracterização da região oeste do estado do Paraná. Por fim, os Resultados e Discussões, com a apresentação dos principais dados e reportagens jornalísticas, seguido da análise e interpretação desses resultados a partir da importância da MPA, de suas implicações no clima regional e da discussão sobre as mudanças climáticas globais.

2 REFERENCIAL TEÓRICO-HISTÓRICO

2.1 BREVE HISTÓRICO DO CLIMA MUNDIAL

O clima mundial passou por uma trajetória que incluiu diversas variações naturais ao longo dos períodos geológicos, culminando na crise climática associada às ações humanas, que se agravaram a partir da Revolução Industrial. Conforme Marin (2008), de 65 milhões de anos até a era contemporânea, o clima da Terra sofreu alterações naturais¹ como a movimentação das placas tectônicas, alterações da órbita terrestre, atividade solar e períodos de glaciação e aquecimento global. Essas mudanças tiveram efeito sobre os componentes do sistema climático como a hidrosfera, litosfera, atmosfera, criosfera, moldando o planeta e contribuindo para extinções em massa.

Foi a partir do Holoceno (pouco mais de 10 mil anos atrás), que o clima se tornou mais estável, e houve momentos de aquecimento causado pelo aumento da radiação solar, além de mudanças nos padrões de circulação oceânica, e permitiu que se desenvolvessem a agricultura e as primeiras civilizações, que pôs fim ao estilo nômade. Esse foi considerado o período mais quente entre as eras do gelo.

A meteorologia como ciência foi iniciada com os gregos em 400 a.C. a partir dos trabalhos de Hipócrates e Aristóteles, se desenvolveu com rapidez devido a sua importância na atividade econômica e social, e o clima passou a ser objeto de estudo no mundo todo. Foi a partir da Revolução Industrial², em XVIII que as atividades humanas passaram a exercer uma influência dominante sobre o clima, devido à emissão de gases do efeito estufa, que intensificou o aquecimento global. Mas foi somente a partir do fim do século XX que teve início uma grande preocupação sobre os efeitos no clima global decorrente das ações antrópicas, principalmente após a divulgação dos relatórios do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) da Organização das Nações Unidas (ONU), que tratam das causas do Aquecimento Global e os efeitos sobre a humanidade, e mobilizou a sociedade para as mudanças climáticas globais (Marin, 2008).

A obra *A política da mudança climática*, de Anthony Giddens, analisou como o aquecimento global se tornou uma questão forte na política internacional, discutiu

¹ As transformações climáticas naturais: <https://eunice.oc.eco.br/as-mudancas-climaticas-naturais/>

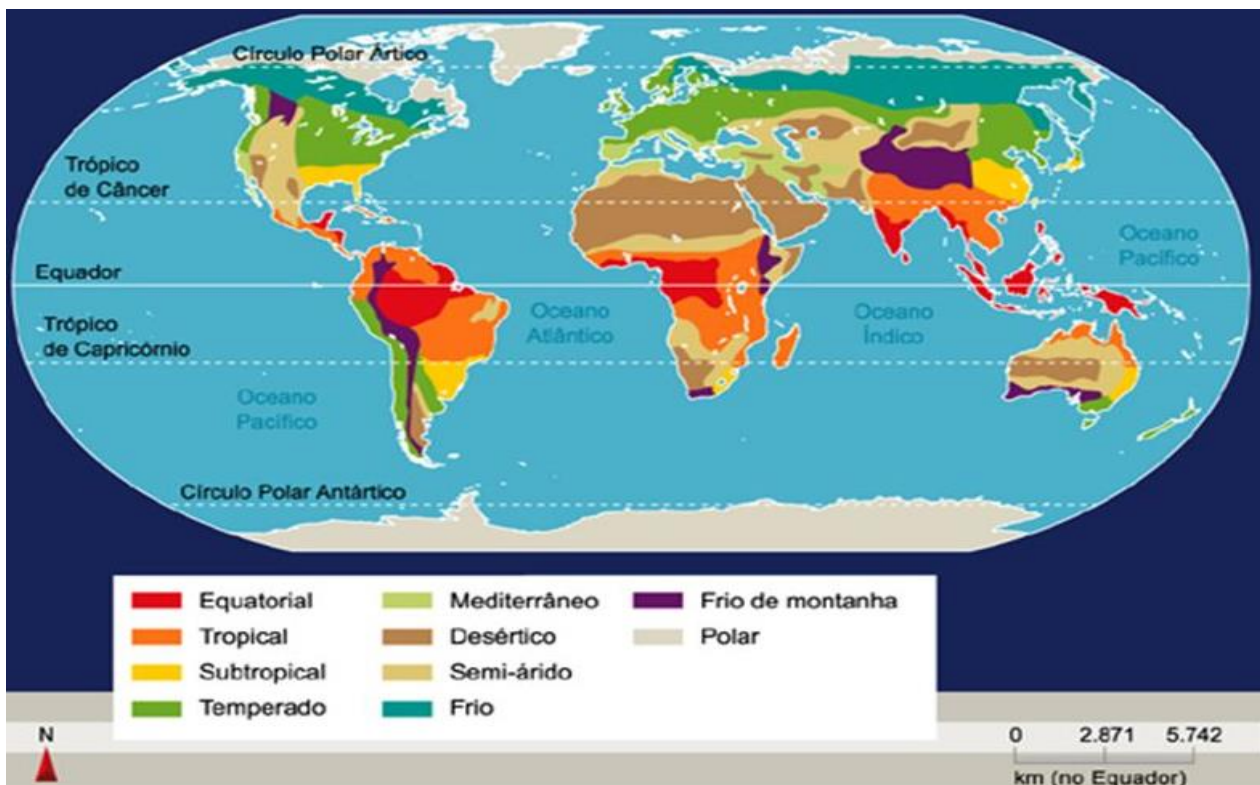
² A cronologia das mudanças climáticas com marcos importantes:
https://www.bbc.com/portuguese/noticias/2013/09/130927_cronologia_mudancas_climaticas

a falta de uma ação urgente dos governantes e defendeu a ideia de um mundo em que o petróleo não dite mais a política mundial, e sim os recursos energéticos renováveis que podem combater essas mudanças climáticas, descritas por ele como “as emissões de gases geradores do efeito estufa, produzidas pela indústria moderna, que vêm fazendo o clima da Terra se aquecer” (2012, p.14).

Os governantes do mundo criaram várias reuniões promovidas pela ONU, como a Rio 92, Kyoto em 97, Bali em 2007 entre outras, com o objetivo de limitar as consequências devastadoras previstas no futuro, porém, as negociações entre os países mais poluentes do mundo pouco produziram em resultados concretos.

Durante o estudo dos climas, observou-se a variedade nas diversas regiões do planeta, influenciadas por elementos climáticos como temperatura, umidade, pressão atmosférica, precipitação, radiação solar e ventos, que interagem na formação do clima de um local. Além disso, foram considerados os fatores geográficos, como a latitude, altitude, maritimidade, continentalidade, vegetação, relevo e massas de ar que atuaram sobre o ambiente e modificaram os elementos climáticos de determinada região. (Mendonça-Danni, 2007). Dessa forma, constituíram-se os distintos tipos climáticos, figura 1, a partir da classificação de Köppen, que é a mais usada no mundo.

Figura 1. Tipos de clima da Terra. Fonte: Atlas Geográfico escolar do IBGE.



As mudanças climáticas representam um dos maiores desafios ambientais do século XXI, conforme Giddens (2012), afetando significativamente os padrões climáticos globais e suas consequências para os ecossistemas e a sociedade. Com o aumento da temperatura média global, impulsionada por atividades humanas, como a queima de combustíveis fósseis e desmatamento, trouxe alterações drásticas nas condições climáticas, resultando em eventos extremos como aumento da precipitação, tornados, secas severas e inundações devastadoras.

2.2 BREVE PANORAMA DO CLIMA NA AMÉRICA DO SUL

A região da América do Sul apresenta uma grande diversidade climática, influenciada por fatores geográficos, altitude, relevo, correntes oceânicas e sistemas atmosféricos. O continente é atravessado pela Linha do Equador e pelo Trópico de Capricórnio, gerando forte contraste entre zonas tropicais e subtropicais. Possui variadas formas de relevo, como a Cordilheira dos Andes que atuam como uma barreira climática que influencia a distribuição de chuvas e temperaturas; diversos planaltos e planícies com grandes rios, como o Rio Amazonas; a floresta equatorial Amazônica, além do deserto do Atacama no Chile. Essas diferenças, aliadas ao fato da América do Sul estar numa posição em que, do lado oeste, é o Oceano Pacífico, e no lado leste, o Oceano Atlântico, favorecem a atuação de diferentes sistemas atmosféricos, resultando na diversidade climática e moldando os regimes de precipitação na região. (Reboita, 2012).

A América do Sul teve muitos climas diferentes que resultaram da interação entre fatores estruturais e dinâmicos. Para melhor ilustrar os tipos de clima encontrados no continente sul-americano, utilizou-se o “Climate-data.org”, que forneceu dados e registros climáticos da National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), baseando-se na classificação climática de Köppen-Geiger, (Quadro 1). De um lado, encontram-se os tipos climáticos e, do outro, as principais cidades onde essas características climáticas são mais predominantes.

Quadro 1. Climas da América do Sul. Fonte: Climate-data (NOAA).

CLIMA POR KÖPPEN-GEIGER	PRINCIPAIS CIDADES
Savana tropical (Aw)	Brasília e Fortaleza (Brasil), Cali e Barranquilla (Colômbia).
Subtropical úmido (Cfa)	Buenos Aires e Córdoba (Argentina), Porto

	Alegre e Belo Horizonte (Brasil).
Oceânico (Cfb)	São Paulo, Curitiba e Guarulhos (Brasil), Bogotá (Colômbia), Quito (Equador).
Floresta Tropical (Af)	Salvador, Belém e Santos (Brasil), Buenaventura (Colômbia).
Oceânico de altitude subtropical (Cwb)	Cusco, Huaraz e Sicuani (Peru), Sucre (Bolívia), Diamantina (Brasil).
Semiárido frio (BSk)	Cochabamba, Oruro, San Luis, Potosí. (Bolívia-Andes).
Monção tropical (Am)	Rio de Janeiro, Manaus e Recife (Brasil), Medellín (Colômbia).
Desérticos frios (BWk)	Arequipa (Peru), San Juan, Mendoza, General Roca (Argentina).

Em síntese, entre os principais climas da América do Sul, destaca-se o Clima Equatorial Úmido (Af), predominante na Amazônia, caracterizado por abundante precipitação e temperaturas elevadas durante o ano todo, o que sustenta a maior floresta tropical do planeta. O Clima tropical de Savana (Aw) é típico do Brasil Central e de áreas do norte do continente, distinguindo-se pela alternância entre uma estação chuvosa e outra seca, influenciando diretamente a dinâmica dos biomas de cerrado e savana. O Clima desértico (Bw, Bsk) manifesta-se de forma extrema no deserto do Atacama, considerado um dos mais áridos, e em áreas semiáridas do nordeste brasileiro, onde a escassez de chuvas condiciona as práticas agrícolas e os modos de vida. Por fim, o Clima Subtropical Úmido (Cfa), ocorre no sul do Brasil, Uruguai e Argentina, foi caracterizado por verões quentes e invernos amenos, favorecendo atividades agropecuárias intensivas e a formação de densos núcleos urbanos (Christopherson, 2017; Marrafon, 2020).

Para o equilíbrio da temperatura global, as correntes oceânicas sempre foram importantes, influenciando as temperaturas das localidades costeiras, dependendo se são quentes ou frias. A corrente de Humboldt é uma massa de água fria que parte da Antártica em direção ao Equador. O ar frio é mais denso e pesado, impedindo a formação de nuvens de chuva. Esse resfriamento cria uma estabilidade atmosférica que bloqueia a umidade vinda do oceano, e ao chegar ao continente, percorre a costa pacífica, não tem capacidade de gerar precipitação, sendo responsável pela aridez do deserto do Atacama.

Já a Corrente do Brasil é uma corrente de águas tropicais quentes que desce do Equador em direção ao Sul, mantém as temperaturas elevadas e maior umidade na costa atlântica, especialmente no sudeste e sul do Brasil. Quando o ar úmido e quente encontra o relevo da costa atlântica brasileira, é forçado a subir e ao subir, se esfria. A umidade condensa e forma chuvas abundantes, que caracterizam o clima úmido das

regiões Sudeste e Sul. As correntes quentes, formaram-se na Zona Intertropical, próxima à Linha do Equador, área que recebe calor solar com intensidade, e se movimentam em direção às zonas polares. Já as correntes frias, formaram-se nas zonas polares e movimentaram-se em direção à região equatorial. (Christopherson, 2017).

A Terra foi cercada por uma camada de ar conhecida como atmosfera. Cada ponto na superfície terrestre esteve exposto a uma pressão, denominada pressão atmosférica (PA), que influenciou o clima, apresentando variações associadas aos diferentes estados do tempo. Essa pressão variou conforme a temperatura, latitude e altitude. Como bem explicaram Torres e Machado (2011), a pressão ocorreu pelo peso do ar sobre um lugar, formando áreas de baixa pressão (BP) como a faixa equatorial, onde o calor dilatou o ar e o tornou mais leve, e as áreas de alta pressão (AP) nos polos, onde o ar era mais denso e pesado.

O aquecimento não uniforme do globo terrestre forma zonas de pressão atmosférica desiguais. Nas zonas tropicais, onde os ventos alísios dos hemisférios norte e sul se encontravam, formou-se a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), figura 2, responsável por chuvas intensas e frequentes na região equatorial entre os meses de fevereiro e maio. Outro sistema relevante foi a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), que é uma banda de nuvens que se estende na diagonal desde a região amazônica até o Oceano Atlântico Sul.

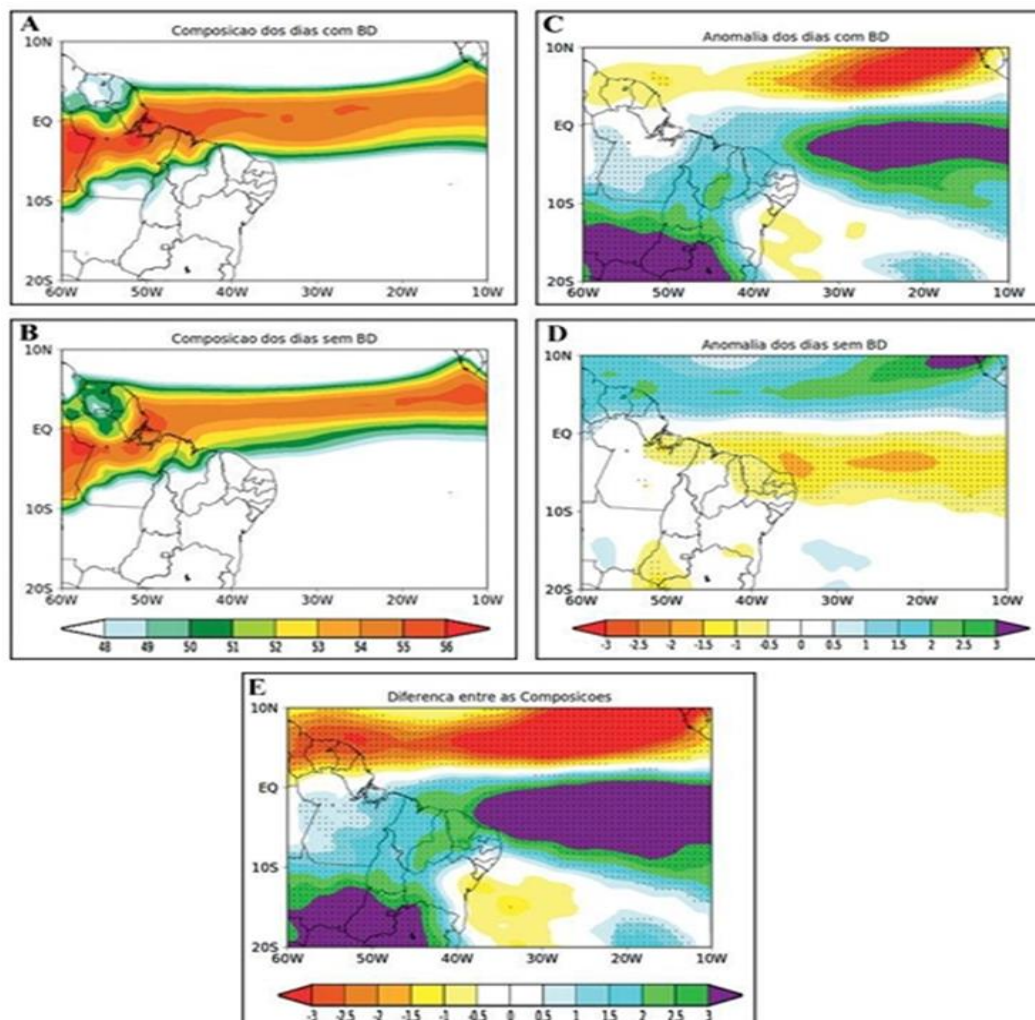
Figura 2. Representação esquemática da ZCIT e ZCAS sobre a América do Sul. Fonte: CPTEC/INPE.



A ZCAS foi descrita por Mendonça como resultante do intenso calor e da umidade que provinham do encontro de massas de ar quentes e úmidas do sul da Amazônia e da porção central do Atlântico Sul, ou seja, um corredor de umidade que causa chuvas persistentes e volumosas no verão, pois “as variações no campo de pressão atmosférica em associação com a variação térmica da superfície oceânica que dá origem a fenômenos conhecidos como El Niño, La Niña e Oscilação Sul” (Mendonça, 2007, p.88). Esses fenômenos impactaram as variações nas chuvas e nas temperaturas da América do Sul.

Existe ainda a Banda Dupla da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) analisada por Teodoro, Reboita e Escobar (2019). Esta pesquisa destacou que a banda dupla (Bd), figura 3, se refere à presença de uma segunda faixa de nebulosidade paralela que se forma ao sul da banda principal da ZCIT, durante o período de verão a outono (fevereiro a maio) no Atlântico Tropical.

Figura 3. Representação da composição e anomalias dos dias com e sem Bd no outono. Fonte: Teodoro, Reboita e Escobar (2019).



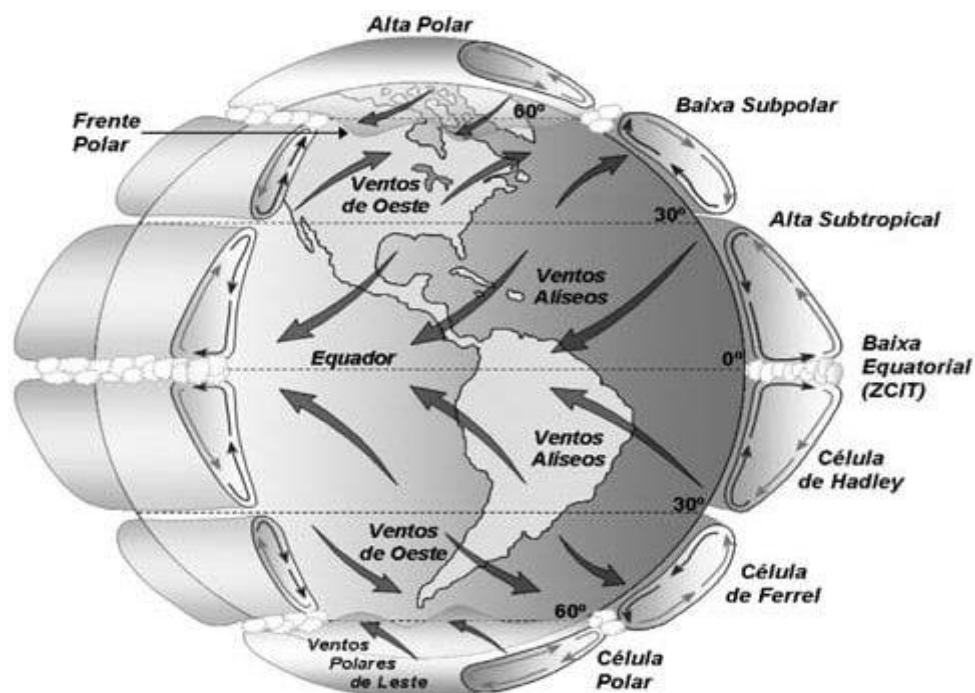
A BD aumenta a instabilidade e provoca chuvas intensas e persistentes no Nordeste brasileiro. Também mencionou que sua formação não é totalmente compreendida, mas parece surgir da interação entre os ventos alísios e as condições oceânicas específicas como aquecimento anormal e o aumento da umidade sobre o continente, causando chuvas prolongadas e acima da média. O fenômeno pode trazer graves consequências como grandes alagamentos e tragédias como deslizamentos de terra. Apesar disso, o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) garante que o fenômeno também está associado à recarga hídrica abundante para a agricultura e para os reservatórios de água do sertão.

A circulação geral da atmosfera e a dinâmica atmosférica superpõem-se aos elementos e fatores climáticos e imprimem ao ar constante movimentação. É definida como o sistema global de ventos e massas de ar que distribui o calor do Sol da região equatorial para os polos. Ela é impulsionada pelo aquecimento desigual da Terra e pela rotação do planeta, garantindo o equilíbrio térmico e definindo os diferentes climas em todo o mundo. A diferença de temperatura cria áreas de alta e baixa pressão que forçam o ar a se mover na tentativa de alcançar equilíbrio, conforme Mendonça (2007).

A circulação geral da atmosfera pode ser observada em três grandes zonas: a) zona intertropical (baixa latitude); b) zona temperada (latitude média) e c) zona polar (altas latitudes). As baixas latitudes recebem mais energia do que perdem para o espaço, e em latitudes médias e altas ocorre o contrário, permitindo o equilíbrio no balanço de energia do planeta, pois o excesso de energia na ZCIT é transferido por correntes atmosféricas e oceânicas para as zonas temperadas e polares. Segundo Ayoade (1996), a circulação de cada hemisfério foi dividida em três grandes células térmicas e dinâmicas, conforme figura 4: a Tropical, Temperada e a Polar.

- Célula de Hadley (Tropical): O ar quente e úmido sobe no equador (baixa pressão), gerando nuvens e chuvas constantes. Esse ar se desloca para os trópicos, resfria-se, desce por volta dos 30° de latitude (alta pressão) e gera ventos secos que favorecem a formação de desertos.
- Célula de Ferrel (Temperada): Atua entre os 30° e 60° de latitude, caracterizada por movimentos de ar mais complexos e dinâmicos.
- Célula Polar: O ar frio e denso desce nos polos e se move em direção aos trópicos, encontrando o ar mais quente na região de 60° de latitude.

Figura 4. Células térmicas e dinâmicas da atmosfera. Fonte: Steinke, 2012.



As alterações de temperatura no Oceano Pacífico afetam a circulação atmosférica global, que é a movimentação contínua das massas de ar ao redor do globo. Conforme descrito por Tedeschi (2007), uma dessas alterações trata-se do El Niño, o aquecimento anormal das águas do Oceano Pacífico, que ocorre pelo enfraquecimento dos ventos alísios na região equatorial. Outra alteração é a La Niña, que funciona de forma contrária, caracterizando-se por um resfriamento anormal no Oceano Pacífico, com o aumento dos ventos alísios, que são correntes de ar que sopram de forma constante e predominante nas regiões tropicais. Ambos os fenômenos trouxeram consequências no tempo e clima, influenciando a distribuição de chuvas em diversas regiões do planeta e favorecendo a ocorrência de eventos extremos.

Em resumo, no Brasil o El Niño intensificou as chuvas no Sul e trouxe mais seca ao Norte e Nordeste, enquanto a La Niña aumentou as chuvas no Norte e Nordeste e reduziu as chuvas mais ao Sul. Ainda de acordo com essa autora, outro fenômeno atmosférico vinculado ao El Niño, foi chamado de Oscilação Sul, descrito como um fenômeno natural que envolve o aquecimento ou resfriamento anômalo das águas do Oceano Pacífico, e as consequentes alterações dos padrões de pressão atmosférica e dos padrões de ventos e chuvas em todo o planeta, conhecido pela sigla ENOS (El Niño - Oscilação Sul). O fenômeno acaba exercendo impacto direto na agricultura, na geração de energia e na frequência de desastres naturais.

Como descreve Christopherson (2017), às vezes, pressões mais altas que o normal se desenvolveram sobre o Oceano Pacífico Ocidental e pressões mais baixas no Pacífico Oriental. Se os ventos alísios de leste a oeste enfraquecerem, podem ser reduzidos ou substituídos por ventos no sentido oposto. O El Niño interrompe o processo natural de ressurgência, na qual águas profundas, frias e ricas em nutrientes sobem para a superfície na costa do Peru que sustenta uma ampla cadeia alimentar marinha. Quando a temperatura do mar sobe drasticamente, a água quente forma uma barreira que impede a subida de nutrientes, causando o colapso da base alimentar com a morte ou migração de peixes, afetando os animais marinhos e aves predadoras que ficam sem alimento. Isso traz graves impactos ecológicos e provoca a paralisação das atividades pesqueiras.

Outras consequências do ENO apareceram no estudo de Reboita (2012), Quadro 2, e mostrou que o ENO modulou vários sistemas atmosféricos e incluiu, em detalhes, as diferenças e alterações nos padrões de precipitação na América do Sul:

Quadro 2. As consequências do ENO. Elaborada pela autora, (2026) com base em "Reboita" (2012).

REGIÃO	EL NIÑO	LA NIÑA
Sul do Brasil, Paraguai e Uruguai (R4)	Chuvas mais intensas; maior frequência de frentes frias e ciclones.	Redução das chuvas; maior probabilidade de estiagens.
Nordeste do Brasil (R6 e R7)	Seca; diminuição da precipitação devido ao deslocamento da ZCIT para o norte.	Chuvas acima da média; aumento de eventos extremos no litoral e sertão.
Amazônia (R5 e R6)	Redução da precipitação; enfraquecimento da convecção e da Alta da Bolívia.	Intensificação da atividade convectiva; aumento dos totais pluviométricos, especialmente no verão.
Cone Sul e Andes (R1, R2 e R3)	Maior frequência de frentes frias, ciclones e complexos convectivos de mesoescala, resultando em chuvas intensas.	Tende a reduzir esses sistemas, levando a períodos mais secos.

O quadro é uma ferramenta valiosa para o planejamento regional, mostrando que em anos de El Niño, o Brasil precisa se preparar para cheias no Sul e seca no Norte/Nordeste, e que em anos de La Niña, o risco de seca migra para o Sul, enquanto o Norte/Nordeste tende a ter um regime hídrico mais favorável. Essa compreensão auxilia na gestão de recursos hídricos, agricultura e Defesa Civil, pois permite antecipar quais regiões estarão sob maior risco de desastres naturais com base na fase do fenômeno no Oceano Pacífico, e encontrar soluções para diminuir os impactos ambientais e sociais.

Como foi observado, o estudo do clima da América do Sul exigiu uma

abordagem interdisciplinar, integrando áreas como a Geografia, Física, Meteorologia e Climatologia. Foi possível analisar a complexidade climática da região, e entender alguns sistemas atmosféricos atuantes que tornaram a região única, com paisagens deslumbrantes e eventos climáticos que trazem desafios ao planejamento ambiental, agrícola e urbano.

2.3 BREVE CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA DO SUL DO BRASIL

O Brasil é caracterizado como um país de dimensões continentais dividido em cinco regiões: Norte, Nordeste, Centro-oeste, Sudeste e Sul. Sua principal característica é sua tropicalidade, pela posição geográfica na faixa tropical, que é expressa pelo considerável recebimento de energia solar e elevadas temperaturas, aliadas às chuvas. Apesar disso, conforme Mendonça e Danni (2007), o território apresentou variedade de tipos climáticos, com características próprias e um conjunto de centros de ação e massas de ar que participaram da formação dos climas no país.

A região Sul do Brasil tornou-se um belo exemplo dessa diversidade climática, pois seu clima se inseriu na faixa dos climas subtropicais, com verões quentes, invernos frios e chuvas bem distribuídas ao longo do ano. Representado pelos estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, o clima, segundo Mendonça e Danni (2007), tornou-se controlado por massas de ar tropicais e polares, região em que foram registradas as menores temperaturas médias, demarcando os locais mais frios do país durante o inverno, pela diminuição da disponibilidade de energia solar, especialmente nas áreas mais elevadas, podendo ocorrer geadas e até neve nas regiões serranas. No interior do Paraná, na porção litorânea e nas elevações da Serra do Mar e Serra Geral, o clima propiciou o desenvolvimento da vegetação, representada pela Mata Atlântica.

Sobre o regime de precipitação na região Sul, para Cavalcanti et al. (2009), observou-se uma transição bem marcada: ao norte, registrou-se o típico regime de monção, com a estação de chuvas começando na primavera e terminando no começo do outono, o que causou grande diferença na precipitação entre as estações do inverno e verão. Enquanto isso, ao sul, houve uma distribuição mais uniforme de precipitação ao longo do ano, característica de latitudes médias, com chuvas mais fortes no inverno.

Nessa região, também se observou maior variabilidade climática, devido às oscilações interanuais de chuva e de temperatura, em função dos episódios El Niño e La

Niña. Em anos de El Niño, registrou-se um aumento no volume de chuvas do Rio Grande do Sul ao Paraná, favorecendo a safra de grãos no verão, enquanto durante a La Niña, as condições climáticas são inversas, com seca severa na região Sul (Morin, 2008). No segundo semestre de 2023 e entre abril e maio de 2024, o Rio Grande do Sul sofreu uma catástrofe climática em razão do El Niño intenso, somado a outras anomalias como os bloqueios atmosféricos e o aquecimento do Atlântico, de acordo com os portais de notícia do estado, como o “SOS Rio Grande do Sul” que apresentou um balanço da tragédia e dados atualizados do INMET³ após um ano do decreto de calamidade pública.

De acordo com Cavalcanti et al. (2009), as temperaturas na região Sul apresentaram amplitude maior, com a diferença entre a radiação recebida entre o verão e o inverno. Os autores listaram outros motivos que influenciaram a temperatura, como a topografia, que determinou as regiões mais frias e trouxe precipitação em forma de neve; a advecção de ar quente do Norte por quase o ano todo; a influência da Corrente Marítima Quente do Brasil que estendeu o clima quente e úmido dos trópicos para o sul; além da maior umidade nesta região. Devido ao sistema de alta pressão do Atlântico Sul, que influenciou os ventos na região Sul, esse padrão manifestou-se em quase todas as estações do ano, sendo mais forte no inverno, quando ficou mais para o norte e para o oeste, e no verão, deslocando-se mais para leste e para o sul, produzindo ventos médios na superfície de leste/nordeste com intensidade fraca. Seus movimentos sazonais determinaram maior ou menor penetração de ventos em baixos níveis na costa, e maior ou menor precipitação na Serra do Mar.

Dentre os elementos que desempenharam papel crucial na dinâmica do clima local na região Sul brasileira, as massas de ar polar oriundas da Antártica destacaram-se como agentes transformadores, exercendo forte influência sobre os padrões climáticos globais e sendo responsáveis por intensas ondas de frio, geadas e até mesmo precipitação de neve em áreas específicas. Nas últimas décadas, eventos extremos como ondas de frio intensas, geadas fora de época e variações bruscas de temperatura tornaram-se mais frequentes no sul do Brasil, levantando questões sobre o papel do clima polar antártico nesse processo, conforme Velleda (2025) destacou em seu artigo sobre a fala do explorador Polar Jefferson Cardia Simões, criador do Centro Polar e Climático (CPC) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). O aquecimento global já alterou

³ Dados da inundação histórica do Rio Grande do Sul após um ano em que foi decretada calamidade pública. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/noticias/inunda%C3%A7%C3%A3o-hist%C3%B3rica-no-rio-grande-do-sul-completa-um-ano> Acesso em 21/04/2026.

padrões atmosféricos, como as Ondas de Rossby e a circulação dos ventos polares, favorecendo a penetração de massas de ar frio vindas da região Antártica até as áreas habitadas do continente sul-americano.

A ocorrência de massas de ar polar intensificou-se no Brasil, resultando em invernos mais rigorosos e variações climáticas que impactaram diretamente a vida da população e a economia local, com problemas notáveis na agricultura, como perdas significativas nas colheitas; impactos na infraestrutura urbana como estradas, transportes e edificações afetadas por condições climáticas extremas; e mudanças na saúde da população, como o aumento da incidência de doenças respiratórias e a necessidade de exigir adaptações nos serviços de saúde, conforme foi e continua sendo acompanhado pela mídia e pelos boletins do (CPC). Essa temática também foi explorada por autores como Aquino e Simões (2012) e Lindemann (2025).

As frentes frias que atingiram a região Sul do Brasil são sistemas atmosféricos associados ao encontro de massas de ar frio, geralmente de origem polar, com massas de ar mais quente e úmido, predominantes no território. Quando essas frentes avançaram pelo Sul, provocaram mudanças bruscas no tempo, como queda de temperatura, aumento da nebulosidade, ocorrência excessiva de chuvas e tempestades com fortes ventos e granizo. O fenômeno é mais frequente no inverno, mas vem ocorrendo em qualquer época do ano. Durante o verão, as frentes frias posicionaram-se ao longo da costa do Brasil, na chamada Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), o que trouxe longos períodos de chuva forte, aumentando a ocorrência de inundações e prejuízos tanto materiais quanto humanos nesta região. (Cavalcanti et al., 2009).

O Paraná foi um dos estados mais afetados pelas massas de ar polar, devido à sua diversidade de relevo e posição geográfica, pois, para Maack (1981), o Planalto Meridional atuou como um corredor que potencializou a penetração do ar frio, favorecendo quedas acentuadas de temperatura nas regiões centro-sul e nos Campos Gerais. Os registros das incursões polares puderam ser acompanhados nos boletins do Sistema de Tecnologia e Monitoramento Ambiental do Paraná (SIMEPAR).

2.4 DESCRIÇÃO DO CLIMA POLAR

É fundamental compreender o conceito de clima para definir as características de um determinado local. Assim, “o clima é a síntese do tempo num dado

lugar durante um período de aproximadamente 30-35 anos” (Ayoade, 1996, p.2), ou seja, fruto da observação contínua do comportamento atmosférico por longos períodos de tempo para que fossem identificados os padrões que ajudam a definir o clima presente em uma determinada área. O clima muda não apenas as condições meteorológicas, mas também a agricultura, os ecossistemas, a sociedade e a disponibilidade de recursos naturais. Estudá-lo por poucos anos não ajuda a identificar mudanças de padrão do clima.

De acordo com Mendonça (2007), nos estudos de climatologia, os cientistas observaram que a interação entre fatores geográficos como latitude, altitude, proximidade com o mar, correntes oceânicas e circulação atmosférica, em conjunto com elementos como temperatura, umidade e pressão atmosférica formavam climas distintos em cada região do planeta. O próximo passo foi classificar os diferentes climas para melhor estudá-los. Vários autores se empenharam para classificar os diferentes climas, mas a classificação climática mais utilizada era a classificação de Köppen, “sua classificação de 1918 é considerada a primeira classificação climática planetária com base científica” (p.119), tratava-se de um modelo simples que dividiu o clima em cinco grupos designados pelas iniciais do alfabeto: A – clima tropical; B – clima seco; C – clima temperado; D – clima frio; E – clima polar. Cada um dos grupos com seus subgrupos.

Dentre a classificação climática de Köppen, o interesse nesta pesquisa tornou-se a compreensão da influência do clima polar Atlântico na Região sul do Brasil, para servir de base no estudo da região Oeste do Paraná, assim, observou-se as características do clima polar, a formação das massas de ar e os mecanismos atmosféricos que permitiram o seu deslocamento até o território brasileiro.

O clima polar foi caracterizado por temperaturas extremamente baixas como na Antártica, continente mais ao sul do planeta, onde o clima era ainda mais rigoroso. Rodeado pelo Oceano Austral, cuja fronteira ao norte, chamada de convergência antártica, marca o encontro entre massas de ar quentes e frias, e provoca variações de temperatura da água que podem chegar a 10 °C em curtas distâncias. A baixa umidade do ar, ventos intensos e a presença de gelo permanente tornaram a região um lugar hostil, inadequado e desfavorável para a presença de humanos. Suas condições climáticas podiam variar entre diferentes regiões de um frio intenso a climas amenos, como a porção leste, em que foram registradas temperaturas mínimas de -89,28°C e a região ao norte onde as máximas registradas chegaram a 18,3°C. O continente é 95% coberto de gelo, classificado como um deserto polar. (Amaral et al., 2025).

Os mesmos autores também abordaram o “Modo Anular do Sul” ou

Oscilação Antártica (SAM), que representou uma oscilação na pressão atmosférica entre a Antártica e as latitudes médias, e estava associado a mudanças na força e posição dos ventos zonais que circulam o continente antártico, e apresentava uma fase positiva e uma negativa. Na sua fase positiva, o SAM estava associado a ventos oeste mais fortes deslocados para o sul, isolando o ar frio e levando a temperaturas mais quentes. Por outro lado, a fase negativa do SAM estava ligada a ventos de oeste mais fracos deslocados para o norte, permitindo maior troca de massas de ar entre o polo e as latitudes médias. De acordo com a empresa de meteorologia Climatempo, “Essas variações periódicas que acontecem na região entre Antártica e as latitudes médias (em aproximadamente 45°S) têm tudo a ver com o que acontece com o tempo e o clima no Brasil e na América do Sul”. Para Capucin, (2025), o SAM influenciava a trajetória das frentes frias e a distribuição de chuvas. Na sua fase positiva, trazia menos frentes frias ao sul do Brasil e podia causar seca no Uruguai e na Argentina. Na sua fase negativa, havia maior frequência de frentes frias e aumento da precipitação nessas regiões.

2.4.1 As Massas de Ar Polar

Explicar o conceito não foi simples, mas uma das definições mais simples para massa de ar foi escrita por Mendonça (2007, p. 99), que a descreveu como “uma unidade aerológica, ou seja, uma porção da atmosfera, de extensão considerável, que possui características térmicas e higrométricas homogêneas”. Sua extensão varia de algumas centenas a alguns milhares de quilômetros, e acrescentou que elas se originaram nos lugares de circulação mais lenta e situações atmosféricas estáveis, como regiões das altas pressões subtropicais e polares. Para aumentar a compreensão,

Uma massa de ar pode ser descrita como uma porção individualizada da atmosfera quanto às suas características ou qualidades. Abrange uma grande extensão horizontal e apresenta espessura bem desenvolvida, homogeneidade horizontal de suas propriedades físicas, principalmente temperatura e umidade, e pequena ou mesmo nenhuma variação dessas propriedades no sentido vertical. (Torres; Machado, 2011, p. 117).

Como complementou Torres e Machado, as massas de ar foram importantes no estudo e na caracterização do tempo e do clima, já que, durante o seu deslocamento, influenciaram diretamente as áreas nas quais predominaram, ou seja, uma massa de ar poderia ser modificada pelas diferentes quantidades de radiação e umidade

que recebeu ou perdeu. Para isso, seria necessário permanecer estacionária durante algum tempo sobre uma extensa região, como os oceanos, polos ou desertos. A movimentação de uma massa de ar é marcada pela alteração permanente de suas características principais, que são temperatura e umidade.

Na Região Sul do Brasil, atuam quatro massas de ar de acordo com a classificação proposta por Mendonça, (2007): a Tropical Atlântica (quentes e úmidas formadas sobre os oceanos); a Polar Atlântica (frias e secas formadas nas regiões polares); a Equatorial Continental (quentes e úmidas formadas sobre a região equatorial) e a Tropical Continental (quentes e secas formadas em áreas continentais tropicais). As duas primeiras eram de alta pressão atmosférica, e as outras duas de baixa pressão. Para Steinke (2012, p.123), era a posição geográfica de uma massa de ar que definiria a sua condição térmica. Assim, “as massas de origem equatorial são bem quentes, nas baixas latitudes são quentes, nas médias latitudes são frias e nas altas latitudes são polares”. Outro fator importante seria o teor de umidade. Se uma massa de ar se formar sobre os oceanos, seria úmida, e se a massa se formar sobre o continente, ela seria seca, com exceção da originada na Amazônia, que é quente e úmida, devido à evapotranspiração da floresta.

O foco da pesquisa concentrou-se nas massas de ar polar atlânticas (mPa). Essas mPa foram fundamentais para a configuração climática do Brasil, especialmente na Região Sul. Originam-se nas proximidades da Antártica, caracterizadas por terem sido frias e úmidas durante o inverno, e sua formação ocorre sobre superfícies homogêneas, onde o ar permanece por tempo suficiente para adquirir propriedades térmicas e de umidade. Quando muito intensa, as mPas geram condições para a formação de geadas que, dependendo da intensidade e do período do ano, geram prejuízos para as lavouras e os cultivos hortifrutigranjeiros. (Borsato et al., 2019).

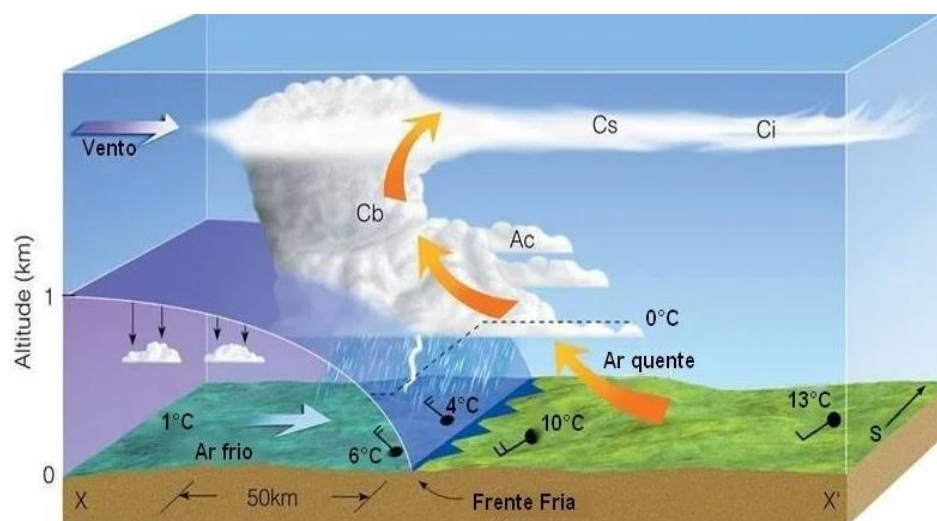
A geada ocorre quando se formam cristais de gelo sobre as superfícies em noites sem nuvens, com grande perda de radiação pela superfície, e ocorrência mais comum em latitudes médias e altas no inverno. No Brasil, são observadas nos estados do Sul e Sudeste, entre os meses de junho a agosto. Conforme Abreu (2012), para ocorrer geada, a temperatura do ar precisa estar próxima ou abaixo de zero, sem nuvens e com ventos fracos ou ausentes, assim, o vapor da água que está no ar, em contato com uma superfície, passa direto do estado gasoso para o sólido, formando esses cristais de gelo.

O deslocamento das massas de ar polar ocorre por meio da circulação atmosférica, que busca equilibrar as diferenças de temperatura e pressão entre as regiões equatoriais e polares. Durante o inverno, a mPa ganha força e avança pelo continente sul-

americano, atingindo o Sul do Brasil com maior intensidade, favorecida por sistemas de baixa pressão e frentes frias, que canalizam o ar polar para latitudes mais baixas. Quando essas massas atingem o território brasileiro, provocam quedas acentuadas de temperatura, a formação de geadas e, em casos extremos, precipitação de neve. (Borsato; Mendonça, 2015; Borsato et al., 2019). Por conta desses fenômenos e durante o inverno, tornou-se comum a Região Sul do Brasil ter frio intenso, com geadas e, em algumas regiões, principalmente de alta altitude, precipitação de neve.

As frentes frias que atingiram o Sul do Brasil estavam, em grande parte, ligadas ao avanço de massas de ar polar vindas de altas altitudes, em especial do sul da América do Sul. Essas massas de ar frio, ao se deslocarem para o norte, encontram o ar mais quente e úmido que predomina na região. A zona de transição entre os dois tipos de ar forma a frente fria, figura 5, caracterizada por instabilidade, chuvas e quedas na temperatura. Assim, a massa de ar polar tornou-se o motor de uma frente fria como bem explicou o Christopherson (2017). À medida que ela avança, empurra o ar quente para cima, favorecendo a formação de nuvens e precipitações. Após sua passagem, a entrada de uma massa de ar seco e frio, é o responsável por dias mais estáveis e temperaturas mais baixas., que podem atingir não somente a região sul, como também o Centro-oeste e Sudeste do país. (Torres; Machado, 2011).

Figura 5. Esquema de uma frente fria. Fonte: Google fotos.



Além de influenciar o clima da região, as frentes frias também impactam a dinâmica ambiental e atividades humanas, contribuem para a regularidade das chuvas, e beneficiam a agricultura. Porém, também pode causar eventos extremos como geadas e temporais com potenciais prejuízos econômicos e sociais.

2.4.2 As ondas de Rossby e as mudanças climáticas

Causado principalmente pelas diferenças de temperatura e pressão entre regiões da Terra e ocorrendo tanto no sentido horizontal quanto vertical, o vento é movimento do ar na atmosfera. A movimentação do ar ocorre pela diferença na disponibilidade de energia solar que foi influenciada pela rotação da Terra, assim, áreas de baixas latitudes recebem mais energia do que perdem por emissão para o espaço, e nas latitudes médias e altas, ocorre o contrário, conforme Mendonça (2007). Em geral, tem vento mais forte e veloz nas partes mais altas, pois a velocidade próxima ao solo diminui com o atrito do próprio vento com os obstáculos da superfície, e quando ela está coberta pela vegetação, a velocidade do vento anula-se na altura da vegetação.

As áreas que exerciam o controle climático do planeta, chamadas de centros atmosféricos de ação, foram reconhecidas como de alta pressão (anticiclônicas) e de baixa pressão (ciclônicas). Conforme Torres e Machado (2011, p.107), “Quando é verão no hemisfério Sul, os anticiclones e as massas de ar apresentam seus mais expressivos deslocamentos na direção sul, no inverno, ocorre o oposto”. Foram classificados diferentes tipos de vento, como as brisas, que formam ventos locais comuns em áreas costeiras; monções que formam ventos sazonais e que mudam de direção conforme a estação; e os alísios, constantes e úmidos que sopram dos trópicos para o Equador.

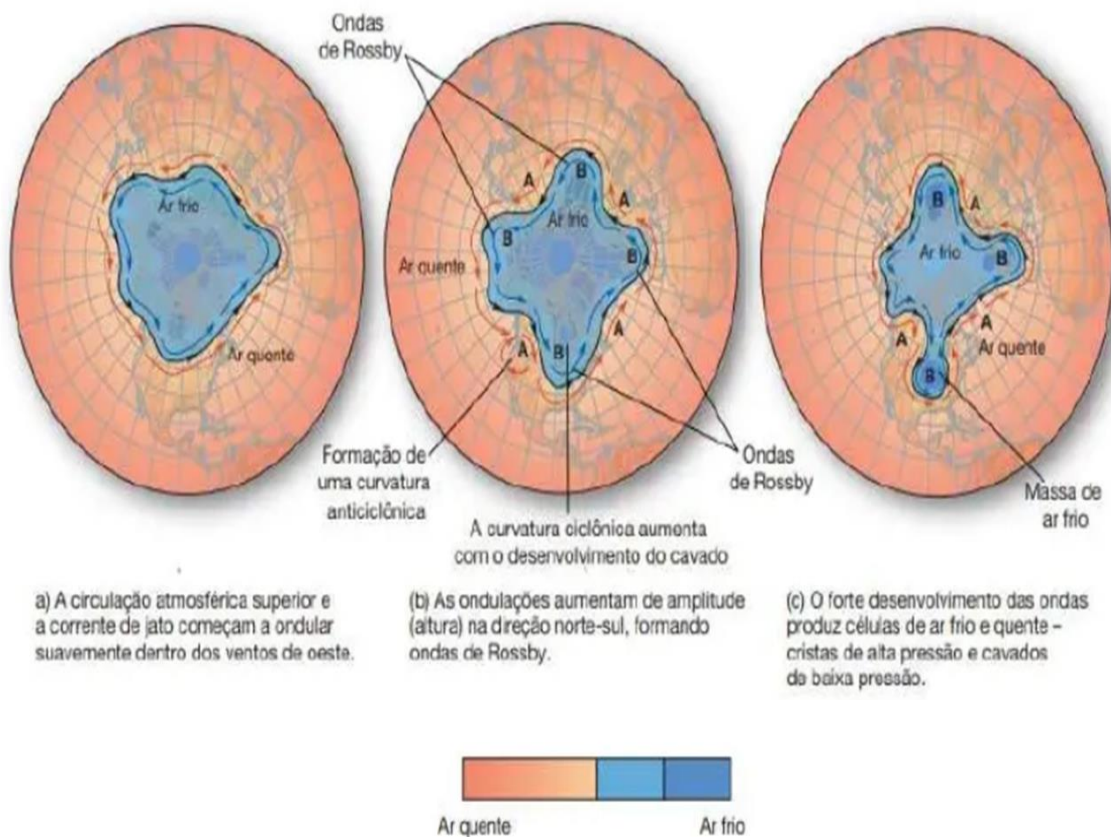
Para Barry e Chorley (2013), os alísios são importantes por causa da sua grande extensão, afetando quase a metade do planeta. Originam-se em latitudes baixas e tornam-se mais fortes durante o inverno. Em direção ao equador, os principais cinturões dos alísios são as regiões de ventos leves e variáveis. No verão, sobre os oceanos Pacífico e Atlântico, a ZCIT não se afasta o suficiente do equador para permitir que se desenvolvesse esse cinturão de ventos de oeste.

Associadas aos ventos de oeste, e notadas como grandes ondulações na atmosfera, as chamadas Ondas de Rossby são resultantes do fluxo de ar geostrófico (equilibrado pela força da gravidade e força de Coriolis, resultante da rotação da Terra). Elas ocorrem na frente polar, onde o ar frio encontrava-se com o ar quente. Este encontro gera movimentos de ar, com línguas de ar frio deslocando-se para o sul e ar tropical quente indo para o norte. Enquanto desenvolvem-se as ondas, ocorre a mistura de ar quente e frio ao longo dos sistemas frontais. Essas interações criam padrões de circulação atmosférica, como a movimentação das massas de ar e a formação de sistemas de alta e baixa pressão, levando

a mudanças climáticas temporárias.

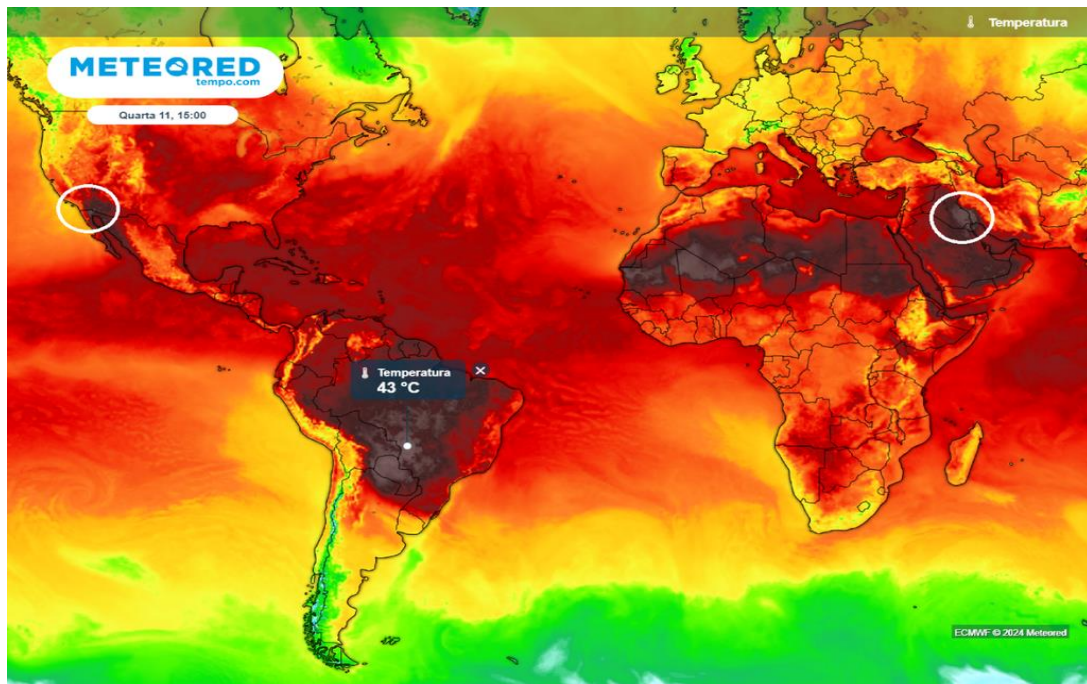
Conforme frisou Christopherson (2017), as ondas de Rossby, figura 6, desenvolveram-se ao longo do eixo de fluxo das correntes de jato (bandas concentradas e irregulares de vento) em ambos os hemisférios. Essas correntes de jato tornam-se mais fracas durante os verões nos hemisférios e se fortalecem durante os invernos, conforme os fluxos se movem em direção ao equador.

Figura 6. Ondas de Rossby. Fonte: Christopherson, 2017.



Essas ondas moldaram a trajetória e a intensidade das massas de ar polar, e a sua presença resultou em uma anomalia de temperatura, quando permitiu que massas de ar polar se deslocassem para latitudes mais baixas, em decorrência das mudanças climáticas que alteraram a frequência e amplitude dessas ondas, ou seja, quanto maior a anomalia das ondas de Rossby, mais forte virá a frente fria para o sul do Brasil, porque vai entrando calor e vai se desprendendo maior quantidade de energia para tentar equilibrar. As anomalias traduzem-se em eventos climáticos extremos, como ondas de calor prolongadas (figura 7) ou em ondas de frio.

Figura 7. Ondas de calor no Brasil em setembro de 2024. Fonte: Meteored Brasil.



Como já mencionado anteriormente, as mudanças climáticas alteraram padrões atmosféricos como as ondas de Rossby e a circulação dos ventos polares, o que favoreceu a penetração de massas de ar frio vindas da região Antártica até as áreas habitadas do continente sul-americano, resultando em padrões meteorológicos mais extremos e imprevisíveis, como chuva volumosa e alterações na temperatura. Isso gerou implicações significativas nos ecossistemas, na agricultura e nos recursos hídricos, especialmente em regiões que já estavam vulneráveis a mudanças climáticas.

E por falar em mudanças climáticas, foi devido a observações nos padrões meteorológicos e maior ocorrência de eventos climáticos extremos que levou à criação do Painel Intergovernamental de mudanças climáticas, o IPCC, que foi apoiado pela ONU e no qual diversos cientistas de vários locais do mundo estudam seus efeitos sobre os climas e oceanos do globo, conforme relata Mendonça (2007). Porém, não existe um consenso devido à complexidade do assunto. Dessa forma, cada estudioso do clima teve uma visão própria, mas não devemos ignorar os fatos, como mencionou Cavalcanti (2009):

- a) A década de 1990 foi a mais quente, desde que começaram as medições no final do século XIX. O ano de 1998 foi o mais quente desde 1861. Depois veio 2003, que ocupou o terceiro lugar, e em 2005 foi registrado o segundo ano mais quente já observado, 2006 e 2007 foram os mais quentes dos últimos 30 anos.
- b) As consequências vindas do aumento do uso de combustíveis fósseis também foram notáveis, como o derretimento das geleiras nos polos e o aumento do nível

do mar, ameaçando contribuir para a extinção de ilhas e cidades costeiras.

- c) As projeções para o futuro indicam extremos climáticos, como ondas de calor, ondas de frio, chuvas intensas com inundações, secas e intensos ou frequentes furacões e ciclones tropicais e extratropicais.

Sobre essas projeções, alguns locais já experimentaram eventos extremos não apenas no Brasil (como o caso das enchentes no Rio Grande do Sul), mas também em outras partes do mundo (ondas de calor na Europa que provocaram mortes), conforme noticiários nacionais e internacionais.

Esses episódios reforçam a urgência de estratégias robustas de adaptação e a fim de minimizar os impactos socioeconômicos e de preservação da vida diante da crescente instabilidade atmosférica, e da criação de políticas públicas voltadas ao monitoramento e adaptação de infraestruturas para o enfrentamento dos desafios climáticos contemporâneos.

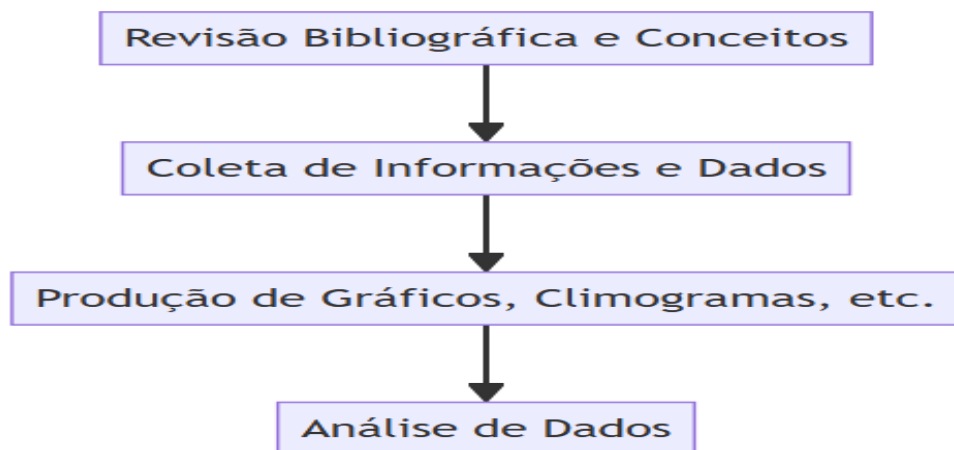
3 METODOLOGIA

Este capítulo teve como propósito apresentar os procedimentos e técnicas utilizadas na condução desta pesquisa, assim como a descrição de como os dados foram coletados e analisados. A divisão passa pelos procedimentos metodológicos e a caracterização da área de estudo.

3.1 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A imagem apresenta um fluxograma metodológico, figura 8, que descreve as etapas sequenciais da pesquisa.

Figura 8. Divisão em etapas da pesquisa. Elaborado pela autora, 2026.



A metodologia adotada nesta pesquisa baseou-se em uma análise bibliográfica abrangente, que propiciou descrever os conceitos fundamentais e explicar de forma breve os fenômenos investigados, como El Niño, La Niña, Enos, massa polar, SAM, etc. Esta abordagem permitiu uma melhor compreensão do tema, fundamentando as discussões que foram apresentadas. Para isso, foram selecionados artigos científicos e livros relevantes, priorizando aqueles com dados teóricos mais consistentes, como Ayoade (1996); Christopherson (2017), Mendonça; Danni (2007); Reboita (2012); Torres; Machado (2011) entre outros. Também houve a adoção do conceito de geossistema, que permitiu uma análise integrada dos elementos naturais e antrópicos que compõem o espaço geográfico. Essa abordagem considerou a conexão entre clima, relevo, vegetação, hidrografia e a ação

humana, e possibilitou a compreensão dos impactos das massas de ar polar em diferentes escalas temporais e espaciais.

A pesquisa foi estruturada para garantir abrangência dos fenômenos climáticos relacionados às massas de ar polar. Para isso, foi estabelecido um recorte temporal de três décadas de registros meteorológicos entre os anos de 1995 e 2025, permitindo observar a frequência, intensidade e impactos dos eventos extremos associados às incursões polares. A escolha desse intervalo temporal buscou contemplar tanto a variabilidade interanual quanto às tendências de longo prazo, oferecendo uma base mais sólida para que fosse feita a interpretação dos resultados, pois, segundo Ayoade (1996), somente uma análise de dados de no mínimo 30 anos permitem identificar e prever tendências reais de mudanças climáticas, que é um foco da pesquisa.

A coleta de dados concentrou-se na mesorregião oeste do Paraná, motivada pela escassez de estudos acadêmicos recentes que abordam a dinâmica climática local frente às instabilidades atmosféricas contemporâneas. A seleção de três microrregiões (Foz do Iguaçu – Cascavel e Toledo) foi estratégica, pautada na representatividade regional, pois cada município apresenta características geográficas: enquanto Cascavel destaca-se pela altitude (780 metros acima do nível do mar) e maior suscetibilidade a geadas; Toledo reflete a vulnerabilidade do setor agroindustrial a eventos atmosféricos extremos e Foz do Iguaçu pela influência de grandes reservatórios hídricos na modulação térmica.

Essa diversidade geográfica permite uma análise comparativa sobre como as massas de ar polar interagem com diferentes contextos físicos e produtivos. Além disso, foram incorporados registros jornalísticos que documentaram episódios de eventos atmosféricos extremos, permitindo a correlação entre a intensidade dos fenômenos atmosféricos e seus impactos diretos tanto na economia quanto no cotidiano social da região, preenchendo, assim, uma lacuna fundamental na literatura regional.

Os dados meteorológicos foram obtidos a partir de registros oficiais de instituições de monitoramento climático como o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET); Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC); Climatempo; Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná (IDR-Paraná), e complementados por boletins técnicos e relatórios do Sistema de Tecnologia e Monitoramento Ambiental do Paraná (SIMEPAR). Além disso, foram selecionadas reportagens jornalísticas que documentaram episódios de frio intenso, geadas e outros eventos extremos, ampliando a compreensão dos impactos sociais e econômicos. Essa combinação de fontes técnicas e midiáticas permitiu uma

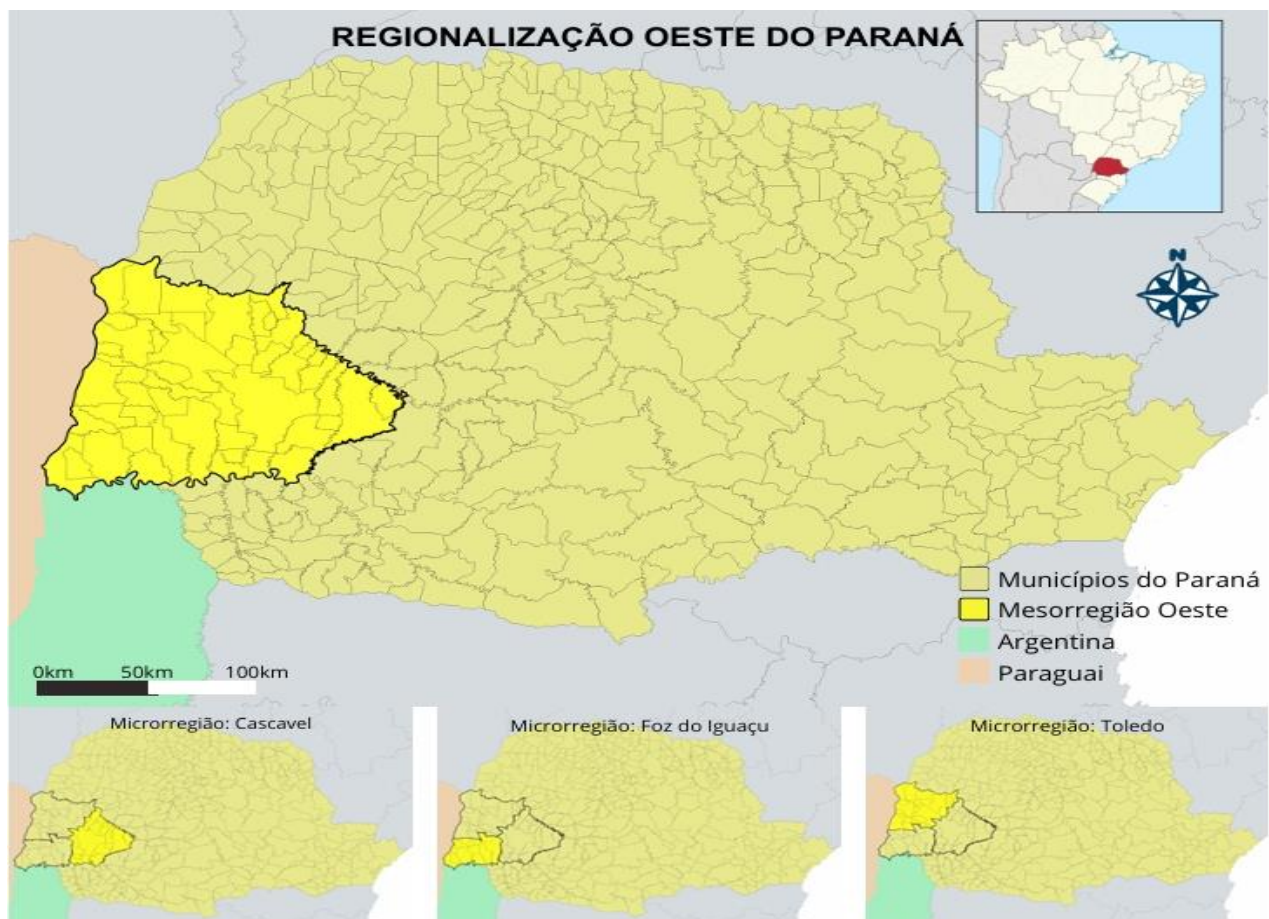
análise mais abrangente, integrando evidências quantitativas e qualitativas.

Os registros meteorológicos foram sistematizados para identificar padrões de frequência, intensidade e duração das incursões polares, ao mesmo tempo em que possibilitou identificar padrões recorrentes e implicações práticas para a agricultura, infraestrutura e saúde pública. Dessa forma, o estudo não apenas descreveu os fenômenos climáticos, mas também forneceu subsídios relevantes para políticas públicas e estratégias de adaptação às mudanças climáticas na região.

3.2 Breve caracterização da área de estudo

A área de estudo desta pesquisa compreende a Mesorregião Oeste do Estado do Paraná, figura 9, situada na Região Sul do Brasil e que se destaca não apenas por suas características de relevo e uso do solo, mas também por sua elevada vulnerabilidade a fenômenos atmosféricos extremos.

Figura 9. Mapa da regionalização da região Oeste do Paraná. Fonte: a autora, 2026.



Segundo dados do site oficial do estado, esta área compõe-se por 54 municípios na mesorregião oeste, que integram a Associação dos Municípios do Oeste do Paraná (AMOP), com quase 23.000 km² que corresponderam a 11,74% da área total do estado e mais de 1,3 milhão de habitantes. Os municípios da região (quadro 3) estão organizados geograficamente e agrupados conforme suas principais áreas de influência:

Quadro 3. A mesorregião oeste do Paraná. Fonte: Gov.PR.

POLO CASCAVEL	POLO FOZ DO IGUAÇU	POLO TOLEDO
Anahy, Boa Vista da Aparecida, Campo Bonito, Braganey, Nova Aurora, Cafelândia, Catanduvas, Guaraniaçu, Cascavel, Corbélia, Capitão Leônidas Marques, Diamante do Sul, Ibema, Iguatu, Lindoeste, Santa Lúcia, Santa Tereza do Oeste, Três Barras do Paraná.	Céu Azul, Foz do Iguaçu, Itaipulândia, Matelândia, Medianeira, São Miguel do Iguaçu, Missal, Ramilândia, Santa Terezinha de Itaipu, Serranópolis do Iguaçu e Vera Cruz do Oeste.	Assis Chateaubriand, Guaíra, Marechal Cândido Rondon, Palotina, Santa Helena, Toledo, Diamante do Oeste, Entre Rios do Oeste, Maripá, Pato Bragado, Quatro Pontes, Mercedes, Nova Santa Rosa, São José das Palmeiras, Terra Roxa, Ouro Verde do Oeste, Tupãssi e São Pedro do Iguaçu.

As cidades polos da região são Foz do Iguaçu, Cascavel e Toledo, e as principais fontes de economia resultam de atividades ligadas à agropecuária, indústria e turismo. Enquanto as cidades como Cascavel e Toledo consolidaram-se como polos de desenvolvimento agroindustrial, Foz do Iguaçu projetou-se internacionalmente pelo turismo e sua integração fronteiriça com Argentina e Paraguai.

A região é uma potência global na produção e exportação de carnes e grãos. Grandes cooperativas agroindustriais movimentam a economia e alguns programas como o Manifesto Ambição Regional, lançado pelo Programa Oeste em Desenvolvimento (POD), buscam consolidar a região como líder global em conhecimento e tecnologia. Dados sobre as ações e políticas para a região podem ser acompanhadas pelo portal Oeste em Desenvolvimento.

Além da relevância econômica, a região oeste também se destacou pelo recebimento de fluxos migratórios significativos de europeus, especialmente italianos, alemães e poloneses, além de comunidades árabes e japoneses, que contribuíram para a formação de uma identidade plural. Essa mistura de culturas apareceu na gastronomia, festas típicas e tradições religiosas, tornando o território um espaço rico em manifestações

culturais e sociais. Outro aspecto marcante é a presença de importantes recursos naturais, pois abriga o Parque Nacional do Iguaçu, onde estão as Cataratas do Iguaçu e a Usina Hidrelétrica de Itaipu, pontos estratégicos no turismo, na economia e na geração de energia, segundo os dados do site oficial do governo do Paraná e complementado pelas pesquisas dos autores Piori et al. (2012) e Piffer et al. (2009).

Toda a região Oeste localiza-se no Terceiro Planalto Paranaense, (também conhecido como Planalto de Guarapuava ou Planalto Basáltico), que é a maior unidade geomorfológica do estado, segundo Maack (1981). É constituída por estratos de arenito com espessos derrames de lavas básicas compactas. Foz do Iguaçu fica situada na borda leste do cânion do rio Paraná, uma zona de mata pluvial-subtropical.

De acordo com dados do Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná (IDR-Paraná) que disponibiliza o Atlas Climático do Estado do Paraná, o clima predominante na região oeste do Estado foi classificado como subtropical úmido, na tipologia de Köppen como *Cfa*. Ao caracterizá-lo, observou-se estações de verão quentes e chuvosas e os invernos com temperaturas amenas e frias, com chuvas bem distribuídas ao longo de todo o ano e a ausência de uma estação seca definida.

Ainda analisando o Atlas, as médias anuais de temperatura ficaram em torno de 19°C a 21°C. No verão, as máximas frequentemente ultrapassam os 30°C. Já durante o inverno, ocorrem frentes frias recorrentes e com a possibilidade de geadas, especialmente nas áreas mais elevadas como em Cascavel.

O volume de chuvas é abundante e bem distribuído, variando entre 1.500mm a 2.000mm anuais, o que trouxe benefícios à agropecuária local. Além disso, a região apresentou variações microclimáticas por conta de sua altitude. Áreas de menor altitude como Foz do Iguaçu são mais quentes, enquanto Cascavel como município mais elevado, registrou temperaturas médias mais baixas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 RESULTADOS

A análise e apresentação dos dados se respaldou nas séries meteorológicas entre o período de 1995 e 2025, complementada por dados do ClimaTempo, boletins do Simepar, dados do INMET, CPTEC/INPE e reportagens jornalísticas que evidenciaram episódios de eventos atmosféricos extremos e suas implicações climáticas e socioeconômicas, a fim de identificar padrões consistentes da influência da Massa Polar Atlântica sobre a mesorregião oeste do Paraná, composta por três microrregiões: Foz do Iguaçu, Toledo e Cascavel.

A partir da base de dados do ClimaTempo, um gráfico e uma tabela com o Histórico de Previsão do Tempo de cada microrregião do oeste do Paraná foram disponibilizados, mostrando as médias climatológicas a partir de uma série de dados de precipitação e temperatura dos últimos 30 anos, que mostraram o comportamento da chuva e da temperatura ao longo do ano durante esse período, sendo possível identificar as épocas mais chuvosas ou secas e mais quentes ou frias da região.

4.1.1 Foz do Iguaçu

De acordo com o ClimaTempo, o município de Foz do Iguaçu (Figura 10) registrou uma temperatura média anual de 22°C e 31°C (Tabela 1), acima da média com relação a Toledo e Cascavel, e as mínimas ficaram entre 13°C e 23°C. O volume de precipitação anual foi de cerca de 1.760 mm, com um pico de chuvas intensas em outubro de até 211 mm. Segundo os dados meteorológicos dos órgãos oficiais, houve um aumento das temperaturas médias e maior irregularidade na vazão das Cataratas, o que indica um reflexo das mudanças climáticas.

Houve registros de cheias históricas com enchentes nos anos de 1995, 1997, 1998 e 2015, e vazão recorde nas Cataratas onde a média é de 1,5 milhão de litros por segundo, porém, no ano de 2014 (Figuras 11 e 12) alcançou 46,3 milhões de litros por segundo e em 2023, 24,2 milhões de litros por segundo, conforme dados da prefeitura municipal (PMFI). Também ocorreu fortes estiagens em 2006, 2020 e se estendeu para 2021, com vazão mínima histórica abaixo de 300 mil litros por segundo, expondo os paredões de rocha e modificando a paisagem do Parque Nacional do Iguaçu.

Figura 10. Dados de precipitação e temperatura em Foz do Iguaçu. (1995-2025). Fonte: ClimaTempo.

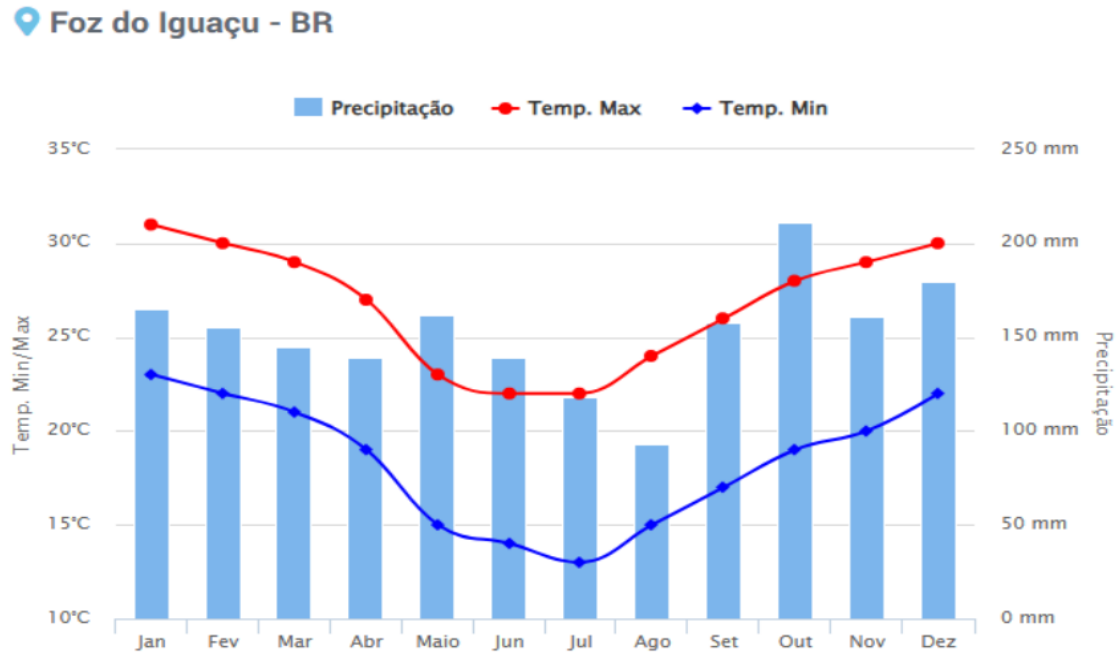


Tabela 1. Histórico mensal de precipitação e temperatura em Foz do Iguaçu. Fonte: ClimaTempo.

Mês	Minima (°C)	Máxima (°C)	Precipitação (mm)
Janeiro	23°	31°	165
Fevereiro	22°	30°	155
Março	21°	29°	145
Abril	19°	27°	139
Maio	15°	23°	162
Junho	14°	22°	139
Julho	13°	22°	118
Agosto	15°	24°	93
Setembro	17°	26°	158
Outubro	19°	28°	211
Novembro	20°	29°	161
Dezembro	22°	30°	180

Figura 11. Episódio de maior cheia nas Cataratas. Fonte: Google fotos.



Figuras 12. Episódio de maior seca nas Cataratas. Fonte: Google fotos.



Nos últimos 30 anos, Foz do Iguaçu foi atingida por diversos eventos atmosféricos extremos (Quadro 4), principalmente chuvas intensas, enchentes e vendavais, que causaram prejuízos significativos à população e infraestrutura. O município vem enfrentando ondas de calor mais frequentes durante o verão e início do outono, com máximas acima de 35°C.

Embora menos intensas, as frentes frias vindas da Antártica ainda provocam quedas de temperatura e chuvas intensas quando interagem com o ar tropical úmido dessa região. Os registros oficiais da Defesa Civil e do Atlas Digital de desastres destacaram episódios de grande impacto entre 1995 e 2025.

Quadro 4. Principais eventos climáticos extremos em Foz do Iguaçu de 1995 a 2025. Fonte: Defesa Civil.

ANO	EVENTO	CONSEQUÊNCIAS
1997	Chuvas intensas	Alagamentos em bairros centrais; dezenas de famílias desabrigadas.
2005	Vendaval	Destelhamento de casas, queda de árvores e postes; interrupção de energia elétrica.
2010	Enchente do Rio Paraná	Transbordamento parcial; prejuízos em áreas ribeirinhas e impacto no turismo.
2014	Tempestade severa	Ventos acima de 90 Km/h; destruição de estruturas leves e suspensão das aulas.
2015	Granizo	Danos a telhados, veículos e lavoura; centenas de ocorrências registradas, Defesa Civil distribuiu lonas.
2020	Chuvas torrenciais	Alagamentos em diversos bairros; Defesa Civil mobilizada para remoção de famílias.
2022	Vendaval com granizo	Estragos em escolas, hospitais e residências; prejuízos agrícolas.
2023	Ondas de calor	Temperaturas acima de 40°C; aumento de casos de desidratação e sobrecarga no sistema de saúde.
2025	Chuvas extremas	Inundações urbanas; danos em infraestrutura viária e impacto no turismo.

Ao observar as datas, é perceptível que aumentou a frequência e intensidade dos eventos nas últimas décadas, indicando uma tendência crescente de mudança climática. Além dos prejuízos materiais, os eventos afetaram diretamente o turismo, que é a principal atividade econômica da cidade. A Defesa Civil do município de Foz do Iguaçu ampliou os planos de contingência, mas os episódios recentes mostraram a necessidade de uma melhor infraestrutura preventiva.

Na sequência, uma série de reportagens jornalísticas (Figuras 13 a 17) sobre os eventos climáticos que mais se destacaram nas últimas décadas por afetarem a vida da população foram selecionadas, e entre elas estão casos de desabrigados, perda de bens e interrupção de serviços básicos como de luz elétrica e abastecimento de água.

Reportagens jornalísticas com eventos climáticos de Foz do Iguaçu (FI)

Figura 13. Forte tempestade de granizo em 08/09/2015, FI.



As imagens mostram os estragos do evento climático que foi uma tempestade de granizo ocorrida entre 07 e 08 de setembro de 2015, em um dos maiores bairros do município, o Porto Meira, e, por conta desse episódio, foi necessário decretar situação de emergência devido a quantidade de pessoas prejudicadas: mais de 60 mil pessoas e os desabrigados foram encaminhados para a Escola Municipal Adele Zanotto. Cerca de 90% das casas e comércios da região foram atingidas. Na ocasião, os ventos passaram dos 75 Km/h e o granizo parecia com ovos e bolas de beisebol. Apesar do Porto Meira ser o bairro mais afetado, outras partes do município e outras 13 cidades da região oeste e sudoeste do Paraná também registraram estragos.

Figura 14. Chuvas intensas em janeiro de 2021 e em novembro de 2024, FI

g1

OESTE E SUDOESTE

RPC

Forte chuva causa alagamentos em Foz do Iguaçu; VÍDEOS

Segundo o Simepar, em 15 minutos choveu cerca de 26 milímetros, e temperatura caiu de 32° para 22°C. Defesa Civil fez atendimentos na cidade durante a tarde de terça-feira (13).

Por G1 PR — Foz do Iguaçu
12/01/2021 16h14 · Atualizado há 5 anos



g1

OESTE E SUDOESTE

RPC

VÍDEO: Chuva intensa deixa ruas de Foz do Iguaçu alagadas

As avenidas mais afetadas foram a Paraná, Costa e Silva e Juscelino Kubitschek. Estações do Cemaden em Foz do Iguaçu indicam precipitação de 76 milímetros na região do Bairro Morumbi.

Por g1 PR e RPC Foz do Iguaçu
21/11/2024 16h29 · Atualizado há um ano



Figura 15. Temporais recentes em outubro de 2023 e em junho de 2025, FI.

METEOROLOGIA

Imagens revelam impactos da cheia em Foz

Nível do Rio Iguaçu começou a recuar, mas ainda está com vazão 12 vezes acima do normal nesta terça-feira (31).

Guilherme Wojciechowski
Publicado em 31/10/2023 3 min de leitura
Atualizado em 31/10/2023



No Cataratas Iate Clube, edificações mais baixas foram atingidas pelas águas. Foto: Gontijo/Enrique Alliana



CHUVA FORTE

Temporal deixa estragos em Foz do Iguaçu; Porto Meira é a região mais afetada

Chuva intensa durante a madrugada acumula mais de 110 mm na região sul da cidade; Porto Meira registra os maiores estragos, com ruas inundadas e casas inundadas.

Publicado em 05/06/2025 às 11:15
Atualizado em 05/06/2025 às 11:30



No Buba, na região do Porto Meira, a água invadiu ruas e casas; Defesa Civil e Guarda Municipal trabalham no atendimento às vilas desde a madrugada desta terça (Foto: Thays Petters / Arquivo Pessoal)

Na figura 16 na esquerda outro episódio de forte chuva de granizo em 09/10/2024, e pelo menos 100 casas ficaram danificadas. Na direita, uma forte onda de calor atingiu Foz do Iguaçu em 26/01/2022, e na ocasião, foram registradas temperaturas superiores a 41°C, a maior dos últimos 24 anos. Em seguida, fortes temporais atingiram não só a cidade como também outros municípios vizinhos.

Figura 17. Ondas de ar polar no inverno, em junho de 2025, FI.



Na figura 17, temos uma das fortes ondas de frio registrada em 30/06/2025, provocada pelo avanço de uma massa de ar polar que derrubou as temperaturas em quase todo o Sul do Brasil, atingindo Foz do Iguaçu e também algumas partes da Região Centro-oeste do país. Essas massas de ar polar são comuns durante o inverno, mas vêm diminuindo a sensação térmica durante sua passagem. Além disso, as casas não foram construídas pensando em conforto térmico, tornando o interior delas mais frio que a parte externa. Nos últimos anos, também podem ocorrer com menor intensidade durante os meses de novembro e dezembro na cidade, e chegam a provocar geadas nas partes mais altas de Santa Catarina e do Rio Grande do Sul.

Diante desse cenário, torna-se evidente que a cidade é vulnerável e precisa avançar para além das respostas emergenciais, investindo em infraestrutura resiliente e em políticas públicas integradas de adaptação. A recorrência dos eventos extremos não é mais uma exceção, mas um sinal claro da nova realidade climática, e a tendência para os próximos anos é aumentar os eventos climáticos extremos.

4.1.2 Toledo

Conforme dados históricos do ClimaTempo, o município de Toledo registrou uma temperatura média anual entre 21°C e 29°C (Figura 18), registrando mínimas de 13°C a 21°C durante o inverno (Tabela 2). O volume de chuvas ficou entre 1.800 mm de média anual, concentrada entre os meses de outubro e março, que compreende a primavera e o final do verão, com picos de até 205 mm em outubro.

Com base nos dados históricos e tendências observadas pelo CPTEC/INPE, INMET e SIMEPAR, os dados indicaram um aumento gradual das temperaturas mínimas nas últimas décadas, indicando noites mais quentes e menor resfriamento noturno. Isso é um sinal claro de aquecimento regional. Quanto aos eventos extremos, ocorreram grandes enchentes urbanas em 1998, 2015 e 2023 associadas ao fenômeno El Niño e um aumento de ocorrências de tempestades. Granizos e vendavais se tornaram recorrentes após 2007, e ocorreram estiagens severas em 2012 e 2020, ocasionando perdas agrícolas significativas.

Figura 18. Dados de precipitação e temperatura em Toledo (1995-2025). Fonte: ClimaTempo.

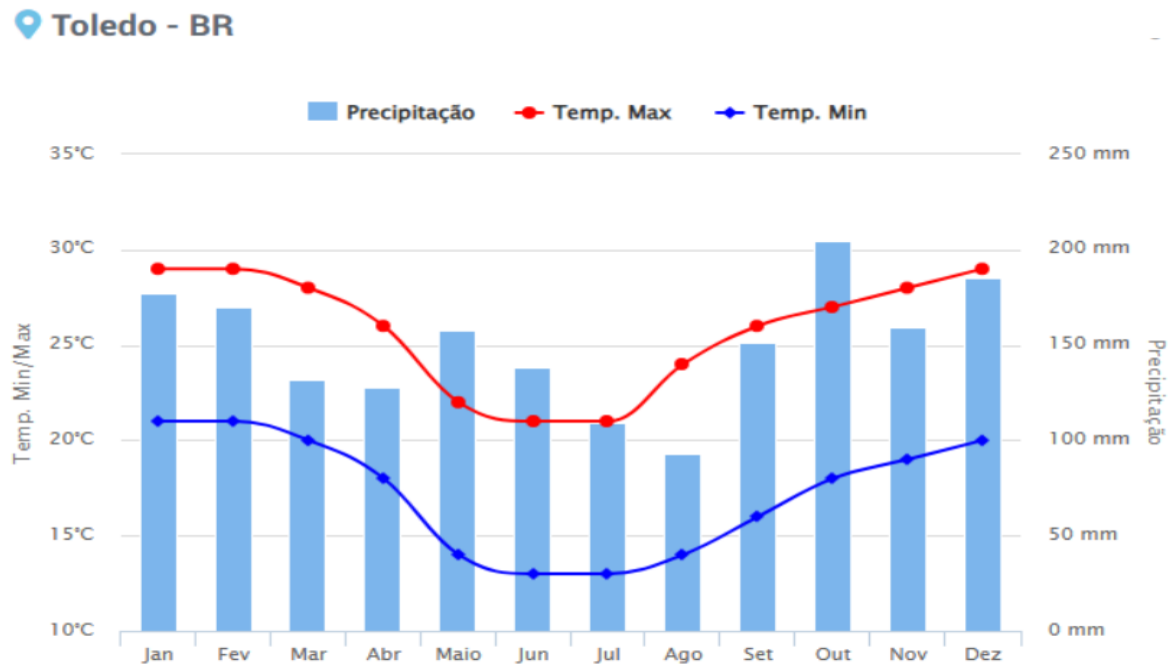


Tabela 2. Histórico mensal de precipitação e temperatura em Toledo. Fonte: ClimaTempo.

Mês	Minima (°C)	Máxima (°C)	Precipitação (mm)
Janeiro	21°	29°	177
Fevereiro	21°	29°	170
Março	20°	28°	132

Abril	18°	26°	128
Maio	14°	22°	158
Junho	13°	21°	138
Julho	13°	21°	109
Agosto	14°	24°	93
Setembro	16°	26°	151
Outubro	18°	27°	205
Novembro	19°	28°	159
Dezembro	20°	29°	185

De acordo com a Secretaria da Agricultura e do Abastecimento, que monitora as geadas no estado, entre os anos de 2000, 2013, 2021 e 2025 houve incursões de ar frio antártico com geadas fortes e temperaturas abaixo de 5°C entre maio e julho, mas o município registrou anualmente esse fenômeno, com diferentes intensidades. Sistemas de alta pressão empurraram massas de ar polar direto para o oeste paranaense durante esses eventos. Enquanto em Foz do Iguaçu os danos se concentram nas infraestruturas, em Toledo (Figuras 19 e 20), atingem mais fortemente a agricultura.

Reportagens com eventos climáticos em Toledo (TD)

Figura 19. Temporais de granizo em abril de 2014 e danos à agricultura, TD.

MENU

G1

OESTE E SUDOESTE - PR

22/04/2014 10h09 - Atualizado em 23/04/2014 12h55

Temporal e ventos fortes destelham casas em Toledo e em Santa Helena

Tempestade começou por volta das 18h de segunda-feira (21). Segundo a Copel, 50 mil domicílios da região ficaram sem energia.

Fabiula Wurmeister
De G1 PR

FACEBOOK

TWITTER

GO+



Pedras de gelo que caíram em Toledo no início da noite de segunda (21) ficaram acumuladas em algumas regiões da cidade (Foto: Mari Micheletto Ramos)

Em **Toledo**, além dos ventos que chegaram a 51 km/h por hora, segundo o Sistema Meteorológico do Paraná (Simepar), houve chuva de granizo que durou cerca de dez minutos, tempo suficiente para que as pedras de gelo se acumulassem no Centro e bairros vizinhos. Foram registrados ainda cortes de energia na região oeste da cidade e na área rural. O fornecimento de energia nestes locais foi parcialmente restabelecido por volta das 23h e equipes continuam mobilizadas nesta manhã para recompor o sistema de distribuição a ao menos 1,5 mil consumidores.



Na zona rural, lavouras de milho foram derrubadas pelo vento e granizo (Foto: Priscila Luparelli/RPCTV)

Versão Final Homologada
23/07/2026 15:43

Na figura 19 temos o forte temporal com granizo e rajadas de ventos que ocorreu em 22/04/2014 em Toledo e Santa Helena, causando destelhamento de casas e 50 mil domicílios sem energia. A chuva durou somente 10 minutos, o suficiente para acumular muito granizo e causar estragos. O impacto atingiu também as lavouras de milho que foram derrubadas pelo vento e granizo, causando prejuízos, mas a reportagem não traz maiores detalhes sobre o assunto.

Figura 20. Alagamentos em novembro de 2025 e registros de tornado em janeiro de 2018, TD.



Na figura 20 à esquerda, outro caso de granizo em 02/11/2025 que resultou em alagamentos e desalojados, com cerca de 138mm e ventos acima de 90 Km/h nas proximidades. À direita, temos pontos de geada registrados em 01/06/2024 que trouxe prejuízos às lavouras e um caso de tornado registrado em 08/01/2018, que atingiu fortemente a área rural da região. Ainda que categorizado como um F1 com ventos de 100 Km/h, derrubou um galpão de suínos matando dois deles e destruindo máquinas agrícolas. Ainda nesta reportagem, meteorologista e professores explicam que, pela proximidade com a Planície do Chaco, um dos fatores responsáveis pelo aquecimento do ar, os municípios do oeste, sudoeste e noroeste do Paraná se tornam propícios a serem atingidos por tornados, o que explica a quantidade deles contabilizados desde 2005, que foram 13. Chamam a atenção para o fato de possivelmente terem ocorrido outros não registrados por órgãos oficiais, podendo terem sido observados apenas por moradores.

4.1.3 Cascavel

De acordo com os dados do ClimaTempo, o município de Cascavel apresentou temperatura média anual entre 20°C e 28°C (Figura 21). As mínimas ficaram entre 12°C e 20°C no inverno, e a média de precipitação anual foi de cerca de 1.750 mm, com picos em outubro, com 205 mm (Tabela 3). O mês mais frio historicamente é julho, e em picos de frio extremo as temperaturas podem despencar, chegando próximas a 0°C.

Figura 21. Dados de precipitação e temperatura em Cascavel (1995-2025). Fonte: ClimaTempo.

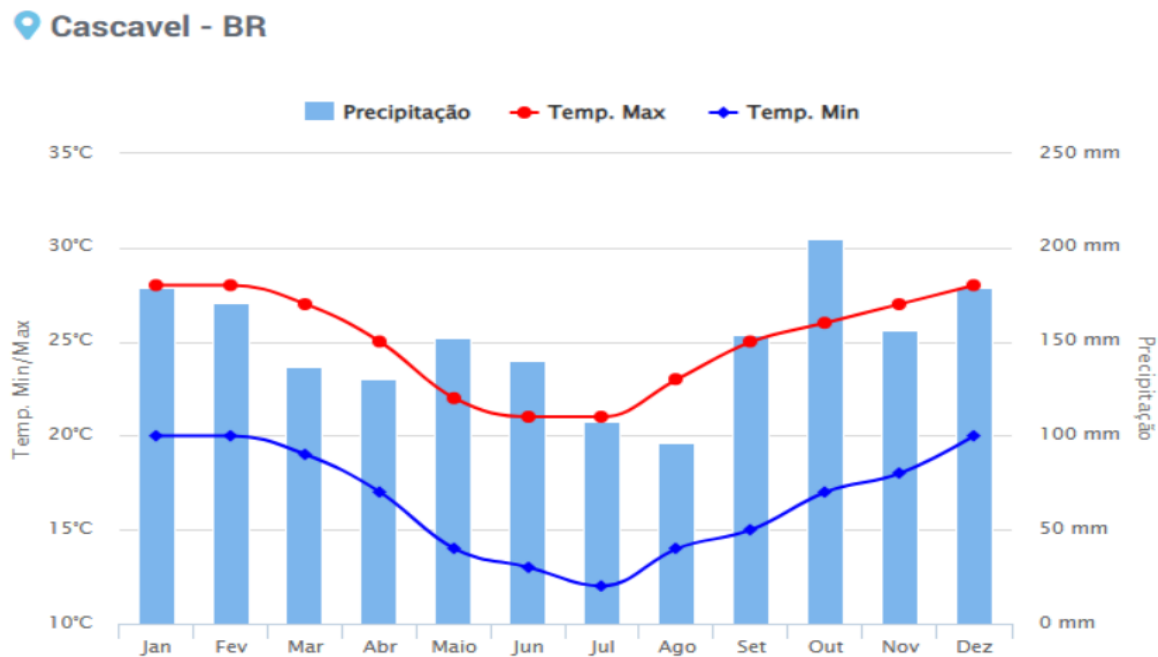


Tabela 3. Histórico mensal de precipitação e temperatura em Cascavel. Fonte: ClimaTempo.

Mês	Minima (°C)	Máxima (°C)	Precipitação (mm)
Janeiro	20°	28°	179
Fevereiro	20°	28°	171
Março	19°	27°	137
Abril	17°	25°	130
Maio	14°	22°	152
Junho	13°	21°	140
Julho	12°	21°	108
Agosto	14°	23°	96
Setembro	15°	25°	154
Outubro	17°	26°	205
Novembro	18°	27°	156
Dezembro	20°	28°	179

Com base nos dados históricos e tendências observadas pelo CPTEC/INPE, INMET e SIMEPAR, aumentou a variabilidade pluviométrica, com alternância entre períodos de seca e chuvas intensas. Houve enchentes urbanas nos anos de 2005, 2015 e 2023, e eventos como granizo e vendavais tornaram-se mais frequentes, especialmente em anos de El Niño. Também houve períodos de estiagem em 2012 e 2020, afetando a produção de milho e soja. Frentes frias vindas da Antártica provocaram quedas bruscas de temperatura e geadas, principalmente entre maio e julho. Um destaque é a sua altitude (cerca de 785 metros), que expõe mais a cidade a correntes de ar direta e favorece o risco de geadas durante o período de outono e inverno, quando massas de ar polar avançam sobre a região Sul do Brasil.

Assim como observados eventos atmosféricos extremos entre a primavera e verão em Foz do Iguaçu e Toledo, em Cascavel segue o mesmo padrão. Em síntese, o regime climático de Cascavel revelou-se como resultado da interação entre fatores geográficos (altitude) e dinâmicas atmosféricas regionais e globais. Os registros históricos evidenciam não apenas a predominância de temperaturas moderadas e elevada pluviosidade anual, mas também uma crescente variabilidade associada a eventos extremos, como enchentes, episódios de granizo e vendavais, além de registros de tornado. Tais padrões reforçam a necessidade de compreender o clima local em uma perspectiva sistêmica, considerando tanto os impactos sobre a produção agrícola quanto os desafios do planejamento urbano e da gestão de riscos ambientais. (Figuras 22 e 23).

Reportagens com eventos climáticos de Cascavel, CV

Figura 22. Chuva de granizo em 2020 e tempestades fortes em 2023, durante a primavera, CV.



Na figura 22 à esquerda temos um registro de chuva de granizo registrada em 27/09/2020, mas que não causou estragos na região por serem esferas minúsculas de gelo. Já à direita, temos um forte temporal com cerca de 51 mm e rajadas de ventos superiores aos 50 Km/h que provocaram a derrubada de árvores. Há uma certa recorrência em tempestades dessa natureza no mês de setembro nessa região.

Figura 23. Tornado em outubro de 2023 e alagamentos em março de 2019, CV.



Na figura 23 à esquerda, temos o registro de um tornado que causou destruição na região em 04/10/2023. Na ocasião, os ventos chegaram a 250 Km/h, sendo categorizado como um F2. Foram registrados destelhamentos, quedas de árvores e falta de energia em 59 mil imóveis, além de 19 mil metros de lona serem distribuídas. Conforme o SIMEPAR, Cascavel já havia registrado outros tornados, como em fevereiro de 2007 que teve um tornado F1 (120-170 Km/h) e em outubro de 2009 um possível F0 (60-110 Km/h). Somado com outros registros da região oeste como em novembro de 2015, que houve um F2 (180-240 Km/h) em Marechal Cândido Rondon e em Toledo um F1 em janeiro de 2018, é possível notar que o oeste paranaense é uma área muito propensa a tornados, que vem ocorrendo com maior regularidade e trazendo muitos transtornos tanto em áreas rurais quanto em áreas urbanas. Na direita, temos um registro em 07/03/2019 de alagamentos em diversos bairros de Cascavel. Houve derrubada de árvores, destelhamento e alagamentos após chover cerca de 75 mm e os ventos chegarem a 50 Km/h.

4.2 DISCUSSÃO

A mesorregião oeste paranaense é composta por três microrregiões, que compreendem os municípios de Foz do Iguaçu, Toledo e Cascavel. Nesta região, a dinâmica climática subtropical foi fortemente modulada pelo choque entre sistemas tropicais e a Massa Polar Atlântica (mPa). Esse encontro gerou frentes frias, regulou o volume de chuvas ao longo do ano e ditou o ritmo da agropecuária regional. Por estar na região sul, o fenômeno atuou de forma intensa no período entre o outono e inverno, trazendo dias seguidos de temperaturas baixas e gerando geadas expressivas, especialmente nas madrugadas.

Originária da região da Patagônia, essa massa de ar é fria e úmida. Ao avançar pelo continente, interage com massas de ar mais quente, formando sistemas frontais (frentes frias) que provocam instabilidade, seguidas por um tempo mais seco e frio. O avanço do ar polar favorece a perda de calor durante a noite, resultando no resfriamento intenso e no risco de geadas, conforme Borsato e Mendonça (2015).

Recapitulando alguns conceitos que ajudam a explicar o clima da região oeste do Paraná, além da influência das mPas, temos as Ondas de Rossby que, segundo o Serviço Nacional de Meteorologia dos EUA (NOAA), são ondulações gigantes na atmosfera e nos oceanos, essenciais para os padrões climáticos das latitudes médias, influenciando grandes continentes. Elas transportam ar quente para os polos e ar frio em direção ao equador, equilibrando as temperaturas globais e redistribuindo a energia térmica do Sol. Sem essas ondas, o clima seria mais extremo, com polos congelados e trópicos muito quentes, portanto, tem a função de regular as temperaturas.

As Anomalias nas Ondas de Rossby ocorrem quando esse fluxo normal sofre deformações ou bloqueios, causando eventos climáticos extremos e prolongados, como secas intensas, ondas de calor severas ou frio fora de época. Para Capucin (2025), O padrão normal são ondas curtas e progressivas, que favorecem o deslocamento rápido de frentes frias, gerando quedas de temperatura moderadas e passageiras. Porém, podem ocorrer ondas estacionárias ou bloqueios atmosféricos quando a onda apresenta uma amplitude muito acentuada (cristas e cavados bem definidos). Esse padrão impede o avanço normal dos sistemas meteorológicos.

Ao amplificar o padrão de onda, força o ar polar antártico a avançar diretamente sobre o continente, provocando quedas drásticas e duradouras nas temperaturas e geadas que impactam o Sul e Sudeste do país, atingindo a região oeste do

Paraná. Inclusive, isso explica a ocorrência desses fenômenos fora de época, como nos meses de novembro e dezembro, por exemplo. É o aquecimento global que desestabiliza essas ondas planetárias, fazendo com que elas fiquem lentas ou paradas em certas regiões, prolongando a ocorrência de desastres por semanas.

Como já mencionado anteriormente, o relevo do Planalto Meridional funciona como um corredor para o avanço do ar frio, intensificando os impactos na região oeste. Essa interação entre fatores locais e globais reforçam a vulnerabilidade da região às mudanças climáticas, confirmando alterações na dinâmica atmosférica que favoreceram a penetração mais intensa e frequente das massas polares atlânticas.

Vinculado ao Instituto de Geociências da UFRGS, o Centro Polar e Climático (CPC), criado e liderado pelo professor doutor Jefferson Cardia Simões é referência internacional em estudos glaciológicos e já demonstrou com estudos a relação direta entre a Antártica e os eventos meteorológicos extremos no Brasil, especialmente na região sul. O CPC lidera expedições para pesquisas sobre o derretimento de geleiras e suas consequências globais. Um dos estudos de maior relevância foi a tese de Doutorado do Climatologista Francisco Eliseu Aquino, intitulada “Conexão climática entre o Modo Anular do Hemisfério Sul com a Península Antártica e o Sul do Brasil”, orientada por Simões. A pesquisa detalha a dinâmica atmosférica dessas teleconexões, demonstrando como a variabilidade do Modo Anular Sul atua como um elo que transporta anomalias de temperatura e massas de ar da região da Península Antártica, gerando impactos diretos no padrão de chuvas e nas ondas de frio do Sul do Brasil. Também destaca o papel e os efeitos das mudanças climáticas na Antártica sobre a América do Sul.

Ao analisar cada microrregião separada, foi possível destacar as diferenças e semelhanças entre os dados de temperatura e precipitação, destacando a influência do El Niño, La Niña e das massas de ar polar no clima regional. Os dados mostram que os efeitos das mudanças climáticas já se manifestam de forma concreta e preocupante em Toledo, Cascavel e Foz do Iguaçu, que mantêm padrões de clima subtropical úmido, mas há evidências claras de aumento da frequência de extremos de chuva e estiagens, além de oscilações mais intensas de temperatura.

Os estudos do CPTEC/INPE e do SIMEPAR já confirmaram maior irregularidade na distribuição de chuvas desde a década de 1990, com períodos de estiagem mais longos intercalados por chuvas intensas. Relatórios do Simepar em conjunto com o Programa Paraná Clima e do INMET confirmam que todas as regiões do Paraná já enfrentam maior vulnerabilidade a eventos extremos como enchentes, estiagens

prolongadas e tempestades severas. Também o portal do Paraná Clima, disponibilizou documentos como o Inventário Estadual de Emissões de GEE (2005-2019) e o Índice de Vulnerabilidade dos Municípios, que apontaram um aumento das emissões de gases de efeito estufa, reforçando a pressão sobre o clima regional e a busca por previsão de desastres e políticas voltadas à adaptação climática.

Foi observado os danos e implicações socioeconômicas na região, como as enchentes frequentes e com prejuízos em infraestruturas, especialmente em anos de El Niño (1997-1998; 2015-2016; 2023-2024), que trouxeram chuvas acima da média e estiagem severas em 2012, 2014 e 2020 associados a La Niña, e que afetaram fortemente a agricultura no oeste do Paraná. Os desafios locais devem incluir uma integração entre ciência, gestão territorial e planejamento agrícola para garantir a resiliência e diminuir as consequências ambientais e socioeconômicas a longo prazo.

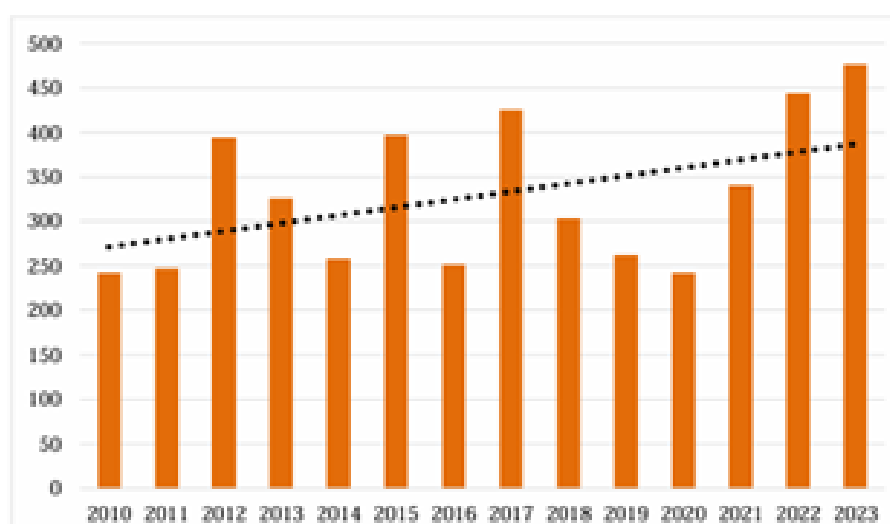
Um tema que não deve ser deixado de lado é a relação entre o clima como elemento natural e o fenômeno geográfico, trazida pelo autor Sant'Anna Neto (2008). Ele aborda em seu estudo a evolução da climatologia dentro da geografia, propondo uma revisão conceitual sobre o clima como um fenômeno geográfico. O autor critica a abordagem tradicional que se limita a uma análise determinista e estatística dos fenômenos climáticos, enfatizando a necessidade de incorporar uma perspectiva dinâmica e social, argumentando que, ao longo das décadas, a climatologia no Brasil tem sido dominada por abordagens que não consideram adequadamente a interação entre sociedade e natureza, resultando em um entendimento limitado do clima como um agente de transformação social e territorial, e propõe um novo paradigma que considera o ritmo e a gênese dos fenômenos climáticos, buscando uma análise mais integrada que leve em conta as condições socioeconômicas e as desigualdades presentes nas interações entre clima e sociedade.

Além disso, o autor discute a importância de uma abordagem crítica e multidimensional que considere a vulnerabilidade social em relação aos eventos climáticos, como inundações e ondas de calor. Ele destaca que a análise do clima deve ir além da descrição dos fenômenos atmosféricos, incorporando elementos de planejamento e gestão territorial que promovam uma compreensão mais justa e equitativa das relações entre os diferentes grupos sociais. A proposta de Sant'Anna Neto é, portanto, a construção de uma Geografia do Clima que reconheça o clima não apenas como um elemento físico, mas como um fator determinante nas dinâmicas sociais e na produção do espaço.

No estudo de Mader (2024) sobre a evolução dos eventos climáticos extremos no Paraná, a autora destacou que entre 2019 e 2021, uma forte crise hídrica

afetou a produção de energia e forçou a Companhia de Saneamento do Paraná- SANEPAR a adotar o rodízio de abastecimento de água em várias cidades, incluindo Toledo e Cascavel. Outro setor afetado foi a produção agrícola que precisou ser reduzida ou sofreu atrasos no plantio. Na primavera de 2022 e 2023 fortes chuvas atingiram o estado e afetaram milhares de pessoas, e os dados mostraram que a precipitação foi o evento climático extremo do oeste e sudoeste mais recorrentes entre o período de 1977 e 2018. A autora criou um gráfico assustador com a quantidade de eventos de desastres registrados no Paraná entre 2010 e 2023 (Figura 24), além de outros como quantidade de inundações, vendavais, estiagens, enxurradas e alagamentos durante o mesmo período.

Figura 23. Total de eventos registrados pela Defesa Civil no Paraná (2010-2023).



Segundo dados do Paraná Clima e da Secretaria do Desenvolvimento Sustentável, a região Oeste do Paraná enfrenta aumento comprovado na frequência de eventos climáticos extremos, e o governo estadual já estruturou programas como o *ParanáClima* e o *AdaptaCidades* para apoiar municípios na adaptação e resiliência. Esses planos integram Defesa Civil, Simepar e secretarias estaduais, com foco em agricultura sustentável, sistemas de alerta e fortalecimento comunitário, mas a região ainda contabiliza prejuízos e preocupações a cada ano com as consequências dos eventos extremos, o que mostra que ainda há muito a se fazer.

Segundo a Secretaria da Agricultura do Paraná, Toledo e Cascavel sofreram perdas de até 40% na safra de milho em 2020. Esses eventos também apresentam o aumento da demanda energética e efeitos sobre a saúde pública. A tendência são invernos mais curtos e episódios de frio mais concentrados, intercalando com períodos de calor fora de época, além de temperaturas acima da média durante o outono, com

incursões pontuais de ar polar que derrubaram as temperaturas. Isso é bem consistente com os cenários de mudanças climáticas globais, exigindo dos governantes mais políticas de mitigação e adaptação.

Em Cavalcanti et al. (2009), os autores reservam um capítulo para tratar de mudanças climáticas em cenários futuros, apoiados pelos relatórios do IPCC com até 90% de confiabilidade de que o aquecimento foi causado pelas atividades humanas, e prevêem que, até o final do século XXI, as temperaturas médias globais vão subir 2°C a 4,5°C, por conta das concentrações de CO², acelerando o derretimento do gelo marinho, do *permafrost* (solo e subsolo congelado de forma permanente) e que a mudança deve permanecer por décadas e talvez séculos, mesmo que as emissões de GEE cessassem. Em boa parte do Brasil, incluindo o Sul, as projeções sugerem aumento de extremos de chuva e da frequência de ondas de calor e noites mais quentes.

Entre 2010 e 2025, as projeções de Cavalcanti et al. (2009) se confirmaram em grande parte, de acordo com o Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (2025): o planeta registrou o terceiro ano mais quente da história, a temperatura média global já subiu cerca de 1,47°C em relação ao período pré-industrial. Isso confirma a tendência prevista de aquecimento contínuo. Também houve aceleração no derretimento de gelo, liberando mais metano e agravando o efeito estufa, enquanto no Brasil, aumentou os extremos de chuva, seca e ondas de calor. Em resumo, as previsões se mostraram corretas, enquanto o aquecimento continua acelerado e os extremos climáticos se intensificando.

Como sugestão para acompanhar as tendências, é importante atentar-se aos relatórios do IPCC e dados regionais e locais. O relatório mais recente e abrangente do IPCC é o Sexto Relatório de Avaliação (AR6), concluído em março de 2023 (IPCC, 2023). Nele o alerta é que o planeta já está 1,1°C mais quente que no período pré-industrial.

Para acompanhar dados de pesquisas e expedições na Antártica, o CPC disponibiliza a página “Centro Polar Climático”. Outra página interessante sobre clima para acompanhar é o Prevots-srv, que se dedica a previsão de tempestades severas. Inclusive, foram eles que previram o tornado F4 em Rio Bonito do Iguaçu no dia 07 de novembro de 2025, enquanto órgãos oficiais de previsão do clima no Paraná esperavam tempestades mais brandas para aquela data.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise da influência da Massa Polar Atlântica (MPA) na região oeste do Paraná entre 1995 e 2025 revelou um quadro climático marcado pela intensificação de eventos extremos, como ondas de frio, geadas fora de época, tempestades de granizo, secas prolongadas e chuvas torrenciais. Esses fenômenos, documentados em localidades como Foz do Iguaçu, Cascavel e Toledo, demonstraram que a MPA não atuou isoladamente, mas em interação com outros sistemas atmosféricos globais que foram amplificados pelas mudanças climáticas globais, como as Ondas de Rossby, o El Niño–Oscilação Sul (ENOS) e a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS). Essa interação entre os fatores locais e globais reforçaram a vulnerabilidade da região aos extremos meteorológicos que tendem a se ampliar nos próximos anos.

A pesquisa demonstra que a Massa Polar Atlântica é um dos principais agentes de transformação climática no oeste do Paraná, intensificando eventos extremos e impondo desafios socioeconômicos e ambientais. Os impactos regionais são múltiplos: desde perdas agrícolas significativas, danos ao patrimônio público e privado, desalojados e desabrigados em alagamentos até o aumento de doenças respiratórias e da demanda energética. Por esse motivo, a relevância do estudo vai além do campo acadêmico, oferecendo dados que podem ser usados para a criação e fortalecimento de políticas públicas de adaptação climática que possam ir além de mapear riscos e estratégias preventivas, ampliar a união de tecnologias com estratégias de adaptação agrícola e fortalecer a resiliência comunitária.

Em um cenário de mudanças climáticas globais, compreender a dinâmica regional é essencial para antecipar riscos e construir soluções sustentáveis. Torna-se urgente o fortalecimento de políticas públicas de adaptação climática, o investimento em sistemas de monitoramento meteorológico e a promoção de educação ambiental voltada para a compreensão dos riscos climáticos. A pesquisa reforça que ciência e sociedade devem caminhar juntas na busca por um futuro mais resiliente e equilibrado.

Considerando as limitações deste estudo como seu recorte temporal e o foco em apenas três cidades estratégicas da região Oeste paranaense, é possível a sugestão para diversos trabalhos futuros que ampliem e aprofundem o tema, como os seguintes exemplos: a) desenvolver simulações com modelos de alta resolução para prever cenários futuros da influência das MPAs no oeste do Paraná com diferentes horizontes temporais (2050, 2100); b) expansão geográfica da análise com outras cidades além de

Foz do Iguaçu, Cascavel e Toledo; c) quantificar custos de reconstrução de infraestrutura, perdas agrícolas e impactos na saúde pública; d) estudos interdisciplinares, unindo climatologia, geografia, economia e sociologia para entender como os eventos extremos afetam não apenas o espaço físico, mas também a dinâmica social e cultural da região; e) pesquisar como as comunidades locais se adaptam aos desastres, avaliando práticas de solidariedade, redes de apoio e estratégias de sobrevivência; f) entrevistar agricultores, moradores urbanos e gestores públicos para compreender como eles percebem os riscos climáticos e quais estratégias de adaptação já utilizam; g) avaliar como as mudanças climáticas e os eventos extremos afetam a fauna e a flora da região oeste, especialmente em áreas de conservação; h) explorar o uso de drones, sensores remotos e inteligência artificial para monitorar locais e antecipar impactos em tempo real e; i) estudos de justiça climática, investigando como os impactos climáticos afetam de forma desigual os diferentes grupos sociais, como pequenos agricultores, comunidades indígenas e populações urbanas vulneráveis, propondo políticas inclusivas.

REFERÊNCIAS

ABREU, Magda Luzimar de. **Climatologia**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2012.

AMARAL, Cesar (et al.) O clima antártico e as quatro décadas de pesquisa no Programa Antártico Brasileiro. Cadernos de Astronomia, UERJ, v.6 n.1. (2025). Disponível em: <https://periodicos.ufes.br/astrologia/article/view/47733/33346>. Acesso em 29/07/2025.

AQUINO, Francisco Eliseu. **Conexão Climática entre o Modo Anular do Hemisfério Sul com a Península Antártica e o Sul do Brasil**. (Tese de doutorado), Porto Alegre: IGEO/UFRGS, 2012. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/62016/000868313.pdf?> Acesso em: 10 de março de 2026.

AYOADE, Johnson Olaniyi. **Introdução à Climatologia para os trópicos**. 4.ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996.

BARRY, Roger G; CHORLEY, Richard J. **Atmosfera: tempo e clima**. 9.ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

BBC NEWS BRASIL. **Uma cronologia da mudança climática no mundo**. 2026. Disponível em: https://www.bbc.com/portuguese/noticias/2013/09/130927_cronologia_mudancas_climaticas Acesso em: 27 de março de 2026.

BORSATO, Victor da Assunção (et al.) A dinâmica da massa polar atlântica, os sistemas frontais e o estado do tempo em Campo Mourão. Unespar, Campo Mourão. **XI Encontro Internacional de Produção Científica**. 29 e 30 de outubro de 2019. Disponível em: <https://rdu.unicesumar.edu.br/bitstream/123456789/3552/1/VICTOR%20DA%20ASSUN%C3%A7%C3%A3O%20BORSATO.pdf>. Acesso em 29/07/2025.

BORSATO, Victor da Assunção; MENDONÇA, Francisco de Assis. Participação da massa polar atlântica na dinâmica dos sistemas atmosféricos no Centro Sul do Brasil. **Revista Mercator**, UFC, Fortaleza. V. p.113-130, jan/abr, 2015. ISSN 1984-2201. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/mercator/a/FZ6wQW4W3RCLYGWYbPQY6z/>. Acesso em 22/07/2025.

BRAGA, Hugo Alves. **Propagação de ondas de Rossby atmosféricas e a Zona de Convergência do Atlântico Sul**. 2022. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, 2022. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/14/14133/tde-25102022-213227/pt-br.html> Acesso em: 09 de junho de 2026.

CAPUCIN, Bruno César (et al.) Onda de Frio Histórica no Brasil: um estudo de caso de junho de 1985. **Anuário do Instituto de Geociências**, UFRJ, vol.45, p.1-13, 2022. Disponível em: <https://www.redalyc.org/journal/6953/695375056010/> Acesso em: 12 de junho de 2026.

CAPUCIN, Bruno César. **O que é oscilação Antártica**. METEORED. 2025. Disponível em: <https://www.tempo.com/noticias/divulgacao/o-que-e-oscilacao-antartica.html>. Acesso em 29/07/2025.

CAVALCANTI, Iracema Fonseca de Albuquerque (org.) **Tempo e Clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de textos, 2009.

CENTRO DE PREVISÃO DE TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS (CPTEC). **Monitoramento do Brasil.** Disponível em: <https://clima.cptec.inpe.br/monitoramentobrasil/pt> acesso em: 11 de junho de 2026.

CENTRO UNIVERSITÁRIO DE ESTUDOS E PESQUISAS SOBRE DESASTRES. **Atlas Brasileiro de Desastres Naturais (1991-2012).** 2. ed. Universidade Federal de Santa Catarina: CEPED UFSC, Florianópolis, SC, 2013.

CHRISTOPHERSON, Robert Ward; BIRKELAND, Ginger. **Geossistemas:** uma introdução à Geografia Física. 9.ed. Porto Alegre: Bookman, 2017.

CLIMATE-DATA. **Clima: América do Sul** - Classificações. Disponível em: <https://pt.climate-data.org/america-do-sul/> Acesso em: 08 de abril de 2026.

CLIMATEMPO. **Climatologia em Cascavel, BR.** Disponível em: <https://www.climatempo.com.br/climatologia/268/cascavel-pr> Acesso em: 10 de maio de 2026.

CLIMATEMPO. **Climatologia em Foz do Iguaçu, BR.** Disponível em: <https://www.climatempo.com.br/climatologia/272/fozdoiguacu-pr> Acesso em 10 de maio de 2026.

CLIMATEMPO. **Climatologia em Toledo, BR.** Disponível em: <https://www.climatempo.com.br/climatologia/1336/toledo-pr> Acesso em: 10 de maio de 2026.

DALTOÉ, Lais Reina; MUZA, Michel. Análise técnica das anomalias da ondulação de Rossby e os eventos de frio intenso nos meses de junho, julho e agosto entre 1991 e 2020. **Anais do Simpósio em Clima, Água, Energia e Alimentos**, 2021. ISBN: 978-65-89463-15-3, 13 a 15 de outubro de 2021. Disponível em: <https://proceedings.science/simclea-2021/trabalhos/analise-tecnica-das-anomalias-da-ondulacao-de-rossby-e-os-eventos-de-frio-intens?> Acesso em: 12 de junho de 2026.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **A Região Sul.** Embrapa Brasília, DF, 2026. Disponível em: <https://www.embrapa.br/contando-ciencia/regiao-sul> Acesso em 20 de maio de 2026.

FÉLIX, Rosana; MARÉS, Chico. Sobe para 94 mil o número de atingidos pelas chuvas no Paraná. **Gazeta do Povo.** 08 set. 2015. Disponível em: <https://www.gazetadopovo.com.br/vida-e-cidadania/sobe-para-94-mil-o-numero-de-atingidos-pelas-chuvas-no-parana-460n0sdh04lqdz2kumjmeutp2/> Acesso em: 11 de junho de 2026.

G1 Norte e Nordeste RPC. Pedras de granizo de 100 gramas causa alagamentos e desalojados. Chuva forte causa estragos em cidades do Paraná. **G1 RPC Maringá.** 01 nov. 2025. Disponível em: <https://g1.globo.com/pr/norte-noroeste/noticia/2025/11/02/pedras-de-granizo-de-100-gramas-alagamentos-e-desalojados-chuva-forte-causa-estragos-em-cidades-do-parana.ghtml> Acesso em 11 de junho de 2026.

G1 OESTE E SUDOESTE RPC. Chuvas de granizo são registradas em bairros de Cascavel. G1 RPC. 27 set. 2020. Disponível em: <https://g1.globo.com/pr/oeste-sudoeste/noticia/2020/09/27/chuvas-de-granizo-sao-registradas-em-bairros-de-cascavel.ghtml> Acesso em 11 de junho de 2026.

G1 OESTE E SUDOESTE RPC. Forte chuva causa alagamentos em Foz do Iguaçu. **G1 RPC**. 12 jan. 2021. Disponível em: <https://g1.globo.com/pr/oeste-sudoeste/noticia/2021/01/12/forte-chuva-causa-alagamentos-em-foz-do-iguacu-videos.ghtml> Acesso em 11 de junho de 2026.

G1 OESTE E SUDOESTE RPC. Forte chuva de granizo em Foz do Iguaçu. **G1 RPC**. 09 nov. 2024. Disponível em: <https://g1.globo.com/pr/oeste-sudoeste/noticia/2024/10/09/forte-chuva-de-granizo-foz-do-iguacu.ghtml> Acesso em: 11 de junho de 2026.

G1 OESTE E SUDOESTE RPC. Foz do Iguaçu registra 41°C. Maior temperatura dos últimos 24 anos, de acordo com o Simepar. **G1 RPC**. 21 jan. 2022. Disponível em: <https://g1.globo.com/pr/oeste-sudoeste/noticia/2022/01/26/foz-do-iguacu-registra-414o-maior-temperatura-dos-ultimos-24-anos-de-acordo-com-o-simepar.ghtml> Acesso em 11 de junho de 2026.

G1 OESTE E SUDOESTE RPC. Vídeo Chuva e fortes rajadas de vento causam estragos em Cascavel. **G1 RPC Cascavel**. 02 set. 2023. Disponível em: <https://g1.globo.com/pr/oeste-sudoeste/noticia/2023/09/02/video-chuva-e-fortes-rajadas-de-vento-causam-estragos-em-cascavel.ghtml> Acesso em: 11 de junho de 2026.

G1 OESTE E SUDOESTE RPC. Vídeo chuva intensa deixa ruas de Foz do Iguaçu alagadas. **G1 RPC**. 21 nov. 2024. Disponível em: <https://g1.globo.com/pr/oeste-sudoeste/noticia/2024/11/21/video-chuva-intensa-deixa-ruas-de-foz-do-iguacu-alagadas.ghtml> Acesso em: 11 de junho de 2026.

G1 PARANÁ RPC CASCAVEL. Chuva forte provoca alagamentos e derruba árvores em Cascavel. **G1 RPC Cascavel**. 07 março 2019. Disponível em: <https://g1.globo.com/pr/oeste-sudoeste/noticia/2019/03/07/chuva-forte-provoca-alagamentos-e-derruba-arvores-em-cascavel.ghtml> Acesso em 11 de junho de 2026.

GIDDENS, Anthony. **A política da mudança climática**. Rio de Janeiro: Zahar, 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA (INMET). **Gráficos Climatológicos de 1991-2020**. Disponível em: https://clima.inmet.gov.br/Graficos_Climatologicos/DF/83377 Acesso em: 10 de maio de 2026.

INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO RURAL DO PARANÁ (IDR-PR). **Boletins agrometeorológicos**. Disponível em: <https://www.idrparana.pr.gov.br/Noticia/Boletim-agrometeorologico-do-IDR-Parana/> Acesso em: 20 de maio de 2026.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA - INMET **Normais Climatológicas do Brasil (1931–1960, 1961–1990, 1991–2020)**. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/normais> Acesso em: 11 de maio de 2026.

INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL (IPARDES). **Base de Dados do Estado**. Disponível em: <https://www.ipardes.pr.gov.br/Pagina/Base-de-Dados-do-Estado> Acesso em: 17 de maio de 2026.

IPCC. **Climate change 2023**: synthesis report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Core

Writing Team; H. Lee; J. Romero (Ed.). Genebra: IPCC, 2023. 184 p. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/resources/how-to-cite-this-report/> Acesso em: 05 de jun de 2026.

LIMBERGER, Leila. **O Clima do Oeste do Paraná: análises da presença do lago de Itaipu.** (Dissertação) – Universidade Estadual Paulista (UNESP), Rio Claro, 2007. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/entities/publication/a0fd6cf4-c492-4d80-87d4-45f2a719b138> Acesso em: 20 de maio de 2026.

LINDEMANN, Douglas da Silva; JUSTINO, Flávio Barbosa. A influência dos modos de variabilidade climática na temperatura em superfície na Antártica. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 30, p. 214-222, 2015.

MAACK, Reinhard. **Geografia Física do Estado do Paraná.** Rio de Janeiro: José Olympio, 1981.

MADER, Angelica Maiara Pivatto; REBOITA, Michelle Simões. Análise da evolução temporal dos eventos climáticos extremos no Paraná: tendências, impactos e desafios na gestão de dados da Defesa Civil. **VIII Congresso Brasileiro de geógrafas e geógrafos**, 7-12 de junho de 2024, São Paulo, SP. Anais eletrônicos do VIII CBG, São Paulo: USP, 2024.

MARIN, Fábio Ricardo; ASSAD, Eduardo Delgado; PILAU, Felipe Gustavo. **Clima e ambiente: introdução à Climatologia para Ciências Ambientais.** Campinas, SP: Embrapa Informática Agropecuária, 2008.

MARRAFON, Vitor Hugo; REBOITA, Michelle Simões. Características da precipitação na América do Sul reveladas através de índices climáticos. **Revista Brasileira de Climatologia**, v.26, n.16, p. 663-676, jan/jun de 2020. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/72181/40775> Acesso em: 04 de abril de 2026.

MENDONÇA, Francisco; DANNI-OLIVEIRA, Inês Moresco. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil.** São Paulo: Oficina de textos, 2007.

METEORED BRASIL. **As ondas de Rossby, o verdadeiro motor invisível do clima em escala planetária.** Disponível em: <https://www.tempo.com/noticias/ciencia/as-ondas-de-rossby-o-verdadeiro-motor-invisivel-do-clima-em-escala-planetaria.html> Acesso em: 12 de junho de 2026.

NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION (NOAA). **Ocean Currents.** 2026. Disponível em: <https://www.noaa.gov/education/resource-collections/ocean-coasts/ocean-currents> Acesso em: 09 de abril de 2026.

NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION (NOAA). **What is a Rossby wave?** Disponível em: <https://oceanservice.noaa.gov/facts/rossby-wave.html> acessado em: 12 de junho de 2026.

NITSCHKE, Pablo Ricardo (et al.). **Atlas Climático do estado do Paraná.** [recurso eletrônico] – Londrina (PR): Instituto Agrônômico do Paraná, 2019. Disponível em:

<https://www.idrparana.pr.gov.br/Pagina/Atlas-Climatico> Acesso em: 20 de maio de 2026.

O PRESENTE. Toledo registra geada em pontos do interior. **O presente**. 1 jul. 2024. Disponível em: <https://www.opresente.com.br/parana/toledo-registra-geada-em-pontos-do-interior/> Acesso em 11 de junho de 2026.

OBSERVATÓRIO DO CLIMA. **Eunice - As mudanças climáticas naturais**. Disponível em: <https://eunice.oc.eco.br/as-mudancas-climaticas-naturais/> Acesso em: 27 de março de 2026.

PEIXOTO, Roberto. Nova onda de frio começa nesta segunda. Sul deve registrar temperaturas negativas. **G1 Globo**. 30 jun. 2025. Disponível em: <https://g1.globo.com/meio-ambiente/noticia/2025/06/30/nova-onda-de-frio-comeca-nesta-segunda-sul-deve-registrar-temperaturas-negativas.ghtml> Acesso em: 11 de junho de 2026.

PIFFER, Moacir (et al.) Desenvolvimento regional do oeste paranaense a partir do capital social. **IX Seminário Internacional sobre Desenvolvimento Regional**. Universidade de Santa Cruz do Sul (UNISC), Rio Grande do Sul, dezembro de 2009. Disponível em: <https://www.unisc.br/site/sidr/2006/textos3/14.pdf> Acesso em: 20 de maio de 2026.

POD-OESTE/PR. **Portal do Programa Oeste em desenvolvimento - Oeste em números**. Disponível em: <https://oestedesenvolvimento.com.br/> acesso em: 15 de maio de 2026.

PORTAL DA CIDADE. Temporal deixa estragos em Foz do Iguaçu. Porto Meira é a região mais afetada. **Portal da Cidade**. 05 jun. 2025. Disponível em: <https://foz.portaldacidade.com/noticias/cidade/temporal-deixa-estragos-em-foz-do-iguacu-porto-meira-e-a-regiao-mais-afetada-3036> Acesso em: 11 de junho de 2026.

PREFEITURA MUNICIPAL DE FOZ DO IGUAÇU. Granizo atinge 95% das casas da região sul em Foz do Iguaçu. PMFI. 08 set. 2015. Disponível em: <https://www.foz.pr.gov.br/granizo-atinge-95-das-casas-da-regiao-sul/#:~:text=>. Acesso em: 11 de junho de 2026.

PRIORI, A., et al. **História do Paraná séculos XIX e XX: A história do Oeste Paranaense**. [online]. Maringá: Eduem, 2012. pp. 75-89. ISBN 978-85-7628-587-8. Disponível em: <https://books.scielo.org/id/k4vrh/pdf/priori-9788576285878-07.pdf> Acesso em 20 de maio de 2026.

REBOITA, Michelle Simões (et al.) Entendendo o tempo e o clima na América do Sul. **Terra e Didática**, v. 8, n. 1. p.34-50, 2012. Disponível em: <https://www.ige.unicamp.br/terraedidatica/v8-1/pdf81/s3.pdf> Acesso em: 04 de abril de 2026.

REBOITA, Michelle Simões (et al.) Regimes de precipitação na América do Sul: uma revisão bibliográfica. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.25, n.2, p.185-204, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbmet/a/yhrG5QPXhBCkZXcGKgyzWvf/?format=pdf&lang=pt> Acesso em: 04 de abril de 2026.

SANT'ANNA NETO, João Lima. Da climatologia geográfica à geografia do clima: gênese, paradigmas e aplicações do clima como um fenômeno geográfico. *Revista da Ampege*, v.4, p. 61-88, 2008. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/anpege/article/view/6599/3599> acesso em: 10 de junho de 2026.

SECRETARIA DAS CIDADES-PR. **Associação dos Municípios do Oeste do Paraná. (AMOP).** Disponível em: <https://www.secid.pr.gov.br/Endereco/Amop-Associacao- dos-Municipios-do-Oeste-do-Parana> Acesso em: 17 de maio de 2026.

SECRETARIA DE COMUNICAÇÃO DO RIO GRANDE DO SUL. **Balanço das enchentes de maio de 2024 no Rio Grande do Sul (SOS).** Disponível em: <https://sosenchentes.rs.gov.br/situacao-nos-municipios> Acesso em: 21 de abril de 2026.

SECRETARIA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. **Paraná Clima.** Disponível em: <https://www.sedest.pr.gov.br/Pagina/ParanaClima?> Acesso em 18 de junho de 2026.

SIMEPAR - Sistema de Tecnologia e Monitoramento Ambiental do Paraná. **Histórico de Boletins Climatológicos trimestrais, 2026.** Disponível em: https://www.simepar.br/simepar/timeline/boletim_climatologico. Acesso em: 05 de junho de 2026.

SIMEPAR - Sistema de Tecnologia e Monitoramento Ambiental do Paraná. **Boletins meteorológicos sobre incursões de ar polar, 2025.** Disponível em: <https://www.parana.pr.gov.br/aen/Noticia/Extremos-nas-temperaturas-e-tornados-2025-registrou-dados-meteorologicos-historicos-no> Acesso em: 05 de junho de 2026.

STEINKE, Ercília. **Climatologia fácil.** São Paulo: oficina de textos, 2012.

TEDESCHI, Renata Gonçalves; GRIMM, Alice Marlene. Mecanismos da influência de episódios El Niño e La Niña sobre a frequência de eventos extremos de precipitação na América do Sul. **XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, 2007. Disponível em: <https://files.abrhidro.org.br/Eventos/Trabalhos/151/3507e6a315eec013caecb90a45e8ea2434696a1246c68184faf95aeb10db7572.pdf> Acesso em: 10 de abril de 2026.

TEODORO, Thales Alves; REBOITA, Michelle Simões; ESCOBAR, Gustavo Carlos Juan. Caracterização da Banda Dupla da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) no Oceano Atlântico. **Anuário do Instituto de Geociências- UFRJ**, Vol. 42, n. 2, p.282-298, 2019. Disponível em: <https://revistas.ufrj.br/index.php/aigeo/article/view/30224> Acesso em: 05 de junho de 2026.

TORRES, Fillipe Tamiozzo Pereira; MACHADO, Pedro José de Oliveira. **Introdução a climatologia.** São Paulo: Cengage Learning, 2011.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ – CASCAVEL. **Relatório da Mesorregião Oeste do Paraná: Diagnóstico e Perspectivas.** 2002. Disponível em: <https://www2.fag.edu.br/professores/solange/PUR%20IV/BIBLIOGRAFIA%20APOIO/Mes oOestePR.UNIOESTE.pdf> Acesso em 20 de maio de 2026.

UOL SÃO PAULO. Tornado causa destruição no Paraná. SC tem emergência por chuva. **UOL São Paulo.** 1 jul 2024. Disponível em: <https://noticias.uol.com.br/cotidiano/ultimas-noticias/2023/10/04/tornado-causa-destruicao-no-parana-sc-tem-emergencia-por-chuva>. Acesso em 11 de junho de 2026.

VELLEDA, Luciano. **Mudanças climáticas devem impactar a agricultura do RS nas próximas décadas:** culturas agrícolas hoje comuns perderão espaço para outras melhor

adaptadas ao clima ameno. Sul 21-27 de março de 2025. Disponível em: <https://sul21.com.br/noticias/meio-ambiente/2025/03/mudancas-climaticas-devem-impactar-agricultura-do-rs-nas-proximas-decadas/>. Acesso em: 20 de abril de 2026.

VIEGAS, Juarez (et al.) Caracterização dos diferentes tipos de El Niño e seus impactos na América do Sul a partir de dados observados e modelados. **Revista Brasileira de Meteorologia (RBM)**, v. 34, n. 1, p. 43-67, 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbmet/a/drNXMcHG5vdX8WV9bc6Vxcv/?lang=pt> Acesso em: 04 de abril de 2026.

WOJCIECHOWSKI, Guilherme. Imagens dos impactos da cheia do rio Iguaçu em Foz do Iguaçu. **H2FOZ**. 31 out. 2023. Disponível em: <https://www.h2foz.com.br/meteorologia/imagens-impactos-cheia-foz-do-iguacu/> Acesso em: 11 de junho de 2026.

WURMEISTER, Fabiula. G1 Área rural de Toledo foi atingida por tornado, afirmam especialistas. **G1 Oeste e Sudoeste RPC**. 08 jan. 2018. Disponível em: <https://g1.globo.com/pr/oeste-sudoeste/noticia/area-rural-de-toledo-foi-atingida-por-tornado-afirmam-especialistas.ghtml> Acesso em: 11 de junho de 2026.

WURMEISTER, Fabiula. Temporal e ventos fortes destelham casas em Toledo e em Santa Helena. **G1 Oeste e Sudoeste RPC**. 22 abril 2014. Disponível em: <https://g1.globo.com/pr/oeste-sudoeste/noticia/2014/04/temporal-e-ventos-fortes-destelham-casas-em-toledo-e-em-santa-helena.html> Acesso em: 11 de junho de 2026.