



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**

PEDRO FELIPE EMERENCIANO

**REGIME, VARIABILIDADE E GÊNESE DE EVENTOS EXTREMOS DE
PRECIPITAÇÃO PLUVIAL EM FLORIANÓPOLIS– SC, BRASIL**

**FLORIANÓPOLIS
2025**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**

PEDRO FELIPE EMERENCIANO

**REGIME, VARIABILIDADE E GÊNESE DE EVENTOS EXTREMOS DE
PRECIPITAÇÃO PLUVIAL EM FLORIANÓPOLIS– SC, BRASIL**

Dissertação submetida ao programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito parcial para obtenção do título de mestrado em Unidades de Conservação e Recursos Naturais.

Orientador: Prof. Dr. Lindberg Nascimento Júnior.

**FLORIANÓPOLIS
2025**

Ficha catalográfica gerada por meio de sistema automatizado gerenciado pela BU/UFSC.
Dados inseridos pelo próprio autor.

Emerenciano, Pedro Felipe

Regime, variabilidade e gênese de eventos extremos de precipitação pluvial em Florianópolis-SC, Brasil / Pedro Felipe Emerenciano ; orientador, Lindberg Nascimento Júnior, 2025.

121 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Florianópolis, 2025.

Inclui referências.

I. Geografia. 2. Variabilidade. 3. Extremos. I. Nascimento Júnior, Lindberg. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Geografia. III. Título.

REGIME, VARIABILIDADE E GÊNESE DE EVENTOS EXTREMOS DE PRECIPITAÇÃO PLUVIAL EM FLORIANÓPOLIS – SC, BRASIL

O presente trabalho em nível de Mestrado foi avaliado e aprovado em 9 de Setembro de 2025, pela banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof. Dr. Pedro Germano dos Santos Murara
Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)

Profa. Dra. Gabriela Goudard
Universidade Federal Cearense (UFC)

Profa. Dra. Nubia Beray Armond
Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) / Indiana University

Certificamos que esta é a versão original e final do trabalho de conclusão que foi julgado adequado para obtenção do título de Mestre em Geografia.

Coordenação do Programa de Pós-Graduação

Prof. Dr. Lindberg Nascimento Júnior
Orientador

Florianópolis, 2025

Dedico este trabalho à minha avó Irma Schmitz, in memoriam.

AGRADECIMENTOS

Como início, confesso que foi um desafio trabalhar esta dissertação, haja vista ser uma metodologia nova para mim, apesar de sempre ter gostado de climatologia. Assim, agradeço ao meu orientador, Lindberg Nascimento Júnior, pela contribuição para que eu construísse a dissertação.

Agradeço aos meus pais, que sempre me apoiaram em minhas decisões, e também por terem dado suporte para ter condições de seguir nessa empreitada, incluindo também amigos, como Renan Bittencourt e Geisa Rocha.

Agradeço aos amigos que fiz nesse tempo, em especial a Eduarda Agnolin, Eduarda Brandalise, Karen Andressa, Elenita Soares, Arthur Bechtel, Vinícius Boneli, Ademir, Dyego Anderson, Alex Gabriel, Matheus Mello, Guilherme Matias, Mateus Gaia, Guilherme Martins, Otávio Cascaes, Pedro Henrique e Leonel.

Agradeço pela oportunidade de participar do Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica, em que conheci nomes importantes, como os professores João Lima Sant'anna Neto, Francisco Mendonça, Paulo Zangalli Júnior, além de Gabriela Goudard, Núbia Armond e Pedro Murara, que fizeram parte da banca da minha qualificação e também de defesa da dissertação.

E, por fim, agradeço à UFSC, por proporcionar a estrutura necessária para que eu chegasse até aqui.

Vento de maio
Rainha de raio
Estrela cadente...
...valeu o teu pique
Apenas pra não chover
No meu piquenique
(Telo Borges e Márcio Borges)

RESUMO

Os eventos extremos fazem parte da sucessão habitual dos tipos de tempo sob em determinado lugar, podendo ser compreendidos sob múltiplas perspectivas: como valores que se situam aquém ou além dos padrões esperados dentro de uma série histórica; como padrões atmosféricos ou meteorológicos excepcionais (associados ou não a alterações climáticas); como ameaças, em razão dos impactos socioambientais e econômicos que podem gerar; e como manifestações de natureza apropriada, segundo os agentes sociais e o modo de produção em sua relação com o clima. Este trabalho discute essas dimensões com o objetivo de investigar a ocorrência e a gênese de eventos extremos no regime e na variabilidade das chuvas em Florianópolis - SC. Para tanto, foram empregadas técnicas estatísticas na análise de dados diários, mensais e anuais, com base na série histórica de 2002 a 2023, proveniente do Instituto Nacional de Meteorologia (Inmet). Os eventos extremos foram analisados a partir de três abordagens principais: o regime, a variabilidade e o ritmo das chuvas. No regime, identificaram-se os valores esperados por mês, caracterizando a sazonalidade da precipitação e os períodos mais críticos para a ocorrência de extremos, além da análise da variação nos padrões anuais observados, com meses que se diferenciam em função de valores extremos em especial. A análise da variabilidade incluiu a observação do padrão pluvial relacionado aos padrões El Niño Oscilação Sul (ENOS). Foram também definidos anos padrão com base no consenso entre cinco técnicas distintas (desvio padrão, sturges, quantis, quartis, percentis). Cálculo de períodos de retorno, identificação de tendências e alterações na série por meio dos testes de Mann-Kendall e Pettitt e a comparações com os valores normais para o município foram aplicados para avaliação de alterações e mudanças na série histórica. No ritmo, a análise diária considerou os percentis a partir do valor 0,99 para destacar os eventos mais significativos, os quais foram contextualizados mediante a identificação de padrões atmosféricos e meteorológicos, utilizando imagens do satélite GOES-16 (canal 13) e cartas sinóticas do Centro de Hidrografia da Marinha (CHM) e do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos do INPE (CPTEC). Os resultados revelam a complexidade da dinâmica pluviométrica de Florianópolis, marcada em grande parte por uma estrutura bimodal (com dois máximos sazonais de precipitação ao longo do ano), elevada variabilidade interanual e presença de ciclos na série histórica. Essa dinâmica resulta da interação entre fatores locais (como o relevo da Serra Catarinense) e sistemas atmosféricos regionais e remotos oriundos do mundo equatorial, tropical e polar, além da influência de teleconexões climáticas observada com maior relevância em eventos extremos em períodos de fase fria (La Niña). Alterações e tendências significativas foram observadas sobretudo no mês de junho. Em suma, o estudo contribui para o aprofundamento da compreensão dos eventos extremos de precipitação em Florianópolis, oferecendo subsídios relevantes para políticas públicas de defesa civil, planejamento urbano e estratégias de adaptação às mudanças climáticas.

Palavras chave: Variabilidade, eventos extremos, chuva, Florianópolis.

ABSTRACT

Extreme events are part of the habitual succession of weather types observed in a given place and can be understood from multiple perspectives: as values that fall below or exceed the expected patterns within a historical series; as exceptional atmospheric or meteorological patterns (whether or not associated with climate change); as hazards, due to the socio-environmental and economic impacts they may generate; and as manifestations of a socially and historically situated nature, according to social agents and the mode of production in their relationship with climate. This study discusses these dimensions with the aim of investigating the occurrence and genesis of extreme events in the rainfall regime and variability in Florianópolis, Santa Catarina (Brazil). To this end, statistical techniques were applied to daily, monthly, and annual data based on the 2002–2023 historical series provided by the National Institute of Meteorology (Inmet). Extreme events were analyzed from three main approaches: regime, variability, and rhythm of rainfall. In the analysis of the regime, expected monthly values were identified to characterize the seasonality of precipitation and the most critical periods for the occurrence of extremes, in addition to examining variations in the observed annual patterns, highlighting months that stand out due to particularly extreme values. The variability analysis included the examination of rainfall patterns in relation to El Niño–Southern Oscillation (ENSO) phases. Reference years were defined based on the consensus among five distinct statistical techniques (standard deviation, Sturges, quantiles, quartiles, and percentiles). Return period calculations, identification of trends and changes in the series through the Mann-Kendall and Pettitt tests, and comparisons with the normal climatological values for the municipality were applied to assess alterations and shifts in the historical record. In the rhythmic analysis, daily data were evaluated based on the 0.99 percentile threshold to highlight the most significant events, which were then contextualized by identifying associated atmospheric and meteorological patterns using GOES-16 satellite imagery (channel 13) and synoptic charts from the Brazilian Navy's Hydrography Center (CHM) and the Center for Weather Forecasting and Climate Studies (CPTEC/INPE). The results reveal the complexity of Florianópolis's pluviometric dynamics, largely characterized by a bimodal structure (with two seasonal precipitation peaks throughout the year), high interannual variability, and the presence of cycles within the historical series. This dynamic arises from the interaction between local factors (such as the topography of the Serra Catarinense) and regional and remote atmospheric systems originating from equatorial, tropical, and polar regions, as well as the influence of climate teleconnections, which are particularly relevant during extreme events in cold-phase (La Niña) periods. Significant changes and trends were especially observed in the month of June. In summary, this study contributes to a deeper understanding of extreme precipitation events in Florianópolis, providing valuable insights to inform civil defense policies, urban planning, and climate change adaptation strategies.

Keywords: Variability; Extremesevents; Rainfall; Florianópolis.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Variação global da temperatura do ar em superfície terrestre e oceânica (1850-2024).....	21
Figura 2 – Notificações de desastres no mundo de 1990 a 2023.....	22
Figura 3 – Variação dos índices do ENOS de 1950 a 2024.....	35
Figura 4 – Efeitos globais do El Niño Oscilação Sul.....	39
Figura 5 – Esboço teórico--metodológico para esta dissertação.....	43
Figura 6 – Situação geográfica do município de Florianópolis e a localização da estação meteorológica utilizada na pesquisa.....	45
Figura 7 – Mapas climático (a) e hipsométrico (b) da região Sul do Brasil.....	54
Figura 8 – Esquema representativo dos centros de ação e massas de ar associadas.....	55
Figura 9 – Esquema representativo do ciclo da Frente Polar no Sul do Brasil.....	56
Figura 10 – Regimes de precipitação na Região Sul do Brasil. Os totais mensais médios de precipitação estão representados em cada área de 1,5°x1,5° de longitude e latitude, com escala em mm.....	68
Figura 11 – Precipitação anual da Região Sul em mm.....	68
Figura 12 – Gráfico da média mensal de chuva e temperatura em Florianópolis.....	70
Figura 13 – Variação da média de chuva mensal em Florianópolis para a série de 2002 a 2003 e <i>outliers</i> representando extremos.....	74
Figura 14 – Dendograma que demonstra a sazonalidade da chuva anual média em Florianópolis.....	77
Figura 15 – Gráfico de acumulado mensal de chuva em 2008 em Florianópolis.....	78
Figura 16 – Gráficos de acumulado mensal de chuva em Florianópolis em 2010 (a), 2011 (b), 2015 (c), 2023 (d), 2022(e), e 2002 (f)	79
Figura 17 – Variabilidade da chuva para Florianópolis entre 2002 a 2023 conforme o SPI e relação com a variabilidade do ENOS.....	87
Figura 18 – Probabilidade e período de retorno da precipitação mensal.....	88
Figura 19 – Numero de anos-padrão classificados de acordo com as técnicas utilizadas.....	89
Figura 20 – Variação sazonal da chuva para Florianópolis segundo as normais climatológicas.....	94
Figura 21 – Extremos diários de chuva registrados na série 2002-2023 pelo percentil 99.....	99

Figura 22 – Impacto da enchente de dezembro de 1995 em Florianópolis.....	106
---	-----

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Critérios estatísticos para definição de anos-padrão.....	48
Quadro 2 – Padrão sinótico de bloqueio atmosférico sobre o Sul do Brasil do dia 16 de janeiro de 2022.....	57
Quadro 3 – Padrão sinótico de ZCAS sobre a região Sudeste em 19 de fevereiro de 2022.....	58
Quadro 4 – Padrão sinótico de frente polar atlântica sobre o sul do Brasil no dia 19 de março de 2022.....	59
Quadro 5 – Padrão sinótico de jatos em baixos níveis entre o noroeste sul do Brasil no dia 28 de abril de 2024, com destaque para a instabilidade entre RS e SC que provocou a enchente de maio de 2024 na área atingida.....	61
Quadro 6 – Padrão sinótico de CCM sobre o sul do Brasil no dia 19 de novembro de 2009.....	61
Quadro 7 – Padrão sinótico de linha de instabilidade sobre o sul do Brasil seguido da passagem de sistema frontal no dia 12 de abril de 2023.....	61
Quadro 8 – Padrão sinótico de circulação marítima sobre o sul do Brasil em 22 de dezembro de 2022.....	62
Quadro 9 – Marcha anual das precipitações na América do Sul, com destaque para a R4.....	66
Quadro 10 – Trimestres chuvosos e menos chuvosos e classificação dos anos-padrão em Florianópolis.....	90
Quadro 11 – Teste de Pettitt para os meses de junho (a), março (b), abril (c) e outubro (d) conforme a série de 2002 e 2023 para a chuva em Florianópolis.....	96
Quadro 12 – Imagens sinóticas e de satélite do evento extremo de chuva do final de Janeiro e início de Fevereiro em Florianópolis.....	100
Quadro 13 – Imagens sinóticas e de satélite do evento extremo de chuva em Florianópolis no final de novembro de 2008.....	101
Quadro 14 – Imagens sinóticas e de satélite do evento extremo de chuva maio de 2010 em Florianópolis.....	101
Quadro 15 – Imagens sinóticas e de satélite do evento extremo de chuva em Florianópolis em janeiro de 2011.....	102
Quadro 16 – Imagens sinóticas e de satélite do evento extremo de chuva em Florianópolis em setembro de 2011.....	102

Quadro 17 – Imagens sinóticas e de satélite do evento extremo de chuva em Florianópolis em julho de 2015.....	103
Quadro 18 – Imagens sinóticas e de satélite do evento extremo de chuva em Florianópolis em janeiro de 2018. Há a presença da ZCAS associada a um anticiclone no oceano gerando fluxo de umidade.....	103
Quadro 19 – Imagens sinótica e de satélite do evento extremo de dezembro de 2022 em Florianópolis.....	104
Quadro 20 – Carta sinótica e imagemde satélite do dia 17 de outubro de 2023 mostrando uma frente associada a um CCM em Santa Catarina.....	107

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Descrição estatística sobre a chuva em Florianópolis para o período de 2002 a 2023.....	73
Tabela 2 – Percentual mensal de precipitação por ano, de 2002 a 2023, em Florianópolis.....	75
Tabela 3 – Determinação do número ideal de agrupamentos por meio de índices de validação.....	76
Tabela 4 – Percentual médio mensal de chuva em Florianópolis segundo normais climatológicas.....	95
Tabela 5 – Resultados da avaliação das tendências e alterações.....	95

LISTA DE SIGLAS

AMP – Anticiclone Migratório Polar

ASAS – Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul

CCM – Complexo Convectivo de Mesoescala

ENOS – El Niño Oscilação Sul

EPAGRI/CIRAM – Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina/Centro de Informações de Recursos Ambientais e Hidrometeorologia

FPA – Frente Polar Atlântica

Inmet – Instituto Nacional de Meteorologia

IPCC – International Pannel for Climate Change

JBNs – Jatos de Baixos Níveis

mPa – Massa Polar Atlântica

mTa – Massa Tropical Atlântica

ODP – Oscilação Decadal do Pacífico

OMM – Organização Mundial de Meteorologia

PCI – Precipitation Concentration Index

SPI – Standardized Precipitation Index

TSM – Temperatura da Superfície do Mar

VCAN – Vórtice Ciclônico de Altos Níveis

ZCAS – Zona de Convergência do Atlântico Sul

ZCIT – Zona de Convergência Intertropical

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	18
1. O FENÔMENO GEOGRÁFICO DOS EVENTOS EXTREMOS	21
1.1 Eventos extremos como natureza apropriada	24
1.2 A abordagem quantitativa – a identificação do <i>valor extremo</i>	26
1.3 A abordagem dinâmica – os sistemas produtores <i>excepcionais</i>	31
1.4 Eventos extremos na síntese	40
2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	43
2.1 Fonte dos dados e série histórica	44
2.2 Técnicas para análise do regime	46
2.3 Técnicas para análise da variabilidade	46
2.4 Técnicas para análise das tendências e alterações	49
3. DINÂMICA E GÊNESE DOS EVENTOS EXTREMOS EM FLORIANÓPOLIS	51
3.1 O regime climático e a variação anual	52
3.1.1 <i>Aspectos do regime pluviométrico da Região Sul</i>	53
3.1.2 <i>O regime pluviométrico em Florianópolis</i>	69
3.2 A variabilidade pluviométrica e a variação interanual	80
3.2.1 <i>Padrões e mecanismos da variabilidade</i>	82
3.2.2 <i>Padrões anuais e variabilidade das chuvas em Florianópolis</i>	87
3.2.3 <i>Tendências e mudanças no regime pluviométrico</i>	91
3.2.4 <i>Tendência das chuvas em Florianópolis</i>	93
3.3 Oritmo climático e as variações diárias	96
3.3.1 <i>A gênese dos eventos extremos</i>	99
3.3.2 <i>E quando os eventos extremos se tornam desastres</i>	105
CONSIDERAÇÕES FINAIS	108
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	109

INTRODUÇÃO

No contexto brasileiro, a convivência da população com eventos extremos tem sido cada vez mais evidente. Tal problemática, em torno das chuvas, em particular, indica que o excesso ou redução pluviométrica demonstram implicações diretas em toda a sociedade - na cidade e no campo, especialmente sobre os sistemas humanos, ecológicos e produtivos mais sensíveis à dinâmica climática (Marengo, 2007; IPCC, 2007; 2021; 2023).

Nas áreas urbanas das Regiões Sudeste e Sul do Brasil, onde o relevo acidentado aumenta o risco de movimentos de massa e inundações, esses eventos tornam-se desastres, e acabam sendo percebidos como contingentes e rotineiros, já que todos os anos sua observação se associa a danos materiais e perdas de vidas humanas (Coelho, 2001; Kobiyama *et al.*, 2006; Veyret, 2007).

Essa realidade aponta sobre a importância de se realizar estudos que auxiliem no planejamento adequado, que visem à mitigação dos impactos dos eventos extremos hoje e no futuro, ou adaptação dos sistemas e infraestruturas. Considera-se, também, a preocupação com a intensificação desses fenômenos no contexto das mudanças climáticas, já que essa questão se tornou, de fato, uma emergência (Lampis *et al.*, 2020).

Neste contexto, a situação levanta questionamentos sobre o papel dos sistemas sociais e produtivos diante do regime e da variabilidade climática atual, seja em razão dos limites que a sociedade contemporânea demonstra ao lidar com os impactos do clima, seja pela influência antropogênica na intensificação de eventos extremos - parte das manifestações das mudanças climáticas contemporâneas (Gan, Rao e Rodrigues, 2009; Borghetti *et al.*, 2017; Wulf, 2016).

Na Região Sul do Brasil, esse questionamento não está fora do debate. Situado em uma zona de transição climática, que se caracteriza pela participação de sistemas atmosféricos tropicais e extratropicais, é comum que o sentido de normalidade do clima e da boa distribuição das chuvas coexista com uma diversidade de desastres associados ao incremento ou à redução pluviométrica, e das instabilidades típicas do mundo subtropical (Monteiro, 1969, Nimer, 1971;

Reboita *et al.*, 2012; Hermann, 2014; Jorge, 2019; Nascimento Júnior e Collischonn, 2021; Goudard, 2023; Goudard, Limberger e Carpenedo, 2024).

Soma-se a esse quadro que as condições de intensificação dos eventos extremosevidenciam desde já uma dinâmica climática com participação significativa de diferentes modos e padrões de teleconexões climáticas. Neste aspecto, a origem dos eventos extremos, concebidos como parte da variabilidade e da dinâmica climática, pode ser reconhecida a partir da compreensão, mais ou menos abrangente, dos fluxos atmosféricos nos lugares, quanto também da influência das atividades humanas em variadas escalas (Betts *et al.*, 1997, 2000; Chase *et al.*, 2000; Zhao, Pitman e Chase, 2001; Goudard, Limberger e Carpenedo, 2024).

Considera-se assim que, independente da ordem e da origem dessas problemáticas, o desafio de qualificar os eventos extremos como pertencentes ou não da dinâmica habitual dos lugares é fato (Monteiro, 1991). Isso ocorre por que eles (os eventos extremos) demonstram o quanto a sociedade e os sistemas produtivos estão sensíveis, expostos e vulneráveis à variabilidade climática (Mendonça, 2010).

Esse é o caso do Estado de Santa Catarina e, especialmente, do município de Florianópolis, onde os eventos extremos de chuva são recorrentes e associados a um conjunto diverso de desastres (Siebert, 2009; Herrmann e Alves, 2014; Pereira e Nascimento Júnior, 2022).

Em Florianópolis, os eventos extremos refletem uma complexidade importante. A distribuição espacial e temporal das chuvas, no contexto do mundo subtropical costeiro, soma: (a) a influência de fatores dinâmicos – sistemas atmosféricos, meteorológicos e teleconexões; b) a estruturação dos compartimentos de relevo associados à organização espacial dos morros e da influência orográfica associada à presença da Serra Geral quase imediata à área do município; c) aos padrões de uso de ocupação da terra que, no contexto insular, é somado à deficiência na drenagem urbana e uma urbanização dispersa; e d) a esse conjunto de atributos e fatores, incluem-se, também, as condições sociais e infraestruturas que aumentam a vulnerabilidade, o potencial de perda e a exposição a esses eventos (Mendonça, 2010; Giongo, 2010; Rodrigues, Ynoue e Alves, 2011; Mendonça, 2014; Pereira e Nascimento Júnior, 2022).

A complexidade em questão é tanto física quanto social. Ela posiciona Florianópolis entre os municípios mais expostos da Zona Costeira Catarinense,

evidenciando uma série de desafios que exigem abordagem integrada. Tais desafios envolvem, de um lado, a dinâmica climática atual — marcada por alterações que resultam da combinação entre forçantes antropogênicas e variabilidade natural — e, de outro, as implicações socioespaciais que dela decorrem. Essas implicações colocam em pauta questões cruciais relacionadas à proteção e à defesa civil, ao planejamento urbano e à formulação de estratégias de adaptação frente às mudanças climáticas.

Diante desse quadro, o que define um evento extremo de chuva em Florianópolis? E como o processo de intensificação pode influenciar o regime ao longo do tempo no município? Diante destas questões, o objetivo geral da pesquisa é entender a gênese e dinâmica dos eventos extremos em Florianópolis. O propósito é conhecer a origem desses fenômenos e relacioná-los no escopo do regime, da variabilidade e do ritmo climático.

Com isso propõe-se: a) identificar, a partir do regime pluviométrico anual, os padrões mais recorrentes da distribuição das chuvas no município; b) avaliar a variabilidade das chuvas em Florianópolis — períodos, ciclos, tendências e alterações; e c) sistematizar os sistemas atmosféricos e meteorológicos mais relevantes na produção de eventos extremos.

Para essa análise, o trabalho foi dividido em partes. Apresentam-se, inicialmente, os procedimentos metodológicos, que contemplam a exposição das formas de análise e técnicas empregadas no estudo. A segunda parte contempla o debate mais recente sobre o significado geográfico dos eventos extremos, organizando-os em três grandes enfoques: as abordagens de tratamento, as escalas climáticas exigidas e a dinâmica no contexto atual do clima do Brasil e da Região Sul. Os resultados são apresentados na terceira parte, com a caracterização dos eventos extremos em Florianópolis. As considerações contemplam a última parte.

1. O FENÔMENO GEOGRÁFICO DOS EVENTOS EXTREMOS

Nos últimos anos tem sido discutido, pela comunidade científica e política, a questão das mudanças climáticas associadas ao aquecimento global antropogênico. Destaca-se que o planeta Terra, em sua história geológica, sempre passou por momentos de maior aquecimento ou resfriamento (Ab'Saber, 1957; Damuth e Fairbridge, 1970; Casseti, 2005). Mas, com base nas observações e interpretações desenvolvidas pelo conjunto de cientistas que participam do Painel Intergovernamental para as Mudanças Climáticas (IPCC), o clima global vem sendo submetido às alterações internas distintas em relação às forçantes naturais.

O argumento designa a origem do processo a partir da emissão de gases de efeito estufa, que, oriundo da queima de combustíveis fósseis durante o período industrial no século XIX, tem provocado alterações na composição química da atmosfera, e como resultado tem-se o aumento expressivo da temperatura global, com implicações em todos os elementos da dinâmica climática. Essas mudanças são também evidenciadas em modificações dos padrões e ciclos hidrológicos e pelo aumento da frequência e intensidade de eventos extremos de tempo e de clima (Marengo, 2007; Chagas, Chaffe e Blöschl, 2022).

A Figura 1 representa parte desse processo, e ilustra o fenômeno de aquecimento global, representado graficamente pela variação da temperatura média global, superfície terrestre e oceânica desde o início do século XXI. Destaca-se o incremento médio na temperatura global que está em torno de $0,78^{\circ}\text{C}$ maior em relação às médias do início do período de registro.

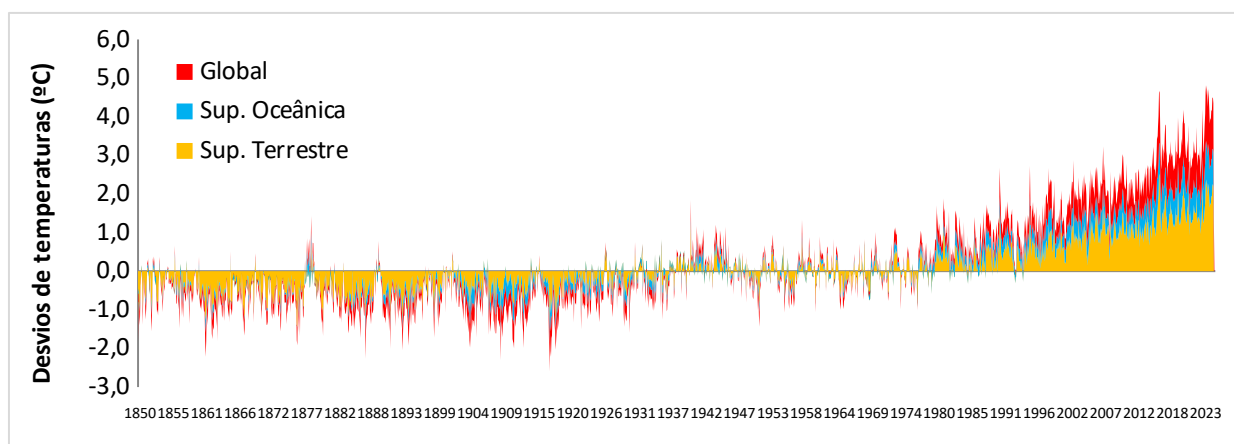


Figura 1: Variação global da temperatura do ar em superfície terrestre e oceânica (1850-2024)

Fonte: NOAA (2024). Elab. Autor.

As diferenças marcantes entre os ambientes terrestres e oceânicos também são relevantes. Na medida em que a superfície terrestre registrou um aquecimento em média de $1,21^{\circ}\text{C}$, os oceanos apresentaram uma elevação menor (refletindo a maior inércia térmica das massas de água nos mares), em torno de $0,58^{\circ}\text{C}$.

A elevação das temperaturas médias globais, conforme ilustrado na Figura 1, não apenas reflete mudanças no regime térmico e hídrico do planeta, mas também influencia diretamente a ocorrência de eventos extremos. Meteorologicamente, o aumento do calor disponível na superfície terrestre e nos oceanos intensifica os processos atmosféricos, alterando padrões de circulação, ampliando a capacidade da atmosfera de reter umidade e favorecendo a ocorrência de fenômenos, como ondas de calor, tempestades severas e chuvas extremas (IPCC, 2021, 2023). Nesse contexto, a relação entre o aquecimento global e os eventos extremos torna-se evidente, como demonstrado nas notificações de desastres representado na Figura 2.

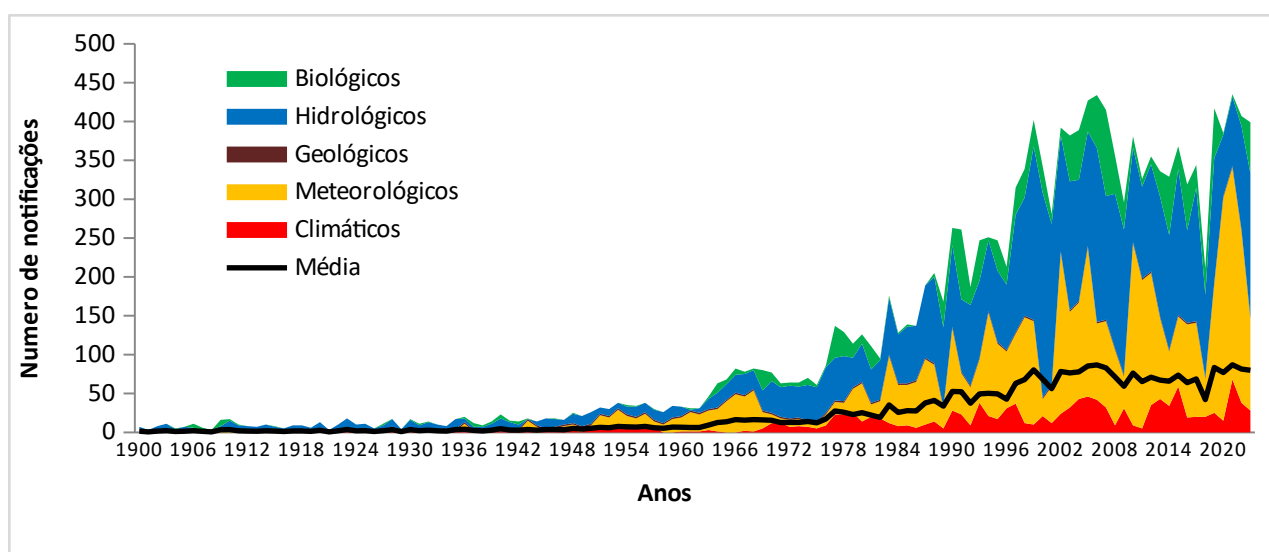


Figura 2: Notificações de desastres no mundo de 1900 a 2023

Fonte: EM-DAT, 2025. Elab. Autor

Neste conjunto de fenômenos, a precipitação pode ser considerada o principal elemento deflagrador de desastres em escala global. Devido à sua sazonalidade, os eventos extremos de chuva se relacionam tanto a períodos de escassez — que resultam em secas e estiagens pela redução da disponibilidade hídrica — quanto a períodos de excesso, caracterizados por chuvas intensas e prolongadas que originam tempestades, tornados, ciclones, enchentes, inundações e enxurradas (EM-DAT, 2015).

Observa-se também que a maior parte das notificações está relacionada a eventos climáticos e meteorológicos que, somados aos desastres hidrológicos, correspondem a quase a totalidade das ocorrências registradas. Esse padrão reforça a crescente importância da intensificação e o aumento da frequência de eventos extremos, e considera a precipitação como o processo mais essencial.

De todo modo, é importante salientar que eventos extremos não são fenômenos novos, mas sua relevância como principal fonte de risco tem sido cada vez mais reconhecida nas últimas décadas (Mendonça, 2001; Marandola Júnior e Hogan, 2005). Na Europa, por exemplo, a crescente preocupação se evidencia pelo aumento dos longos períodos de ondas de calor, como os registrados em 2003, 2010 e 2022, que resultaram em dezenas de milhares de mortes, sobretudo entre idosos e pessoas em situação de rua. O evento de 2021, em especial, tem sido considerado como o novo recorde de temperatura para o continente, pois atingiu a marca de 48,8°C (Lhotka e Kysely, 2022; Ibebuchi e Abu, 2023).

Eventos extremos também são associados ao aumento da frequência dos furacões no Oceano Atlântico, como os observados nos anos de 2005 e 2020, em que foram registradas mais de 20 tempestades (Trenberth e Shea, 2006; Ayala e Méndez-Tejeda, 2021), dentre os quais se destacam os de maior intensidade, sendo os furacões Katrina, Rita e Wilma, em 2005 (Trenberth e Shea, 2006); Irma e Maria, em 2017 (Bang, Miles e Gordon, 2019); e Dorian, em 2019 (Zegarra *et al*, 2020). Vale citar, também, os impactos econômicos, uma vez que só o Katrina e o Harvey, de 2017, geraram mais de 100 bilhões de dólares em prejuízo aos Estados Unidos, e são considerados os mais destrutivos já registrados a nível global (Trenberth e Shea, 2006; Bang, Miles e Gordon, 2019).

Como observado, os impactos econômicos, humanos e materiais, associados aos eventos extremos, são evidentes, e sua ocorrência sempre abre debates importantes sobre as consequências das mudanças climáticas na sociedade atual, e das condições de segurança no futuro (Sentelhas, 2022; Coelho, 2001).

Se somado ao crescimento urbano precário e às condições de desigualdade, esse cenário é ainda mais grave, já que, somente no Brasil, por exemplo, grande parte da população pobre reside em áreas com forte exposição a esses eventos, e que podem, inclusive, desencadear outros processos associados, como inundações, movimentos de massa, deslizamentos, etc. (Marengo, 2001; Custódio, 2012; Marandola Júnior *et al*, 2013).

Por essa razão, os eventos extremos são imediatamente concebidos, por excelência, enquanto calamidades, contingências e desastres, pois causam impactos e danos na vida social, ambiental e econômica, em qualquer organização social (Gonçalves, 2003; Sant'anna Neto, 2011). Neste sentido, é da relação entre eventos extremos e suas repercussões espaciais (desastres) que se aciona uma perspectiva essencialmente geográfica do clima.

Sem a intenção de esgotar os casos e excluir os cenários críticos que são traçados para o futuro da humanidade devido à sua intensificação dos eventos extremos, observa-se que os argumentos apresentados até aqui só reiteram a preocupação com os impactos do clima, e não excluem todas as implicações políticas, determinações sociais e conhecimento científico usado para interpretar e explicar esses fenômenos (Monteiro, 1991; Sant'Anna Neto, 2011; Armond e Zangalli Júnior, 2021; Nascimento Júnior, 2021).

Com interesse particular em dar esse enfoque à gênese desses processos em Florianópolis, sem perder de vista suas implicações em termos concretos (impactos), pode-se afirmar que a maneira com que a sociedade tem se apropriado dos eventos extremos se revela historicamente a partir de abordagens científicas de tratamento.

1.1 Eventos extremos como natureza apropriada

O clima, enquanto fenômeno natural (ordem física) é representado pelo caráter estocástico (que considera aleatoriedade) no escopo de um **padrão normal** esperado e medido estatisticamente. Essa é somente uma das maneiras com que o fenômeno climático é apropriado socialmente, sendo transformada em fenômeno geográfico por apresentar, em sua ordem espacial e temporal, relações diretas com a produção do espaço geográfico (Sant'anna Neto, 2011).

Neste aspecto, o fenômeno, reconhecido como evento extremo, resulta da combinação e interação de processos espaço-temporais do clima que ocorrem em diversas escalas, sendo tanto resultado final de uma série de processos desencadeados nos lugares, quanto de processos externos ao lugar ou fora dele. Esses processos não são puramente físicos e estatísticos, pois a construção do seu caráter geográfico depende das relações sociais e das práticas espaciais as quais

ele foi submetido e/ou está embutido (Armond e Zangalli Júnior, 2021; Nascimento Júnior, 2021).

O conhecimento e a qualificação dos eventos extremos obedecem e correspondem, portanto, à maneira como o desenvolvimento técnico-científico e os modos de produção representam e dá significado às suas consequências e manifestações (Monteiro, 1991; Mendonça, 2021). Neste aspecto, ele é construído eminentemente como problema, ou seja, quando o **fenômeno natural é transformado em problema social** (Coelho, 2001).

Em outras palavras, essa condição evidencia os eventos extremos como um fenômeno natural, resultante da dinâmica dos fluxos de calor e de água no ambiente atmosférico, dentro de um sistema de trocas de matéria e energia (Monteiro, 1991; Marengo, 2001). Ao mesmo tempo, trata-se também de um fenômeno socialmente produzido (Veyret, 2007; Sant'anna Neto, 2008), uma vez que, no processo de instrumentalização da natureza, constitui um recurso que precisa ser qualificado como parte do processo de apropriação responsável por assegurar, em última instância, o desenvolvimento, a ordem, a segurança e a manutenção das relações sociais de produção (Nascimento Júnior, 2018, 2021; Armond e Zangalli Júnior, 2021).

Nesta perspectiva, eventos extremos são concretos (Sant'anna Neto, 2001) e híbridos (Mendonça, 2021). Fazem parte do aspecto integral da dinâmica climática de um lugar e do espaço produzido (Armond e Sant'anna Neto, 2017; Armond e Zangalli Júnior, 2021; Nascimento Jr, 2021).

Por esse caráter, os eventos extremos podem ser classificados pela sua natureza específica. Segundo Nascimento Júnior (2013), são de **natureza geográfica** ou **meteorológica**. Os de natureza geográfica são ligados às enchentes e deslizamentos de terra, devido à presença do espaço urbano, relacionando tais fenômenos à produção do espaço e os consequentes desastres que podem levar à ocorrência de óbitos. Já os de **natureza meteorológica** estão ligados aos fenômenos: furacões, tornados, fortes chuvas e secas, estando, assim, relacionados à dinâmica atmosférica e à variabilidade do clima.

Armond (2014) propõe uma leitura mais abrangente desse aspecto, distinguindo duas dimensões: uma de base **quantitativa e meteorológica**, obtida pela observação sistemática de valores que se desviam dos padrões habituais — os **eventos extremos**; e outra de caráter **qualitativo e geográfico**, identificada pela

análise dos impactos produzidos no território, independentemente de sua natureza estatística — os **episódios extremos**.

Reiterando o argumento anterior, eventos e **episódios extremos** são em grande parte do debate confundidos como desastres, sobretudo quando eles ocorrem e geram prejuízos e danos, afetando um grande número de vidas humanas, causando mortes (Marengo, 2009). Neste aspecto, eles são, de fato, eventos perigosos, concretos e geram dano (Sant'anna Neto, 2011), sendo tratados enquanto ameaças na abordagem dos riscos. No âmbito da comunidade científica e pela revisão da literatura, esse fenômeno expõe pelo menos três grandes abordagens de tratamento.

1.2 A abordagem quantitativa – a identificação do *valor extremo*

A primeira abordagem dos eventos extremos, historicamente reconhecida, é a quantitativa, e envolve a necessidade de definir a **probabilidade** de um determinado valor acontecer dentro de um conjunto de dados (serie histórica), e o quanto aquele determinado valor pode ser **observado estatisticamente** enquanto parte ou não da distribuição normal (*outliers*) (Marengo, 2007; Duarte *et al.*, 2015). Nesta perspectiva, a comunidade concebe tradicionalmente os eventos extremos como:

[...] **valores discrepantes** de um **estado climático médio**, que ocorrem em escalas temporais que variam de dias a milênios, embora os mais importantes para as atividades humanas são possivelmente os extremos de curto prazo (relacionados com o tempo) e os de médio prazo (relacionados com o clima), que são **eventos com potencial para impactos significativos** (Marengo, 2009, p. 1; negrito nosso).

Assim, a climatologia busca na abordagem estatística investigar as características da normalidade dos dados, e reconhecer a variabilidade com que um fenômeno meteorológico ocorre, bem como seus possíveis **desvios** para além ou aquém de um valor de referência concebido como normal – habitual ou esperado. Em outras palavras, o tratamento envolve técnicas estatísticas que demonstram a **diferença quantitativa** dos registros em relação a que se espera no regime

De fato, o uso da média (valor mais próximo entre todos os dados observados) como **valor de referência** é o mais amplamente e internacionalmente

reconhecido (Marchezini, 2023). Também é possível utilizar a **moda** — valor que ocorre com maior frequência — ou mesmo a **mediana** — valor central do conjunto de dados —, desde que seja viável determinar essas medidas (Assis *et al*, 1996; Zavattini e Boin, 2013; Silvestre, 2016).

Operacionalmente, o processo inicia-se com a coleta dos dados brutos de uma variável meteorológica — como é o caso da precipitação — para, em seguida, calcular-se as médias mensais e anuais, que servem como valores de referência. A partir desses valores, e com o cálculo dos desvios (absoluto, relativo ou padrão), torna-se possível a identificação de eventos extremos, uma vez que esses desvios indicam ocorrências significativamente acima ou abaixo da média histórica (Zavattini e Boin, 2013). Essa estratégia também se aplica à análise da variabilidade climática, especialmente quando os dados são transformados em índices e organizados segundo escalas temporais pré-definidas. Nessa etapa, utilizam-se técnicas estatísticas voltadas à identificação de frequências, intensidades e períodos, possibilitando detectar valores que ultrapassam ou ficam aquém de determinados patamares ou limites previamente estabelecidos.

O tratamento dos eventos extremos em sua variabilidade inclui a caracterização dos meses e anos, classificando-os como representativos dentro de uma série temporal. Neste caso, a análise deve selecionar eventos específicos, que, em torno de suas semelhanças e repetitividade, são concebidos como “padrão” (Monteiro, 1971; Zavattini e Boin, 2013; Silvestre *et al*, 2013).

Em sua concepção original, a técnica dos anos-padrão permite compreender uma parte do **ritmo climático, destacando a variabilidade, ciclicidade e periodicidade** de sua ocorrência e sua associação com impactos em diferentes escalas espaciais e temporais (Monteiro, 1971; Zavattini e Boin, 2013).

Segundo Silvestre *et al* (2014), a escolha dos anos-padrão é baseada nos desvios significativos em relação à média histórica, e isso apresenta uma série de desafios da classificação e a determinação de número comum e eficiente de classes que diferenciem valores habituais ou extremos. Para a autora, diversas técnicas podem ser empregadas para essa finalidade, sendo assim, a solução mais adequada construir uma classificação que leve em conta a maioria das classificações realizadas por todos os métodos para cada ano, ou seja, o **nível de consenso**.

A título de destaque, a autora avaliou diferentes técnicas estatísticas aplicadas a séries históricas de precipitação e temperatura, sendo: a Fórmula de Sturges; os Percentis de 5%, 25%, 75% e 95%; os Percentis de 15%, 35%, 65% e 85%; os Quartis utilizados no gráfico Box Plot; os Desvios-padrão em relação à média (a mais tradicionalmente utilizado pela comunidade); e seis técnicas de Agrupamento Hierárquico: Ligação Simples, Ligação Completa, Ligação Média, Ligação Mediana, Centróide e Ward.

A esse exemplo, Armond e Sant'anna Neto (2017) analisaram as chuvas excepcionais no Rio de Janeiro no período de 1999 a 2012, e indicaram que eventos extremos estão associados ao conjunto de precipitações acima de 20 mm em 24 horas. Os autores utilizaram dados de 32 postos pluviométricos da Rede AlertaRio. Os autores utilizaram em suas análises técnicas do desvio padrão e quantis.

Zucco *et al.* (2019) aponta o limiar extremo de 50 mm diários para a planície litorânea de Santa Catarina, correspondendo ao percentil 99%, na série histórica de 1996 a 2018. Tal trabalho também aponta que os extremos na área podem ocorrer ao longo do ano, sendo o Vale do Itajaí uma região de menor variabilidade mensal, enquanto no litoral é a maior, concentrando-se os meses de verão como os mais prováveis para acontecer tais eventos.

A técnica dos quantis foi usada por Cardoso *et al.* (2011) em seu estudo sobre chuvas intensas na escala diária para Lages, Santa Catarina. Os autores identificaram quatro classes quartílicas e mostraram que o primeiro quartil do verão é o que registra o maior volume de chuva diário na série (46,77%), enquanto o menor é o quarto quartil do outono (10,29%).

Back *et al.* (2016) utilizou a técnica do desvio padrão junto ao modelo da distribuição de Gumbel para investigar a variabilidade espacial da chuva diária em Santa Catarina. Tal trabalho demonstra que o litoral catarinense é onde estão os registros mais elevados do estado, e aponta a região da Grande Florianópolis como a área onde o tempo de retorno dos eventos extremos é o menor, cerca de dois anos.

Para Florianópolis, o estudo de Pereira e Nascimento Júnior (2022) buscou determinar anos padrão dentro de uma série entre 1975 e 2019, usando a técnica dos quantis com valores referentes a 10%, 35%, 65% e 90%. O estudo foi feito com base no ano de 2017, que apresentou o maior índice de confiabilidade dos dados, considerando que foram obtidos a partir de sete estações no município. Os autores

utilizaram desde o quantil $Q=10$, como extremamente seco, com valor inicial de 831,10 mm, até o $Q=90$, como extremamente chuvoso, com valor máximo de 2888,90 mm.

Em um estudo voltado à bacia do campus Trindade da Universidade Federal de Santa Catarina, em Florianópolis, Lima (2023) usou a técnica do percentil, dentro de um valor de 99, para caracterizar as chuvas intensas no local. A autora identificou que valores classificados como chuvisco — entre 0,1 mm e 2,5 mm — representaram até 41% das ocorrências, enquanto as chuvas extremas, superiores a 50 mm diários, corresponderam a apenas 3% dos registros.

Por outro lado, segundo Marchezini (2023), a Organização Meteorológica Mundial (OMM, ou do inglês WMO) indica que a definição única de limiares (valores diários) para caracterização de um evento extremo não é útil para contemplar todos os objetivos de análise meteorológica e climática. Os desafios incorporam não somente a diversidade ambiental dos lugares, mas também a abrangência das áreas estudadas. Por isso, como um princípio comum, o monitoramento dos eventos extremos deve considerar a intensidade e as características espaciais e temporais do evento, independentemente do impacto causado.

Para Marchezini (2023), a OMM recomenda que sejam consideradas na avaliação de um evento extremo, pelo menos três características:

- **Magnitude:** medidas e limiares que definem o caráter excepcional do evento, segundo os parâmetros dos serviços hidrometeorológicos em escala nacional e subnacional, e as características climáticas locais (normais) e setores de aplicação (saúde, agricultura, desastres, etc);
- **Duração:** definida pela diferença entre o momento que o evento atingiu seu patamar excepcional pela primeira vez e quando voltou à normalidade (média);
- **Extensão:** definida pela área em que as redes de monitoramento (estações, radares, satélites, etc) registraram o evento extremo (do seu início ao fim).

Neste caso, os eventos extremos são submetidos à transformação em valores relativos e índices específicos. Neste caso, o índice o Precipitation Concentration Index – PCI tem sido o modelo bem utilizado pela comunidade, e que auxilia na

análise da variabilidade temporal da concentração de chuva dentro de uma série histórica (Ch et al., 2016; Chima, Ezenwaji e Nzoiwu, 2017; Qian et al., 2019).

No contexto da região Sul, Gonçalves, Back e Sutil (2018) utilizaram o modelo PCI para o município de Garuva, nordeste de Santa Catarina. O estudo revelou que, dentro de um período de 40 anos, há uma concentração de chuva em pelo menos 18 anos, enquanto o restante apresentou sazonalidade moderada, indicando baixa irregularidade.

Além do PCI, o Índice de Concentração de Martin-Vide (Martin-Vide, 2004) também foi desenvolvido com esse propósito, mas de análise da concentração de chuva na escala diária, sendo amplamente usado nos estudos sobre inundações, erosão e deslizamentos de encostas (Back, 2022). Back (2022) usou o Índice de Martin-Vide para apontar os períodos de maior concentração de chuvas para o município de Timbé do Sul, no sul de Santa Catarina, e pode indicar períodos em que a erosão e os deslizamentos de encostas podem ser mais significativos.

O Índice de Fournier (Fournier, 1960) também é usado nesta mesma perspectiva, mas sua aplicação é preferencialmente voltada para análise da erodibilidade das chuvas e a erodibilidade dos solos. Back (2018) usou o índice de Fournier, analisando estações dos municípios de Lages e São Joaquim. Segundo tal estudo, as chuvas erosivas estão presentes em 83,6% do volume de chuva para São Joaquim, e 81,5% em Lages, dando um padrão de erodibilidade avançada na região estudada.

Tais exemplos afirmam a possibilidade da abordagem quantitativa dos eventos extremos e são bastante utilizadas em órgãos e instituições que utilizam os valores como parâmetro de antecipação e probabilidade de um evento danoso acontecer. Em grande parte, são esses mesmos valores usados para definir a construção de infraestrutura e sistemas de engenharia.

A abordagem quantitativa e uso de modelos estatísticos no estudo dos eventos extremos é fundamental para entender sobre a natureza probabilística dos fenômenos numericamente excepcionais. Conhecer a relação destes valores com a produção do espaço pode ser a primeira aproximação para um processo inicial de apropriação do clima.

Por isso, a abordagem geográfica dos eventos extremos reduzida ao **caráter estatístico parece incompleta**, pois a dinâmica e a gênese desses processos são fundamentais para revelar sob quais condições esses valores são produzidos. Neste

sentido, a outra possibilidade (mais avançada e sofisticada de apropriação do clima) é a desenvolvida a partir da abordagem dinâmica e genética dos eventos extremos.

1.3A abordagem dinâmica – os sistemas produtores *excepcionais*

A climatologia geográfica vem sendo construída com estudos que buscam situar os dados estatísticos dentro de uma escala temporal que levem à compreensão da distribuição dos fenômenos meteorológicos para além do estado médio. Sabendo que, na realidade, a **magnitude, a intensidade e a frequência** de tais fenômenos ocorre de forma variável com o passar dos anos, é importante também busca entender a origem e os fatores que os desencadeiam (Monteiro, 1971; Zavattini e Boin, 2013).

Neste sentido, a abordagem dinâmica envolve fatores dinamizadores do clima, sejam eles oriundos da atmosfera e/ou dos oceanos, habituais (o que se espera que aconteça sempre) ou excepcionais (o que acontece de tempos em tempos). De forma geral, o interesse dessa abordagem é identificar sob quais condições e mecanismos atmosféricos esses processos acontecem (Monteiro, 1991).

É desta concepção que os **eventos extremos são tratados a partir das definições do tempo e do clima**. Marchezini (2023) discute que compreendida a definição do conceito de eventos extremos para cada serviço em termos de magnitude, duração e extensão, faz-se “[...] necessária a distinção entre esses eventos já que os tempo e clima são corriqueiramente utilizados de maneira errônea e apesar de serem conceitos inter-relacionados, diferem em escala temporal e espacial e em suas causas e consequências”.

A título de exemplificação, os autores se apoiam na noção de que tempo é a condição instantânea e transitória da atmosfera (um dia chuvoso ou ensolarado) e clima é a síntese espaço-temporal das condições de tempo (verão chuvoso e um inverno seco) (Reboita *et al.*, 2012).

Nesse contexto, Marchezini (2023) define um evento extremo de tempo — ou extremo meteorológico — como uma variação inesperada nos estados atmosféricos, resultante de condições meteorológicas em diferentes escalas (macro, meso e micro), associadas a sistemas de alta ou baixa pressão, frentes quentes ou frias,

sistemas convectivos de mesoescala e padrões termodinâmicos. Tais eventos ocorrem em períodos relativamente curtos, que podem variar de poucas horas a dias ou, em alguns casos, até semanas (Ynoue *et al.*, 2017).

Já um evento **extremo de clima** (extremo climático) pode ser definido como a variação inesperada da componente climatológica local, resultado de uma sucessão de eventos extremos de tempo (Seneviratne *et al.*, 2012). Os extremos de clima alcançam escalas temporais e espaciais mais abrangentes em relação aos extremos de tempo e, por este motivo, seus efeitos tendem a ser graduais e a afetar um contingente maior de pessoas (Seneviratne *et al.*, 2012).

A perspectiva valoriza o paradigma dinâmico da climatologia, e reitera que os processos espaço-temporais do clima podem manifestar-se em horas e durarem até 10 dias. Para isso, é considerado o ciclo sinótico e a **movimentação atmosférica** na produção tempo e dos tipos de tempo, e abrangendo variações combinadas desde as escalas diárias a milenares, e que se relacionam modos de variabilidades e a Circulação Geral da Atmosfera.

A partir dessa leitura, a dinâmica dos eventos extremos é associada também à variabilidade e regime das precipitações. Neste caso, segundo sua escala de atuação, dimensão e domínio dos **sistemas atmosféricos** (macroescala sinótica – zonas de convergência, células da circulação geral da atmosfera, anticiclones, correntes de jato) e **sistemas meteorológicos** (mesoescala sinótica – massas de ar, frentes, ciclones, instabilidades, sistemas convectivos, etc), estes eventos são resultado de uma série de processos e movimentos que ocorrem em escala local, regional e remota (Cavalcanti *et al.*, 2016).

Nesta abordagem, os eventos extremos participam de ciclos sinóticos que constituem o ritmo climático do lugar (Monteiro, 1971, 2001), ou seja, eles evidenciam as sequências entre os momentos de estabilidades (tipos de tempos associados à alta pressão) e das instabilidades (tipos de tempo associados à baixa pressão) que, no escopo da dinâmica climática local e regional, tendem a se repetir sempre ou de tempos em tempos.

Esse debate, no entanto, não é novo, ele já tem sido historicamente apresentado no Brasil por Monteiro (1971, 2001), que, interessado no estudo da dinâmica climática, pautou a gênese dos tipos de tempo a partir de sua sucessão habitual sob o conceito de ritmo. Para o autor, os tipos de tempo (habituais e extremos) são resultado da dinâmica das massas de ar (que definem os tipos de

tempo estáveis) e das frentes (definidoras das instabilidades atmosféricas). São os esses sistemas os principais mecanismos produção do tempo e dos tipos de tempo extremos, e, portanto, das excepcionalidades (Monteiro, 1971, 2001).

Na prática, se os movimentos desses sistemas perdurarem por mais de 10 dias (limite da escala sinótica), eles já se qualificam como uma excepcionalidade, isto é, um evento fora do habitual, mas que faz parte da dinâmica local e regional. Sem dúvida, um tipo de tempo que perdura mais do que o limite do ciclo sinótico já impactou sobremaneira os valores numéricos observados, e pode ser mais significativo se for caracterizado por instabilidades.

Para o autor, são os eventos na escala do ritmo (eventos extremos de tempo) que desencadeiam os efeitos mais impactantes em termos de danos. Por exemplo, as enchentes e inundações geradas por enxurradas e chuvas extremas sempre estão associadas às instabilidades atmosféricas mais importantes, como também os vendavais, tornados e furacões.

Neste aspecto, o fundamento do argumento de Monteiro (1969) é que a Frente Polar Atlântica seria o principal sistema responsável por acumulados significativos de chuva no território brasileiro, e que origina outros eventos extremos associados. Essa afirmação foi observada por Armond e Sant'Anna Neto (2017), pois identificaram que aproximadamente 65% dessas chuvas foram causadas pela Frente Polar Atlântica (FPA); considerando sistemas associados, esse número sobe para 85%.

Marcelino e Monteiro (1999) estudaram a atuação de tais sistemas no mês de fevereiro de 1998 em Florianópolis, afirmando que, no período, seis sistemas frontais atuaram no município, levando o total mensal a 217,76 mm. Os autores reiteram a influência do relevo na área que acentua os volumes de chuva por efeito da orografia.

Um fator que influencia nessa dinâmica climática do planeta e provoca eventos extremos são os chamados trens de Rossby, que são oscilações nas correntes de jatos em altos níveis. O padrão de ondas de Rossby foi estudado por Müller (2022), analisando a relação entre as anomalias de chuva no Brasil e a oscilação antártica, observando também o fenômeno El Niño Oscilação Sul (ENOS). O estudo demonstra a tendência de redução da chuva no centro-sul do Brasil em função da atuação de bloqueios atmosféricos na fase positiva da oscilação antártica

e aumento da chuva em função da presença de ciclones extratropicais na fase negativa.

O trabalho de Duarte (2017) aponta a relação entre os trens de ondas de Rossby e os padrões atmosféricos observados no sul do Brasil durante extremos de chuva em Santa Catarina, sendo que em anos de ENOS na fase positiva há um fortalecimento dos jatos em baixos níveis (JBN), oriundo da Amazônia, que transporta umidade para o estado, influenciando na formação de complexos convectivos de mesoescala (CCM) na primavera.

A autora ressalta que esse padrão é influenciado pela atuação de um anticiclone sobre o Brasil Central. Já durante a primavera associada ao ENOS em fase negativa, os eventos extremos tendem a ocorrer quando há a presença de um anticiclone no Atlântico Sudoeste, combinado a uma área de baixa pressão no sul do Brasil e ao transporte de umidade proveniente da Amazônia.

Nestes casos, a permanência e duração desses sistemas, quando em fases excepcionais, podem responder a mecanismos que estruturam a sazonalidade e variabilidade interanual, e em grande parte não estão associados aos fatores locais e regionais do clima. Neste caso, a intensidade desses eventos é influenciada por modos de variabilidade, que podem definir ou não a permanência de determinados fluxos atmosféricos e oceânicos que induzem a estruturação dos sistemas atmosféricos e meteorológicos, e resultam em valores extremos.

Entre os padrões e modos de variabilidades mais importantes no planeta que promovem alterações dos regimes e das variabilidades, e dos eventos extremos, estão o ENOS e a Oscilação Decadal do Pacífico (ODP) (Mendonça e Danni-Oliveira, 2007; Goudard, 2023). O ENOS representa o principal modulador da variabilidade interanual, enquanto a ODP tem importantes efeitos que se manifestam com baixa frequência nas escalas decadal e multidecadal (Coelho, 2001; Nery, 2005; Cavalcanti e Ambrizzi, 2009; Grimm, 2009b; Kayano e Andreoli, 2009).

O fenômeno ENOS é uma oscilação acoplada ao sistema oceano-atmosfera, com uma fase quente chamada El Niño e uma fria chamada La Niña; apresentam-se com repercussões em muitos lugares do planeta, alterando principalmente os regimes térmicos e pluviométricos na escala interanual e intersazonal (Grimm, 2004; Grimm, 2009b; CPTEC, 2024). Para classificação da fase quente é considerado o valor ENOS maior ou igual a 0,5, enquanto a fase fria será o valor ENOS menor ou igual a -0,5. Entre esses dois valores é considerado fase de neutralidade (NOAA,

2024; Grimm, 2009b). A Figura 5 apresenta as intensidades observadas dentro da série temporal de análise do presente trabalho.

O fenômeno da ODP apresenta, em cada uma de suas fases — positiva e negativa —, uma duração de 20 a 30 anos nos registros históricos, respectivamente (Hare e Mantua, 2000). Entretanto, a partir da década de 1990, tem mostrado oscilações mais curtas, com ciclos entre 10 e 15 anos. Conforme Mantua *et al* (1997), a fase positiva apresenta uma intensa área de baixa pressão próxima ao Alasca, temperatura oceânica abaixo da média no Pacífico Norte e acima da média na costa tropical das Américas, enquanto a fase fria apresenta um padrão contrário. Os mesmos autores apontam que ocorreram fases positivas entre 1925 e 1946, e entre 1977 e 1998; fases frias ocorreram entre 1890 e 1924, e entre 1947 e 1975, e desde 1999 vêm prevalecendo, como se demonstra na figura 3, de 1960 a 2024.

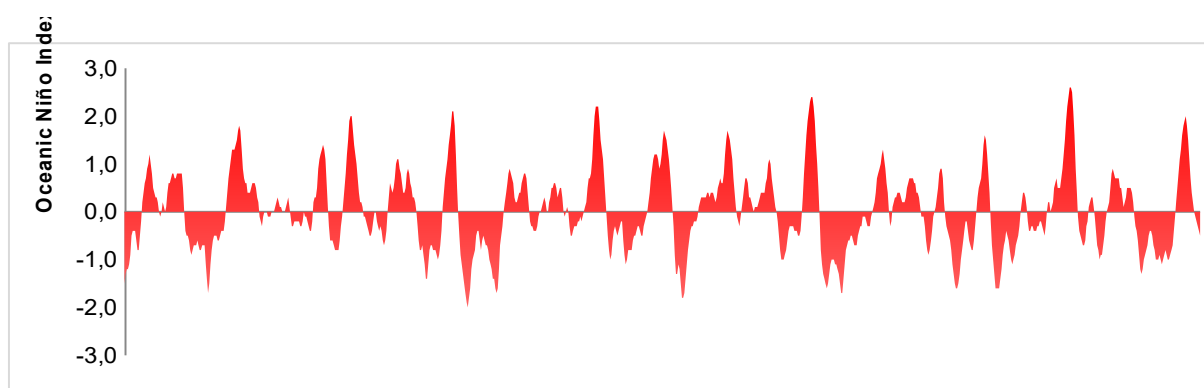


Figura 3: Variação dos índices do ENOS de 1950 a 2024

Fonte: NOAA (2024). Elab. Autor

A ODP mostra relações diretas com o ENOS influenciando sua intensidade e frequência. Por exemplo, na fase fria da ODP, os eventos têm frequências equivalentes, enquanto na fase quente da ODP, o El Niño possui mais intensidade e maior frequência (Kayano e Andreoli, 2009, p. 379).

Associada ao ENOS, a Oscilação Antártica, segundo Gong e Wang (1998), é caracterizada pela diferença de pressão entre as médias e altas latitudes do Hemisfério Sul. Essa variabilidade influencia o regime térmico e pluviométrico do sul e sudeste da América do Sul: a fase positiva está ligada ao fortalecimento dos anticiclones migratórios, enquanto a fase negativa favorece a frontogênese, resultando em maior ocorrência de chuvas e ciclones extratropicais (Silvestri e Vera, 2003). Com dinâmica semelhante, há no hemisfério norte a oscilação do atlântico

norte e a oscilação do pacífico norte, que são observadas desde os estudos de Walker nas décadas de 1920 e 1930 (Müller, 2022).

É destacada também a influência dos trens de ondas planetárias, também chamadas ondas de Rossby, que apresentam um sinal de teleconexão no verão do hemisfério norte, entre chuva acima da média no leste chinês e também nas planícies centrais da América do Norte, enquanto na costa oeste desta a chuva diminui em relação à média (Lau e Weng, 2002).

Em grande parte, a severidade dos tipos de tempo e da sazonalidade, em diferentes lugares, apresentam correspondência física e similaridade estatística com os ciclos, períodos e prazos mais ou menos constantes da recorrência dos padrões de teleconexões climáticas (Cavalcanti e Ambrizzi, 2009; Kayano e Andreolli, 2009; Grimm, 2009).

No contexto brasileiro, Goudard (2023) analisou os efeitos da interação entre a temperatura dos oceanos e a atmosfera sobre os regimes de precipitação na Região Sul do país, com ênfase na variabilidade do fenômeno climático na escala regional. A autora destaca a relevância das teleconexões climáticas, especialmente aquelas relacionadas ao ENOS e a outros índices oceânicos análogos, como elementos-chave na modulação da pluviosidade no clima subtropical brasileiro.

O estudo de Goudard (2023) evidenciou que as oscilações térmicas no Oceano Pacífico exercem influência significativa sobre a distribuição e intensidade das chuvas, tanto na escala sazonal quanto interanual. Além disso, observou que esses fenômenos estão associados à intensificação da variabilidade climática, o que contribui para a ocorrência mais frequente de extremos hidrometeorológicos, como estiagens prolongadas ou chuvas excessivas concentradas em curtos períodos.

Carpenedo, Ambrizzi e Aímola (2013) investigaram a relação entre a oscilação do gelo marinho na Antártica e os padrões de precipitação na América do Sul, evidenciando como processos remotos de escala global podem interferir diretamente nas dinâmicas regionais do clima. O estudo mostra que a retração do gelo antártico está associada a um aumento da precipitação no sul do Brasil, sugerindo uma conexão importante entre o enfraquecimento da cobertura de gelo no Hemisfério Sul e a dinâmica das circulações atmosféricas que influenciam o continente sul-americano.

Tal relação se estabelece, em parte, pela intensificação dos sistemas frontais e das perturbações na corrente de jato de altos níveis, que se tornam mais

frequentes ou persistentes em resposta à alteração do gradiente térmica entre o polo e as latitudes médias. Essa evidência reforça a importância de considerar as teleconexões climáticas como elementos estruturantes da variabilidade e dos extremos de precipitação, e aponta para a necessidade de incorporar essas influências remotas na análise dos regimes e ritmos climáticos em regiões como Santa Catarina, onde os efeitos podem se manifestar sob a forma de chuvas intensas e eventos extremos com crescente frequência (Carpenedo, Ambrizzi e Aímla, 2013).

Carpenedo, Bonfim e Limberger (2024) investigaram os eventos extremos de precipitação na cidade de Curitiba (PR), com foco na influência das oscilações de temperatura dos oceanos sobre a variabilidade climática regional. Para isso, as autoras consideraram a interação entre diferentes fenômenos de escala global, como o resfriamento das águas do Oceano Pacífico Equatorial (relacionado à fase fria do ENOS), o dipolo subtropical do Atlântico Sul e o dipolo do Oceano Índico. Os resultados apontaram uma tendência de aumento na frequência dos eventos extremos de chuva em Curitiba, revelando que tais oscilações oceânicas contribuem para a intensificação das condições meteorológicas associadas a chuvas intensas e concentradas. O estudo reforça a importância de compreender os efeitos das teleconexões climáticas — especialmente aquelas associadas às anomalias térmicas dos oceanos — sobre a gênese e recorrência de eventos extremos no Brasil subtropical.

Como observado, a abordagem dinâmica dos eventos extremos, somada ao caráter estatístico, é a forma mais avançada e sofisticada de apropriação do clima. Por meio dela, foi possível não somente estabelecer os sistemas atmosféricos que produzem os eventos extremos, mas, sobretudo, estabelecer um monitoramento meteorológico importante (possível pela visão global do planeta), e, com isso, interpretar os fluxos atmosféricos mais perigosos e antecipar ações por meio da previsão.

Além disso, essa concepção permitiu entender que variações periódicas dos eventos extremos, com padrões em diferentes frequências e magnitudes, não estão isoladas, mas evidenciam a conexão dos diferentes lugares do planeta pela Circulação Geral da Atmosfera. Além disso, as alterações oriundas das transformações históricas das paisagens e forçantes antropogênicas também se

somam à explicação **multicausal** da gênese dos eventos (Cavalcanti *et al.*, 2016; Marchezini, 2023).

Por esse aspecto, atualmente, sobretudo a partir dos estudos sobre mudanças climáticas e desastres naturais, a reflexão sobre gênese dos eventos extremos tem sido associada também à noção de **multi-extremos**. O conceito se refere à ocorrência simultânea ou em sequência de múltiplos eventos extremos sobre um determinado lugar, e que resultam em impactos amplificados sobre ecossistemas, infraestrutura e populações vulneráveis (Zscheischler *et al.*, 2018).

Diferente de eventos isolados, os multi-extremos exigem abordagens mais complexas de gestão de riscos, pois suas interações podem gerar efeitos não lineares e agravar as consequências socioeconômicas e ambientais. O cenário ainda desafia os modelos tradicionais de previsão e resposta a desastres, tornando necessário o desenvolvimento de novas metodologias de análise, bem como as estratégias de adaptação (Coumou e Rahmstorf, 2012).

A título de exemplificação de um cenário de multi-extremos pode ser observado no Brasil durante períodos de forte atuação do ENOS, quando diferentes eventos extremos ocorrem simultaneamente ou em sequência um do outro. Inicialmente, os impactos relacionados ao ENOS, tendo em vista essa alteração, se relacionam tanto à significativa variação dos rendimentos e produção no espaço agrícola, eventos extremos no espaço urbano, bem como o abastecimento de água, a geração de energia, biodiversidade e saúde. O fenômeno também desencadeia fortalecimento ou enfraquecimento intersazonal e intrasazonal, que impacta em níveis diários (contemplados sob a escala sinótica) (Marengo, 2009). Uma parte desta influência no regime de chuva e temperatura ao redor do globo pode ser visualizada na Figura 4.

Isso acontece porque o ENOS movimenta e influencia a circulação geral da atmosfera e, portanto, as gêneses dos tipos de tempo e as configurações dos sistemas sinóticos associados (ciclones extratropicais, frentes e das massas de ar, células convectivas e zonas de convecção e umidade, bloqueios atmosféricos), sejam intensificados ou amenizados nas diferentes configurações do ENOS, suas intensidades e magnitudes, de acordo com o intervalo temporal de sua atuação (Grimm, 2009b; Cavalcanti e Ambrizzi, 2009).

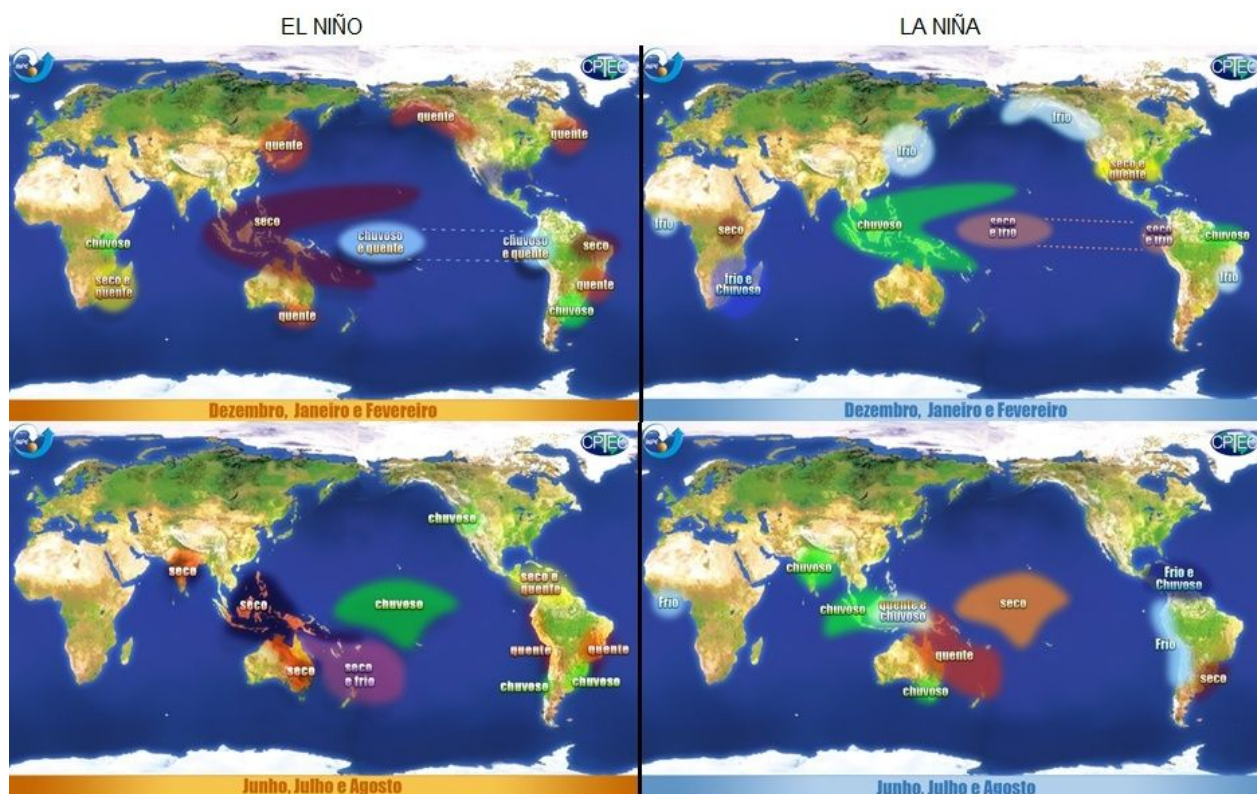


Figura 4: Efeitos globais do El Niño Oscilação Sul
Fonte: Elaborado pelo autor a partir do CPTEC/INPE

Observa-se que na América do Sul essas alterações dependem de sua fase e da sazonalidade; promove o aumento (diminuição) dos totais de chuva no sul, sudeste e noroeste do continente, e diminuição (aumento) no Nordeste (CPTEC, 2024). Ao passo que, bloqueios atmosféricos intensificados favorecem ondas de calor nas regiões Sudeste e Centro-Oeste do Brasil, elevando as temperaturas a níveis recordes por várias semanas.

O mesmo processo agrava a seca e as estiagens, reduzindo drasticamente a umidade do solo e comprometendo o abastecimento de água e a produção agrícola, e ampliando a probabilidade de incêndios florestais em diferentes proporções. Em consequência, as partículas de poluentes na atmosfera reduzem a qualidade do ar na cidade e no campo, impactando a saúde pública.

No Sul do país, o mesmo fenômeno intensifica chuvas extremas, devido aos bloqueios de frentes frias que entram em estágio estacionário, e promovem inundações e deslizamentos de terra nas áreas reconhecidamente como críticas e perigosas (planície costeira e áreas de serra).

O caso da influência orográfica nos eventos extremos de chuva também está presente no contexto da Grande Florianópolis, no litoral catarinense, conforme

afirmam Rodrigues, Ynoue e Alves (2011) nos casos de eventos onde o acumulado ultrapassou 200 mm em três dias consecutivos dentro da série de 1979 a 2010. Os autores também demonstram que há nos casos de extremos em Florianópolis a presença de um Vórtice Ciclônico de Alto Nível (VCAN), que potencializa a intensidade e a quantidade da chuva.

O estudo dos extremos na abordagem dinâmica assume, portanto, o ritmo como paradigma principal. Tais excepcionalidades mostram que as condições sinóticas que definem o tempo e o clima são altamente variáveis, e considera o sistema climático como interação entre a atmosfera, a superfície terrestre e os mares e oceanos. Assim, a relação entre o ritmo climático e extremos relacionados abrange, também, a questão que trata da percepção ambiental, conforme aponta Nunes (2016) ao abordar os estudos e fundamentos de Monteiro (1971, 2001), relacionando com conceitos de habitual, extremo e incerteza sobre o tempo e o clima em determinado espaço.

Ao conhecer a probabilidade de um valor extremo e dos sistemas atmosféricos que o produzem é possível desenvolver ações e tomar decisões. Por exemplo, diante de um valor que pode ser associado à enchente ou inundação no escopo da dinâmica de uma cidade costeira, é fundamental indicar as construções e infraestruturas específicas de suporte ou proteção, ou, até mesmo, tomar medidas de restrição construtiva, tendo em vista a recorrência cíclica do fenômeno. Nesta perspectiva, o evento extremo obtém qualidade, passando a ser mais bem debatido enquanto ameaça, como componente do risco.

1.4 Eventos extremos na síntese

Por essa natureza, os eventos e episódios extremos não somente são parte da dinâmica do clima, mas também está para um conjunto de processos organizados e associados às repercussões (desastres). São essas as condições que servem para criar os processos de apropriação do clima pelos agentes sociais (Sant'Anna Neto, 2011) e faz com que a (re)produção do espaço seja desenvolvida (Nascimento Júnior, 2018).

As abordagens, neste sentido, podem, em linhas gerais, ser diferenciadas, e apontar para o uso de técnicas e modelos de análise tão diversas, que, em grande

parte, hoje, orientam para determinação de valores, identificação de sistemas atmosféricos e relação com os riscos (Veyret, 2007). Em todas essas possibilidades, elas identificam os **níveis de apropriação do clima pelos agentes sociais**.

Assim, o estudo geográfico dos eventos extremos tem sido um problema clássico e caro não somente para climatologia geográfica, mas para a geografia como um todo, uma vez que na ordem espacial de nossas sociedades, os eventos extremos são um mecanismo de produção de espaço geográfico (Armond e Zangalli Júnior, 2021).

Para geógrafos(as) tal concepção reitera a importância do clima em questões ligadas ao planejamento urbano e às questões agrárias, ao desenvolvimento e outras atividades culturais e socioeconômicas associadas ao clima, como o turismo, agricultura e indústria.

Conforme fundamenta Sorre (1951), o caráter geográfico do clima se reproduz na sucessão habitual de tipos de tempo atmosférico que atuam num dado espaço, levando seus atores a planejarem e desenvolverem suas atividades. Os eventos extremos, assim, fazem parte da sucessão habitual do clima como uma excepcionalidade (Monteiro, 1991), e precisam estar incorporados e apropriados pelo e no cotidiano social (Sant'anna Neto, 2008).

Segundo, determinar os valores desses eventos e os sistemas atmosféricos aos quais estão associados é, portanto, a parte inicial de uma análise orientada para entender seus padrões de estruturação, organização e manifestação, uma vez que, sua qualificação é relativa às formas de como o clima foi apropriado para cada sistema produtivo e sua especificidade (Armond e Zangalli Júnior, 2021).

Terceiro, de acordo com Armond e Sant'anna Neto (2017), os eventos extremos são uma relação entre clima e espaço, uma vez que, como o evento é concreto (existe materialmente), ele expõe o caráter revelador das desigualdades e dos níveis de precariedade, desproteção e segregação, sem necessariamente apresentar um número muito relevante. Valores habituais, por exemplo, podem gerar consequências calamitosas e mostram como parte da população vive em uma emergência permanente (Wisner *et al.*, 1998).

Em síntese, **os eventos extremos são naturais e, atualmente, dentro de um contexto de crise permanente na sociedade contemporânea, se manifestam como ameaças**. A contradição está no fato de serem apropriados (socialmente construídos): embora considerados excepcionais (físicos,

probabilísticos), suas consequências se intensificam em função de desigualdades preexistentes e vulnerabilidades latentes, onde a riqueza e o poder definem seus níveis e contornos. Eventos extremos também fazem parte da **normalidade da crise**, revelando como o funcionamento econômico e político não apenas os constrói e produz, mas também os **potencializa e os concretiza a condição de contingência e emergência permanente**.

Em todos esses casos, o mais relevante tem sido observar a ordem espacial que eles sugerem, já que, na prática, seu conhecimento não servirá apenas para reprodução e identificação de padrões no escopo da análise climática, mas também para planejar ações, tanto presente quanto futuro, que estejam associadas às lógicas e dimensões sociais, políticas e econômicas, internas ou externas aos lugares. E esses processos não são naturais.

2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A pesquisa se propõe em analisar a gênese dos eventos extremos de chuva em Florianópolis no período de 2002 a 2023, e foi dividida em quatro frentes de análise, conforme a Figura 1.

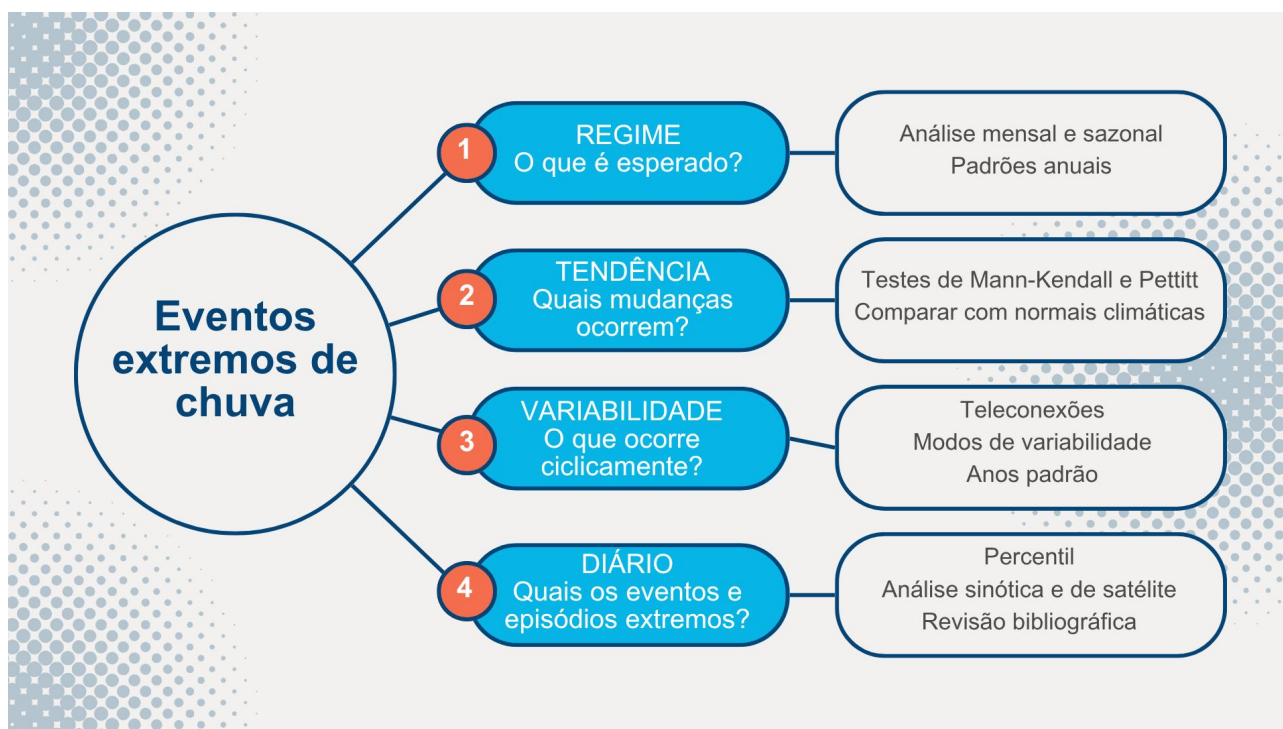


Figura 5: Esboço teórico--metodológico para esta dissertação

Fonte: Elab. Autor

Diante da contribuição da literatura, a avaliação do regime pluviométrico é essencial para identificar os valores habituais, comumente concebidos como esperados, sejam estes na forma de totais acumulados e médias mensais. Esse diagnóstico inicial permitiu compreender a distribuição anual e sazonal das chuvas em Florianópolis, bem como parte da estrutura pluviométrica obtida por medidas de estatística.

A avaliação da variabilidade pluviométrica, por outro lado, buscou observar frequências, periodicidades e ciclicidades dos valores extremos de chuva. Essa análise foi essencial para identificar padrões de precipitação anual que diferem do regime (habitual) e se qualificam em períodos de redução ou incremento pluviométrico no conjunto da série histórica.

Além dessa possibilidade, a avaliação da variabilidade ajudou a identificar as alterações e tendências pluviométricas nas séries históricas. Essa análise foi

desenvolvida de duas maneiras, pela comparação entre as normais climatológicas e pela aplicação de testes estatísticos.

A avaliação dos eventos e episódios extremos de chuva se concentrou na identificação de precipitações intensas ou de tempo severo ocorridos em intervalos de 24 horas, classificadas a partir do percentil 99%. Esse limite permitiu estabelecer um critério bastante rigoroso e suficiente para diferenciar eventos mais recorrentes dos excepcionais, garantindo que eventos extremos sejam aqueles considerados como raros, mas potencialmente significativos e concretos de acontecerem.

Esses eventos foram submetidos à análise dos padrões sinóticos, com identificação dos sistemas atmosféricos e meteorológicos responsáveis por sua ocorrência, permitindo uma compreensão mais aprofundada dos mecanismos que os desencadeiam, em acordo com a abordagem dinâmica e genética dos tipos de tempo.

2.1 Fonte dos dados e série histórica

Os dados utilizados na pesquisa referem-se à da estação do Instituto Nacional de Meteorologia (Inmet) de Florianópolis, que se situa no município vizinho de São José, localizada na latitude 27,60° Sul e longitude 48,62° Oeste, e em uma altitude de 8 metros (figura 6).

A escolha da estação pluviométrica foi definida com o objetivo de garantir a confiabilidade dos resultados, considerando a qualidade e consistência dos dados, com rigor de ausência de erros sistemáticos e falhas significativas nos registros. Essa definição não só reduziu a escolha das estações em todo município, mas também a redução da série histórica que contemplou o período de 2002 a 2023.

A título de destaque, a análise com as nove estações pluviométricas disponibilizadas no município apresentou falhas muito expressivas, que, em alguns anos, chegavam a 90% de falhas. Com esse processo, a seleção e a redução do intervalo observado diminuíram as incertezas e assegurou que os resultados refletissem padrões mais próximos do que se tem observado atualmente, sem interferências causadas por falhas operacionais ou descontinuidade na medição.

A ferramenta para tratamento e representação de dados para estudo foram os softwares Microsoft Excel®, XLStat® e o Sistema de Informação Geográfica QGis®, utilizada na pesquisa.

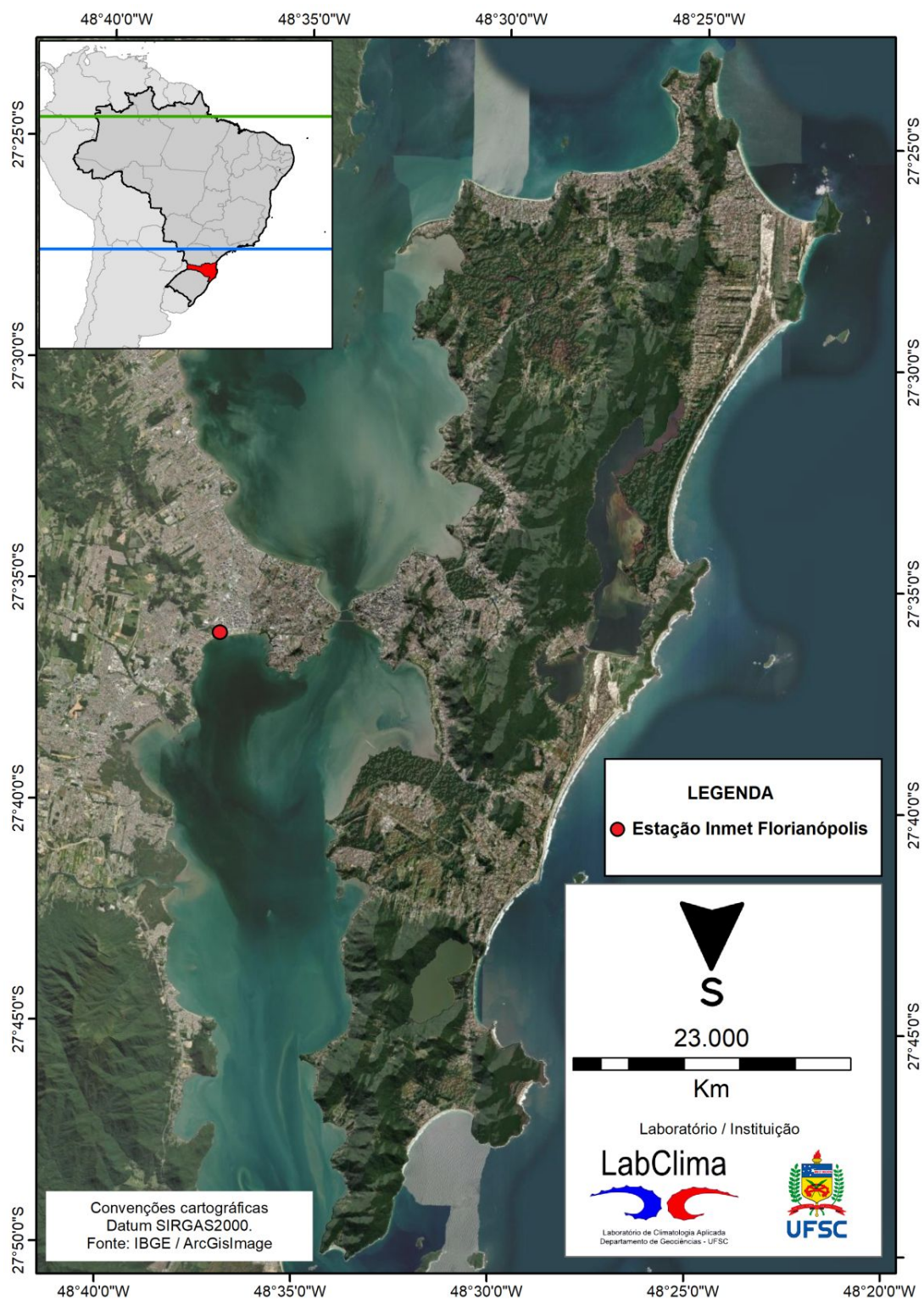


Figura 6: Situação geográfica do município de Florianópolis e a localização da estação meteorológica utilizada na pesquisa

Fonte: Elab. Autor

2.2 Técnicas para análise do regime

Para análise do regime pluviométrico, os dados diários foram agrupados em valores totais mensais e anuais, e submetidos às medidas descritivas – valores médios, mediana, máximos, mínimos, 1º e 3º quartil, *outliers*, desvio padrão e coeficiente de variação, representadas por gráfico tipo *Boxplot*.

Os valores mensais também foram representados em valores percentuais, assumindo a observação da participação de cada mês no total pluviométrico anual. Essa técnica auxilia na identificação de modos dos regimes anuais e sazonais da série histórica, conforme descrito por Zavattini e Boin (2013).

Os padrões sazonais do regime, por sua vez, foram obtidos também pela Técnica de Agrupamento, modelo hierárquico-aglomerativo de Ward, e a distância euclidiana foi adotada como medida de dissimilaridade. Segundo Hair *et al.* (2005), o modelo de Ward é usado para agrupar dados dentro de uma divisão estabelecida segundo uma dada variável. O interesse foi identificar variações mensais importantes que pudesse diferenciar sinais da sazonalidade das chuvas em períodos mais ou menos homogêneos.

A determinação do número ideal de agrupamentos foi desenvolvida de forma automática, levando em consideração a significância obtida por meio de índices de validação de Silhouette index (Rousseeuw, 1987), Hartigan index (H), $H(k-1) - H(k)$ (Hartigan, 1975) e Calinski & Harabasz index.

2.3 Técnicas para análise da variabilidade

A ênfase na análise da variabilidade buscou identificar os meses e anos padrão (habituais e extremos), além da observação das frequências com que tais eventos ocorrem. Nesta análise, os totais mensais e anuais submetidos foram representados pela técnica de padronização (índice padronizado), obtida pela fórmula:

$$Z(i) = (P(i) - P_m)/D_p$$

Em que: $Z(i)$ é variável relacionada à componente principal normalizada; $P(i)$ valor médio da variável normalizada; P_m é o valor médio da variável; D_p é o Desvio

Padrão da variável. No Microsoft Excel®, o cálculo foi realizado pela fórmula padronizar.

Tal índice de precipitação padronizada (SPI) é uma técnica desenvolvida por McKee, Doesken e Kleist, que possibilita situar períodos chuvosos e secos ciclicamente (Svoboda, Hayes e Wood, 2012), e foi aplicado com o propósito de situar as fases úmidas (chuvosas) e secas (menos chuvosas) em Florianópolis.

Com o propósito de relacionar às teleconexões ou influência do ENOS, o gráfico de padronização da chuva foi construído junto ao da variabilidade do fenômeno citado para situar os extremos periódicos mensais dentro das fases de El Niño e La Niña.

Além do SPI, utilizou-se também a técnica do período de retorno, com base no método empírico de Weibull, amplamente utilizado em estudos de climatologia e hidrologia. A técnica consiste em ordenar os valores máximos anuais de precipitação em ordem decrescente e identificar a ordem das probabilidades dos valores, estimando a frequência com que eventos de diferentes magnitudes tendem a ocorrer em termos de raridade e da recorrência. O modelo consiste na seguinte representação:

$$T = \frac{n+1}{m} T_m$$

Em que T representa o período de retorno (em anos), n o número total de anos da série histórica, e m a posição do valor na ordem classificada. A aplicação da técnica foi realizada sobre a série anual de máximas mensais de precipitação do período de 2002 a 2023, e seus resultados foram representados graficamente, associando os valores de precipitação aos respectivos tempos de retorno.

A variabilidade também foi analisada a partir da técnica de classificação dos anos-padrão. O propósito foi conhecer a dinâmica atmosférica responsável pela variabilidade interanual da chuva, que geram acumulados tanto acima quanto abaixo da média mensal e sazonal, e identificar sinais cíclicos e periódicos. Essa classificação foi obtida pelo nível de consenso entre diferentes modelos e limites (Tabela 1), conforme apresentados por Silvestre *et al* (2014).

No primeiro caso (desvio padrão), foi extraído do total anual de cada posto pluviométrico a sua média e seu desvio-padrão, e com esses dados foram estabelecidas classes de precipitação anual, utilizando as fórmulas apresentadas no

Quadro 1, em que P se referem aos valores observados, p a média de precipitação durante o período de estudo (2002 a 2023) e σ é valor do desvio padrão dos valores na série histórica.

Técnica / Classe	Seco	Tendente a seco	Tendente a Chuvoso	Chuvoso
Desvio padrão	$P > p + \sigma$	$P > p + \sigma/2$	$P < p + \sigma/2$	$P < p + \sigma$
Quartil	$Y_i \leq Q(0,20)$	$Q(0,20) \leq Y_i < Q(0,40)$	$Q(0,20) \leq Y_i < Q(0,40)$	$Y_i \leq Q(0,80)$
Quantil	$Y_i \leq Q(0,15)$	$Q(0,20) \leq Y_i < Q(0,35)$	$Q(0,20) \leq Y_i < Q(0,65)$	$Y_i \leq Q(0,85)$
Sturges	$\leq 1485,8$ mm	1834,6 mm	2183,5	$\geq 2532,2$
Boxplot	$Y_i \leq Q(0,05)$	$Q(0,20) \leq Y_i < Q(0,25)$	$Q(0,20) \leq Y_i < Q(0,75)$	$Y_i \leq Q(0,95)$
Cor atribuída				

Quadro 1: Critérios estatísticos para definição de anos-padrão

Fonte: Elab. Autor

No que se refere à definição de anos-padrão pela técnica de Quartis, Quantis e Boxplot, os totais anuais foram submetidos ao seguinte modelo:

$$\text{Prob}[Y_i \leq Q(p)] = p$$

Em que $Q(p)$ é uma ordem quântica (probabilidade); Y_i é a função de distribuição da variável aleatória “p” em causa de um quantil $Q(p)$ dessa variável. A técnica consiste em atribuir o valor 0 ao ano com a menor precipitação e o valor $p=1$ (número de anos da série) para o ano com a maior precipitação sazonal. Em seguida, esses valores são normalizados por p , obtendo-se, dessa forma, uma série com valores entre 0 e 1 (Meisner, 1976). Assim, um quantil na cauda superior (máximos) será aquele com valores próximos a $p=1$, enquanto que os quantis na cauda inferior (valores mínimos) apresentarão valores próximos de $p \geq 0$ ou $p=0$.

Os limites indicados na técnica do Boxplot e Quartil foi executada de forma automatizada, utilizando os softwares Microsoft Excel® e XLStat®.

A classificação dos anos-padrão utilizando a técnica de Sturges foi desenvolvida assumindo que k é o número de classes e N é o número de anos analisado. Para definição dos intervalos, é analisado a partir da amplitude entre o maior valor observado e o menor, seguindo a fórmula At/k , onde At é a amplitude

entre o maior e o menor valor dos elementos, e k é o número de classes a ser analisado a partir do uso da fórmula de Sturges. Para o trabalho aqui proposto, o número de classes a ser analisada é 5, dentro de um conjunto de 22 anos.

As classificações foram aplicadas separadamente e para a visualização gráfica colorida foi utilizada a ferramenta de formatação condicional, que editou a série de dados de acordo com o resultado obtido segundo cada modelo. Os resultados foram submetidos à análise de consenso, que estabeleceu como ano-padrão final pela maioria das respostas obtidas.

2.4 Técnicas para análise das tendências e alterações

Para análise das tendências e alterações, as séries históricas mensais e anuais foram submetidas aos testes de Pettitt e Mann-Kendall, e uma análise comparada utilizando as normais climatológicas.

O Teste de Pettitt é um teste não paramétrico, ou seja, não requer uma hipótese sobre a distribuição dos dados e, por isso, tem a possibilidade de identificar se as séries históricas são homogêneas, indicando pelo menos uma data de transição dos valores. E o Teste de Mann-Kendall é normalmente utilizado paralelo ou conjuntamente com um teste não paramétrico para determinar se uma tendência na série de dados é estatisticamente significativa – aumento (positiva) ou diminuição (negativa) (Pettitt, 1979; Back, 2001; Debortoliet *al*, 2012).

O teste de Mann-Kendall também foi associado o parâmetro de Sen's Slope, que mede a magnitude dessa tendência; foi calculado utilizando a planilha Make Sens 1.0®. Os parâmetros utilizados para os testes aplicados foram: hipótese alternativa $\alpha \neq 0$ e nível de significância de $\alpha=0,05$.

A análise comparada da série histórica teve como finalidade avaliar mudanças no regime de precipitação em Florianópolis e, com isso, qualificar e consistir os resultados obtidos pelos testes de Pettitt e Mann-Kendall. Para isso, foram extraídas as diferenças absolutas e relativas das três normais climatológicas atualmente disponíveis pelo Inmet para o município, sendo 1931 a 1960, 1961 a 1990, e 1991 a 2020.

Para identificar os eventos extremos na escala do ritmo, os dados diários foram submetidos à separatriz obtida pela Técnica do Percentil, adotando o limiar

0,99. A consistência de tais eventos se dá pelas contribuições oriundas do levantamento bibliográfico e pelas ocorrências registradas em artigos e materiais de imprensa local.

Depois de classificados e identificados os dias com os valores extremos, os eventos foram submetidos à interpretação dos padrões sinóticos. Neste caso, foram utilizadas imagens oriundas do satélite Goes-16, disponíveis na plataforma do CPTEC/INPE, além da banda espectral realçada do Goes 10, com exceção dos anos de 2004 e 2005, em que não há disponibilidade na página; e cartas sinóticas de superfície de níveis altos da atmosfera (250 hpa, respectivamente), obtidas no Centro de Hidrografia da Marinha (CHM) e do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CPTEC/INPE). Destaca-se que somente as cartas sinóticas de eventos observados nos anos de 2004 e 2005 não foram obtidas, e as de 2022 e 2023 foram utilizadas as cartas da Marinha do Brasil.

Esta análise foi subsidiada pelas contribuições Monteiro (1973), Dubreuil (2005), Reboita *et al.* (2012), Grimm (2009a; 2009b) e Cavalcanti *et al.* (2009), que abordaram a identificação de sistemas meteorológicos no Brasil e na América do Sul.

3. DINÂMICA E GÊNESE DOS EVENTOS EXTREMOS EM FLORIANÓPOLIS

Para Monteiro (2003), o tratamento do clima no estudo geográfico tem como um dos propósitos contribuir com o conhecimento da distribuição espaço-temporal dos fenômenos meteorológicos, e isso exige uma organização escalar. Neste aspecto, pode se considerar as contribuições de Sant'Anna Neto (2013), que explica que as manifestações do clima são compreendidas, enquanto processos climáticos, que em essência são espaço-temporais,

[...] dinâmicos, dotados de atributos altamente sensíveis aos ciclos, variações e alterações de todas as forças terrestres, atmosféricas e cósmicas que de alguma forma exercem, ou provocam qualquer tipo de interferência no sistema climático. Inclui-se também, as interferências de origem antrópica e socioespacial segundo suas dimensões espaciais e temporais (Sant'Anna Neto, 2013, p.75).

Ainda conforme Sant'anna Neto (2013), a duração, a velocidade e a extensão com que os processos climáticos se manifestam estão associadas tanto ao tempo longo quanto ao tempo curto. Em seus termos, o tempo longo é definido pela escala geológica de processos que duram milhares ou milhões de anos, e podem auxiliar na generalização dos climas do planeta (global).

O tempo curto relaciona-se diretamente ao tempo histórico, ou seja, aos processos climáticos específicos, associadas à presença do ser humano como agentes de transformação das paisagens e modificadores dos ambientes (regional e local), ou como grupo que percebe e sofre essas variações em seu cotidiano. Destaca-se que as escalas regionais permitem a compreensão das formas de organização dos processos climáticos, que podem ser verificadas de maneira especializada, e mais complexa, nas escalas locais (Sant'anna Neto, 2011).

Quando a análise está voltada ao tratamento dos eventos extremos, por exemplo, o que se observa é uma superposição ou uma interação articulada de escalas, que não só determinam sua manifestação local, mas também remota - como já apresentando no segundo capítulo desta dissertação. Diante dessa contribuição, podemos assumir que a interpretação da gênese dos eventos extremos pode ser desenvolvida em pelo menos três ordens.

3.1 O regime climático e a variação anual

Conforme as convenções da OMM (2017), a análise do clima que busca entender o **que se espera a partir da variação dos elementos climáticos dentro de um período de um ano civil** (janeiro a dezembro) compreende o conceito de regime climático. Tradicionalmente, é definido com base nos parâmetros médios registrados ao longo de um período de referência (geralmente calculado em intervalos de 30 anos).

O regime climático também pode ser definido a partir dos valores da normal climatológica ou representado a partir da variação anual dos elementos do clima, servindo para avaliar padrões cíclicos (sazonais ou intra-anuais), cumprindo papel essencial na caracterização e classificação dos tipos climáticos locais e regionais (Nóbrega, 2010).

O regime pluviométrico, em especial, resulta da interação entre as precipitações e os diversos fatores climáticos, influenciados pela latitude, altitude, relevo, morfologia do terreno, continentalidade, maritimidade, posição em relação aos sistemas atmosféricos, correntes oceânicas e pelos diferentes níveis da circulação atmosférica — geral, secundária e terciária (Mendonça e Danni-Oliveira, 2007; Grimm, 2009a).

Conforme observado por Monteiro (1971), destaca-se que o encadeamento sequencial dos regimes ao longo dos anos está diretamente relacionado à interação entre padrões climáticos que constituem a variabilidade. Por esse aspecto, os regimes podem variar de ano para ano, mesmo que mantenha as características gerais mais ou menos constantes.

Os regimes pluviométricos podem ser classificados como homogêneos, quando não há variações importantes durante o ano e a distribuição anual dos valores deve ser constante ou regular. Quando classificados como heterogêneos, os regimes anuais das chuvas mostram diferenciações importantes no ciclo das chuvas (Kousky, 1980; Kousky *et al.*, 2007; Grimm, 2009a).

As classificações de regimes pluviométricos mais utilizadas pela comunidade são as que auxiliam no encontro de picos sazonais ou mensais de precipitação ao longo do ano. Por exemplo, o regime unimodal ou modal, ocorre em áreas onde há uma estação chuvosa bem definida, como no mundo tropical atlântico, que apresenta pelo menos um mês de maior acumulado pluviométrico. Regimes modais

foram observados por Reboita *et al* (2010) quando associa as áreas influenciadas pela Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS).

Regimes bimodais apresentam pelo menos dois períodos chuvosos ao longo do ano e é característico de regiões equatoriais, como a Amazônia e o Nordeste do Brasil, devido à oscilação da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) (Nobre e Shukla, 1996), e também no mundo tropical continental brasileiro, que pode acontecer os picos um mês no início do ano, e outro no final (Reboita *et al.*, 2010; Grimm, 2009a).

Regimes trimodais são os menos comuns, e podem ocorrer em áreas onde há influência de múltiplos sistemas meteorológicos ao longo do ano (frentes, ZCAS, JBNs, etc), como nos setores norte e no sul da América do Sul, incluindo partes do Brasil (Grimm e Tedeschi, 2009; Grimm, 2009a).

Além desses tipos, há também regimes amodais ou uniformes, quando não há um padrão sazonal definido, sendo a precipitação distribuída de maneira bastante variável ao longo do ano, como pode ser observado em zonas semiáridas (Silva *et al*, 2011) ou expostas a um conjunto variado de sistemas atmosféricos e meteorológicos (Grimm, 2009a).

Pode-se citar também o regime monçônico, que se caracteriza por uma estação chuvosa intensa e uma estação seca bem definida, predominando na Índia e no Sudeste Asiático (Matsuyama, 1992). E o mediterrâneo, que possui chuvas concentradas no outono e inverno, enquanto o verão é seco, sendo típico do sul da Europa e da Califórnia (Marengo *et al.*, 2012).

Em síntese, o regime pluviométrico é o conceito que representa parcialmente a dinâmica das chuvas como resultado final de uma complexa interação de processos que ocorrem em diferentes escalas – global, regional, local e remota, sendo amplamente descrito em termos médios. Neste aspecto é importante destacar que ele tende a favorecer uma abstração excessiva *daquilo que se espera*, contrastando com os processos que ocorrem de fato (ritmo climático) e/ou com as manifestações de eventos que se repetem de tempos em tempos (variabilidade).

3.1.1 Aspectos do regime pluviométrico da Região Sul

Segundo Nimer (1971), por estar localizada em uma latitude média, ao sul do Trópico de Capricórnio, o movimento aparente do sol configura na Região Sul do Brasil (Figura 7), nos ritmos sazonais que se tornam menos nítidos nos setores norte, por isso, a região apresenta logo de início um gradiente latitudinal de insolação importante, que vai definir uma primeira organização dos climas locais e sub-regionais.

O resultado é a organização nos setores norte dos climas mais quentes e úmidos, passando por climas transicionais (úmidos e frescos) nos setores setentrionais, e chegando aos climas com estações mais definidas e marcadas dos setores localizados no sul, podendo definir o domínio de climas temperados como o mais abrangente da região. Nimer (1989) afirma que, em parte do sul brasileiro, há a presença de um clima próximo ao mediterrânico, com pico de chuvas no inverno e tendente a seco no verão, conferindo à região o caráter de transição entre o regime tropical e o temperado de médias e altas latitudes.

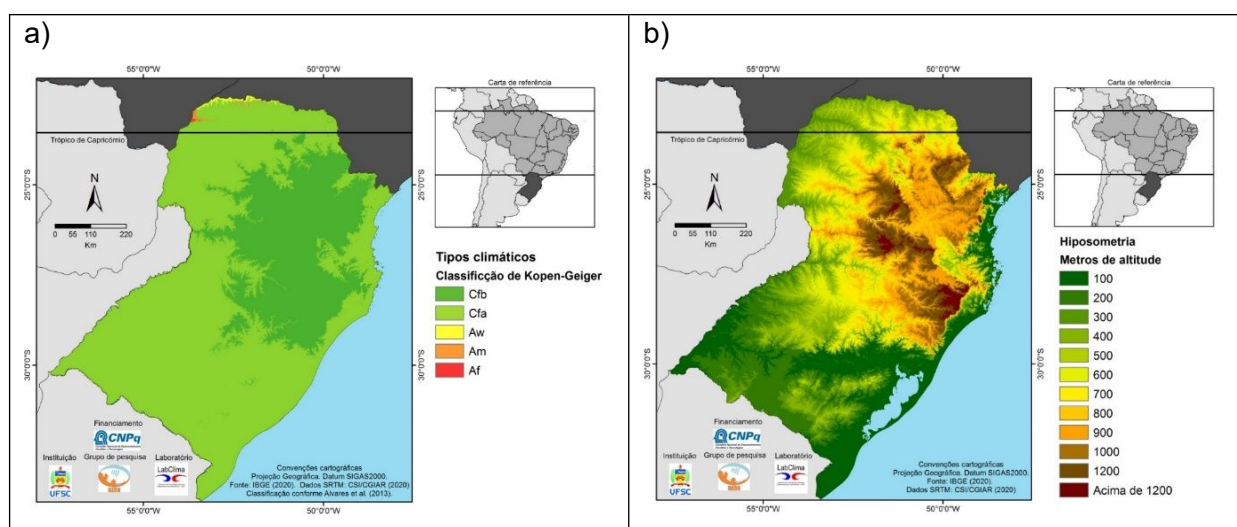


Figura 7: Mapas climático (a) e hipsométrico (b) da região Sul do Brasil

Fonte: Elab. Autor

Nesta condição, o verão, além de possuir dias mais longos do que os verificados no Brasil equatorial e tropical devido à inclinação dos raios solares, apresenta o mês de janeiro como o mais representativo da estação. O inverno é caracterizado como uma estação fria, com dias mais curtos, e julho o mês mais acentuado no que tange às baixas temperaturas (Grimm, 2009a).

A posição oriental também oferece uma condição de umidade extremamente significativa, que é evidente pela superfície oceânica associada ao Atlântico Sul.

Neste aspecto, a maritimidade oferece ativos processos de evaporação, que contribuem não somente para a formação de nuvens e a condensação, mas também pelos altos índices de umidade e pluviometria, que em grande parte dos setores é bem distribuída durante todo ano (Nimer, 1971).

Monteiro (1968, 1971) aborda o regime pluviométrico para a região sul, citando a influência e interação do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) (centro de ação originário da Massa Tropical Atlântica- mTa), e do Anticiclone Migratório Polar – AMP (centro de ação originário da Massa Polar Atlântica - mPa). Para o autor, o choque entre os dois sistemas atmosféricos origina as frentes frias (FPA), que em sua trajetória habitual migra desde a Bacia do Rio da Prata (Sul da Argentina) até o sudeste e norte do Brasil (Figura 8).

Tal dinâmica ocorre de forma cíclica em escala sinótica, em que no estágio pré-frontal ocorre uma elevação da temperatura local à dianteira da frente (dinâmica que induz a movimentação da mTa), e no pós-frontal a temperatura diminui devido à instalação da estabilidade atmosférica associada à mPa.

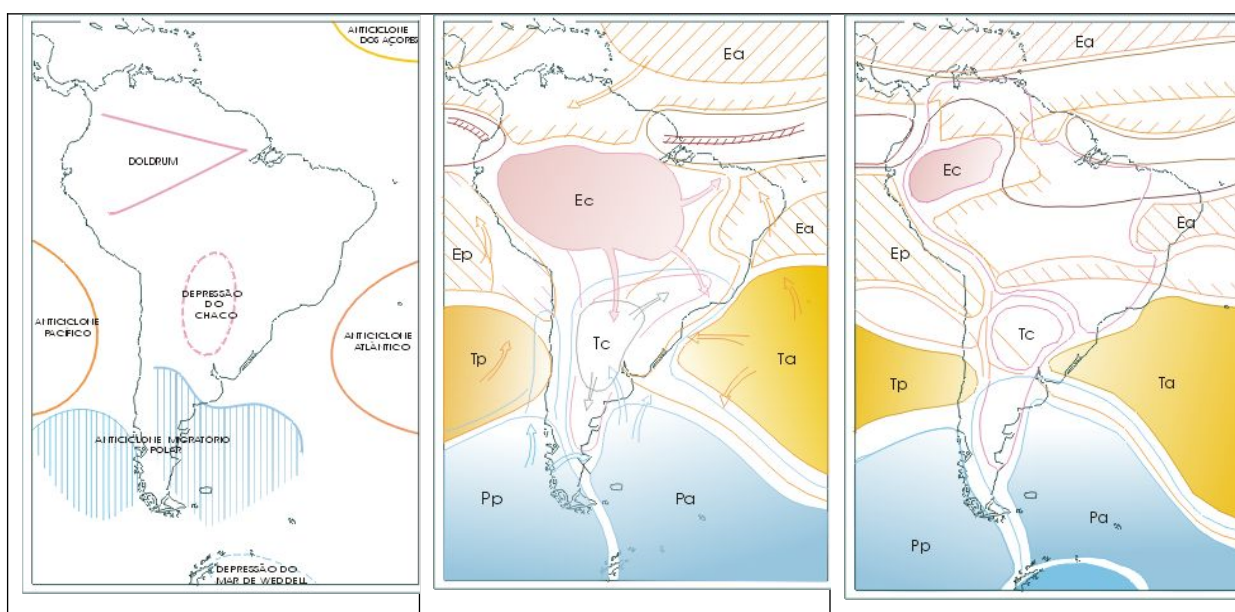


Figura 8: Esquema representativo dos centros de ação e massas de ar associadas
Fonte: Wollmann (2013) adaptado de Monteiro (1968).

Monteiro (1968) descreve essa dinâmica a partir dos padrões de perturbação atmosférica utilizando quatro momentos do movimento da Teoria da Frente Polar, sendo relevante para observação o estágio de Transição, Prenúncio, Avanço e Domínio (Figura 9). Segundo o autor, o estágio de transição poder ser considerado tanto o início como o fim do ciclo sinótico e do fluxo atmosférico, uma vez que, o tipo

de tempo associado a esse estágio é de estabilidade atmosférica (Monteiro, 1968, p. 132).

Esse tipo de tempo é configurado quando a mPa adquire características tropicalizadas - momento em que é tradicionalmente denominada “Polar Velha”. Em grande parte, essa situação pode condicionar dias ensolarados e sem nuvens, e também ocorrência de bloqueios atmosféricos caso a permanência ultrapassa a temporalidade dos padrões sinóticos (até 10 dias) (Trenberth e Mo, 1985; Mendes *et al.*, 2020; Pereira e Nascimento Jr, 2021).

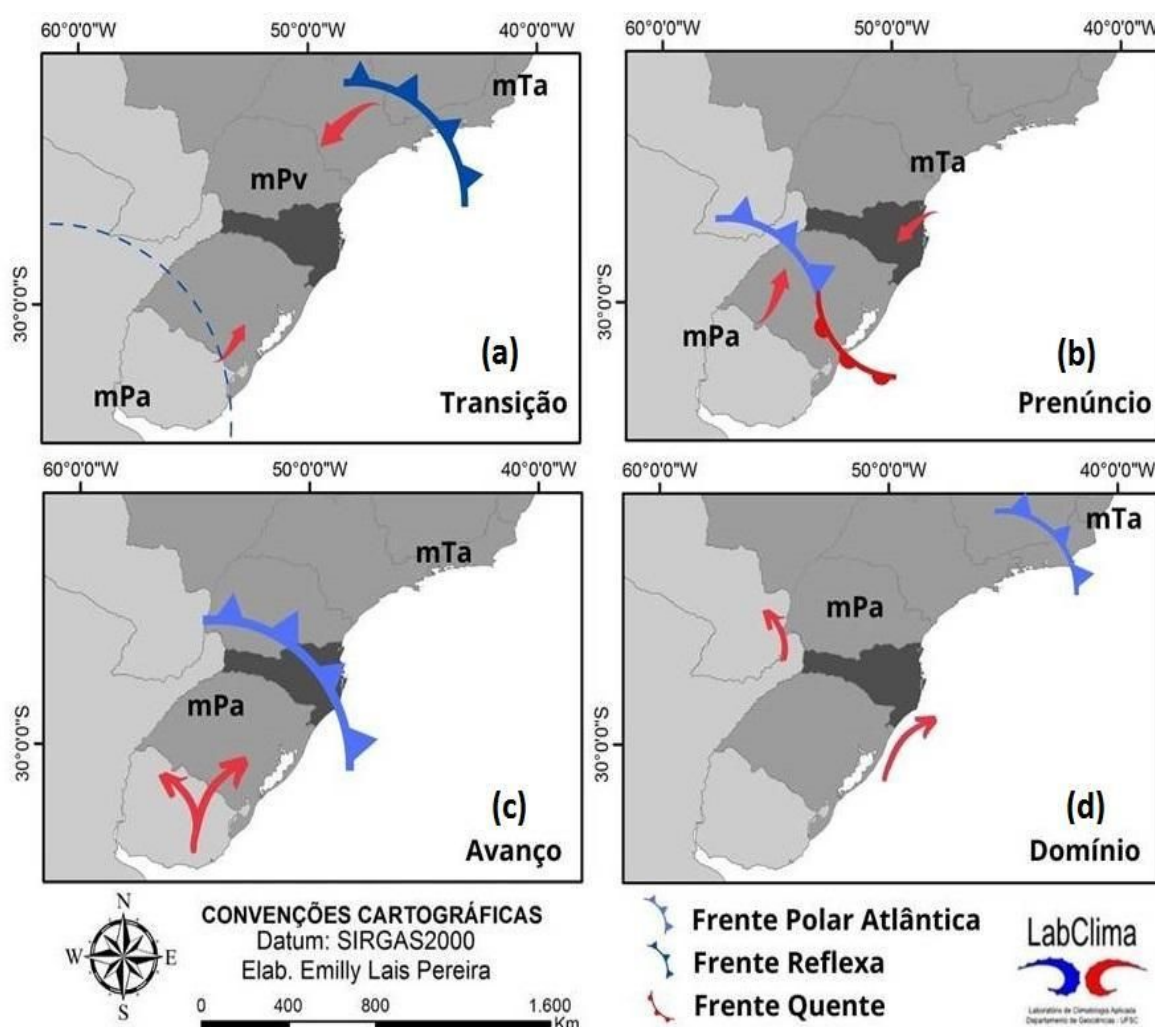


Figura 9: Esquema representativo do ciclo da Frente Polar no Sul do Brasil.

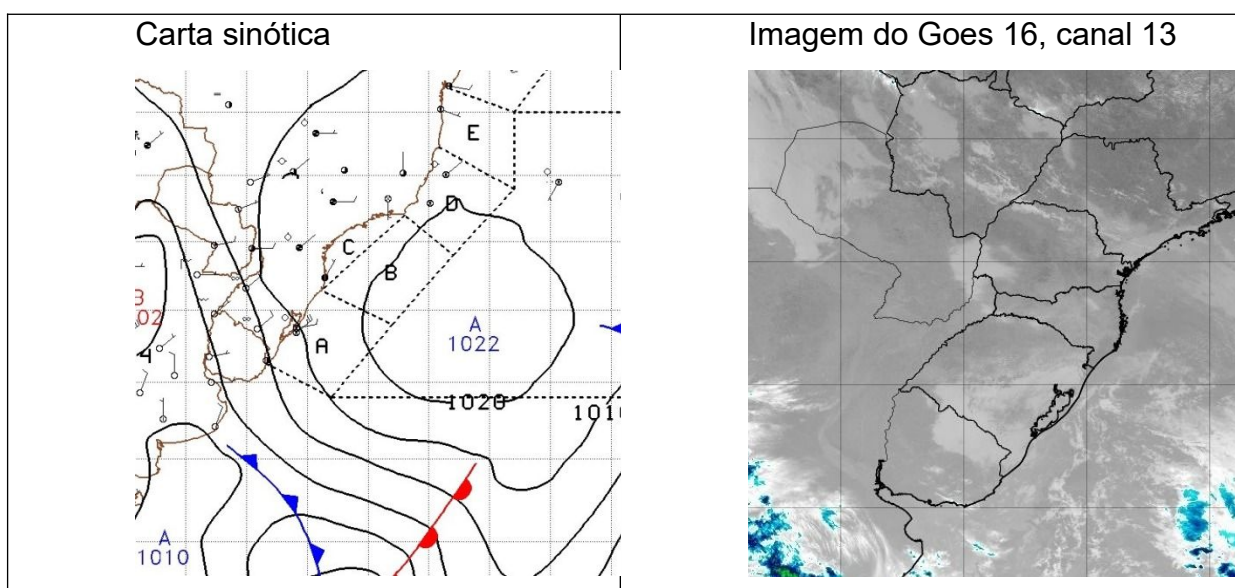
Fonte: Monteiro (1969), adaptado por Pereira; Nascimento Jr.(2021).

Quando em estágios excepcionais, esses fluxos podem ser desviados por outros sistemas de alta pressão atmosférica (geralmente associado à formação em larga escala do AMP), o que, por sua vez, altera a circulação zonal para meridional. A circulação atmosférica é, portanto, interrompida, e pode persistir por vários dias,

estimulando o desvio dos sistemas frontais, estabilidade e ressecamento atmosférico nos setores bloqueados, e na periferia a ocorrência de fortes instabilidades (Trenberth e Mo, 1985; Mendes *et al.*, 2020).

O deslocamento dos bloqueios atmosféricos é relativamente lento de um dia para outro, mas uma vez estabelecida, ela pode persistir por vários dias (Trenberth e Mo, 1985; Mendes *et al.*, 2020). Na Região Sul, um dos exemplos emblemáticos da situação de bloqueios atmosféricos foi observado por McTaggart-Cowan *et al.* (2006) em seu estudo sobre o furacão Catarina, que ocorreu no Atlântico Sul Oeste, em março de 2004. Para o autor, o padrão de bloqueio atmosférico auxiliou a conduzir o furacão em direção à costa catarinense.

A título de exemplificação, o quadro 2 apresenta um padrão sinótico referente a um bloqueio atmosférico. A imagem de satélite do quadro 2 mostra, conforme a carta sinótica acompanhada, a ausência de nuvens sobre uma área que abrange o estado de Santa Catarina e o Rio Grande do Sul, com pontos isolados de instabilidade.



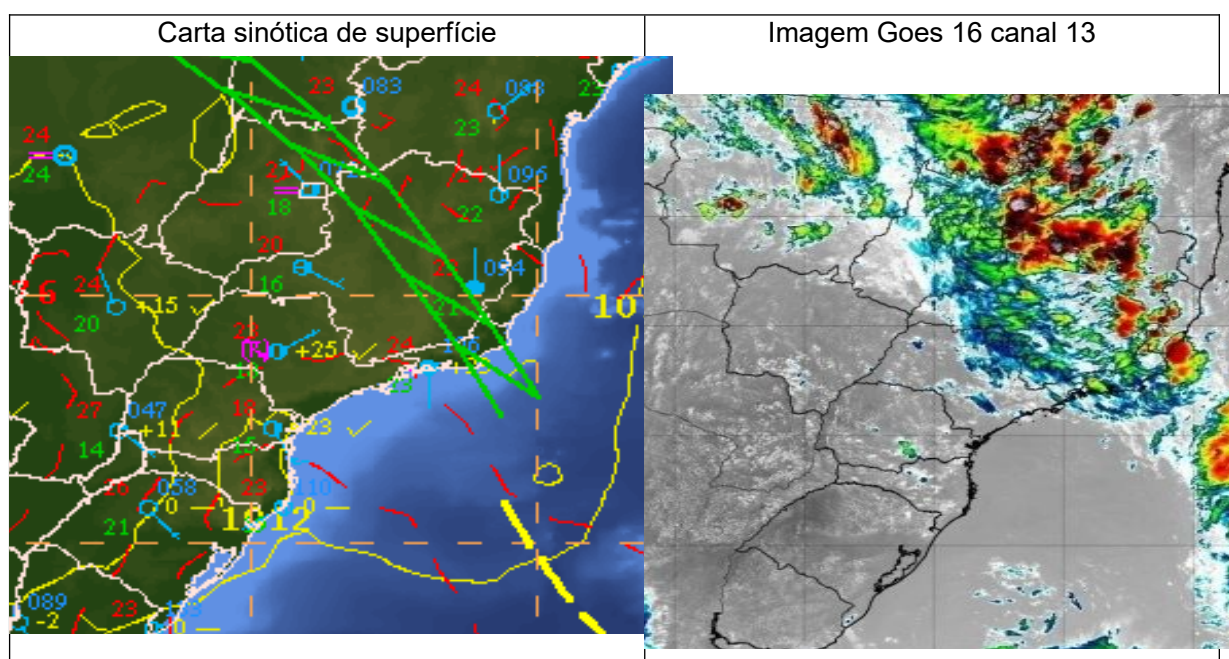
Quadro 2: Padrão sinótico de bloqueio atmosférico sobre o Sul do Brasil do dia 16 de janeiro de 2022

Fonte: CPTEC/INPE e Marinha do Brasil

Sobre esse aspecto, é importante considerar também que a ZCAS (Quadro 3), apesar de ser um sistema importante no sudeste do Brasil, pode induzir movimentos descendentes intensos no sul do Brasil, em grande parte associados à

instalação dos bloqueios atmosféricos (Casarin e Kousky, 1986), o que, por sua vez, inibe a formação de nuvens e precipitação na região (Ferraz, 2004).

A dinâmica atmosférica na Região Sul muda pelas instabilidades atmosféricas – momentos quando ocorrem precipitações – sempre estarão associados às alterações dos gradientes barométricos devido ao deslocamento de sistemas frontais – o principal mecanismo produtor de chuva na região. É possível verificar seus principais impactos nos contrastes na distribuição espaço-temporal das chuvas, seja pela possibilidade de orientação da penetração do vento oceânico e continental, seja pela influência topográfica (Pereira e Nascimento Jr., 2022).



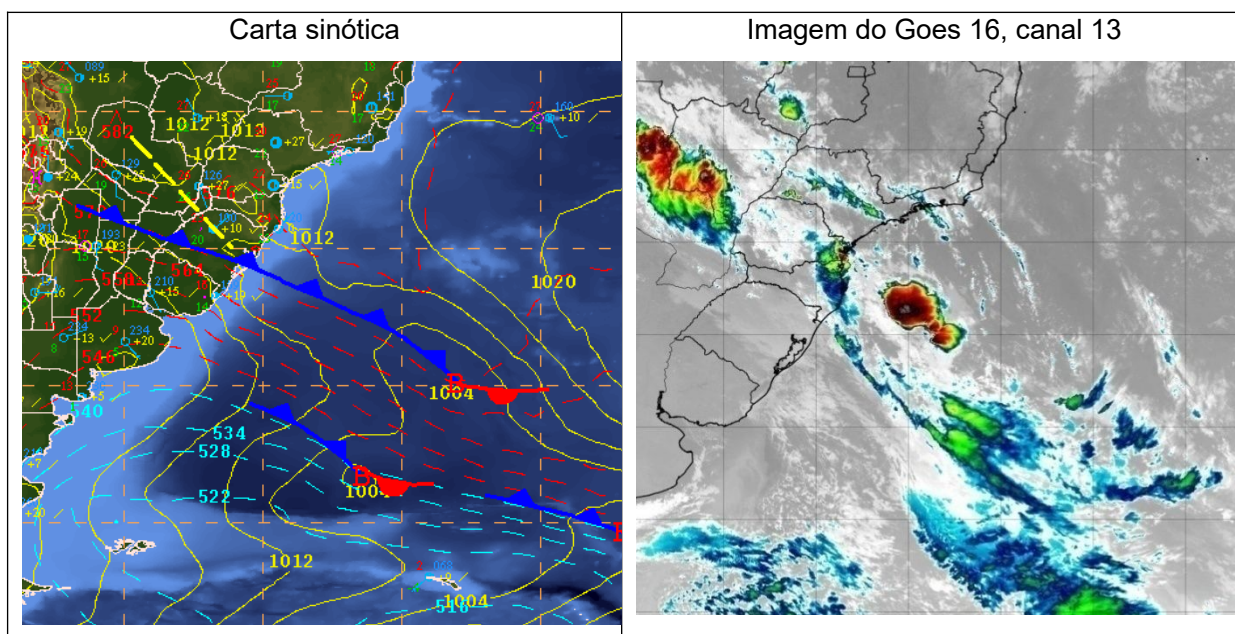
Quadro 3: Padrão sinótico de ZCAS sobre a região Sudeste em 19 de fevereiro de 2022

Fonte: CPTEC/INPE

Segundo Monteiro (1968), esses tipos de tempo são explicados quando ocorre o estágio de Prenúncio. Essa fase caracteriza-se pela atração da massa polar tropicalizada (“polar velha”) pela mTa, que é incorporada ao movimento do ASAS. Esse processo gera um aquecimento pré-frontal, favorecendo a formação de frentes quentes e/ou a ocorrência de ondas de calor (Monteiro, 1968; Pereira; Nascimento Jr., 2021).

Em seguida, no estágio do Avanço, ocorre a mudança na direção dos ventos, que passam a soprar do quadrante sul, e a FPA se estabelece (Quadro 4) (Estágio do Domínio), a partir do confronto da mPa (AMP) e mTa (ASAS). Neste sentido, a instabilidade atmosférica oriunda da FPA faz com que esse sistema seja o principal

mecanismo de regulação das chuvas tanto no inverno quanto nas estações de transição.



Quadro 4: Padrão sinótico de frente polar atlântica sobre o sul do Brasil no dia 19 de março de 2022

Fonte: CPTEC/INPE

No verão, devido ao aquecimento do continente e a umidade relativamente altos, a maior contribuição das chuvas provém da umidade vinda do norte/noroeste, devido à convergência do transporte horizontal de vapor de origem amazônico e de processos convectivos no início de sua propagação e deslocamento da FPA (Grimm, 2009a; Moraes *et al*, 2020).

Rodrigues, Franco e Sugahara (2004) estudaram a dinâmica das frentes frias e identificaram que as implicações desses sistemas para a zona costeira catarinense. Para os autores, é o giro do vento para sul, bem como sua persistência por pelo menos um dia que leva à queda de temperatura do ar. Para os autores, em média, de três a quatro frentes frias atingem mensalmente a costa de Santa Catarina, com um intervalo médio de oito dias entre elas.

Ainda conforme os autores, as frentes se deslocam tipicamente de sudoeste para nordeste, sendo observadas no Rio Grande do Sul um dia antes de alcançarem Santa Catarina e dissipando-se próximo à latitude de 20°S após três dias. Durante o verão, as frentes frias apresentam menor intensidade e dissipação ligeiramente mais rápida (Rodrigues, Franco e Sugahara, 2004).

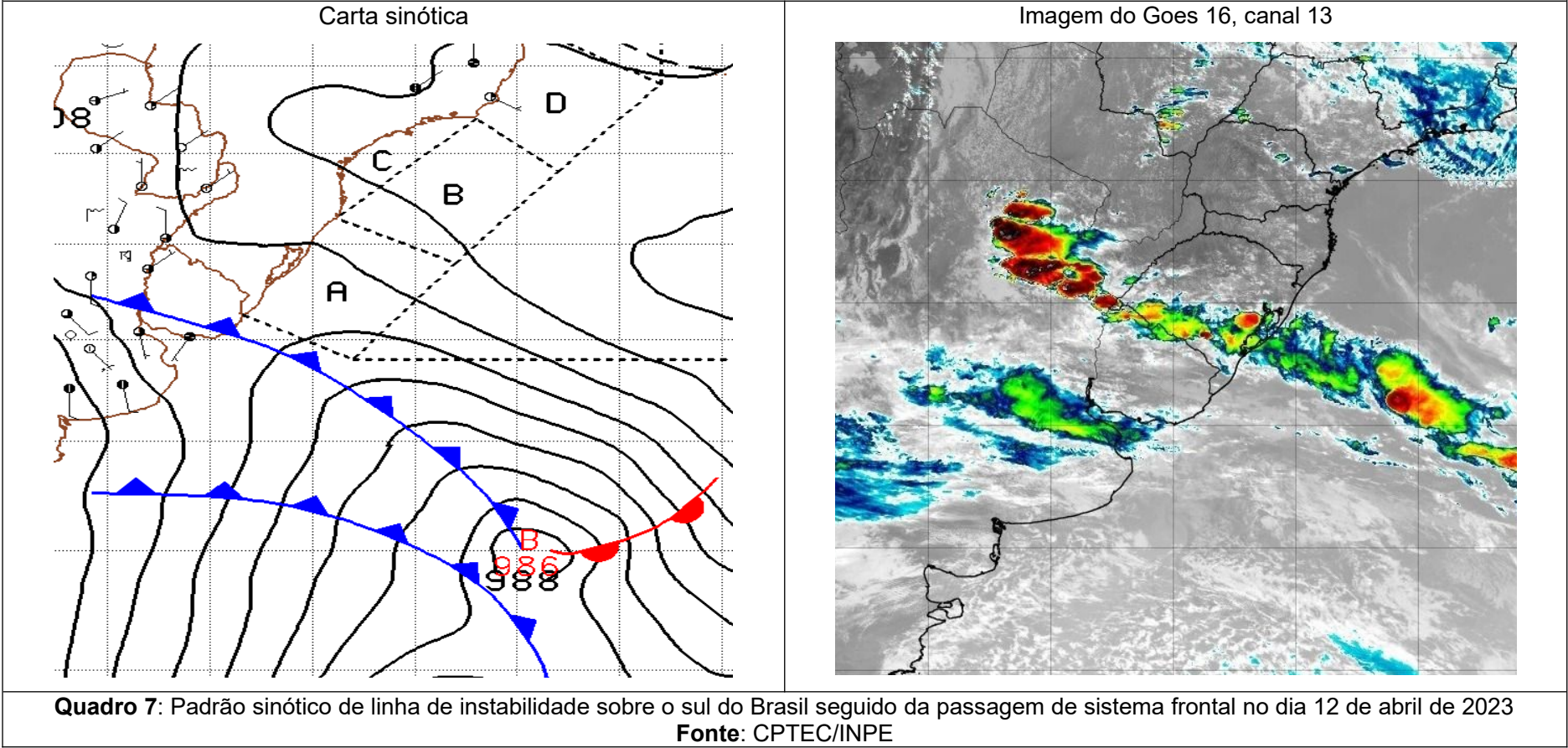
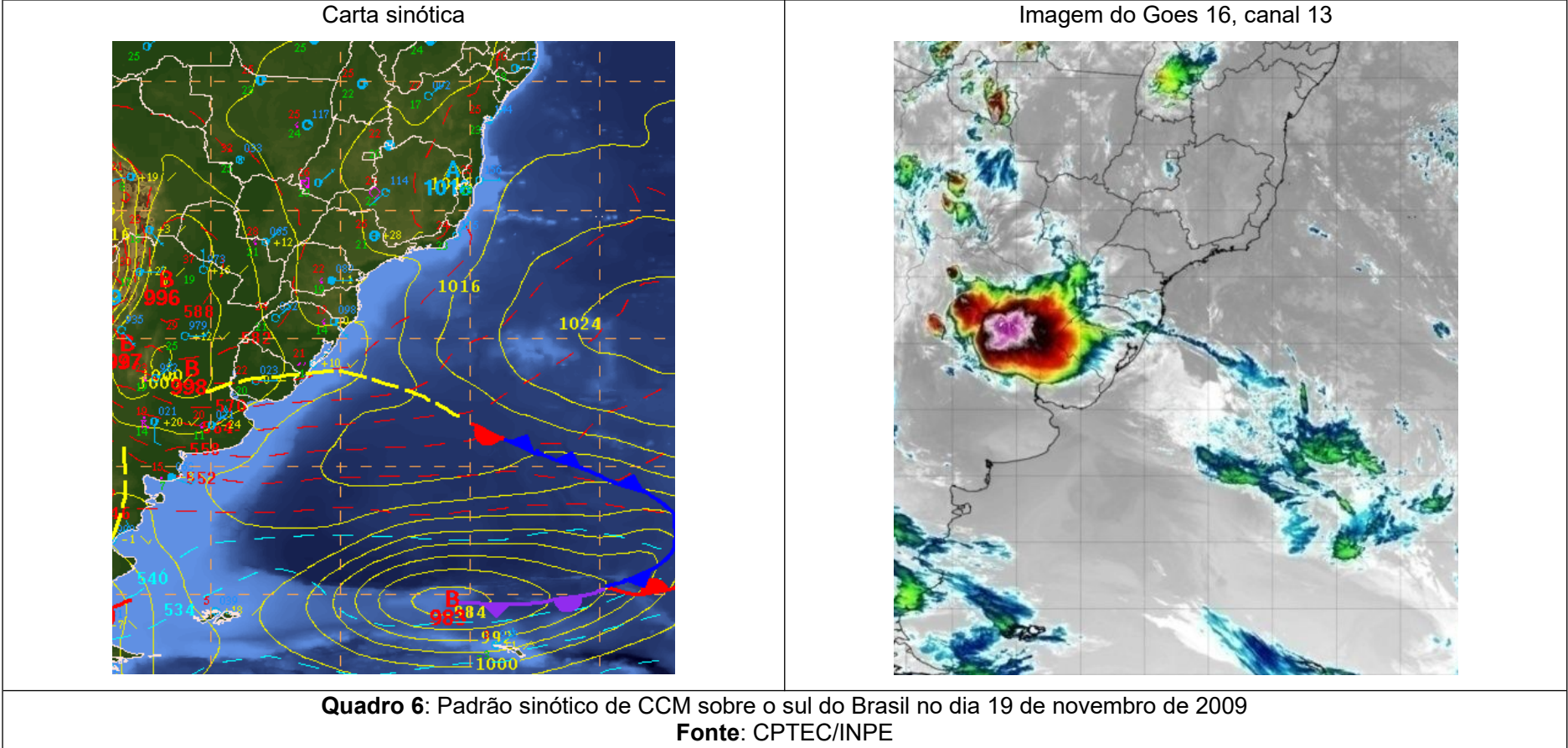
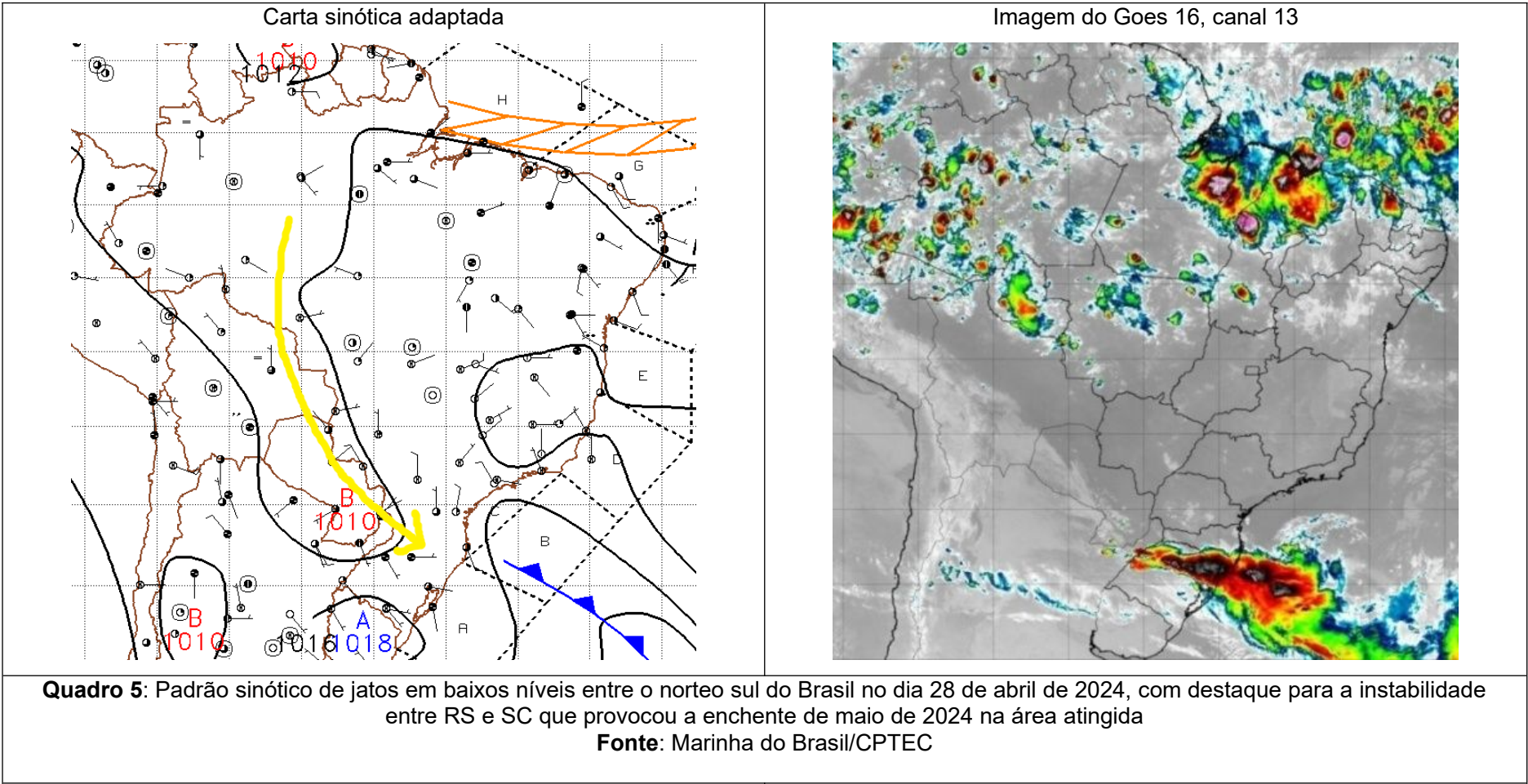
Esse fluxo, juntamente, com os sistemas frontais é muito importante para a produção das chuvas na Região Sul, e especialmente para Florianópolis, já que habitualmente podem ser relacionadas à ocorrência de chuvas intensas, oriundas de sistemas atmosféricos do tipo jatos em baixos níveis (JBNs) (Quadro 5), complexos convectivos de mesoescala (CCM) (Quadro 6), linhas de instabilidades (LI) (Quadro 7), e circulações de brisa ou oceânica (Quadro 8).

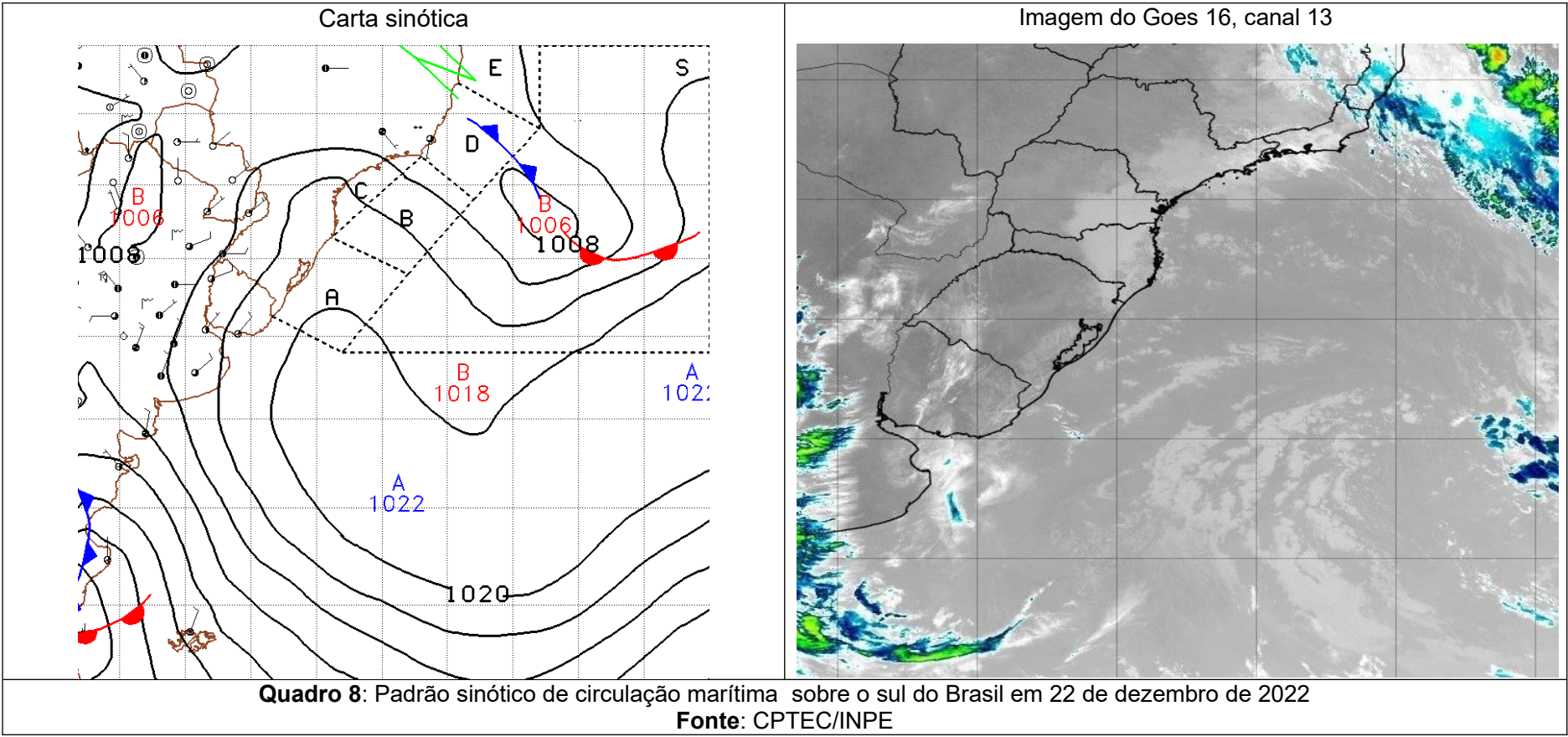
A atuação dos complexos convectivos que se originam geralmente na Argentina e no Paraguai e migram para a região sul, gerando altos acumulados de chuva, trovoadas e ventos fortes, e que costumam ocorrer durante a noite até o fim da manhã, associados aos jatos em baixos níveis oriundos da Amazônia e ao calor diurno (Dias, Rozante e Machado, 2009).

Segundo Grimm (2009a), tanto no verão como nas estações de transição, os Complexos Convectivos de Mesoescala são frequentes e respondem por grande parte da precipitação total na região Sul. Durante o inverno e nas estações de transição, a maior convergência de umidade está mais deslocada para o sul, quando as condições baroclínicas, ou seja, de pressão e temperatura, estão mais intensas por conta do maior gradiente latitudinal de temperatura na região, provocando condições de ciclogênese (formação e intensificação dos centros de baixa pressão) e maior penetração de frentes (Grimm, 2009a, p. 273).

A circulação de brisa ou oceânica, por sua vez, é originada pelo aquecimento diferenciado entre continente e oceano, que pode formar célula de circulação convectiva fechada (Atikson, 1981). O fenômeno origina quando, durante o dia (ou à noite), a superfície continental (oceânica) aquece mais rápido do que o oceano (continente), promovendo uma circulação convectiva que se dirige do oceano (continente) para o continente (oceano).

As brisas favorecem o transporte de umidade e pode alimentar a geração de outros sistemas convectivos, por exemplo, para uma frente fria, e, por isso, intensificar ainda mais precipitação. Neste caso, o movimento é popularmente reconhecido como “lestadá”. A figura 16 exemplifica um padrão comum de circulação marítima.





Quadro 8: Padrão sinótico de circulação marítima sobre o sul do Brasil em 22 de dezembro de 2022
Fonte: CPTEC/INPE

Segundo Nimer (1971) e Grimm (2009a), a fonte de umidade da região também advém do transporte dos setores norte e noroeste do continente sul-americano (sobretudo do setor amazônico, que se deve a convergência do transporte na baixa troposfera associados à Baixa do Chaco e Alta da Bolívia). Neste aspecto, Grimm (2009a) ressalta importância do transporte horizontal médio de vapor oriundo dos setores equatoriais da América do Sul, e atribuindo a origem da umidade observada na região, conforme escreve:

[...] embora haja valores relativamente altos de evaporação no sul do Brasil em todas as estações no ano (mais no verão), a maior contribuição à água que precipita provém do transporte da umidade vinda do norte/noroeste. A diferença média entre precipitação e evaporação é positiva em todo o sul do Brasil, excetuando no inverno, o que indica a importância do transporte de umidade para a região (Grimm, 2009a, p. 268).

Nesse caso, a maior contribuição a este saldo encontra-se na convergência do transporte horizontal médio de vapor, sendo a contribuição da convergência do transporte transiente (devido a perturbações na velocidade de vento e campo de umidade) bem menor e positiva na região Sul apenas no inverno (Grimm, 2009a, p. 268). Destaca-se que, para autora, a FPA também é o principal mecanismo de regulação das chuvas. E, particularmente no verão, devido ao aquecimento do continente, a precipitação também pode acontecer por processos convectivos.

A justificativa é de que, uma vez que a maior parte do vapor de água está contida na baixa troposfera, a maior parte do transporte de umidade seria realizada pelos ventos da baixa troposfera. Assim sendo, os Andes e o planalto na Bolívia constituem uma barreira orográfica, impedindo a passagem dos ventos em baixo nível do Pacífico, restando o oceano Atlântico e a faixa tropical do continente como fontes de água (Grimm, 2009a, p. 268).

Essa dinâmica foi observada por Jorge e Mendonça (2009) quando abordam, dentro de um período de 1977 a 2006, a distribuição da chuva para a Fachada Atlântica do Sul do Brasil. Os autores afirmam que as mPae mTa são as mais presentes, sendo a primeira associada à passagem de sistemas frontais em contraponto à segunda, que é mais presente na relação com chuvas geradas pelo calor diurno. Ainda segundo tais, não há uma estação seca definida, visto que há uma época em que chove mais que outra.

Goudard (2023) contribui com a discussão, a respeito dos mecanismos atmosféricos responsáveis por uma notável heterogeneidade do regime anual de chuva no sul do Brasil, em contraponto com o que defende a literatura clássica sobre o clima subtropical brasileiro ser homogêneo. A autora aborda os modos de variabilidade e as teleconexões relativas à relação entre a temperatura oceânica e a atmosfera (ENOS e ODP, por exemplo), dando destaque aos fenômenos que atuam quando das fases dos referidos na região sul, dividida em nove diferentes regiões de análise.

Monteiro (2001) também contribui para o entendimento dessa dinâmica, especialmente para Santa Catarina. Para o autor, a configuração desses sistemas ao longo do tempo está em total interação com o relevo catarinense, que age na distribuição espaço-temporal das chuvas.

Por exemplo, no verão, a distribuição das chuvas seria condicionada pela associação do calor com os elevados índices de umidade, favorecendo a convecção tropical. Durante essa estação, os principais sistemas atmosféricos envolvidos na formação de precipitação seriam a FPA e ZCAS. Para o autor, as frentes frias são as responsáveis por grandes tempestades de intensidade que afetariam o estado em toda a sua extensão, além de manifestar as maiores temperaturas para o período nos episódios pré-frontais, com o predomínio de massas de ar quente. Já a ZCAS influencia, sobretudo, os setores nortes do estado com os picos máximos de precipitação, além de contribuir para a diminuição das horas de sol na região por conta da nebulosidade (Monteiro, 2001, p. 72).

Na estação do outono, as condições atmosféricas estão mais associadas à frequência de bloqueios atmosféricos. Nessas condições, as frentes frias chegam ao Rio Grande do Sul, mas seriam desviadas para o oceano Atlântico. Desse modo, a diminuição das chuvas em todas as regiões do estado sucede, muitas vezes, a ocorrência de pequenas estiagens que podem ser intensificadas por padrões de teleconexão. Apesar disso, o autor não deixa de destacar que mesmo que a caracterização habitual configure outonos mais secos, o estado catarinense não estaria isento de eventos extremos de precipitação nesse período (Monteiro, 2001, p. 73).

Além disso, o outono teria como padrão a incursão de massas polares, onde no “Planalto, Meio-Oeste e nas áreas de encosta da Serra Geral, no Litoral Sul, são observadas quedas de temperatura pelo efeito da altitude” (Monteiro, 2001, p.73).

No entanto, os frequentes bloqueios atmosféricos podem diminuir a umidade do ar e aumentar as temperaturas durante vários dias seguidos, comumente manifestando episódios denominados “veranicos” (Monteiro, 2001, p. 73).

Durante o período invernal, com a diminuição de incidência solar e menor aquecimento continental, o estado estaria mais severamente associado à predominância de massas de ar polar, com gênese no AMP. Esta estação seria responsável pela sucessão habitual de tipos de tempos estáveis e acentuado declínio de temperatura em todo o estado, favorecendo, inclusive, a formação de geadas e nevoeiros (Monteiro, 2001, p. 74).

A precipitação deste período estaria associada ao resfriamento do continente, facilitando a trajetória dos anticlones na América do Sul e, conseqüentemente, ocasionando a formação de frentes frias. No inverno, a dinamicidade das condições atmosféricas é responsável pelas sucessivas incursões de frontais e contribui para uma variabilidade pluviométrica distinta das demais estações, considerando, inclusive, o gradiente longitudinal das chuvas pelo estado.

Monteiro (2001) atribui essa variação à influência da “Baixa do Chaco”, que exerce papel significativo nos elevados volumes de precipitação registrados no interior do estado, especialmente quando associada à atuação das frentes. Enquanto no litoral, as médias pluviométricas ficam, em sua maioria, abaixo de 100 mm, em função do movimento do ASAS. Esse argumento coaduna com as observações elaboradas por Grimm (2009a).

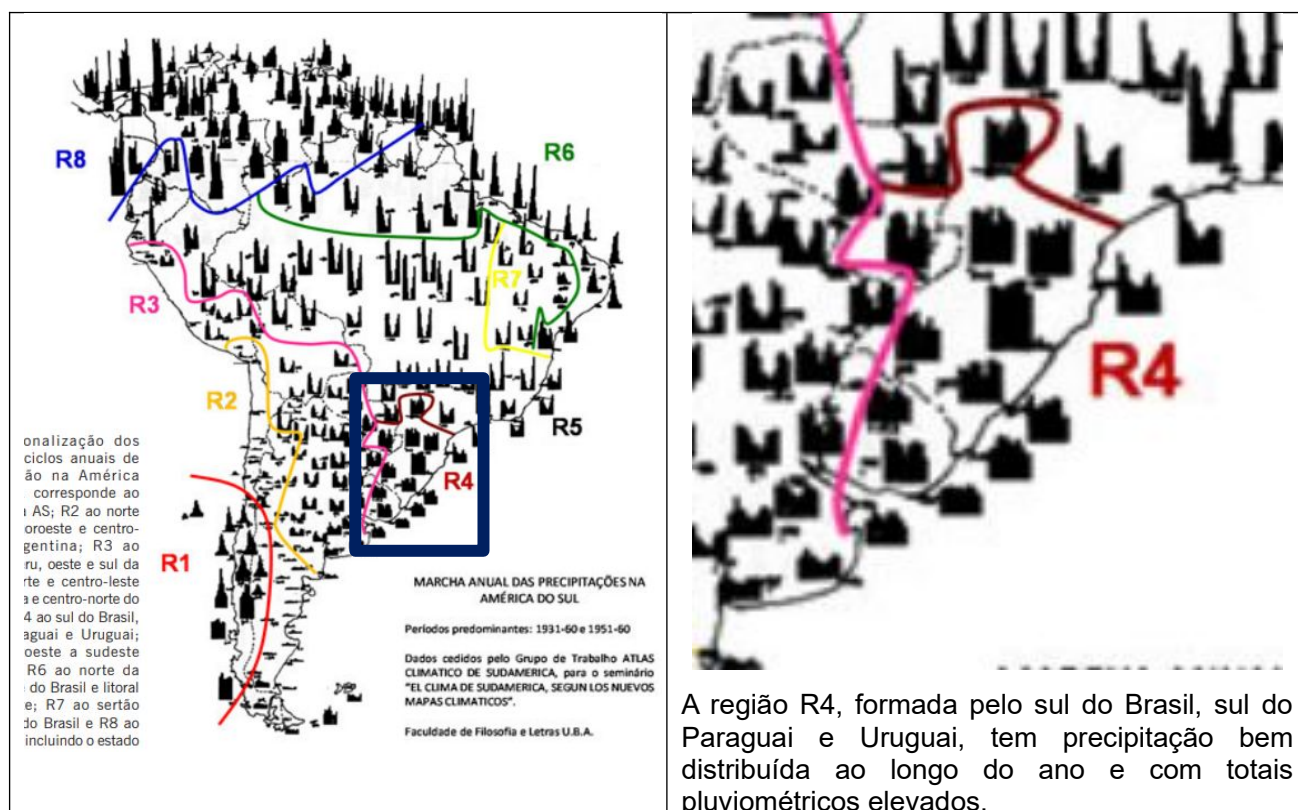
Na primavera, observam-se maiores recorrências de tempos instáveis marcados, sobretudo, pela frequente formação de CCM, que se formam “[...] ao norte da Argentina durante a madrugada e deslocam-se rapidamente para leste, atingindo o estado de Santa Catarina entre a madrugada e o início da manhã” (Monteiro, 2001, p. 76). Esses sistemas de mesoescala têm sua passagem fortemente marcada no início da primavera, nos meses de setembro e outubro, indicando esses como um dos meses mais chuvosos para alguns municípios do estado (Monteiro, 2001, p. 76).

Em síntese, a Região Sul do Brasil, e particularmente o estado de Santa Catarina, está na trajetória habitual de interação de uma série de sistemas atmosféricos oriundos dos quatro quadrantes reconhecidos. E todos esses sistemas se resumem nas características de clima que resulta em picos médios de chuva de

forma diferenciada através do ano, também, da atuação do relevo na distribuição espacial das chuvas (Monteiro, 2001).

A abordagem sobre o regime climático demonstra o caráter variável da dinâmica atmosférica espacialmente. Na zona tropical há uma tendência ao regime de chuva apresentar estação chuvosa e seca definidas, enquanto na zona temperada tal regime se dá de forma que a chuva seja bem distribuída ao longo do ano, com um pico máximo na média mensal, variando conforme a região, como ocorre no sul do Brasil (Reboita *et al*, 2012).

Reboita *et al*. (2012) reiteram esse argumento ao descreverem que a Região R4 de Precipitação na América do Sul, que coincide com a localização a Região Sul, Sul do Paraguai e Uruguai (Quadro 9), tem precipitação bem distribuída ao longo do ano e com totais pluviométricos elevados, produzido por diferentes sistemas, como sistemas frontais, ciclones extratropicais, sistemas convectivos de mesoescala (nome dado ao conjunto dos sistemas convectivos: complexos convectivos de mesoescala, linha de instabilidade, sistemas convectivos alongados) e circulação de brisa.



Quadro 9: Marcha anual das precipitações na América do Sul, com destaque para a R4

Fonte: Reboita *et al* (2012)

Para Grimm (2009a), os regimes pluviométricos na Região Sul se diferenciam pela interação dos fatores primeiros de diferenciação: o relevo e a altitude. A título de exemplificação, a distribuição espacial das chuvas também varia dentro da região, destacando o planalto e a serra catarinense e gaúcha como os setores que tendem a apresentar maiores acumulados (devido à orografia), enquanto o oeste e parte do litoral são diferenciados devido à predominância dos sistemas atmosféricos e ação em suas trajetórias (Grimm, 2009a).

Nascimento Jr e Collischon (2021) corroboram com esses resultados na medida em que apresentam que 52,7% da precipitação na região é marcadamente diferenciado pelo relevo, e tende a se concentrar no setor oeste do estado. Para estes autores, o fator climático principal que condiciona a diferenciação e variação espacial das precipitações é o relevo.

E devido à contribuição do transporte horizontal médio de vapor, associado a processos convectivos e sistemas frontais, a autora identifica três padrões: bimodal, trimodal e uniforme (Figuras 10 e 11). O regime bimodal é predominante no interior do Rio Grande do Sul e no oeste de Santa Catarina e do Paraná, apresentando dois máximos anuais de precipitação – um no outono e outro na primavera. Esse padrão está associado à transição sazonal das frentes frias e à variabilidade interanual influenciada pelo fenômeno El Niño-Oscilação Sul (ENOS).

O regime trimodal ocorre em setores específicos do Paraná e Santa Catarina, exibindo três picos de precipitação ao longo do ano. Esse padrão se deve à alternância entre sistemas frontais, episódios de convecção intensa no verão e o impacto de sistemas de baixa pressão durante o outono e inverno.

O regime uniforme (modal) caracteriza no leste da região, incluindo parte do litoral e áreas serranas, onde a precipitação ocorre de forma relativamente constante ao longo do ano, devido à influência da umidade oceânica e da topografia local, que favorecem a formação de precipitação orográfica.

Grimm (2009a) também ressalta o impacto da variabilidade climática de grande escala, como o ENOS, que pode modificar a intensidade e a distribuição das chuvas, aumentando os acumulados durante eventos de El Niño e reduzindo-os nos de La Niña. Essas diferenças nos regimes pluviométricos influenciam diretamente a disponibilidade hídrica e a ocorrência de eventos extremos na região.

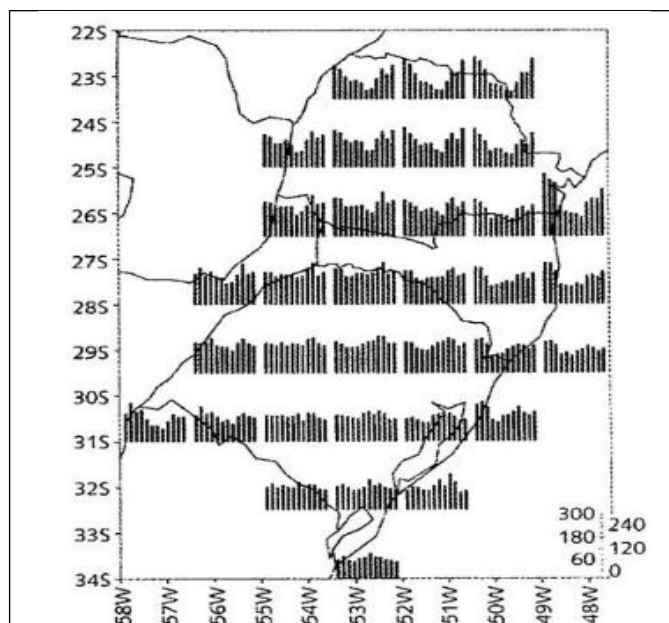


Figura 10: Regimes de precipitação na Região Sul do Brasil. Os totais mensais médios de precipitação estão representados em cada área de 1,5°x1,5° de longitude e latitude, com escala em mm

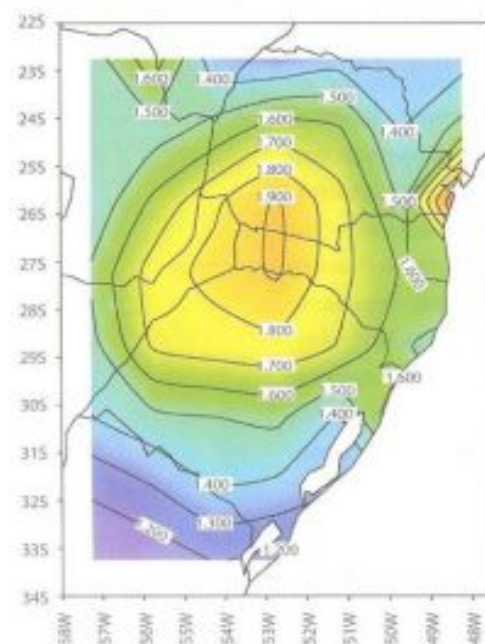


Figura 11: Precipitação anual da Região Sul em mm

Fonte: Grimm (2009)

Nascimento Jr. e Collischonn (2021) verificaram que, durante episódios de La Niña, os regimes pluviométricos na Região Sul indicam o reforço das condições habituais, com expansão das áreas de menor precipitação nos setores costeiros, norte e sul. Padrões similares correspondem a configurações moderada e fraca do La Niña, e resulta da intensificação da circulação atmosférica que estimula a formação de bloqueios atmosféricos. Neste caso, esse modo de variabilidade tende a reforçar os regimes pluviométricos, e torna a distribuição das chuvas mais marcada em relação aos valores médios observados.

Ainda conforme os autores, as alterações no regime pluviométrico sob El Niño são ressaltadas no posicionamento dos núcleos de concentração de máxima precipitação. Nos anos de atuação do El Niño, o núcleo de precipitação máxima se concentra nos setores sul, em outros é destacada no setor norte (Nascimento Jr. e Collischon, 2021).

Em síntese, a distribuição espaço-temporal das chuvas na região revela, em seu setor norte, características marcadamente tropicais, com regimes pluviométricos organizados pela sazonalidade e forte influência do sistema monçônico (Nascimento Jr. e Collischonn, 2021).

E no setor centro-sul, a variabilidade pluviométrica é notadamente de origem frontal, o que remete a possibilidade de ocorrência de chuvas durante todo o ano. Para toda a região, a interação dos fluxos atmosféricos oriundos da umidade amazônica e oceânica com os sistemas frontais é clara e a compartimentação do relevo é atributo fundamental na distribuição espacial das chuvas (Nascimento Jr. e Collischon, 2021).

3.1.2 O regime pluviométrico em Florianópolis

Florianópolis, capital do estado de Santa Catarina, situa-se no litoral sul do Brasil, possui uma área territorial de 435,9 km², sendo 97,27% insular e 2,73% continental (IPUF, 2003). Essas características são oriundas de situação geográfica, em latitudes maiores do que a do Trópico de Capricórnio, e por isso predomina clima subtropical úmido segundo a classificação de Köppen, com regime médio de chuvas que atingem um pico máximo no verão e mínimo no inverno, com ocasiões em que atinge picos extremos de temperatura mínima no inverno devido ao avanço da massa polar atlântica, tanto em trajetória oceânica quanto continental (Mendonça e Danni-Oliveira, 2007).

Segundo Epagri (1999), o clima de Florianópolis é do tipo mesotérmico, com 140 a 158 dias de chuva em média. Nimer (1971) e Grimm (2009a) afirmam que o verão é a estação mais chuvosa, seguido da primavera, conforme demonstrado pelas normais climatológicas do Inmet de 1991-2020, demonstrado no gráfico da figura 12.

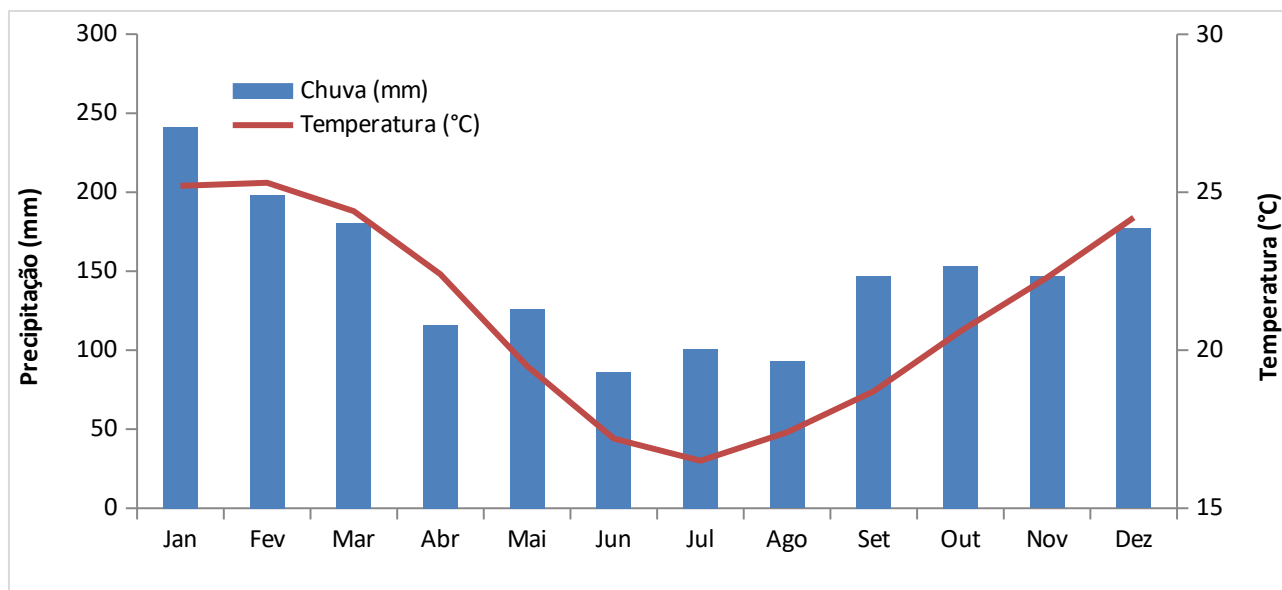


Figura 12: Gráfico da média mensal de chuva e temperatura em Florianópolis

Fonte: Elaborado pelo autor com dados do Inmet

Sobre o regime de ventos no município, Silveira, Alves e Murara (2014) destacam o vento de norte como o mais predominante no litoral da Grande Florianópolis e que ocorre pela influência do ASAS, seguido do vento de sul, que ocorre pela influência do deslocamento da massa polar atlântica. O vento de sul faz parte do folclore de Florianópolis, sendo chamado pelos habitantes locais de “vento suli”, e os pescadores o observam, a partir de maio até meados do inverno, como forma de planejar a pesca da tainha, que migra a partir do Rio Grande do Sul em direção ao norte (Alexandre, 1998; São Paulo, 2007).

Mendonça (2002) demonstra a presença de um chamado arquipélago de calor no município ou descontinuidade de ilha de calor, caracterizado por áreas onde a verticalização urbana é mais presente, além de maior densidade tráfego de pessoas e automóveis pontualmente. A autora também afirma que a maior diferença de temperatura se dá na região central do município às 6 horas sob domínio polar para a temperatura mínima, enquanto que em momentos que antecede sistemas frontais ocorre a máxima às 15 horas.

Pereira e Nascimento Júnior (2022) destacam a influência da interface oceano–continente sobre a dinâmica da precipitação no município. Por estar localizado no litoral e próximo a áreas de relevo acidentado e elevado, caracterizadas pela presença de serras, observa-se a ocorrência de chuvas convectivas típicas do verão (Monteiro, 2001), bem como precipitações orográficas, associadas à atuação do Anticiclone Migratório Polar (AMP) em latitudes médias,

próximo ao Rio Grande do Sul e ao Uruguai, vinculado à massa Polar Atlântica (mPa).

Pereira e Nascimento Júnior (2022) também destacam que, sobre o espaço do município de Florianópolis, a chuva se distribui de forma desigual e diferenciada conforme as estações do ano, o que pode ser explicado pela dinâmica dos ventos e dos fenômenos atmosféricos durante o passar do ano. Os autores também destacam que essa dinâmica, somada à interface entre o oceano e o continente, e o relevo acidentado e elevado (com proximidade quase imediata de serras), ocorrem tanto chuvas do tipo convectivo, que é presente no verão, como também são intensificadas pela influência orográfica.

A ocorrência de chuva orográfica em associação aos anticiclones migratórios no oceano também proporciona períodos de chuva persistente para o município, além de todo o litoral leste de Santa Catarina (Bonetti, Cardoso e Quadro, 2020). Tal característica encontra abordagem em De Martonne (1944), que ressalta o modelado terrestre do Brasil meridional, com as encostas de morros situadas no litoral, que influem na característica pluvial da região.

Monteiro (1968, 1969) aborda o regime pluviométrico para a região sul, citando a influência tanto do ASAS quanto do anticiclone migratório polar, onde o choque entre os dois geram um sistema de frente fria que migra desde a área do rio da Prata até o sudeste do Brasil. Tal dinâmica ocorre de forma cíclica, onde no pré-frontal ocorre uma elevação da temperatura local pela mTa, e no pós-frontal a temperatura diminui pela mPa.

No verão, um fenômeno que costuma influenciar na chuva em Florianópolis é a ZCAS, que é formada por um corredor de umidade oriundo do norte brasileiro em direção do sudeste e parte do sul do país, caracterizado pela presença de um VCAN no nordeste brasileiro e de uma alta pressão em altos níveis sobre a Bolívia (Carvalho e Jones, 2009).

Além dos fenômenos citados anteriormente, há também que se destacar a atuação dos complexos convectivos que se originam, geralmente, na Argentina e no Paraguai e migram para a Região Sul, gerando altos acumulados de chuva, trovoadas e ventos fortes, e que costumam ocorrer durante a noite até o fim da manhã, associados aos jatos de baixo nível oriundos da Amazônia e ao calor diurno (Dias, Rozante e Machado, 2009). A estação em que esse fenômeno costuma ser mais frequente no sul do Brasil é na primavera.

Durante o outono ocorrem com frequência os bloqueios atmosféricos que inibem a formação de chuva e impedem a passagem das frentes frias sobre Santa Catarina, sendo desviadas ao oceano na altura do Rio Grande do Sul e, como consequência, possibilita a ocorrência de “veranicos”, que se caracteriza por temperaturas elevadas e redução da precipitação por um período que pode ser de até um mês (Monteiro, 2001).

No inverno, os VCAN também influenciam na precipitação, período em que, no litoral, a média de chuva é a menor do ano devido à maior presença do AMP, o que gera uma subsidência sobre a região, reduzindo a ocorrência de chuvas (Monteiro, 2001).

As frentes frias que atingem não só Florianópolis como todo o litoral de Santa Catarina, conforme Rodrigues, Franco e Sugahara (2004), que também apontam para a presença de vento de quadrante sul por mais de um dia e queda de temperatura de pelo menos 0,5°C durante a passagem do sistema frontal seguido da mPa.

Rodrigues, Franco e Sugahara (2004) e Andrade (2005) também apontam o ciclo das frentes frias como estando no estado do Rio de Janeiro no primeiro dia após a passagem pelo sul do Brasil e, no segundo dia, situado no Espírito Santo, na altura da latitude 20° sul. No terceiro dia, geralmente, a frente já passa por dissipação sobre o oceano, com atuação do ASAS. Os autores também destacam que esse ciclo é mais presente entre o outono e a primavera, sendo o verão um período de menor presença, restringido à região sul. O mês que registra a maior média de frentes frias é agosto, conforme Escobar, Seluchi e Andrade (2016).

Essa dinâmica pode ser observada nos patamares elevados de precipitação durante todo ano no município, e que na média da norma climatológica de 1991-2020 do Inmet atinge 1766 mm anuais, sendo janeiro o mês mais chuvoso, com média de 241,3 mm, e o mês de junho com 86,3 mm é o menos chuvoso.

Para a série levantada neste estudo, os valores máximos e mínimos de precipitação podem acontecer de forma diferenciada em todos os meses. Destaca-se que os valores máximos recordes variam consideravelmente, com o menor valor em junho (6 mm) e a 65 mm em outubro, enquanto os maiores em novembro (614 mm) e julho (277mm). Para os valores médios, os menores foram observados em julho (89,7 mm) e junho (96,7 mm), e os mais altos em janeiro (219,0 mm) e março (190,3 mm). Tais valores são expostos na tabela 1.

Estatística	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Mínimo	28,0	71,0	39,0	15,0	14,0	6,0	8,0	10,0	42,0	65,0	47,0	61,0
Máximo	390,0	436,0	360,0	314,0	443,0	300,0	277,0	371,0	307,0	419,0	614,0	477,0
Amplitude	362,0	365,0	321,0	299,0	429,0	294,0	269,0	361,0	265,0	354,0	567,0	416,0
1° Quartil	151,5	129,0	126,8	76,0	71,5	45,8	42,5	60,0	90,5	105,5	96,8	94,8
Mediana	213,5	184,0	206,5	105,5	99,5	84,5	93,5	83,0	136,5	136,0	115,0	163,5
3° Quartil	282,5	235,8	242,8	150,0	151,8	116,0	114,0	122,5	216,0	195,8	143,8	246,5
Média	219,0	187,8	190,3	116,4	124,9	96,7	89,7	101,5	147,6	164,3	154,9	181,8
Desvio-padrão (n-1)	103,8	86,4	85,6	68,4	93,2	70,1	62,6	77,8	76,6	88,2	125,6	102,0
Coeficiente de variação	0,463	0,450	0,439	0,574	0,729	0,708	0,682	0,748	0,507	0,525	0,792	0,548

Tabela 1: Descrição estatística sobre a chuva em Florianópolis para o período de 2002 a 2023

Fonte: Inmet, 2024. Elaborado pelo autor.

Essa análise é complementada com as medidas de dispersão, como os coeficientes de variação, que durante o ano pode oscilar entre 0,439 e 0,792, indicando que novembro (0,792) é o mês que apresenta a mais alta dispersão dos valores em torno da média, enquanto março sugere a menor variação, com o coeficiente mais baixo (0,439). A amplitude também varia significativamente, com o menor valor em setembro (265) e o maior em novembro (567).

Essa diferenciação sugere que o período entre junho em julho, em particular, é caracterizado por eventos extremos mais brandos ou raros, enquanto janeiro, fevereiro, e principalmente novembro e dezembro, podem apresentar a ocorrência mais relevante de valores extremos, sem um sinal sazonal nitidamente marcado (Figura 13).

Também se espera que os eventos, em média, os de maior magnitude, tendem a ocorrer no início e no final do ano, com uma redução durante os meses de inverno, o que é consistente com os valores de mínimo e máximo observado no Figura 13. Destaca-se que os meses de maio, agosto e novembro, com elevada amplitude, referem-se às estações de transição, incluindo o final do inverno, o que mostra a influência dos extremos diários relacionados à variedade de sistemas atmosféricos que costumam ocorrer nesses períodos.

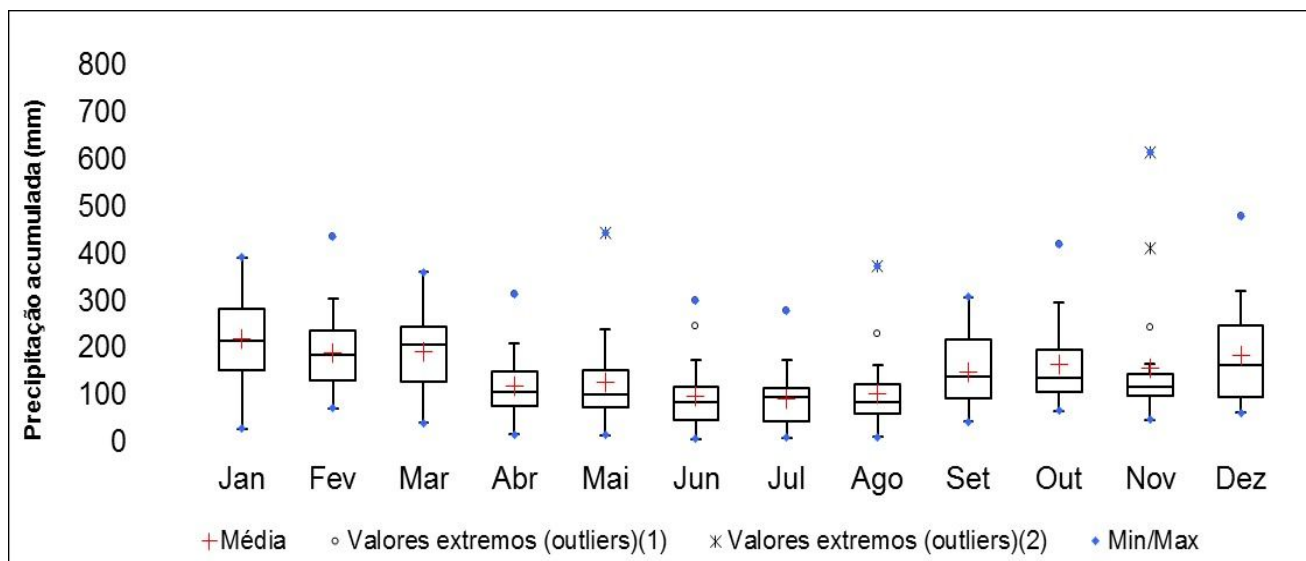


Figura 13: Variação da média de chuva mensal em Florianópolis para a série de 2002 a 2003 e outliers representando extremos

Fonte: Elab. Autor conforme dados do Inmet, 2024

A tabela 2 complementa a análise dos padrões sazonais e indica que, ao longo dos anos, existem intervalos mais evidentes entre os meses com máxima (cor azul) e mínima (cor laranja) precipitação. Neste aspecto, as variações mensais apresentam janeiro, fevereiro, novembro e dezembro, com os meses que tendem a apresentar os picos mais altos de valores de chuva, enquanto meses como junho e julho, frequentemente, registram os valores mais baixos.

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
2002	14,57	7,38	7,44	13,17	5,60	2,23	6,23	7,00	5,47	11,01	8,46	11,45
2003	9,93	6,85	11,07	6,59	4,04	7,38	2,02	0,88	9,58	9,75	9,49	22,41
2004	19,10	9,98	10,55	6,47	10,39	4,69	4,23	1,43	6,47	6,83	6,62	13,25
2005	11,06	12,48	7,03	8,60	10,59	1,63	3,99	8,55	16,10	10,59	4,67	4,72
2006	16,09	15,30	5,89	5,98	4,31	3,08	3,61	4,93	3,87	8,36	21,28	7,30
2007	6,13	9,87	15,01	2,89	10,01	0,42	12,26	6,27	9,65	10,36	7,19	9,94
2008	12,29	15,13	8,43	7,19	2,46	2,36	0,28	2,08	7,98	9,93	21,31	10,55
2009	12,02	7,85	12,19	17,47	4,51	1,84	6,34	7,07	12,19	5,56	6,73	6,23

2010	10,94	8,54	13,10	6,04	21,74	4,17	4,71	3,29	7,65	6,58	7,65	5,59
2011	13,13	12,60	12,60	2,31	4,92	3,59	5,55	16,46	11,36	3,50	3,86	10,12
2012	24,24	5,01	7,55	5,49	8,10	9,62	11,13	4,12	4,40	7,35	7,07	5,91
2013	5,54	11,85	19,49	10,05	3,25	7,28	5,48	7,82	13,48	3,91	6,44	5,42
2014	12,58	7,76	8,07	6,63	5,32	15,33	3,44	5,63	9,57	8,64	5,82	11,20
2015	8,14	8,92	6,47	6,69	8,88	3,94	12,12	3,19	11,46	12,90	7,22	10,06
2016	14,37	13,60	16,69	6,24	4,33	2,49	6,95	4,57	2,49	10,51	2,79	14,96
2017	10,80	7,15	12,69	7,81	13,24	9,53	0,61	6,87	5,87	7,37	7,42	10,64
2018	21,75	7,44	11,89	6,81	4,50	4,10	6,58	4,10	11,94	6,06	6,29	8,54
2019	17,91	20,46	6,53	6,93	12,34	4,54	3,74	1,43	4,78	6,05	6,61	8,68
2020	9,83	13,53	2,72	1,05	0,98	8,16	7,25	7,60	10,04	9,97	6,62	22,25
2021	17,61	10,97	16,25	3,57	5,33	13,54	0,99	2,48	6,14	13,05	6,05	4,02
2022	1,56	3,94	13,44	1,61	7,11	6,11	1,67	12,67	5,78	11,44	8,17	26,50
2023	4,97	15,12	7,96	5,07	2,24	5,62	5,27	5,87	3,68	20,84	20,34	3,03

Tabela 2: Percentual mensal de precipitação por ano, de 2002 a 2023, em Florianópolis
Fonte: Inmet (2023). Elaborado pelo autor. A cor azul representa os maiores valores relativos em cada ano, e a cor laranja os menores.

Janeiro, em particular, aparece consistentemente como um mês de máximas, como em 2012 (24,24%), 2018 (21,75%) e 2019 (17,91%). Fevereiro também se destaca, com picos notáveis em 2006 (15,30%), 2008 (15,13%) e 2019 (20,46%), sugerindo que o início de alguns anos pode concentrar uma parte considerável do total anual em muitos dos anos analisados.

No final do ano, são os meses de novembro e dezembro que também tendem a apresentar valores altos. Em 2006, 2008, 2020, 2022 e 2023, novembro e dezembro atingiram picos que variam de 20% a 26% do total anual, em alguns anos podem ter valores muitos equivalentes entre si, como em 2020, em que novembro e dezembro registraram 22,25%. Isso sugere que, além do início do ano, o final do ano também apresenta uma alta concentração de chuvas.

Por outro lado, meses como junho e julho frequentemente aparecem com valores mínimos. Em 2007, junho teve apenas 0,42%, e julho de 2008 registrou o valor mais baixo de toda a série, com apenas 0,28%. Esse padrão de mínimas recorrentes nesses meses sugere que o meio do ano, especialmente nos meses de inverno, tende a contribuir menos para o total anual, e pode não ser importante para definir a excepcionalidade dos anos.

Neste sentido, o ciclo anual da precipitação pode ser iniciado com as máximas em janeiro e fevereiro (verão), às chuvas associadas ao aquecimento da atmosfera e maior evaporação típica do período – verões úmidos, passando pelos meses de outono e inverno (abril a agosto) quando a precipitação começa a diminuir e caracteriza o período de transição sazonal, até reduzir nos meses junho e julho como os meses menos chuvosos do ano (inverno seco).

Destaca-se que as condições atmosféricas neste período, mesmo mais estáveis e com menos umidade disponível, resulta em baixos níveis de precipitação, e acompanha praticamente a dinâmica atmosférica observada na região Sul. Em novembro e dezembro (primavera/verão), os patamares de chuva retornam aos níveis mais elevados, reiniciando o ciclo úmido, impulsionado pelo retorno da umidade pela evaporação e aquecimento atmosférico. Em suma, o ciclo anual está de acordo com o regime subtropical úmido, típico da região.

Quando submetidos à análise de agrupamento para verificação do sinal sazonal, primeiramente foi determinado o número de grupos, a partir dos índices de validação, que apresentam resultados distintos. Neste sentido, alguns índices tendem a apresentar diminuição de coeficiente para definir o resultado mais coerente de grupo, como, por exemplo, Hartigan index, Silhouette index e Calinski & Harabasz index (tabela 3). De todo modo, foi o modelo $H(k-1) - H(k)$ que apresentou o coeficiente mais adequado da variabilidade dos dados. Deste modo, nesse estudo, considerou-se a proposição de duas estações distintas para Florianópolis.

Numero de grupo	2	3	4	5
Silhouette index	0,169	0,175	0,180	0,119
Hartigan index (H)	2,227	2,056	1,403	1,477
$H(k-1) - H(k)$	1,389	0,171	0,652	-0,074
Calinski&Harabasz index	3,616	3,143	3,026	2,735

Tabela 3: Determinação do número ideal de agrupamentos por meio de índices de validação

Fonte: Elaborado pelo autor, 2024. Em negrito o índice de validação com melhor desempenho.

Após a aplicação a técnica de agrupamento, obteve o dendograma das precipitações mensais (Figura 14), sendo que o primeiro corte subdividiu a série histórica em duas estações, corresponde a abril, maio, junho, julho, agosto e setembro, como um conjunto de meses que formam a estação menos chuvosa ou de transição, e a outra que compõe os meses de outubro, novembro, dezembro, janeiro, fevereiro e março, para a estação chuvosa.

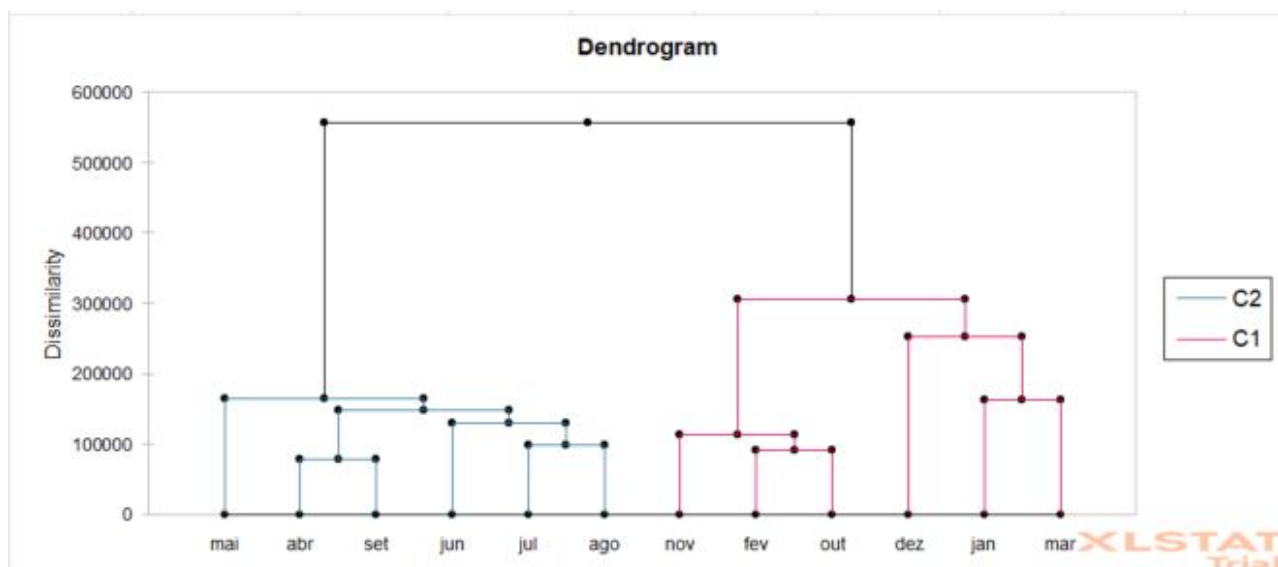


Figura 14: Dendrograma que demonstra a sazonalidade da chuva anual média em Florianópolis
Fonte: Elab. Autor

A título de síntese, a participação média dos trimestres de verão (janeiro, fevereiro e março), outono (abril, maio e junho), inverno (julho, agosto e setembro) e primavera (outubro, novembro e dezembro), é em torno de 33,6%, 19,1%, 19,0% e 28,2%, respectivamente. Se considerar duas estações, a estação menos chuvosa (outono e inverno) participa com 38,1% da precipitação total anual, e a chuva (primavera e verão) com 61,9%.

O regime esperado para Florianópolis, segundo o dendrograma demonstrado na figura 14, afirma o caráter de monções da América do Sul, com picos mais elevados no verão do hemisfério sul, com redução durante o inverno. O gráfico para o ano de 2008 (figura 15) apresenta um padrão conforme tal característica, mas que apresenta o pico máximo em novembro por influência de um evento extremo que atingiu, além de Florianópolis, também o litoral norte catarinense e o baixo vale do Itajaí (Silva, 2016).

Na perspectiva de Grimm (2009a), essa característica pode ser explicada em parte por que o centro-leste de Santa Catarina, onde Florianópolis está situada, apresenta em média um período chuvoso que abrange dezembro a março associado à atuação da monção da América do Sul. Como o sul do Brasil é uma área de transição, o máximo de chuva pode ocorrer em duas vezes por ano (ocorre de forma bimodal), visto que sistemas atmosféricos tropicais e extratropicais influenciam as

instabilidades na região, definindo um intervalo de redução das chuvas entre os picos de máxima precipitação.

Como observado, o regime normal de chuvas em Florianópolis pode apresentar similaridades de regime do tipo tropical típico (com verão chuvoso e inverno menos chuvosos ou seco). Neste aspecto, considera-se que o período de maior ocorrência de máximo mensal é o verão, sendo o mês de janeiro o mais frequente, enquanto o inverno é o período de maior ocorrência de mínimos mensais, sendo junho o representativo. O regime observado no ano de 2008 mostra essa correspondência (Figura 15).

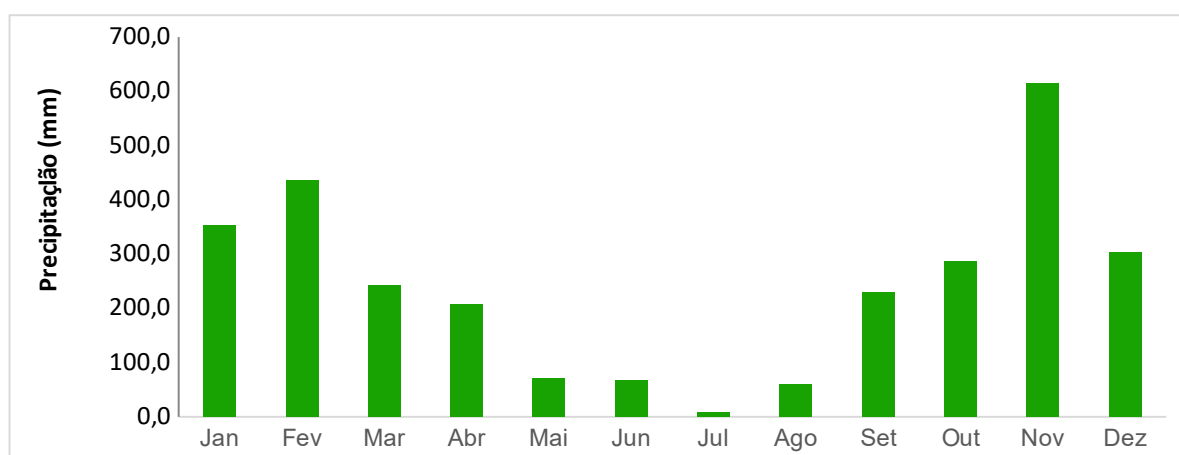


Figura 15: Gráfico de acumulado mensal de chuva em 2008 em Florianópolis.

Fonte: Inmet

Contudo, regimes excepcionais que apresentam uma concentração das chuvas em outros para além do caráter bimodal, e que demonstram características típicas do clima subtropical, pode ser observada em anos em que as variações são unimodais, trimodais e até amodais. Ocorre que nem sempre o regime pluviométrico de Florianópolis é similar ao que se espera em termos médios ou na sequência temporal típica do regime tropical. Sobre esse aspecto, ainda com base na figura 15, a posição dos meses no âmbito da dissimilaridade indica que sazonalidade existe, mas que não contempla distinções muito particulares. Esse argumento é bem representativo quando se observa a diferença dos regimes anuais (Figura 16).

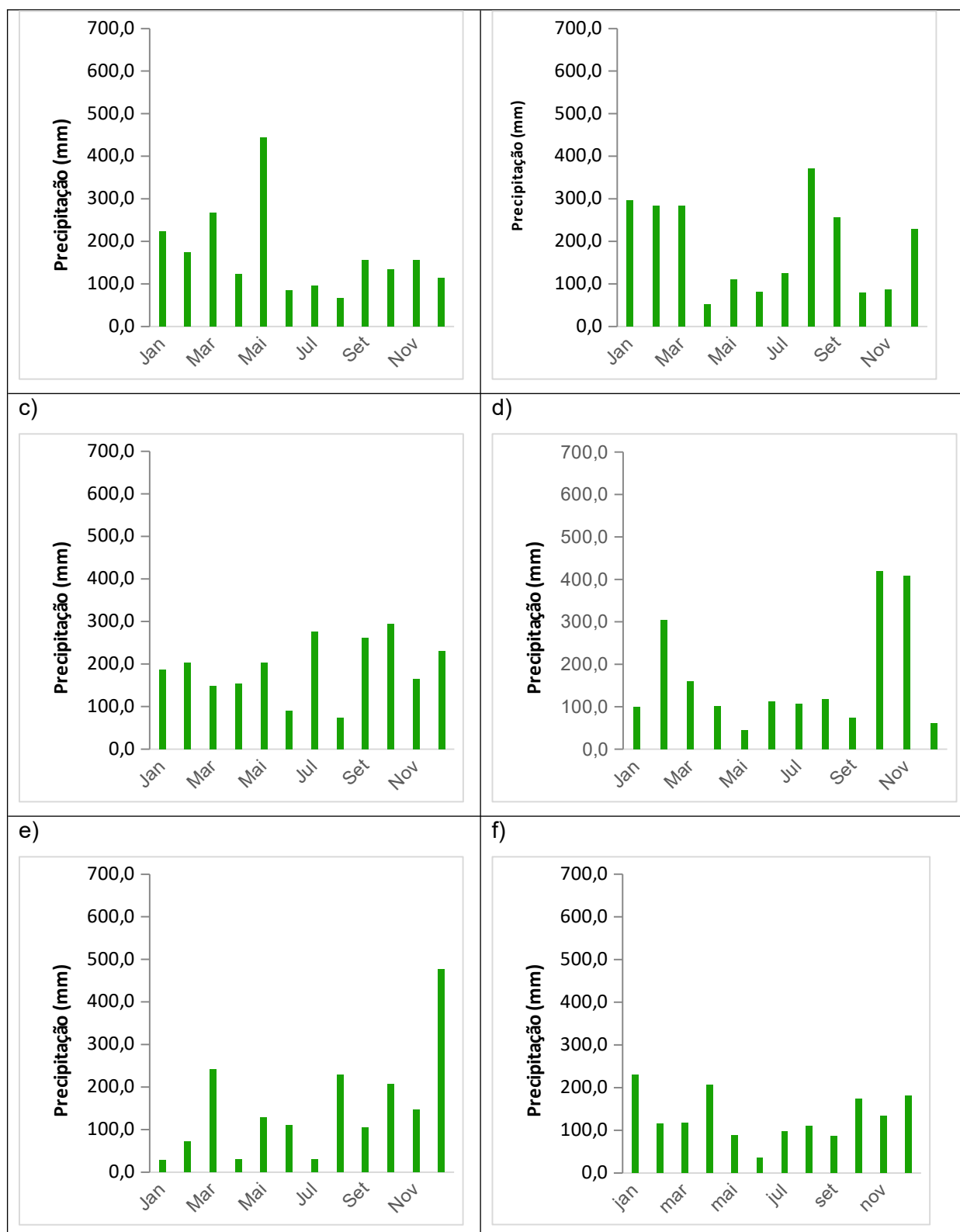


Figura 16: Gráficos de acumulado mensal de chuva em Florianópolis em 2010 (a), 2011 (b), 2015 (c), 2023 (d), 2022(e), e 2002 (f) .

Fonte: Inmet

No ano de 2010, o máximo de precipitação se deu no outono, com destaque para o mês de maio (Figura 16a), inclusive esse ano foi marcado pelo evento que gerou o maior volume diário da série histórica, 253 mm (Inmet, 2024). Em 2011

(Figura 16b) o pico máximo anual da chuva se deu no inverno (agosto), que teve relação com o desastre observado no início de setembro quando o Vale de Itajaí passou por uma grande enchente (Prieto *et al*, 2018). No primeiro o regime foi unimodal, e no segundo bimodal bem diferente da sazonalidade típica do mundo tropical.

Em 2015 e 2023, Figuras 16c e 16d, o máximo de precipitação ocorreu na primavera, no mês de outubro, mas os regimes pluviométrico nesses anos diferiram entre si. Enquanto em 2015 os patamares de chuva foram constantes, reduzindo somente em junho e agosto, em 2023 a redução pluviométrica foi persistente, contemplando os meses de março a setembro.

Outro aspecto a considerar é que mesmo janeiro apresentando as maiores médias, em alguns anos, a redução dos valores foi bastante importante, como em 2023 e 2022 (Figura 16d e 16e). Destaca-se que o evento de 2022 ainda pode ser relacionado a um evento de onda de calor na Região Sul, oriunda de bloqueios atmosféricos que tendem a reduzir de forma significativa a precipitação (Junges *et al*, 2022). Há também o caso de anos em que regimes pluviométricos podem ser considerados amodais (sem pico evidente ou marcado de chuva), como observado no ano de 2002 (figura 16f).

Esses resultados contribuem com a interpretação de Nascimento e Collcishonn (2021), Pereira e Nascimento Jr. (2022), e Goudard (2023), que demonstraram que o regime pluviométrico na Região Sul, e em Florianópolis em particular, apresenta característica de não-homogeneidade das chuvas no mundo subtropical.

3.2 A variabilidade pluviométrica e a variação interanual

Se o regime é notadamente o conceito que apresenta o clima em termos de médios e do que se espera em valores de chuva mensais, abrangendo aquilo que é observado dentro de um espaço de um ano, por outro lado, a variabilidade contempla aspectos de variações dentro do ano (intra-anual) e até entre anos (interanual) (Pinto e Aguiar Neto, 2008).

O conceito de eventos extremos nesta dimensão ganha uma variedade de perspectivas, uma vez que, na variabilidade abrange a participação de um conjunto

importante de processos que se manifestam em escalas de tempo e espaço bastante diversas, pode designar a gênese de um evento extremo a partir de uma mistura de controles e mecanismos locais, regionais e remotos que interferem no regime, ou que atuam em conjunto e em sequência com outros anos, construindo a variabilidade (Monteiro, 1971).

Atualmente, o estudo da variabilidade climática pode abranger desde períodos de curta duração — correspondentes à era contemporânea, quando os instrumentos meteorológicos passaram a permitir medições sistemáticas — até escalas geológicas e históricas (Nunes e Lombardo, 1995; Mendonça e Danni-Oliveira, 2007).

Trata-se aqui do conceito que tem sido amplamente utilizado para explicar a ciclicidade dos padrões atmosféricos e as periodicidades do fenômeno climático, além de representar os mecanismos relacionados às mudanças climáticas. Nele são incumbidas as observações em escalas diárias, mensais, anuais, decadais e até milenares, e configuram oscilações intrínsecas à dinâmica atmosférica e seus processos físico-químicos de troca de energia com a superfície terrestre (Sant'anna Neto, 2013; Nascimento Jr, 2017, p. 96).

Adentrar a variabilidade é um exercício de primeira importância para uma concepção que se pretenda abstrair o fenômeno climático em sua natureza dinâmica e, sobretudo, compreender as dinâmicas atmosféricas responsáveis pelas ocorrências de excepcionalidades nos regimes ou de identificar os mecanismos que estruturam os regimes excepcionais.

Assim, no âmbito dos estudos sobre variabilidade climática, as teleconexões podem ser compreendidas como mecanismos fundamentais de regulação do clima. Elas se manifestam por meio de oscilações climáticas ou padrões atmosféricos observados em regiões remotas e constituem uma importante ferramenta para a avaliação de alterações e tendências no contexto das mudanças climáticas (Sant'Anna Neto, 2013; Cavalcanti e Ambrizzi, 2009; Nascimento Jr., 2017).

A tendência climática pode apontar as implicações locais e regionais das mudanças climáticas globais (Liberato e Brito, 2010). As mudanças climáticas se mostram com um caráter de múltiplos impactos, pois as alterações na dinâmica natural do clima podem levar a consequências do curto ao longo prazo, pondo em xeque a resistência dos ambientes terrestres e marinhos, levando até a uma ameaça

para os diferentes biomas e atingirem, eventualmente, o ambiente socialmente construído (Marengo e Souza Júnior, 2018).

3.2.1 Padrões e mecanismos da variabilidade

O principal modulador da variabilidade interanual das chuvas no Brasil é o ENOS, que atua como o principal mecanismo responsável por alterar os regimes pluviométricos, resultando em totais de precipitação acima ou abaixo da média esperada. No país, a fase quente do ENOS, El Niño, provoca o aumento das chuvas nos setores sul e redução no norte e nordeste do país, e o contrário ocorre na La Niña, na fase fria (Grimm, 2009a).

No sul do Brasil, em particular, a influência do ENOS marca o desvio na chuva, sendo positiva em momentos da fase quente, e negativa na fase fria (Grimm, 2009a; 2009b). Tal variabilidade está associada à ocorrência de enchentes no Rio Grande do Sul e em Santa Catarina, sendo a frequência maior nas estações de transição, como é o caso do estado catarinense em eventos que marcaram cidades, como Blumenau, em 1983, sob El Niño, e, em 2008 e 2011, sob La Niña, a partir de fenômenos atmosféricos distintos em cada fase da oscilação (Duarte, 2017).

Isso é observado no Rio Grande do Sul e se reflete em enchentes que ocorreram, como a de 1941, que se passou em período de El Niño, assim como a de 2024. A variabilidade mostra que na primavera a região norte do estado apresenta melhor distribuição, enquanto no setor sul é o inverno. Já o outono mostra uma irregularidade marcada, enquanto no verão tal irregularidade é observada no sudoeste do estado.

Grimm (2009b) analisou a flutuação da variabilidade pluviométrica utilizando o período de 1955-2000 e associou aos efeitos do ENOS. Em seu trabalho, no outono observam-se anomalias negativas no interior da Região Sul, e em contrapartida, o inverno possui anomalias positivas no estado em sua totalidade, estação essa que caracteriza ao período menos chuvoso do ano para grande parte do estado de Santa Catarina (com exceção do extremo-oeste onde há uma boa distribuição de chuvas, mais ou menos homogêneas, durante todo o ano).

Ainda conforme a autora, “[...] o primeiro modo de variabilidade mostra variações em sentidos contrários nessas regiões, relacionadas com eventos ENOS, como

mostra a correlação com TSM no oceano Pacífico” (Grimm, 2009b, p. 359), ou seja, para o estado de Santa Catarina, no contexto da Região Sul, existe uma relação diretamente proporcional entre o aquecimento/resfriamento do Pacífico e as anomalias positivas/negativas de chuvas, respectivamente.

Durante o inverno, assim como nas estações de transição (ou seja, no semestre frio, de maio a setembro), ocorrem condições baroclínicas mais intensas sobre o Sul do Brasil, devido ao maior gradiente latitudinal de temperatura na região. As ondas baroclínicas nos ventos de oeste trafegam normalmente em latitudes médias, mas são intensas no inverno e deslocadas em direção aos subtrópicos, causando frequente ciclogênese (formação e intensificação de centro de baixa pressão) e maior penetração de frentes (Grimm, 2009b, p. 359).

Na primavera, são observadas também anomalias positivas na precipitação para toda Região, oriunda, sobretudo, pelo forçamento e recorrência de Complexos Convectivos de Mesoescala, além da frequente formação de ciclones (Grimm, 2009b, p. 360). Já o verão manifesta uma distribuição espaço-temporal inversamente proporcional à primavera, indicando pouco forçamento de teleconexão remota.

No que tange a variabilidade diretamente relacionada ao ENOS, o mês de novembro ganha destaque com elevadas anomalias positivas na precipitação, que são, em grande parte, enfraquecidas no mês de janeiro. No outono de El Niño, sobretudo no mês de abril, apresenta leve aumento da precipitação no Sul do Brasil, e tal aumento também é notável na primavera, enquanto o efeito de La Niña não se manifesta de maneira tão intensa. Segundo a autora, durante anos de El Niño, os episódios do fenômeno tendem a persistir ao longo do outono, com anomalias positivas mais evidentes no inverno (Grimm, 2009b).

Além disso, o “[...] par ciclone-anticiclone subtropical fortalece o jato subtropical e a advecção de vorticidade ciclônica sobre o Sul do Brasil, favorecendo um movimento ascendente” (Grimm, 2009b, p. 365). Como consequência, também são favorecidas as condições para formação de CCMs, que já são frequentes no oeste de Santa Catarina.

Jorge (2015) analisou a dinâmica pluvial do clima subtropical com enfoque na variabilidade e tendência no sul do Brasil. Seu trabalho fornece subsídios para uma análise dos sistemas atmosféricos com associação das oscilações remotas que desempenham um papel fundamental na distribuição de chuvas no subtrópico. O

autor utilizou dados pluviométricos de 635 estações meteorológicas para um período de 35 anos (1977-2011).

Dentre as teleconexões cujos efeitos relacionam diretamente com a precipitação de Santa Catarina seria também o ENOS, manifestado em episódios de El Niño e La Niña, e cuja influência ultrapassou a 60% para além da média histórica somente no ano de 1983. Esta configuração da precipitação estaria associada aos jatos tropicais, que ficam mais intensos com o aquecimento da temperatura entre o Equador e os Polos. Nesse caso, o aquecimento dessas correntes criaria um bloqueio para o avanço dos sistemas frontais, que ficam estacionadas no subtropical e, por conseguinte, aumentam as condições para a formação de sistemas de mesoescala, gerando uma anomalia positiva na precipitação (Jorge, 2015, p. 100).

Já nos anos de oscilação positiva, quando na ocorrência de La Niña, grande parte do estado de Santa Catarina apresenta uma diminuição da precipitação em relação à série histórica, sendo esta diminuição mais intensa no extremo oeste e centro sul do estado, para o episódio de 1988, e mais no interior do estado, no episódio de 2008, porém, em menor intensidade. Mesmo com o decréscimo da precipitação nos eventos de La Niña, ainda assim são observados totais positivos, sobretudo na região litorânea do estado, abrangendo somente a porção norte de Santa Catarina, em 1988, e o litoral quase em sua totalidade, no ano de 2008.

Pode-se considerar que o ENOS, em sua fase fria, favorece o enfraquecimento das correntes que promovem a precipitação durante a primavera, além do enfraquecimento da Baixa do Chaco, que é grande responsável pela umidade no interior do estado. Assim, cria-se um terreno fértil para a formação de um movimento anticiclônico no sul do Brasil, causando períodos de seca na região (Grimm, 2009b; Jorge, 2015).

Jorge (2015) também avaliou a tendência linear da série histórica e observou aumento do total precipitado na região na ordem de aproximadamente 100mm, com mais de 95% de significância estatística. E especialmente para o Estado de Santa Catarina, a grande maioria das estações pluviométricas apresenta tendências positivas, sobretudo no litoral, onde é verificado mais de 15% de postos pluviométricos que apresentaram tendências significativas. Já no extremo oeste, a análise Mann-Kendall e Pettit apontam áreas que não chegam a apresentar o mínimo de 5% de tendência, seja ela positiva ou negativa.

Segundo o autor, a explicação para essa configuração estaria atribuída à:

- 1) Na zona costeira de Santa Catarina, o aumento dos totais pluviométricos nos últimos anos ocorre principalmente na primavera e no verão. A interpretação é de que, nos últimos anos, foi notório o aumento da umidade oriunda do oceano Atlântico em decorrência do aumento de sua temperatura e, conseqüentemente, aumenta a frequência de massas tropicais atlânticas e as chuvas convectivas;
- 2) O meio-oeste catarinense seria uma zona com influência direta do ENOS, quando na sua ocorrência, chega a ultrapassar mais de 50% do que o habitual. Seria esta influência a principal responsável pelos resultados positivos na região;
- 3) Já o extremo oeste do estado, teria sofrido, nos últimos anos, uma diminuição no registro de passagem de Frentes Frias no período de análise, justificado na leitura de boletins climatológicos.

“Este fato seria o responsável pela diminuição das chuvas entre o verão e o outono, mas as tendências ainda se manteriam positivas em decorrência das frequentes condições de ciclogênese na Baixa do Chaco e conseqüente formação de CCM” (Jorge, 2015, p. 128).

Minuzzi (2010) também estudou a precipitação pluviométrica para o estado de Santa Catarina durante os eventos do ENOS em escala mensal. Sua análise considera os dados mensais de 25 estações pluviométricas e os valores mensais da TSM para o período de 1960-2004, excluindo o período de julho a agosto, por se tratar de um período que envolve o início e/ou o final de um evento ENOS.

O trabalho, com enfoque na precipitação mensal, utilizou a distribuição dos desvios normalizados obtida pelo valor médio de chuvas nas estações meteorológicas, utilizando a cronologia de ocorrências do El Niño e da La Niña, atribuindo intensidades moderada e forte. Os resultados conferem uma configuração de chuva com períodos chuvosos em quase todos os meses, distribuídas nas diferentes regiões do estado e, por vezes, abrangendo o território catarinense em sua totalidade, como é o caso do mês de maio.

No mês de setembro há uma distribuição excepcional da precipitação, com tendências de chuvas abaixo do habitual no litoral. Os meses de dezembro e abril (este último, não representado cartograficamente, por sua configuração espaço-

temporal ser equivalente a dezembro), por sua vez, não sofrem anomalias em sua precipitação.

Sobre a dinâmica das chuvas no período de La Niña, destaca-se o mês de novembro, que “[...] além das chuvas abaixo da média envolverem todo o estado, em grande parte dele, os desvios normalizados alcançam a classificação de ‘Muito seco’ (Minuzzi, 2010, p. 117).

Minuzzi (2010) conclui destacando os seguintes pontos: 1) Em anos de El Niño, as chuvas de setembro ficam abaixo da série média climática no Litoral de Santa Catarina, enquanto novembro e maio tendem a ser períodos “chuvosos”; 2) Em anos de La Niña, os volumes de chuvas em outubro e novembro ficam abaixo dos valores habituais, em contraste com abril e maio, meses chuvosos (Minuzzi, 2010).

Em síntese, para Santa Catarina, o regime sofre variação conforme as fases do ENOS, marcando um aumento de chuva na primavera em momentos de El Niño e diminuição em momentos de La Niña, enquanto os extremos diários não encontram relação com tal oscilação, podendo ocorrer em qualquer momento anualmente (Minuzzi, 2018).

Marques (2010), ao estudar a precipitação anual na Bacia do Rio Tubarão, localizada no sul do Estado de Santa Catarina-SC, por meio dos dados de seis estações pluviométricas para a série histórica de 1946 a 2006 e as TSMs representadas pela ODP, observou, a partir do cálculo da regressão linear simples, que os resultados indicaram um incremento expressivo da precipitação no primeiro trimestre (verão) e no quarto trimestre (primavera). O autor constatou que houve influência da ODP na variabilidade da precipitação no sul de SC, e destacou também a ação humana, que, em virtude das alterações ambientais, intensificou a distribuição das chuvas na área de estudo.

Ramos (2023) abordou a influência da variabilidade da chuva sobre a vazão do rio Cubatão do Sul, na Grande Florianópolis, analisando anos de padrão selecionados dentro de três séries distintas, que vão desde 1946 a 2020. A autora realizou um estudo do ritmo atmosférico, onde, para o período chuvoso analisado, há o predomínio da passagem de massas polares e suas respectivas frentes que geram as chuvas. A autora também destaca que os anos de 2019 e 2020 apresentaram uma forte redução na chuva e logo na vazão do rio, levando a população situada em cotas elevadas da bacia a sofrerem escassez de água.

3.2.2 Padrões anuais e variabilidade das chuvas em Florianópolis

No que se refere à variabilidade da precipitação no período de 2002 a 2023 em Florianópolis, pode-se observar que a série histórica apresenta grandes flutuações nos valores mensais ao longo dos anos, com alguns períodos de maior intensidade, especialmente em 2008 e 2023, que sugerem serem os maiores valores extremos. Outros eventos importantes, como 2008, com picos notáveis em fevereiro (436 mm) e outubro (614 mm), e no ano de 2023, no mês de outubro (419 mm). Esses valores se destacam como possíveis eventos extremos ou picos sazonais que não se repetem com a mesma magnitude em outros anos (Figura 17).

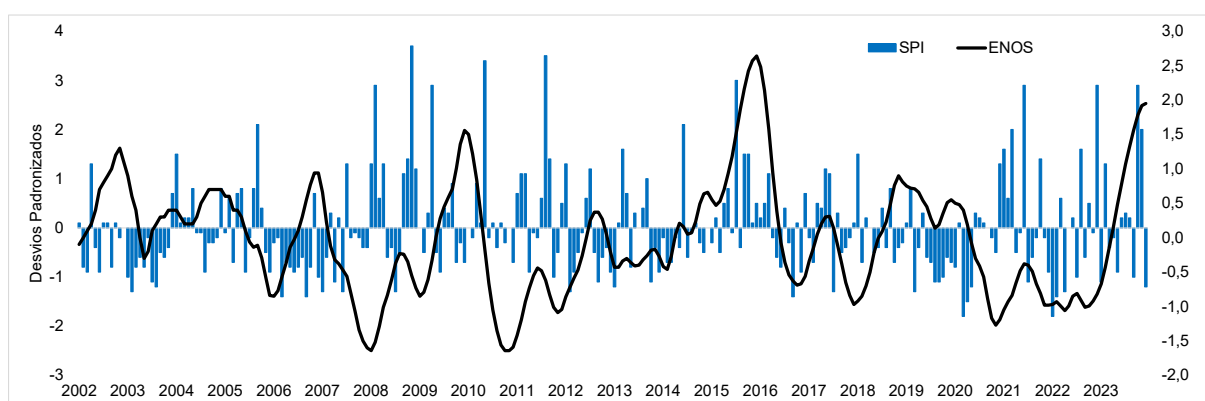


Figura 17: Variabilidade da chuva para Florianópolis entre 2002 a 2023 conforme o SPI e relação com a variabilidade do ENOS

Fonte: Elab. Autor a partir de dados do Inmet. Os números na parte inferior representam os anos da série desde 2002 a 2023

Alguns padrões sazonais são observados como picos recorrentes entre outubro e dezembro em vários anos, e os meses de fevereiro a maio também apresentam certa consistência de valores mais elevados, sugerindo uma tendência de alta também nesse período. Essa oscilação sugere indicar a seguinte organização de fases secas, com constância de valores negativos e outras fases úmidas, com predominância de valores positivos:

1. Fase seca: 2002 a 2007 – 5 anos
2. Fase úmida: 2007 a 2011 – 4 anos
3. Fase seca: 2011 a 2015 – 4 anos
4. Fase úmida: 2015 a 2016 – 1 ano
5. Fase seca: 2016 a 2019 – 3 anos

6. Fase úmida: 2019 a 2023 – 4 anos

A série histórica mostra uma variação considerável, com alguns anos apresentando picos muito mais acentuados do que outros. Essas oscilações podem estar associadas a fatores sazonais ou aos modos de variabilidade, como por exemplo em relação às fases do ENOS, que em Florianópolis pôde ser associado com os acumulados do segundo semestre de 2023. Os meses de outubro e novembro acumularam mais de 400 milímetros cada, chamando a atenção para a ocorrência de CCMs, em consonância com Duarte (2017), que mostra essa dinâmica em períodos de El Niño.

No ano de 2022, em fase fria, houve uma tendência de ser abaixo da média, mas apresentando um pico de mais de 400 milímetros em dezembro, o que mostra a concentração das chuvas também em anos de La Niña. O mesmo vale para anos como 2010 e 2011, em que também ocorre uma concentração em maio e agosto, respectivamente.

No que se refere ao período de retornos, a Figura 18 apresenta a distribuição dos valores e indica que as precipitações mensais entre 6 e 200 mm são os volumes mais frequentes na série. A partir deste patamar, e especialmente os últimos 10 a 20 casos, a curva acentuada indica que eventos acima de 300 mm são mais raros. O valor com período de retorno de 20 anos é o que ultrapassa os 600 mm, o que mostra que esse é um evento raro e atípico, tendo em vista os demais anos observados na série histórica.

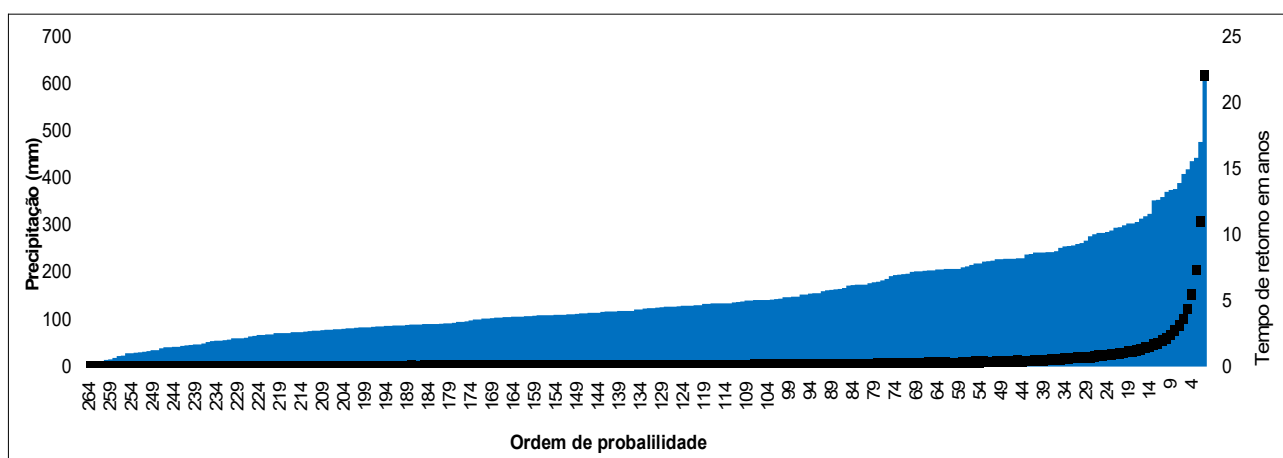


Figura 18: Probabilidade e período de retorno da precipitação mensal

Fonte: Inmet. Elaborado pelo autor

E as classificações de anos-padrão dadas pelas diferentes técnicas (Desvio Padrão, Quartil, Quantil, Sturges, Boxplot e Consenso) mostram bastante consistência em muitos anos, sugerindo uma boa confiabilidade nos resultados. Em anos como 2016, por exemplo, todos os modelos concordam que foi um ano habitual (H), e 2022 um ano chuvoso (C), e 2006 um ano seco (S) (figura 19).

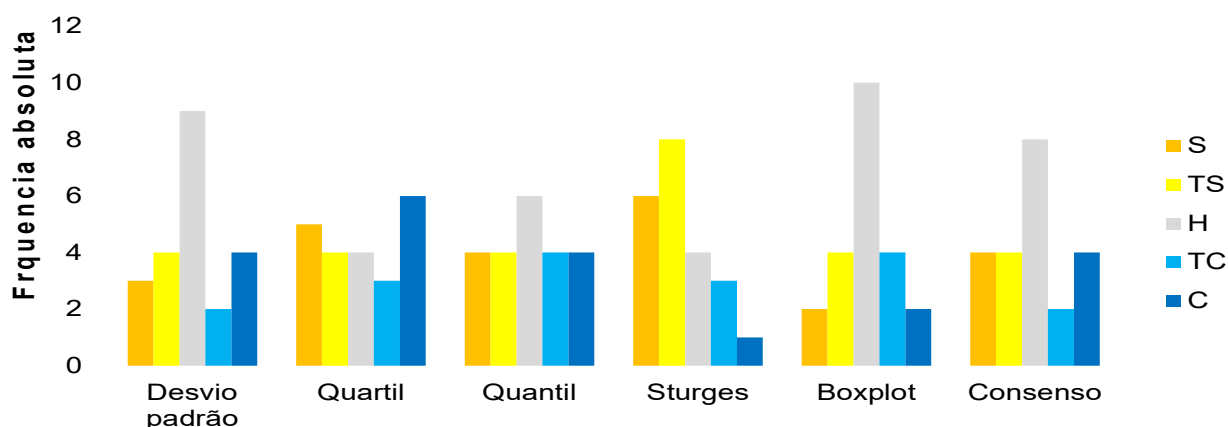


Figura 19: Numero de anos-padrão classificados de acordo com as técnicas utilizadas
Fonte: Elab. pelo autor a partir do Inmet

Há alguns anos que as classificações divergem entre métodos. Por exemplo, em 2002, a técnica do Boxplot classificou o ano como "H" (habitual), enquanto os demais métodos o classificaram como "TS" (tendente a seco). Isso pode ocorrer devido à sensibilidade de cada modelo a *outliers* ou variações sazonais mais isoladas ou que ocorrem além ou aquém dos níveis de rigor exigido.

Para situar os anos padrão a serem estudados, o quadro 10 apresenta uma comparação entre as cinco técnicas de classificação, chegando a um nível de consenso para uma classificação final, e indica que os trimestres chuvosos, em grande frequência, ocorrem na combinação entre janeiro, fevereiro, março e dezembro (verão), com momentos em que pode incluir meses fora do período habitual, conforme já trabalhado no estudo do regime. O trimestre menos chuvoso pode ocorrer entre junho, julho e agosto (inverno), que aparecem consistentemente como os menos chuvosos, com momentos em que pode ocorrer também fora do período.

Anos	Trimestres chuvosos	Trimestres menos chuvosos	Desvio padrão	Quartil	Quantil	Sturges	Boxplot	Consenso
2002	jan, abr e dez	jun, mai e jul	TS	TS	TS	TS	H	TS

2003	dez, mar e jan	ago, jul e mai	S	S	S	S	S	S
2004	jan, dez e mar	ago, jul e jun	H	TC	TC	H	H	H
2005	set, fev e jan	jun, jul e nov	H	TC	TC	H	H	H
2006	nov, jan e fev	jun, jul e set	S	S	S	S	S	S
2007	mar, jul e out	jun, abr e jan	TS	S	S	S	TS	S
2008	nov, fev e jan	jul, jun e mai	C	C	C	C	C	C
2009	abr, mar e set	jun, mai e out	H	H	H	TS	H	H
2010	mai, mar e jan	ago, jun e jul	TC	C	TC	H	TC	TC
2011	ago, jan e fev/mar	abr, out e jun	C	C	C	TC	TC	C
2012	jan, jun e jul	ago, set e fev	TS	TS	TS	S	TS	TS
2013	mar, set e fev	mai, out e dez	H	TS	H	TS	H	H
2014	jun, jan e dez	jul, mai e ago	H	TS	TS	TS	H	TS
2015	out, jul e set	ago, jun e mar	C	C	C	TC	C	C
2016	mar, dez e jan	jun, set e nov	H	H	H	TS	H	H
2017	mai, mar e jan	jul, set e ago	H	C	H	TS	H	H
2018	jan, set e mar	jun, ago e mai	H	H	H	TS	H	H
2019	fev, jan e mai	ago, jul e jun	S	S	S	S	TS	S
2020	dez, fev e set	mai, abr e mar	TS	S	TS	S	TS	TS
2021	jan, mar e jun	jul, ago e abr	C	C	C	TC	TC	C
2022	dez, mar e ago	jan, abr e jul	H	H	H	TS	H	H
2023	out, nov e fev	mai, dez e set	TC	TC	TC	H	TC	TC

Quadro 10: Trimestres chuvosos e menos chuvosos e classificação dos anos-padrão em Florianópolis

Fonte: Elab. Autor segundo o Inmet. Anos-padrão classificados como: S é seco (cor laranja); TS – Tendente a seco (amarelo); H – Habitual (sem cor); TC – Tendente a chuvoso (azul claro); C – Chuvoso (azul escuro)

Os anos classificados com padrões que refletem a tendência de serem mais secos ou mais chuvosos em nível de consenso foram: S (Seco): 2003, 2006, 2019; TS (Tendente a seco): 2002, 2007, 2012, 2020; e TC (Tendente a chuvoso): 2010, 2011, 2015, 2023, e C (Chuvoso): 2008, 2011, 2015, 2021. O ano-padrão que apresenta maior frequência é o habitual, representando 36,36% dos casos.

Os anos classificados como chuvosos (C) aparecem mais no final do período analisado (após 2015), com uma tendência de aumento na precipitação em Florianópolis, especialmente nos anos de 2021 e 2022, classificados como chuvosos. E os anos secos (S e TS) são mais comuns nos primeiros anos do

período, como em 2002, 2003, e 2006. Isso sugere que o início dos anos 2000 foi marcado por uma precipitação abaixo da média, especialmente em relação aos anos mais recentes. Essa característica pode ser induzida pela influência de modos de variabilidade, como eventos de ENOS.

A classificação dos anos padrões mostra também que os anos habituais, chuvosos e tendentes a chuvosos, podem ocorrer em ambas as fases do ENOS, mostrando também características que se refletem no regime, conforme já estudado anteriormente, como o caso do ano de 2022, que é classificado como habitual e apresenta uma tendência a ser abaixo da média, mas com uma concentração no final do período, marcando o mês de dezembro por um episódio extremo. Tais extremos diários são abordados no próximo capítulo.

3.2.3 *Tendências e mudanças no regime pluviométrico*

Os estudos sobre tendências e mudanças do regime pluviométrico em Santa Catarina são relativamente recentes, e pode-se desde já observar-se que a dinâmica climática alterada influencia diretamente as variações do regime anual de chuvas ao longo dos anos. Além das características subtropicais úmidas e bimodais, essas alterações podem implicar diretamente nos padrões históricos de precipitação ou serem também resultado de modificações associadas ao clima.

Aspectos ligados à atividade humana também podem gerar variações no clima, principalmente na escala espacial. É o caso da expansão de áreas urbanas, que geram o efeito de ilhas de calor, além da poluição, que podem gerar mudanças ambientais relacionadas aos fenômenos meteorológicos locais, conforme afirma Monteiro (2003), ao citar a influência que uma mudança local pode atingir a escala regional, como um sistema que envolve a relação do urbano com a atmosfera. Nesse contexto, estudos comparativos das normais climatológicas tornam-se essenciais para identificar possíveis alterações.

No Brasil são lançadas pelo Inmet, são baseadas em estudos que abrangem uma escala temporal de 30 anos, conforme definido pela OMM, e que o último período de análise foi de 1991-2020. Conforme Hulme *et al* (2008), as mudanças observadas nas normais climatológicas podem ser atribuídas à percepção e à cultura reproduzida pelos habitantes de diferentes espaços. No Brasil, as normais

climatológicas do Inmet são baseadas desde o período de 1931 a 1960 e sucessivamente de trinta em trinta anos.

Souza (2018) estudou a variabilidade dos dados médios de estações convencionais em Santa Catarina, conforme as normais climatológicas do Inmet, incluindo uma provisória que abrangeu de 1991 a 2017. Tal pesquisa apontou para um aumento na temperatura mínima e também na média de chuva para as sete estações levantadas.

Conforme o Inmet (2022), pelas normais climatológicas, pode se observar uma tendência em que o sul, incluindo parte de São Paulo, apresenta aumento das chuvas anuais, enquanto no nordeste ocorre o contrário, e na região amazônica há uma oscilação espacial entre aumento e redução da chuva anual.

Em outra perspectiva, Nunes e Silva (2013) estudaram a frequência dos extremos de chuva no futuro conforme tende a aumentar a média pluvial, sobretudo no leste e norte de Santa Catarina, dando destaque para as ocorrências de deslizamentos potencializados pela degradação do ambiente em consequência do crescimento urbano regional. Os autores usaram como metodologia a análise da relação entre eventos extremos nas regiões estudadas e os registros de chuva dentro de uma série histórica de 1951 a 2010, além de abordar matérias de jornais locais e o estudo de cenários futuros.

Em Santa Catarina, um estudo de Minuzzi (2010) mostrou que houve uma mudança no padrão de temperatura máxima entre 1995 e 1997, e na temperatura mínima entre 1988 e 1991. Quanto à chuva, o estado não apresentou mudança significativa, mas sim uma pequena tendência dentro da série abordada de 1950 a 2000 para quatro estações no estado.

Gotardo *et al* (2018) realizam uma análise acerca da distribuição espacial e temporal das chuvas no estado de Santa Catarina, com o objetivo de estabelecer os padrões da precipitação do estado em termos médios e analisar as tendências sazonais das chuvas para as mesorregiões do estado.

Os autores foram utilizados dados diários de 131 estações meteorológicas distribuídas pelo estado, no período de 1975-2014. Os dados foram submetidos a testes de estatística descritiva para preenchimento de falhas e para a análise de linha de tendência de precipitação, ajustada por função linear.

Gotardo *et al* (2018) destacaram que os dados apresentaram regimes bimodais e ciclicidade bianual, picos positivos e negativos da precipitação a cada

dois anos. Verificada também por Andrade *et al.* (1999). Além disso, a precipitação apresentou uma tendência positiva de precipitação, sendo que a mesorregião do Extremo Oeste foi identificada como a mais chuvosa (1955,9 mm ao ano) e a região Sul a menos chuvosa (1627,8 mm ao ano), ou seja, mais de 300 mm de variação média entre ambas. O máximo anual registrado foi atribuído também ao Extremo Oeste catarinense, enquanto o mínimo anual fica a cargo da mesorregião do Planalto Norte.

A partir dos dados estatísticos, os autores também separaram os dados por décadas a fim de realizar projeções sobre a precipitação (considerando a década de 2015-2024). Os resultados mostraram que as projeções indicam um aumento da precipitação na totalidade do estado, com destaque para a mesorregião Leste (+15,6%), Sul (+10,5%) e o Planalto Serrano (+10,4%), em contraste com o Extremo Oeste, que apontou acréscimo de 1,3%.

Os autores ainda chamam a atenção para a tendência, quase que absoluta no estado, de aumento das precipitações, fator este que deve ser considerado mais profundamente em associação com as áreas que tiveram significativas alterações pluviométricas.

3.2.4 *Tendência das chuvas em Florianópolis*

A figura 23 apresenta dados de precipitação mensal e anual das três normais climatológicas do Brasil, 1931-1960 com média anual de 1393,1 mm, 1961-1990 com média anual de 1527,5 mm e 1991-2020 com média anual de 1766 mm, e a comparação dos valores auxilia identificar as principais variações e tendências na distribuição da precipitação ao longo desse período, conforme a figura 20.

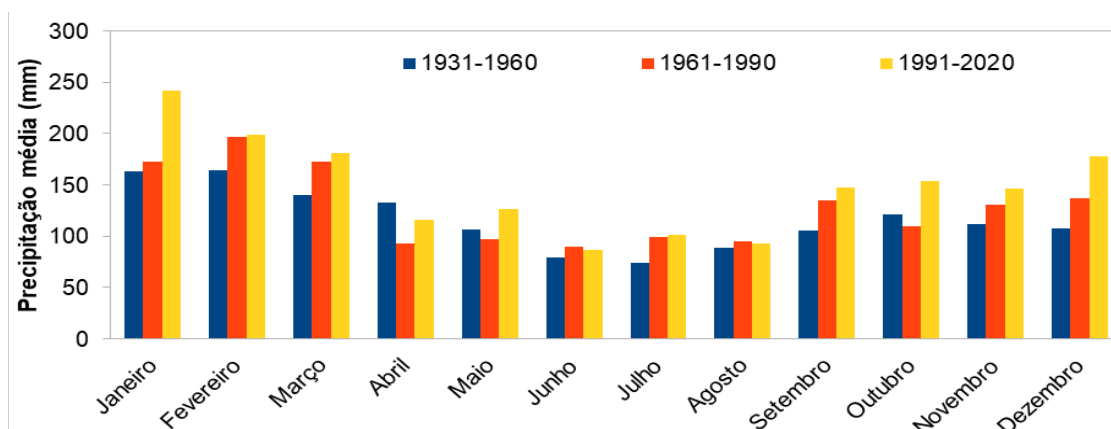


Figura 20: Variação sazonal da chuva para Florianópolis segundo as normais climatológicas
Fonte: Elab.Autorsegundo o Inmet.

De forma geral, a chuva tem apresentado aumento da média nos meses que abrangem o verão, entre dezembro e março. O maior aumento da primeira série para a última se deu no mês de dezembro, em uma taxa de 65,6%, seguido de janeiro (48,3%), março (28,5%) e fevereiro (20,7%). Para os meses de inverno, entre junho e setembro, também houve aumento na média, com oscilação em junho e agosto. Existe também um sinal desconcentração das chuvas nos meses de verão (janeiro, fevereiro e dezembro), especialmente em janeiro e dezembro, com janeiro passando de 162,7 mm (1931-1960) para 241,3 mm (1991-2020), e dezembro aumentando de 107 mm para 177,2 mm no mesmo período.

Ao expor o percentual mensal para cada série, é evidente a tendência de aumento das chuvas entre dezembro a março, enquanto o inverno entre junho e agosto apresenta tendência a ser mais seco considerando o total anual. Demonstra-se que, pelo regime pluviométrico anual, existe uma tendência de que o clima de Florianópolis vem adquirindo características mais próximas ao regime tropical, o que também pode ser observado quanto ao percentual médio mensal conforme a tabela 5 a seguir, onde os meses que abarcam o verão no hemisfério sul apresentam mais de 10% cada.

Os dados apresentados na Tabela 4 corroboram as observações sobre o regime anual de precipitação: os gráficos anuais, incluídos no Apêndice A, evidenciam que o inverno corresponde à estação seca no município, enquanto o verão tende a registrar os maiores acumulados mensais.

Mês	1931-1960	1961-1990	1991-2020
Janeiro	11,68	11,29	13,66
Fevereiro	11,79	12,89	11,23
Março	10,07	11,33	10,22

Abril	9,52	6,08	6,56
Mai	7,66	6,34	7,15
Junho	5,68	5,86	4,89
Julho	5,32	6,51	5,71
Agosto	6,34	6,24	5,27
Setembro	7,53	8,79	8,32
Outubro	8,7	7,19	8,67
Novembro	8,04	8,52	8,3
Dezembro	7,68	8,97	10,03

Tabela 4: Percentual médio mensal de chuva em Florianópolis segundo normais climatológicas

Fonte: elaborado pelo autor com dados do Inmet

A tabela 5 mostra também os resultados do teste de Mann-Kendall e da Sen's Slope, para a análise de tendências de precipitação. Grande parte dos meses não apresentou tendência estatisticamente significativa (janeiro, fevereiro, março, maio, agosto, outubro e dezembro), e os valores de Sen's Slope indicam variações baixas, esugerem inclinações positivas ou negativas de fraca magnitude.

Período	Mann-Kendall	Sen's Slope (mm)	Data	Valor (mm)	p-valor
Janeiro	0,00	-0,046	2021	218,955	0,582
Fevereiro	0,39	0,840	2003	187,773	0,366
Março	1,12	4,625	2006	190,318	0,716
Abril	-1,69	-4,000	2018	116,364	0,419
Mai	0,24	0,707	2019	124,864	0,214
Junho	2,30	4,444	2011	131,500	0,012*
Julho	-0,30	-0,883	2016	89,727	0,572
Agosto	0,60	1,563	2008	101,545	0,570
Setembro	-0,39	-0,975	2015	147,591	0,455
Outubro	0,30	0,559	2019	164,273	0,521
Novembr o	-0,48	-0,882	2020	154,909	0,696
Dezembro	0,48	1,304	2004	181,773	0,315
Anual	0,51	8,091	2007	101,545	0,759

Tabela 5: Resultados da avaliação das tendências e alterações

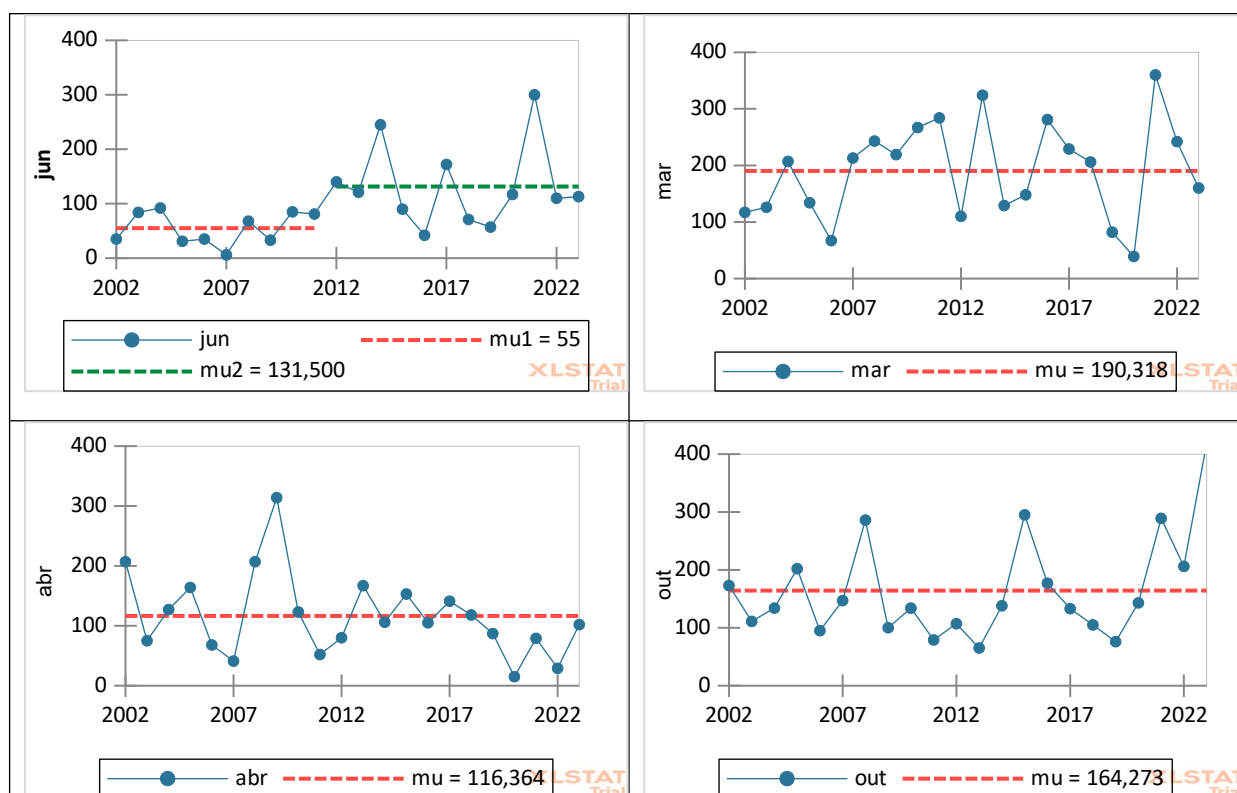
+p-valores não diferem significativamente de $\alpha < 0,1$; p-valores não diferem significativamente de $\alpha < 0,05$; *p-valores não diferem significativamente de $\alpha < 0,01$.

Fonte: Elab. Autor

Por outro lado, o mês de junho apresentou o valor de Mann-Kendall na ordem de 2,30 (tendência positiva) para o mês de junho, sendo estatisticamente significativo ao nível de diferença $\alpha > 0,05$, indicando uma tendência positiva no aumento da precipitação, com magnitude média de 4,44 mm (valor de Sen's Slope) ao longo do período analisado. E o mês de abril, apresentou o valor de Mann-Kendall de -1,69, indicando uma tendência de redução da precipitação na ordem de α , 0,10. Embora o valor não seja muito forte, o Sen's Slope de -4,0 mm reflete uma queda moderada na precipitação mensal.

Na análise anual, o valor de Mann-Kendall anual 0,51, sugere uma tendência positiva, embora fraca, e o valor de Sen's Slope indica um aumento anual da precipitação em torno de 8,09 mm ao longo do período analisado.

Quando submetidos ao teste de Pettitt, houve registros de alterações na série histórica de junho a partir de 2012, representando um aumento da chuva para esse mês na médi (Quadro 11).



Quadro 11: Teste de Pettitt para os meses de junho (a), março (b), abril (c) e outubro (d) conforme a série de 2002 e 2023 para a chuva em Florianópolis

Fonte: Elab, Autor com base no Inmet

Ainda conforme tal teste, há possíveis mudanças de padrão para os meses de março, abril e outubro, conforme observado no final da série em cada gráfico referente a esses meses.

3.3 O ritmo climático e as variações diárias

O estudo dos extremos dentro da escala do ritmo, no Brasil, se fundamenta nos trabalhos de Monteiro (1971) que lança a abordagem da análise rítmica para definir

os extremos diários em relação à média climática dos elementos atmosféricos. Monteiro (2001) também afirma que o ritmo apresenta as excepcionalidades que ocorrem dentro de uma determinada escala temporal.

Tais excepcionalidades apresentam uma curva acentuada em relação à média, tanto positiva quanto negativa, no qual mostram que o tempo e o clima são variáveis, considerando o sistema entre a atmosfera, a superfície terrestre e os mares e oceanos.

A relação entre o ritmo climático e extremos relacionados abrange também a questão que trata da percepção ambiental, conforme aponta Nunes (2016) ao abordar os estudos e fundamentos de Monteiro relacionando com conceitos de habitual, extremo e incerteza sobre o tempo e o clima em determinado espaço.

Selmo (2020) abordou os impactos socioambientais provocados pelo ciclone subtropical Eçaí em dezembro de 2016, em Florianópolis, a partir da abordagem sinótica envolvendo a chuva, o vento e a pressão atmosférica. O autor afirma que o evento foi marcado pela intensidade do vento que ultrapassou 100 km/h e pelo número de atingidos, chegando a 1500 desalojados e dois feridos.

Como contribuição a respeito do litoral catarinense, o estudo de Prudêncio, Geremias e Veado (s.d) avaliaram o ritmo da pluviosidade, demonstrando a forte influência do relevo local sobre a chuva, situando Florianópolis com trimestre mais chuvoso de janeiro a março, e o menos chuvoso de junho a agosto.

Os padrões sinóticos que influenciam na pluviosidade do litoral de Santa Catarina estão ligados a fenômenos que se organizam conforme diferentes níveis de pressão atmosférica desde o nível da superfície ou nível do mar, passando por 500 hpa (médios níveis), chegando a 250 hpa (altos níveis). O trabalho de Munhoz (2022) identificou os padrões sinóticos ligados à chuva extrema em São Paulo para o período de 2010 a 2019.

No caso da região metropolitana do Rio de Janeiro, Moura, Escobar e Andrade (2013) realizaram o estudo de padrões sinóticos voltados à chuva extrema no período de 1997 a 2010, analisando os diferentes níveis de pressão atmosférica, conforme também é realizado neste trabalho voltado ao caso de Florianópolis.

Os padrões sinóticos que influenciam no tempo no Brasil são ligados ao ASAS, a ZCIT, a ZCAS, os JBNs, os CCMs, os sistemas frontais que podem estar ligados à ciclogênese na zona subtropical ou temperada, e anticiclones migratórios ligados à massa de ar polar, conforme expressado no trabalho de Cavalcanti *et al.* (2009)

A identificação de padrões sinóticos se diferencia da análise rítmica no estudo geográfico do clima por buscar na circulação atmosférica em diferentes níveis a resposta para a gênese de fenômenos ligada a valores que se destacam dentro de um período analisado. Já o estudo do ritmo analisa e relaciona, dentro de uma determinada série histórica, diferentes elementos climáticos, sendo estes a chuva, o vento, a pressão, a umidade, a cobertura de nuvens e a insolação.

Zavattini (2000) destaca a consideração que o estudo do ritmo dá aos fatores geográficos, como a presença do oceano e o relevo. Isso também pode ser considerado na identificação dos padrões sinóticos

Escobar, Seluchi e Andrade (2016) destacam os extremos de chuva que ocorrem no verão associados à ZCAS e à baixa do Chaco, além das frentes frias associadas à presença de um anticiclone sobre o sul da província argentina de Buenos Aires.

Duarte (2017) destaca a influência dos fenômenos ENOS e ODP, afirmando que tanto na fase quente quanto na fase fria podem ocorrer enchentes bruscas na área entre a primavera e o verão devido aos complexos convectivos ou pela advecção gerada pela atuação dos anticiclones migratórios sobre o oceano que se relacionam com fluxo de umidade oriundo da Amazônia.

Um exemplo da situação sob um complexo convectivo é o episódio de novembro de 1991 em que se registrou 400 milímetros em 24 horas (Silva, 2016), sendo o maior acumulado diário já registrado para a estação do Inmet de Florianópolis e que ocorreu em condição de El Niño. Há, também, segundo Silva (2016), o exemplo da enchente de dezembro de 1995 que ocorreu sob a situação de cavado em baixos níveis sobre a região, junto com a circulação marítima, ocorrendo sob situação de La Niña.

O episódio de 1995 em Florianópolis ocorreu juntamente com um de enxurrada nos municípios de Timbé do Sul e Jacinto Machado, sul de Santa Catarina, onde a circulação marítima gerou uma chuva pesada na escarpa da serra Geral, levando a um grande fluxo de detritos em rios da área e a consequente morte de 29 pessoas (Pellerin *et al*, 1997).

Silva (2016) também cita o episódio de janeiro de 2011 que ocorreu sob a influência de uma frente fria, juntamente a um episódio de ZCAS.

Na cultura popular de Florianópolis, as enchentes geralmente estão associadas à circulação marítima, chamada pelos nativos de “lestada”, e que desde

o século XIX vem sendo documentadas, além de ter influenciado também na localização das colônias alemãs que, no início, os imigrantes tentaram se situar em planícies fluviais próximas ao litoral, como em São José, e após enfrentarem uma grande inundação, se deslocaram para onde atualmente é o município de São Pedro de Alcântara (Fagundes, 2017).

Os eventos extremos em Florianópolis vêm ocorrendo em qualquer das três fases do ENOS, sendo que a maior parte dos episódios que levaram a impactos socioeconômicos tem ocorrido em momentos de La Niña conforme Cardoso (2017) que realizou um estudo dentro de uma série histórica de 1979 a 2015, revelando também a ocorrência de chuvas persistentes no litoral catarinense em função da influência marítima.

3.3.1 A gênese dos eventos extremos

Os extremos diários baseados no critério percentil $Q=0,99$ são apresentados a seguir na ordem decrescente e apresentando as datas respectivas. O acumulado inicial a ser analisado é partindo de 82 milímetros registrados em 5 de janeiro de 2005, 1º de janeiro de 2012 e 9 de fevereiro de 2013, até o máximo de 253 milímetros registrados em 19 de maio de 2010. Seguem os extremos levantados na figura 21, a seguir.

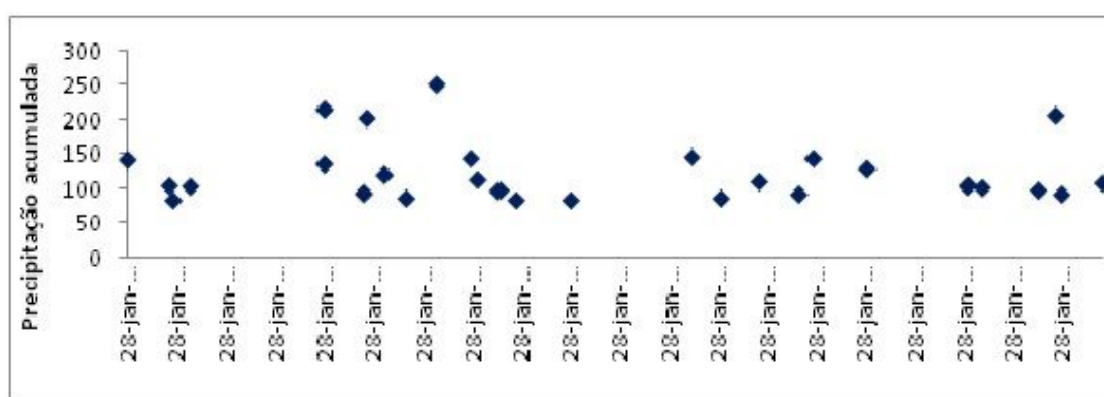


Figura 21: Extremos diários de chuva registrados na série 2002-2023 pelo percentil 99.

Fonte: Inmet (2024). Elaborado pelo autor.

Os dados demonstram que eventos extremos que desencadeiam episódios tendem a ocorrer em qualquer mês ou estação do ano, sendo o verão a de maior probabilidade. Conforme a série histórica aqui abordada, os maiores extremos

registrados ocorrem com frequência no verão, mas há ocasiões em que podem ocorrer em outra estação, como é citado o de maio de 2010, que representa o máximo da série. Esse dado mostra, conforme já abordado neste trabalho, o caráter heterogêneo do regime das chuvas no município, marcando a zona de transição climatológica da região em estudo.

Em 2008 houve três episódios que chamam a atenção. O primeiro ocorreu no final de janeiro e início de fevereiro, totalizando em dois dias 352 milímetros (Inmet, 2024), marcado pela atuação de um VCAN junto a uma corrente de jato subtropical (Silva, 2016). A autora demonstra que a segunda quinzena de janeiro de 2008 foi chuvosa, contribuindo para o elevado acumulado no mês, junto com o dia 1º de fevereiro. O quadro 12 demonstra tal evento.

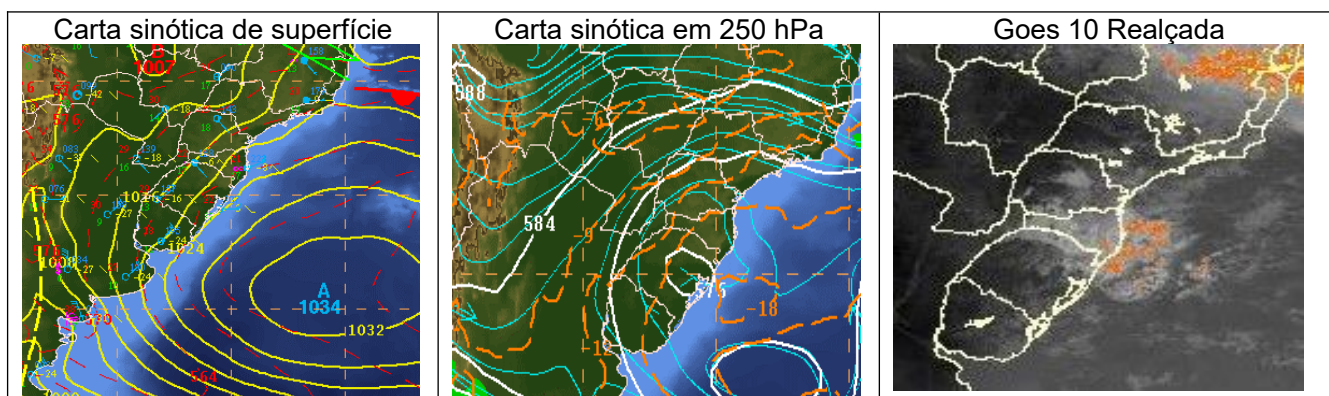


Quadro 12: Imagens sinóticas e de satélite do evento extremo de chuva do final de Janeiro e início de Fevereiro em Florianópolis

Fonte: CPTEC/Inpe

O segundo episódio em 2008, em novembro, foi nos dias 22 e 23, e totalizou 185 mm (Inmet, 2024). Tal evento está ligado ao que ocorreu, na mesma ocasião, no vale do Itajaí e no nordeste de Santa Catarina, onde no mês de novembro o acumulado total atingiu 1001,7 mm em Blumenau, desencadeando enchentes e inundações na região, além de deslizamentos de encostas, com mortes chegando a 135 (Severo *et al*, 2011). Em Florianópolis foi registrado uma morte ligada a um deslizamento de encosta que bloqueou a principal rodovia do município, gerando caos no trânsito (Silva, 2016).

Tal episódio foi gerado após um período com registro de anticiclones semi-estacionários sobre o oceano próximo ao sul do Brasil, gerando fluxo de umidade em direção do litoral catarinense, seguido da atuação de um VCAN e um cavado em médios e altos níveis nos dias 22 e 23 de novembro (Silva, 2016), conforme o quadro 13.



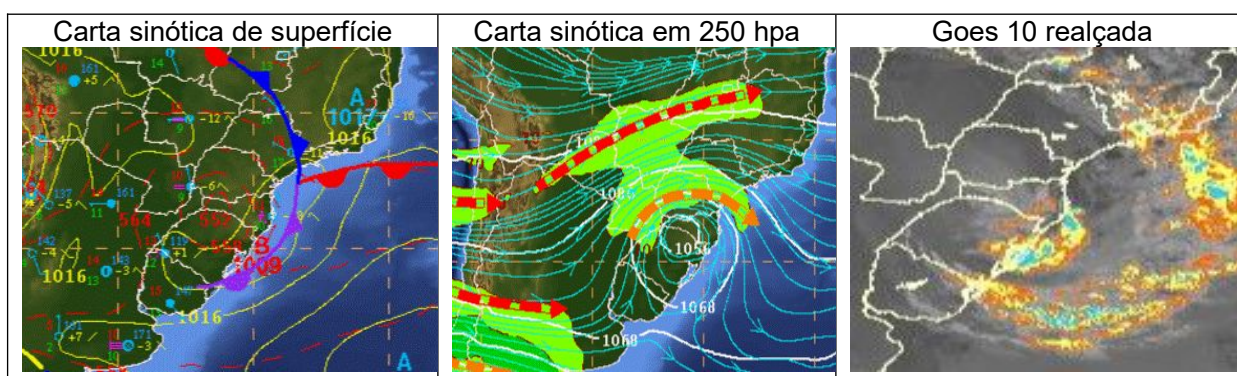
Quadro 13: Imagens sinóticas e de satélite do evento extremo de chuva em Florianópolis no final de novembro de 2008

Fonte: CPTEC/Inpe

Vale ressaltar, diante dos eventos de 2008, o trabalho de Bonetti, Cardoso e Quadro (2020) que mostra que extremos de chuva no leste catarinense estão, também, ligados a chuvas persistentes devido à circulação de umidade do oceano por anticiclones na região.

O terceiro episódio em 2008, em dezembro, não gerou grande repercussão como os anteriores mesmo com o acumulado diário elevado.

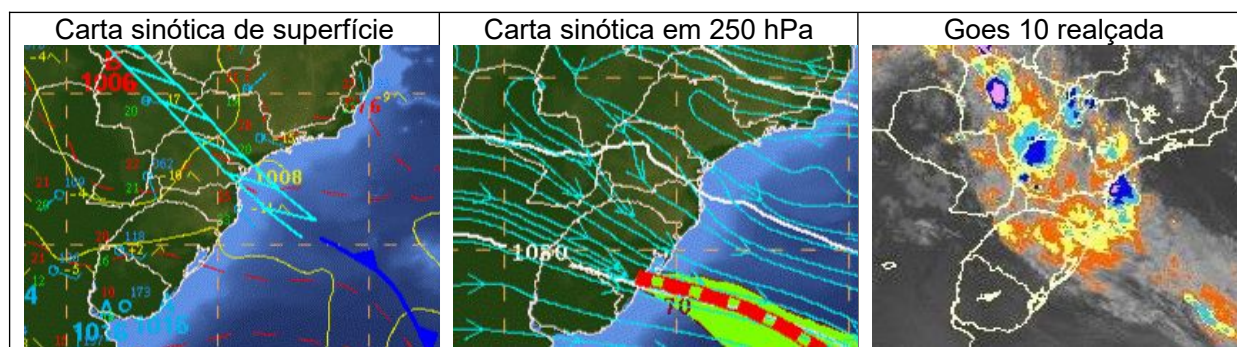
O episódio de maio 2010, com 253 mm, foi o segundo maior da série histórica da estação de Florianópolis (SEED/PR, 2010), desencadeado pela atuação de uma ciclogênese em consonância a um VCAN (Silva, 2016). Considera-se que maio de 2010 foi um mês, no geral, chuvoso, sendo o de pico máximo mensal do ano, e tal episódio levou o governo municipal a decretar emergência por conta de alagamentos, além de impactos na região da capital com desabrigados (SEED/PR, 2010). O quadro 14 demonstra o padrão sinótico para tal evento.



Quadro 14: Imagens sinóticas e de satélite do evento extremo de chuva maio de 2010 em Florianópolis

Fonte: CPTEC/Inpe

O caso de janeiro de 2011 foi gerado pela atuação de uma frente fria coincidindo com um evento de ZCAS (Quadro 15), que provocou alagamentos e transtornos em diversas regiões de Santa Catarina, incluindo a capital Florianópolis, onde se registrou 144 mm (Inmet, 2024; Silva, 2016).

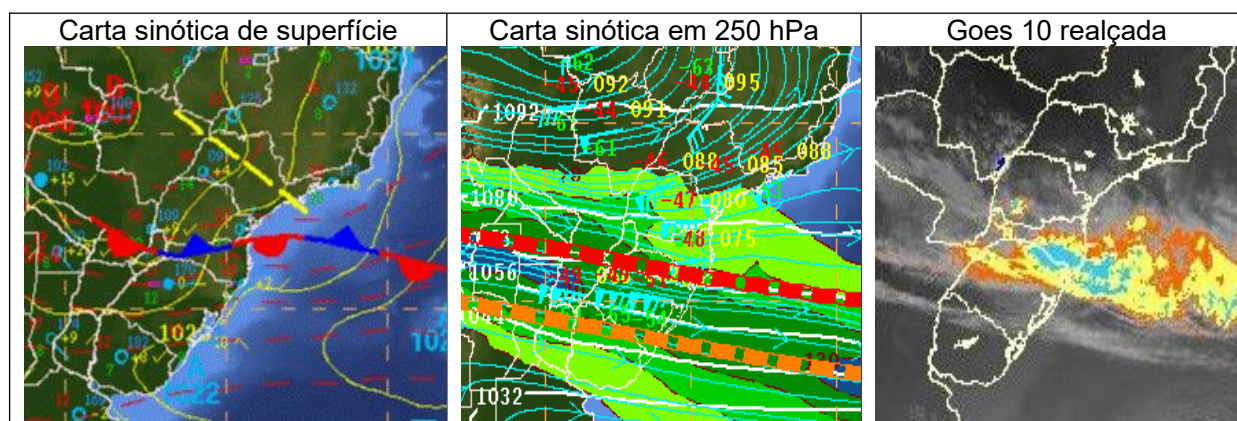


Quadro 15: Imagens sinóticas e de satélite do evento extremo de chuva em Florianópolis em janeiro de 2011

Fonte: CPTEC/Inpe

O evento de agosto de 2011 contribuiu para que o mês fosse o de maior acumulado no ano, tanto em Florianópolis quanto o restante do estado de Santa Catarina, devido à passagem de uma série de sistemas frontais (Globo, 2011).

No início de setembro de 2011, após um mês de agosto que registrou o máximo mensal do ano, o evento do dia 8, que acumulou 97 mm, ocorreu pela atuação de uma frente fria semi-estacionária, que se combinou com o fluxo de umidade amazônica (Inmet, 2024, Prieto *et al.*, 2018) (Quadro 16). Os autores reiteram que esse episódio gerou grande impacto no vale do Itajaí em municípios como Blumenau e Rio do Sul, considerando o mês antecedente que foi de acumulado acima da média para Santa Catarina.

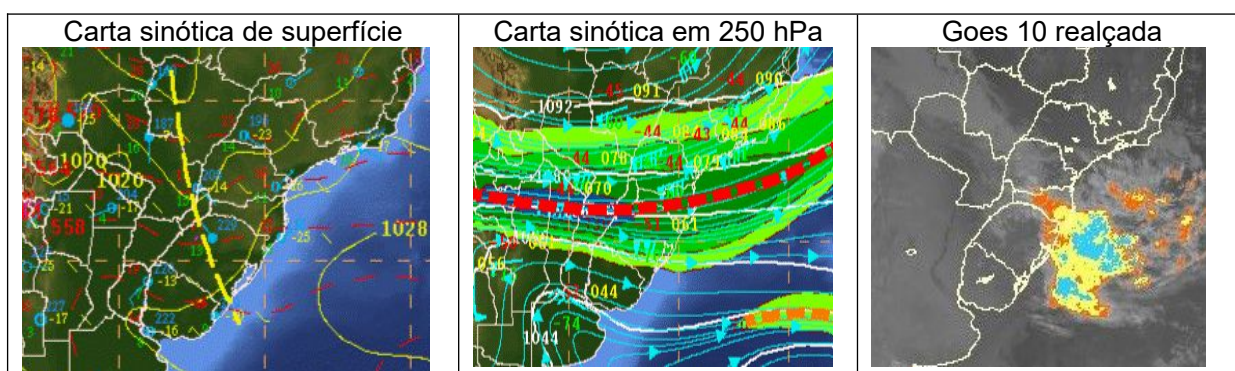


Quadro 16: Imagens sinóticas e de satélite do evento extremo de chuva em Florianópolis em setembro de 2011

Fonte: CPTEC/Inpe

O episódio de setembro de 2011, assim como os de 2008, demonstra o que é afirmado por Duarte (2017) quanto à gênese de extremos de chuva no estado para o período a partir de 1999, quando há uma maior presença do fenômeno La Niña, associado também com a presença da fase negativa da ODP.

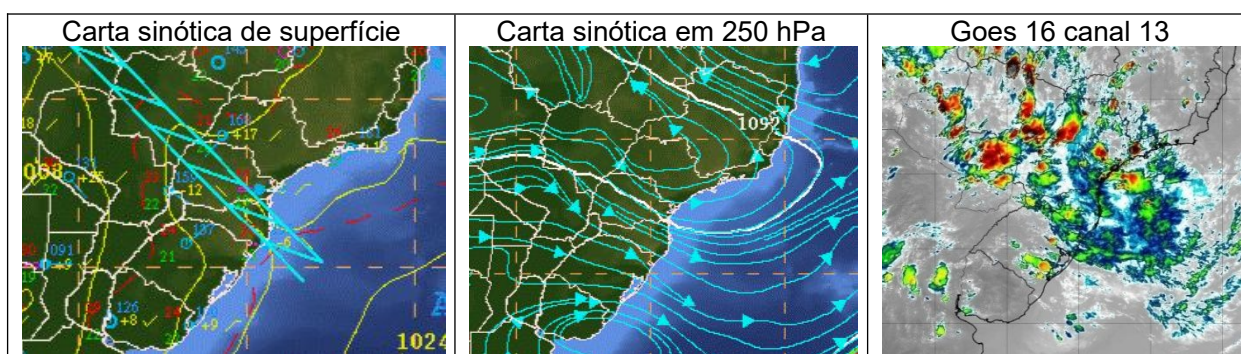
O evento de julho de 2015 ocorreu em situação de El Niño por atuação de uma linha de instabilidade, associada a um complexo convectivo de mesoescala que também gerou impactos no Rio Grande do Sul (Climatempo, 2015) (Quadro 17).



Quadro 17: Imagens sinóticas e de satélite do evento extremo de chuva em Florianópolis em julho de 2015

Fonte: CPTEC/Inpe

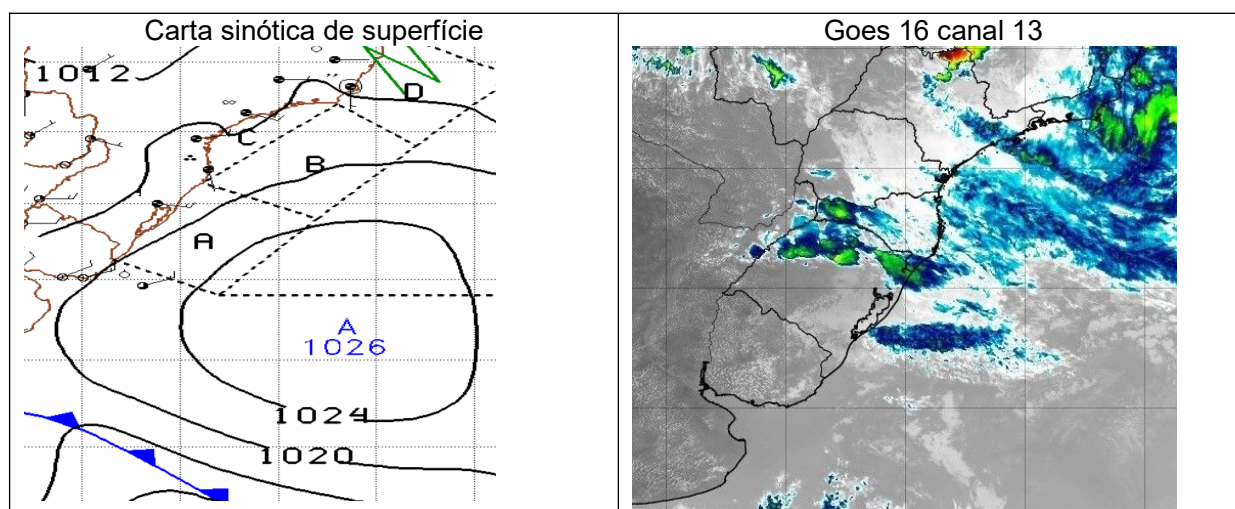
Em janeiro de 2018, um episódio que gerou grandes acumulados de até 417 mm em 72h na estação da Epagri, em Jurerê, deixou desabrigados e revelou a dificuldade para previsão de eventos isolados como esse, dado que o acumulado máximo atingiu, no geral, a área insular do município, além de mostrar uma falta de preparo do poder público para agir ante tal situação ou mitigar os efeitos (Alves e Silveira, 2018). O quadro 18 mostra o padrão de ZCAS durante tal evento e episódio.



Quadro 18: Imagens sinóticas e de satélite do evento extremo de chuva em Florianópolis em janeiro de 2018. Há a presença da ZCAS associada a um anticiclone no oceano gerando fluxo de umidade

Fonte: CPTEC/Inpe

Em dezembro de 2022 ocorreu um episódio que atingiu, além de Florianópolis, o litoral norte, com 229,4 mm em Itajaí. O evento foi gerado pela presença de uma baixa pressão no litoral catarinense, associada a um corredor de umidade entre o norte e o sudeste brasileiro, caracterizando um evento de ZCAS (Mapa/Inmet, 2023), além da presença de um anticiclone no oceano na altura do Rio Grande do Sul (Quadro 19). O episódio levou municípios a decretar situação de emergência e a registrar desalojados e dois óbitos (Globo, 2022).



Quadro 19: Imagens sinótica e de satélite do evento extremo de dezembro de 2022 em Florianópolis

Fonte: Marinha do Brasil e CPTEC/Inpe

O presente estudo dos eventos e episódios extremos mostra que, a partir de 2008, há um aumento na frequência de extremos diários que desencadeiam em episódios, o que se reflete nos regimes anuais anteriormente abordados, com picos variáveis mensalmente a cada ano. Dentro da variabilidade interanual, reitera-se a influência do ENOS, mostrando a frequência de extremos diários tanto em momentos de fase quente quanto fria, destacando que na série estudada há a maior presença da fase fria, em consonância com a predominância da fase também fria da ODP, conforme o estudo de Duarte (2017).

Destaca-se que dentro da série temporal estudada, a maioria dos eventos abordados estão relacionados à presença de VCAN e do fluxo de umidade do oceano para o continente. Ainda que indiretamente, eventos de ZCAS também são frequentes, marcando a tendência de os extremos de chuva em Florianópolis ocorrerem mais no verão.

3.3.2 *E quando os eventos extremos se tornam desastres*

Florianópolis é um município em que a ocorrência de extremos de chuva que geram transtornos à população é comum, e registros históricos indicam que estes vêm ocorrendo costumeiramente entre novembro e maio, conforme registros de Silva (2016) desde 1991 a 2011. A mesma autora demonstra que a condição sinótica para a ocorrência destes extremos no município está geralmente associada à ocorrência de VCAN sobre o sul do Brasil, em associação com a circulação marítima gerada por anticiclones no Atlântico Sul, além da influência orográfica da Grande Florianópolis.

Florianópolis é um município que conta com 23.105 habitantes situados em áreas de risco ambiental (IBGE, 2022) ligadas às planícies fluviais e marinhas, onde ocorrem os episódios de alagamentos e enchentes (Oliveira e Herrmann, 2001). Tal distribuição da população em áreas sujeitas a tais episódios é gerada pela pressão da urbanização que ocorre sem planejamento ordenado, além de constantes mudanças no plano diretor municipal em favor do setor imobiliário (Carvalho, 1994).

Destacam-se entre áreas sujeitas a inundações as bacias hidrográficas do rio Itacorubi (Prochmann, 2014), abrangendo os bairros do Itacorubi, Santa Mônica, Parque São Jorge, Jardim Anchieta e Córrego Grande, sendo uma das áreas de maior urbanização no município, e que é frequentemente impactada por enchentes, sendo a de dezembro de 1995 um caso de forte intensidade.

A bacia do rio Vadik, na área dos bairros Saco Grande e Monte Verde, a urbanização também faz com que haja sujeição a episódios de enchentes, também como exemplo o ocorrido em dezembro de 1995 (Dias e Herrmann, 2002). Os autores também citam a suscetibilidade de deslizamentos na bacia estudada.

Conforme Oliveira e Herrmann (2001), entre 1980 e 1995 ocorreram 30 episódios de enchentes em Florianópolis, sendo as de novembro de 1991 e dezembro de 1995 (figura 22) que levaram a prefeitura a decretar estado de calamidade pública e registrar 1.500 e 500 desabrigados, respectivamente.



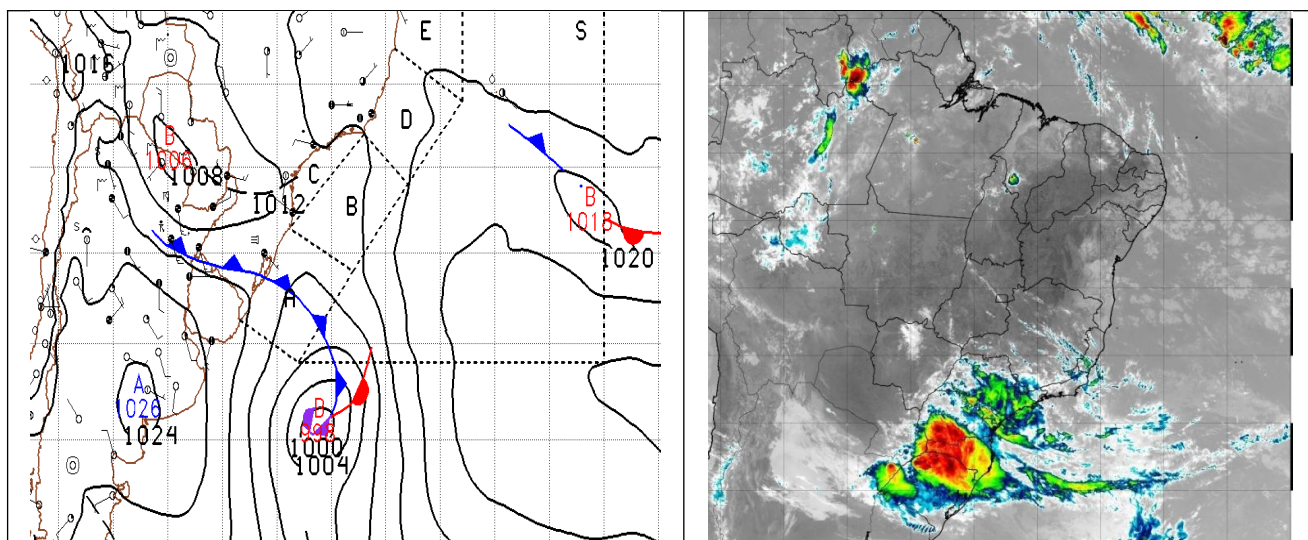
Figura 22: Impacto da enchente de dezembro de 1995 em Florianópolis

Fonte: <https://www.floripacentro.com.br>

A média de recorrência de eventos extremos diários de chuva, no município, aponta para o verão como a época mais provável, e como justificativa para esse estudo, considera-se que acumulados elevados em 24 horas podem ocorrer em qualquer momento em um ano, como é o caso de um evento que ocorreu em maio de 2010 que acumulou 253 milímetros e levou a situação de emergência (Silva, 2016; Inmet, 2025).

Vale destacar que, no levantamento dos extremos diários com base no percentil adotado, não foi registrada a ocorrência de CCMs. No entanto, em 17 de outubro de 2023, houve a formação de um CCM que gerou chuvas generalizadas em todo o estado (Quadro 20), agravando a enchente que já ocorria no Vale do Itajaí. Esse evento contribuiu para que o mês de outubro daquele ano fosse classificado como extremo em termos de regime pluviométrico, conforme gráfico do ano no quadro 10.

Carta sinótica de superfície	Goes 16 canal 13
------------------------------	------------------



Quadro 20: Carta sinótica e imagem de satélite do dia 17 de outubro de 2023 mostrando uma frente associada a um CCM em Santa Catarina

Fonte: Marinha do Brasil e CPTEC/INPE

Ainda cabe ressaltar que episódios de enchente extrema nessa região são recorrentes em anos de El Niño em sua fase quente, frequentemente associados à ocorrência de CCMs, como já apontado por Duarte (2017).

Com a discussão referente às mudanças climáticas, vêm sendo realizados diversos estudos referentes a possíveis previsões de padrões que venham a ocorrer no futuro em locais do planeta. Considerando o Brasil um país onde há um histórico de planejamento e gestão precária diante dos extremos climáticos, com destaque às áreas urbanizadas, tais estudos se vêem necessários para orientar as autoridades e os setores públicos e privados sobre o como construir um futuro sustentável.

Enquanto o clima é uma construção baseada em estados médios de tempos atmosféricos sobre um espaço (Sorre, 1951), o que ocorre de fato é a variabilidade de onde se tira os dados para entender a dinâmica da atmosfera com a superfície terrestre, incluindo os mares e oceanos, pois tais variações interanuais dos fenômenos exercem suas influências sobre as atividades humanas, ora favorável ou desfavorável, gerando efeitos que podem ser adversos para a sociedade e a economia.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O mundo subtropical é uma zona onde a dinâmica atmosférica conta com a presença de uma variedade de tipos de tempo que influenciam na ocorrência de chuva. No Brasil, ele marca a transição desde o regime tropical, com a atuação das monções da América do Sul, e a presença da ZCAS em momentos no verão, passando ao regime temperado, com a presença da circulação marítima oriunda dos anticiclones originários da migração da massa polar atlântica, além da ciclogênese típica de inverno nas latitudes médias. Essa dinâmica é representativa do clima do município de Florianópolis e da zona costeira catarinense.

O estudo aqui desenvolvido mostra que eventos extremos de precipitação podem ocorrer em qualquer época do ano e que influenciam na forma como o regime se apresenta. De todo modo, a maior frequência destes eventos sugere ocorrer em novembro e fevereiro principalmente. Em linhas gerais, existe uma diversidade importante de regimes amodais, modais e trimodais, mesmo que em parte, o mais frequente é o bimodal (dois picos no ano). E mesmo assim eles podem apresentar diferentes variações.

Confere-se que Florianópolis pode ser atingida por chuvas acima da média, ou extremos, em qualquer fase negativa do ENOS, mas a maior parte dos eventos estão ligados à circulação marítima, conhecida localmente como “lestada”, e para o futuro indica-se a realização de estudos observando as tendências de variação no período maior e com outras estações. Além disso, há tendência de aumento da precipitação, o que deve ser fonte de atenção para o planejamento territorial diante de um regime de intensificação de eventos extremos para que haja a devida adaptação da população local.

O estudo também demonstra a importância de se considerar o caráter heterogêneo do regime anual de chuvas na região sul, para compreender o quanto é preciso os setores públicos e privados construírem formas de se adaptar a tal realidade e mitigar os efeitos dos extremos, também contribuir para o planejamento econômico, como é o caso da agricultura, que marca as atividades econômicas e são sensíveis às variações do clima. Isto deve ser levado em consideração ao afirmar que os extremos podem ocorrer em qualquer mês do ano, e resulta de influências locais, regionais e remotas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALEXANDRE, Fernando. **Dicionário da ilha: falar & falares da ilha de Santa Catarina**. s.l, Cobra Coralina, 1998, 124p.

ALVES, Maikon Passos Amilton; SILVEIRA, Rafael Brito. Análise espacial das chuvas em Florianópolis-SC: o caso de janeiro de 2018. **In: XIII Simpósio brasileiro de climatologia geográfica**. Juiz de Fora, 2018

ANDRADE, Kelen Martins. Climatologia e comportamento dos sistemas frontais sobre a América do Sul. INPE, São José dos Campos, 2005, 187p.

ARMOND, Núbia Beray. Entre eventos e episódios: as excepcionalidades das chuvas e os alagamentos no espaço urbano do Rio de Janeiro. Presidente Prudente, UNESP, 2014, 239p.

ARMOND, Núbia Beray; SANT'ANNA NETO, João Lima. Entre eventos e episódios: ritmo climático e excepcionalidades para uma abordagem geográfica do clima no município do Rio de Janeiro. **In: Revista brasileira de climatologia Presidente Prudente**, v.20, p.5-28, 2017

ARMOND, Núbia Beray; ZANGALLI JÚNIOR, Paulo César. Geografia do clima em tempos de emergência(s) climática(s): um ensaio pelo materialismo. **In: SANT'ANNA NETO, João Lima (org). *Clima, sociedade e território***. Paco Editorial, São Paulo, p.19-40, 2021

AYALA, José Javier Hernández; MÉNDEZ-TEJEDA, Rafael. The extremely active 2020 hurricane season in the north Atlantic and its relation to climate variability and change. **In: Atmosphere**. MDPI. 2022

AB'SABER, Aziz Nacib. *Geomorfologia do sítio urbano de São Paulo*. São Paulo, FFLCH/USP, 1957, 343p.

BACK, Álvaro José *et al.* Variação espacial da chuva máxima diária no estado de Santa Catarina. **In: Revista iniciação científica**. Criciúma, v.14, n.1, p.59-72, 2016

BACK, Álvaro José. Índice de concentração de chuva diária de Timbé do Sul, Santa Catarina. **In: Revista técnico-científica de engenharia civil**. Unesc, v.7, n.1, 2022

_____. Aplicação de análise estatística para identificação de tendências climáticas. *Pesquisa agropecuária brasileira*, Brasília, v. 36, n.5, p.717-726, 2001.

_____. Erosividade da chuva para a região do Planalto Serrano de Santa Catarina, Brasil. **In: Revista de ciências agrárias**. Scap, v.41, n.2, p.298-308, 2018

BANG, Henry Ngenyan; MILES, Lee Stuart; GORDON, Richard Duncan. Hurricane occurrence and seasonal activity: an analysis of the 2017 Atlantic hurricane season. **In: American journal of climate change**. Scientific Research Publishing, n.8, p.454-481, 2019

BETTS, Richard A *et al.* Contrasting physiological and structural vegetation feedbacks in climate change simulations. *In: Nature*. n.387, p.796-799, 1997

BONETTI, Carla; CARDOSO, Camila de Souza; QUADRO, Mário Francisco Leal de. Persistência e abrangência dos eventos extremos de precipitação no sul do Brasil: variabilidade espacial e padrões atmosféricos. *In: Revista brasileira de meteorologia*. Florianópolis, v.35, n.2, p.219-231, 2020

BORGHETTI, José Roberto *et al.* Agricultura Irrigada Sustentável no Brasil: identificação de áreas prioritárias. Brasília: Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO), 2017, 226p.

BRYANT, Edward. Natural hazards. Wollongong, 2005, 330p.

CARDOSO, Camila de Souza. Abrangência e persistência de eventos extremos de precipitação no sul do Brasil: elniño oscilação sul e padrões atmosféricos. Florianópolis, Ufsc, 2017

CARDOSO, Célio O *et al.* Análise sazonal dos padrões temporais das chuvas intensas para Lages-SC a partir de pluviogramas diários. *In: XVII congresso brasileiro de agrometeorologia*. Guarapari, 2011, 4p.

CARPENEDO, Camila Bertoletti; AMBRIZZI, Tércio; AÍMOLA, Luiz A L. Possíveis relações entre a variabilidade interanual do gelo marinho e a precipitação na América do Sul. *In: Revista do centro de ciências naturais e exatas*. Santa Maria, p.72-74, 2013

CARPENEDO, Camila Bertoletti; BONFIM, André Luiz de Souza; LIMBERGER, Leila. Variabilidade climática e circulação atmosférica anômala durante os extremos chuvosos em Curitiba-PR. *In: Revista brasileira de climatologia*. Dourados, v.34, p.244-264, 2024

CARVALHO, J E de. Direito ambiental urbano. *In: Anais da primeira oficina de desenho urbano de Florianópolis*. UFSC, Florianópolis, 1994

CARVALHO, Leila Maria V de; JONES, Charles. Zona de convergência do Atlântico Sul. *In: CAVALCANTI, Iracema Fonseca de Albuquerque et al (org). Tempo e clima no Brasil*. Oficina de Textos, São Paulo, p.95-109, 2009

CASARIN, D P; KOUSKY V E. Anomalias de precipitação no sul do Brasil e variações na circulação atmosférica. *In: Revista brasileira de meteorologia*. v.1, p.83-90, 1986

CASSETI, Valter. *Geomorfologia*. s.l, 2005, 212p.

CAVALCANTI, Iracema Fonseca de Albuquerque *et al (org). Tempo e clima no Brasil*. São Paulo, Oficina de Textos, 2009, 463p.

CAVALCANTI, Iracema Fonseca de Albuquerque. AMBRIZZI, Tércio. Teleconexões e suas influências no Brasil. *In: CAVALCANTI, Iracema Fonseca de Albuquerque et al. Tempo e clima no Brasil*. Oficina de Textos, São Paulo, p.317-335, 2009

CHAGAS, Vinícius B. P; CHAFFE, Pedro L. B; BLÖSCHL, Günter. Climate and land management accelerate the Brazilian water cycle. **Nature Communications**, v. 13, n. 1, p. 36-51, 2022.

CHASE, T N *et al.* Simulated impacts of historical land cover changes on global climate in northern winter. **In: Climate dynamics**. n.16, p.93-106, 2000

CIRAM/EPAGRI, Evento extremo de chuva, acima de 350 mm na Grande Florianópolis. Disponível em: <https://ciram.epagri.sc.gov.br/index.php/2025/01/17/evento-extremo-de-chuva-acima-de-350-mm-na-grande-florianopolis/> Acessado em 4 de março de 2025

CLIMATEMPO. Quando vai parar de chover em Florianópolis: 140 mm em 24 horas Disponível em: <https://www.climatempo.com.br/noticia/2015/07/24/quando-vai-parar-de-chover-em-florianopolis-florianopolis-140-mm-em-24-horas-3828> Acessado em 1º de março de 2025

COELHO, Maria Célia Nunes. Impactos ambientais em áreas urbanas – teorias, conceitos e métodos de pesquisa **In: GUERRA, Antônio José Teixeira; CUNHA, Sandra Baptista da (org).** Impactos ambientais urbanos no Brasil. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, p.19-45, 2001

CONTI, José Bueno. Considerações sobre as mudanças climáticas globais. **In: Revista do departamento de geografia**, n.16, p.70-75, 2005

COUMOU, Dim; RAHMSTORF, Stefan. A decade of weather extremes. **In: Nature climate change**. v.2, p.491-496, 2012

COUTINHO, Eliane de Castro *et al.* Variabilidade climática da precipitação na bacia amazônica brasileira entre 1982 e 2012. **In: Revista brasileira de climatologia**. Belém, v.22, p.476-500, 2018

CPTEC/INPE, Cartas e boletins. Disponível em <https://www.cptec.inpe.br/cartas-e-boletins> Acessado em 02 de Abril de 2025

CPTEC/INPE, El Niño e La Niña. Disponível em <http://enos.cptec.inpe.br/> Acessado em 31 de Janeiro de 2025

CPTEC/INPE, Satélite. Disponível em: <https://satelite.cptec.inpe.br/acervo/> Acessado em 31/03/2025

CUSTÓDIO, Vanderli. Escassez de água e inundações na região metropolitana de São Paulo. Humanitas, São Paulo, Fapesp, 2012, 172p.

DAMUTH, John E; FAIRBRIDGE, Rhodes W. Equatorial atlantic deep-sea arkosic sands and ice-age aridity in tropical South America. **In: GSA bulletin**. Geoscience world, n.81, v.1, p.189-206, 1970

DE MARTONNE, Emanuel. Problemas morfológicos do Brasil tropical atlântico. **In: Revista brasileira de geografia**. Rio de Janeiro, IBGE, n.2, 1944

DIAS, Fernando Peres; HERRMANN, Maria Lúcia de Paula. Suscetibilidade a deslizamentos: estudo de caso no bairro Saco Grande, Florianópolis-SC. **In:** Caminhos de geografia. UFU, Uberlândia, v.3, n.6, p.57-73, 2002

DIAS, Maria Assunção F da Silva; ROZANTE, José Roberto; MACHADO, Luiz Augusto T. Complexos convectivos de mesoescala na América do Sul. **In:** CAVALCANTI, Iracema Fonseca de Albuquerque *et al.* Tempo e clima no Brasil. Oficina de textos, São Paulo, p.181-194, 2009

DUARTE, Laís Gonçalves Fernandes. O fenômeno El Niño-Oscilação Sul e os eventos extremos de precipitação em Santa Catarina. Departamento de geociências, UFSC, Florianópolis, 2017

DUBREUIL, Vincent. Clima e teledetecção: uma abordagem geográfica. **In:** *Revista brasileira de climatologia*. v.1, n.1, p.76-99, 2005

ESCOBAR, Gustavo C J; SELUCHI, Marcelo E; ANDRADE, Kelen. Classificação sinótica de frentes frias associadas a chuvas extremas no leste de Santa Catarina (SC). **In:** *Revista brasileira de meteorologia*. v.31, n.4, 2016

FAGUNDES, Luís Guilherme. Vinte anos de desastres: as enchentes na Região Metropolitana da Grande Florianópolis (1980-1999). **In:** VII simpósio nacional de ciência e meio ambiente. UniEvangélica, n.1, v.8, 2017

FLORIPA CENTRO, Natal de 1995 – Maior enchente da história de Florianópolis completa 25 anos. Disponível em <https://floripacentro.com.br/natal-de-1995-maior-enchente-da-historia-de-florianopolis-completa-25-anos/> Acessado em 31 de Janeiro de 2025.

GAN, Manoel; RODRIGUES, Luís Ricardo; RAO, Vadlamudi Brahmananda. Monção na América do Sul. **In:** CAVALCANTI, Iracema Fonseca de *et al.* *Tempo e clima no Brasil*. Oficina de textos, São Paulo, p.297-316, 2009

GIONGO, Rafaela Luiza Pontalti. **In:** *Veredas do direito*. Belo Horizonte, v.7, n.13/14, p.75-100, 2010

GLOBO, O Globo. *Florianópolis registra mais do que o triplo da média de chuva para agosto*. Disponível em: <https://oglobo.globo.com/politica/florianopolis-registra-mais-do-que-triplo-da-media-de-chuva-para-agosto-2684610> Acessado em 09 de abril de 2025

GLOBO, G1/Santa Catarina. *Chuvas em SC deixam 131 desabrigados e 55 desalojados*. Disponível em <https://g1.globo.com/sc/santa-catarina/noticia/2022/12/20/chuvas-em-sc-deixam-131-desabrigados-e-55-desalojados.ghtml> Acessado em 1º de março de 2025

GONÇALVES, Fabiane Nunes; BACK, Álvaro José; SUTIL, Thaise. Índice de concentração de precipitação. **In:** LADWIG, Nilso Ivo; SHWALM, Hugo (org.) Planejamento e gestão territorial: a sustentabilidade dos ecossistemas urbanos. Criciúma, Unesc, p.519-531, 2018

GONG, Daoyi; WANG, Shaowu. Antarctic oscillation: concept and applications. **In:** Chinese Science Bulletin, v.43, n.9, p.734–738, 1998

GOTARDO, Rafael *et al.* Distribuição especial e temporal das chuvas no estado de Santa Catarina. **In:** *Geosul*. Florianópolis, n.67, v.33, p.253-276, 2018

GOUDARD, Gabriela. Interações oceano-atmosfera e efeitos na variabilidade pluvial do clima subtropical brasileiro. Curitiba, UFPR, 2023, 323p.

GOUDARD, Gabriela; LIMBERGER, Leila; CARPENEDO, Camila Bertoletti. Influence of Eastern, Central and Mix El Niño on the variability of rainfall in southeastern South America. **Frontiers in Earth Science**, v. 12, p. 1134782, 2024.

GRIMM, Alice M. Clima da região Sul do Brasil. **In:** CAVALCANTI, Iracema Fonseca de Albuquerque *et al* (org). Tempo e Clima no Brasil. Oficina de Textos, São Paulo, p.260 -275, 2009a

GRIMM, Alice M. Variabilidade interanual do clima do Brasil. **In:** CAVALCANTI, Iracema, Fonseca de Albuquerque *et al* (orgs). Tempo e clima no Brasil. Oficina de Textos, São Paulo, p.353-374, 2009b.

GRIMM, Alice M; TEDESCHI, Renata. G. ENSO and Extreme Rainfall Events in South America. **In:** Journal of Climate, v.22, n.7, p.1589-1609, 2009.

HAIR, Joseph F *et al.* Análise multivariada de dados. Bookman, Porto Alegre, 2005

HARE, Steven R; MANTUA, Nathan J. Empirical evidence for North Pacific regime shifts in 1977 and 1989. **In:** Progress in Oceanography, v.47, p.103-146, 2000.

HARTIGAN, John A. Clustering algorithms. Wiley, 1975, 351p.

HERRMANN, Maria Lúcia de Paula; ALVES, Daniel Borini. As principais consequências negativas provocadas pelas adversidades atmosféricas no estado de Santa Catarina. **In:** HERRMANN, Maria Lúcia de Paula (org). Atlas de desastres naturais do estado de Santa Catarina: período de 1980 a 2010. Florianópolis, UFSC, 2ª edição, p.83-93, 2014

HULME, Mike. Geographical work at the boundaries of climate change. **In:** Transactions of the Institute of british geographers. School of environmental sciences, Norwich, v.33, n.1, p.5-11, 2008

HULME, Mike *et al.* Unstable climates: exploring the statistical and social constructions of 'normal' climate. **In:** Geoforum. Elsevier, Norwich, p.197-206, 2009

IBEBUCHI, Chibuiké Chiedozi; ABU, Itohan-Osa. Characterization of temperature regimes in Western Europe, as regards the summer 2022 Western European heat wave. **In:** Climate dynamics, n.61, p.3707-3720, 2023

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), Cidades e estados. Florianópolis. Disponível em <http://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/sc/florianopolis.html> Acessado em 09 de fevereiro de 2024

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (Inmet). Normais climatológicas. Disponível em: <https://clima.inmet.gov.br/progp/0> Acessado em 08 de fevereiro de 2024

IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate change 2007: the physical science basis, summary for policy makers. Genebra, 2007

IPCC. PAINEL INTERGOVERNAMENTAL SOBRE MUDANÇAS CLIMÁTICAS (IPCC). Mudança Climática 2023: **Relatório de Síntese**. Contribuição dos Grupos de Trabalho I, II e III ao Sexto Relatório de Avaliação do IPCC [Equipe Principal de Redação, H. Lee e J. Romero (eds.)]. Genebra, Suíça: IPCC, 2023. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/>. Acesso em: 25. Jan. 2024

IPCC. PAINEL INTERGOVERNAMENTAL SOBRE MUDANÇAS CLIMÁTICAS (IPCC). Mudança Climática 2021: **A Base das Ciências Físicas**. Contribuição do Grupo de Trabalho I ao Sexto Relatório de Avaliação do IPCC [Masson-Delmotte, V., et al. (eds.)]. Cambridge, Reino Unido e Nova York, NY, EUA: Cambridge University Press, 2021. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/>. Acesso em: 25. Jan. 2024

IPCC. PAINEL INTERGOVERNAMENTAL SOBRE MUDANÇAS CLIMÁTICAS (IPCC). Mudança Climática 2022: **Impactos, Adaptação e Vulnerabilidade**. Contribuição do Grupo de Trabalho II ao Sexto Relatório de Avaliação do IPCC [Pörtner, H.-O., et al. (eds.)]. Cambridge, Reino Unido e Nova York, NY, EUA: Cambridge University Press, 2022. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/>. Acesso em: 25. Jan. 2024

IPCC. Sixth Assessment Report: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/> Acessado em 29 de março de 2025.

JORGE, Felipe Vanhoni; MENDONÇA, Francisco. O clima da fachada atlântica sul do Brasil: uma atualização introdutória. In: *Revista brasileira de climatologia*. v.5, p.119-131, 2009

JUNGES, Amanda Heemann et al. Avaliação da onda de calor ocorrida em janeiro de 2022 no Rio Grande do Sul. In: *Agrometeoros: revista da sociedade brasileira de agrometeorologia*. Passo Fundo, v.30, 2022

KAYANO, M. T. ANDREOLI, R. V. R. Variabilidade decenal e multidecadal. In: CAVALCANTI, Iracema Fonseca de Albuquerque et al (Org). *Tempo e clima no Brasil*. Oficina de Textos. 2009, p. 375 –381.

KOBIYAMA, Masato et al. **Prevenção de desastres naturais**: conceitos básicos. Curitiba: Organic Trading, 2006.

KOUSKY, Vernon E. Diurnal Rainfall Variation in Northeast Brazil. In: *Monthly Weather Review*, v.108, n.4, p.488-498, 1980

KOUSKY, Vernon E..Climatology of the low-level jet east of the Andes as derived from NCEP reanalyses. *Journal of Climate*. v.20, n.12, p.2824-2838, 2007

LAMPIS, Andrea *et al.* A produção de riscos e desastres na América Latina em um contexto de emergência climática. **In:** *O social em questão*. PUC, Rio de Janeiro, n.48, p.75-96, 2020

LEITE, Maysa de Lima; ADACHESKI, Patrícia Alves; VIRGENS FILHO, Jorim Sousa das. Análise da frequência e da intensidade das chuvas em Ponta Grossa, Estado do Paraná, no período entre 1954 e 2001. **In:** *Acta Scientiarum Technology Maringá*, v.33, n.1, p.57-64, 2011

LHOTKA, Ondrej; KYSELY, Jan. The 2021 european heat wave in the context of past major heat waves. *Advancing Earth and Space Science*. 2022

LIMA, Marilene de *et al.* Análise da configuração atmosférica associada a eventos extremos de chuva no litoral do estado de Santa Catarina, sul do Brasil. Epagri/Ciram, s.d

LIMA, Julia Cristine Lucion. *Caracterização de chuvas intensas na bacia do campus da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC)*. Florianópolis, CTC/UFSC, 2023, 59p.

MANTUA, Nathan J et al. A Pacific decadal climate oscillation with impacts on salmon. **In:** *Bulletin of the American Meteorological Society*, v.78, p.1069-1079, 1997

MAPA/Inmet. Eventos extremos de dezembro de 2022 Brasília, 2023

MARANDOLA JÚNIOR, Eduardo. HOGAN, Daniel Joseph. Vulnerabilidades e riscos: entre geografia e demografia. **In:** *Rebep*. n.1, v.22, p.29-53, 2005

MARANDOLA JÚNIOR, Eduardo *et al.* Crescimento urbano e áreas de risco no litoral norte de São Paulo. **In:** *Revista brasileira de estudo de população*. n.1, v.30, p.35-56, 2013.

MARCELINO, Emerson Vieira; MONTEIRO, Maurici Amantino. *Diagnóstico dos índices de precipitações extremas em fevereiro de 1998 no município de Florianópolis/SC*. Departamento de geociências, UFSC, Florianópolis, 1999, 8p.

MARCHEZINI, Victor. Transnational dialogues on interdisciplinary approaches for advancing people-centered warning systems. **In:** *International journal of disaster risk science*. n.14, p.868-872, 2023

MARENGO, José Antônio Impactos de extremos relacionados com o tempo e o clima – impactos sociais e econômicos. **In:** Boletim do grupo de pesquisas em mudanças climáticas – GPMC. INPE, CCST, n.8, 2009

_____. Mudanças climáticas globais e regionais: avaliação do clima atual do Brasil e projeções de cenários climáticos do futuro. **In:** *Revista brasileira de meteorologia*. CPTEC/INPE, v.16, n.1, p.1-18, 2001

_____. Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade – caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI. 2ª ed. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, v. 1, p. 214, 2007

MARENGO, José Antônio *et al.* Recent developments on the South American monsoon system. *In: International Journal of Climatology*. v.32, n.1, p.1-21, 2012.

MARENGO, José Antônio; SOUZA JÚNIOR, Carlos. Mudanças climáticas: impactos e cenários para a Amazônia. São Paulo, USP, 2018, 33p.

MCTAGGART-COWAN, Ron *et al.* Analysis of hurricane Catarina (2004). *In: Monthly weather review*. v.134, n.11, p.3029-3053, 2006

MEISNER, Bernard. A study of Hawaiian and Line Island rainfall. Hawaiian University, Honolulu, 1976, 82p.

MENDONÇA, Francisco de Assis. Geografia socioambiental. *In: Terra livre*. São Paulo, n.16, p.139-158, 2001

_____. *Riscos híbridos: concepções e perspectivas sociambientais*. Oficina de Textos, São Paulo, 2021, 162p.

MENDONÇA, Francisco de Assis (org). *Riscos climáticos: vulnerabilidade e resiliência associados*. Paco Editorial, 2014, 388p.

MENDONÇA, Francisco de Assis; DANNI-OLIVEIRA, Inês Moresco. Climatologia: noções básicas e climas do Brasil. São Paulo: Oficina de Textos, 2007, 208p.

MENDONÇA, Magaly. A diferença tempo-espaço do clima subtropical na região conurbada de Florianópolis/SC. USP, São Paulo, 2002

_____. A vulnerabilidade da urbanização do centro sul do Brasil frente à variabilidade climática. *In: Mercator*. n.1, v.9, p.135-151, 2010

MINUZZI, Rosandro Boligon. Tendências na variabilidade climática de Santa Catarina, Brasil. *In: Revista brasileira de engenharia agrícola e ambiental*. Campina Grande, v.14, n.2, p.1288-1293, 2010

MINUZZI, Rosandro Boligon. Variabilidade no regime de chuva em Santa Catarina durante diferentes tipos de ENOS. *In: Agrometeoros: revista da sociedade brasileira de agrometeorologia*. Passo Fundo, v.26, n.1, p.113-122, 2018

MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo. A frente polar atlântica e as chuvas de inverno na fachada sul-continental do Brasil. USP/IG, São Paulo, 1969, 68p.

_____. Análise rítmica em climatologia: problemas da atualidade climática em São Paulo e achegas para um programa de trabalho. São Paulo, USP, 1971, 21p.

_____. Clima e excepcionalismo: conjecturas sobre o desempenho da atmosfera como fenômeno geográfico. Editora UFSC, Florianópolis, 1991

_____. Clima. *In: Geografia do Brasil: Grande Região Sul*. IBGE, Rio de Janeiro, v.4, n.18, Tomo I, p.114-166, 1968

_____. De tempos e ritmos: entre o cronológico e o meteorológico para a compreensão geográfica dos climas. **In:** Geografia. Rio Claro, v.26, n.3, p.131-154, 2001

_____. *Teoria e clima urbano: um projeto e seus caminhos*. São Paulo, FFLCH/USP, 2003.

MONTEIRO, Maurici Amantino. Caracterização climática do estado de Santa Catarina: uma abordagem dos principais sistemas atmosféricos que atuam durante o ano. **In:** Geosul. Florianópolis, v.16, n.31, p.69-78, 2001

MOURA, Carlos Roberto Weide; ESCOBAR, Gustavo Carlos Juan; ANDRADE, Kelen Martins. Padrões de circulação em superfície e altitude associados a eventos de chuva intensa na região metropolitana do Rio de Janeiro. **In:** *Revista brasileira de meteorologia*. Cachoeira Paulista, v.28, n.3, p.267-280, 2013

MÜLLER, Arthur Nícolas da Silva. Relação entre a oscilação antártica e o regime de precipitação no sul do Brasil no período de 2001-2020. UFSC/Departamento de física, Florianópolis, 2022

NASCIMENTO JÚNIOR, Lindberg. As chuvas no Paraná: variabilidade, teleconexões e impactos de eventos extremos. Presidente Prudente, UNESP, 2013, 161p.

_____. Perspectivas da variabilidade climática. **In:** Geografia em questão. v.10, n.1, p.95-114, 2017

_____. *Clima urbano risco e vulnerabilidade em cidades costeiras do mundo tropical: estudo comparado entre Santos (Brasil), Maputo (Moçambique) e Brisbane (Austrália)*. Presidente Prudente, UNESP, 2018

NASCIMENTO JÚNIOR, L.; COLLISCHONN, E. Para além da homogeneidade! Variabilidade e estrutura espaçotemporal das chuvas da Região Sul do Brasil.. **In:** XIV Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica, 2021, João Pessoa / PB. *Anais do XIV Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica*, 2021. v. ' . p. 3441-3455.

NIMER, Edmon. Região Sul. **In:** Geografia do Brasil. Série recursos naturais e meio ambiente. Rio de Janeiro, IBGE, p.151-187, 1971

_____. Climatologia do Brasil. Rio de Janeiro, IBGE, 1989, 421p.

NOAA, National weather service. Disponível em https://origin.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ONI_v5.php Acessado em 07 de novembro de 2024

NOBRE, Paulo; SHUKLA, Jagadish. Variations of sea surface temperature, wind stress, and rainfall over the tropical Atlantic and South America. **In:** Journal of Climate, v.9, n.10, p.2464-2479, 1996.

NÓBREGA, Ranyére Silva. Um pensamento crítico sobre classificações climáticas: de Köppen até Strahler. **In:** Revista brasileira de geofísica. Recife, n.3, p.18-22, 2010

OMM, Organização Meteorológica Mundial, 2017: “WMO Guidelines on the Calculation of Climate Normals”, WMO-TD No. 1203, Genebra, Suíça.

NUNES, André Becker; SILVA, Gilson Carlos da. Climatology of extreme rainfall events in eastern and northern Santa Catarina state, Brazil: present and future climate. **In:** Revista brasileira de geofísica. Pelotas, v.31, n.3, p.413-425, 2013

NUNES, Lucy Hidalgo. A percepção do espaço e o espaço da percepção: o habitual, a incerteza e o extremo no entendimento das situações atmosféricas do cotidiano e do não cotidiano. **In:** Revista do departamento de geografia. USP, São Paulo, 2016

NUNES, Lucy Hidalgo; LOMBARDO, Magda Adelaide. A questão da variabilidade climática: uma reflexão crítica. **In:** Instituto geológico. São Paulo, p.21-31, 1995.

OLIVEIRA, Marcelo Accioly Teixeira de; HERRMANN, Maria Lúcia de Paula. Ocupação do solo e riscos ambientais na área conurbada de Florianópolis. **In:** GUERRA, Antônio José Teixeira. CUNHA, Sandra Baptista da (org). Impactos ambientais urbanos no Brasil. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, p.147-188, 2001.

PELLERIN, Joel et al. Timbé do Sul – Jacinto Machado: avaliação preliminar da extensão da catástrofe de 23-24/12/1995. **In:** Geosul. Florianópolis, Ufsc, v.12, n.23, p.71-86, 1997

PEREIRA, Emilly Lais; NASCIMENTO JÚNIOR, Lindberg. As chuvas em Florianópolis/SC: um ensaio sobre a gênese, dinâmica e distribuição espaço-temporal das precipitações. **In:** Revista brasileira de climatologia. Dourados, v.30. p.246-273, 2022

PETTITT, Anthony. A non-parametric approach to change-point problem. **In:** Journal of the Royal Statistical Society. n.2, v.28, p.126-135, 1979

PINTO, Josefa Eliane Santana de S; AGUIAR NETO, Antenor de Oliveira de O. Clima, geografia e agrometeorologia: uma abordagem interdisciplinar. Aracaju, Editora UFS, 2008

PRIETO, Raidel Báez *et al.* Chuvas persistentes e desastres associados: estudo de caso em Santa Catarina, setembro de 2011. **In:** I encontro nacional de desastres. Porto Alegre, 2018

PROCHMANN, João Ricardo. Análise espacial da suscetibilidade à inundações na bacia hidrográfica do Córrego Grande, Florianópolis-SC. UFSC, Florianópolis, 2014, 88p.

PRUDÊNCIO, Ruy de Sá; GEREMIAS, Romuald; VEADO, Ricardo Wagner ad-Víncula. *Análise do ritmo pluviométrico do litoral catarinense*. Florianópolis, UFSC, s.d, 9p.

RAMOS, Karen Andressa. *A distribuição das chuvas na bacia do Rio Cubatão do Sul (SC) e seu entorno*: reflexos na captação de água para o abastecimento da Grande Florianópolis. Florianópolis, Departamento de Geociências/UFSC, 2023, 181p.

REBOITA, Michele Simões *et al.* Entendendo o Tempo e Clima na América do Sul. **In:** Terra e didática. Campinas, v.8, n.1, p.34-50, 2012

REBOITA, Michele Simões *et al.* Regimes de precipitação na América do Sul: uma revisão bibliográfica. **In:** Revista Brasileira de Meteorologia, v.25, n.2, p.185-204, 2010.

RODRIGUES, Maria Laura Guimarães; FRANCO, Davide; SUGAHARA, Shigetoshi. Climatologia de frentes frias no litoral de Santa Catarina. **In:** Revista brasileira de geofísica. v.2, n.22, p.135-151, 2004

RODRIGUES, Maria Laura Guimarães; YNOUE, Rita Yuri; ALVES, Maikon Passos. *Episódios de chuva intensa na região da Grande Florianópolis/SC: análise preliminar dos eventos e caracterização sinótica.* Florianópolis, 2011, 5p.

ROUSSEEUW, Peter J. Silhouettes: a graphical aid to the interpretation and validation of cluster analysis. **In:** Journal of computational and applied mathematics. Fribourg, v.20, p.53-65, 1987

SANT'ANNA NETO, João Lima. Por uma geografia do clima: antecedentes históricos, paradigmas contemporâneos e uma nova razão para um novo conhecimento. **In:** Terra Livre. São Paulo, n.17, p.49-62, 2001

_____. Da climatologia geográfica à geografia do clima: gênese, paradigmas e aplicação do clima como fenômeno geográfico. **In:** Anpege, v.4, p.61-88, 2008

_____. Clima e produção do espaço **In:** Boletim de geografia. São Paulo, n.1, v.16, p.119-132, 2011

_____. Escalas geográficas do clima: mudança, variabilidade e ritmo. **In:** AMORIM, Margarete Cristiane de Costa Trindade; SANT'ANNA NETO, João Lima; MONTEIRO, Ana. Climatologia urbana e regional: questões teóricas e estudos de caso. Expressões, São Paulo, p.75-91, 2013

SÃO PAULO, Secretaria de agricultura e abastecimento. Abordagem histórica da pesca da tainha *Mugilplatanus* e do parati *Mugilcurema* (perciformes: mugilidae) no litoral norte do estado de São Paulo. São Paulo, 2007

SEED/PR, Dia a dia educação: geografia. Florianópolis registrou a segunda maior chuva da história. Disponível em:
<http://www.geografia.seed.pr.gov.br/modules/noticias/article.php?storyid=496>
Acessado em 1º de março de 2025.

SELMO, Luigi. *Os impactos socioambientais provocados pelo ciclone subtropical Eçaí, em Florianópolis.* Florianópolis, Departamento de geociências, UFSC, 2020, 105p.

SENEVIRATNE, Sonia *et al.* Changes in climate extremes and their impacts on the natural physical environment. **In:** *Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation.* Cambridge University Press, p.109-230, 2012

SENTELHAS, Paulo Cesar. Variabilidade e mudanças climáticas no contexto da agricultura irrigada. **In:** MANTOVANI, Everardo Chartuni. NETO, Durval Dourado. PAOLINELLI, Alysso (orgs). Agricultura irrigada no Brasil: ciência e tecnologia. ESALQ/USP, Piracicaba, p.187-205, 2022

SEVERO, Dirceu Luis *et al.* Análise hidrometeorológica do evento de 2008, no vale do Itajaí – Santa Catarina. **In:** XIX simpósio brasileiro de recursos hídricos. Maceió, 2011.

SIEBERT, Cláudia Araripe Freitas. (Des)controle urbano no vale do Itajaí. **In:** Desastre de 2008 no vale do Itajaí: água gente e política. Blumenau, Agência de água do vale do Itajaí, p.38-51, 2009

SILVA, Caroline Regina. Análise espaço-temporal das inundações bruscas no período de 1991 a novembro 2011 em Florianópolis-Santa Catarina. Departamento de geociências, UFSC, Florianópolis, 2016

SILVEIRA, Rafael Brito; ALVES, Maikon Passos Amiltos; MURARA, Pedro. Estudo e caracterização da direção predominante dos ventos no litoral de Santa Catarina. **In:** Anais do X simpósio brasileiro de climatologia geográfica. p.380-392, 2014

SILVESTRE, Miriam Rodrigues; SANT'ANNA NETO, João Lima; FLORES, Edilson Ferreira. Critérios estatísticos para definir anos padrão: uma contribuição à climatologia geográfica. **In:** Revista formação. UNESP, Presidente Prudente, v. 2, n. 20, 2014

SILVESTRI, Gabriel E; VERA, Carolina S. Antarctic Oscillation signal on precipitation anomalies over southeastern South America. **In:** Geophysical research letters. v.30, n.21, 2003

SORRE, Maximilien. Le Climat. **In:** Les fondements de la géographie humaine. Paris, Armand Colin, p.13-43, 1951

SOUZA, Bianca Pereira de. *Estudo de normais climatológicas para estações meteorológicas do tipo convencional em Santa Catarina*. Florianópolis, Departamento de geociências, UFSC, 2018, 108p.

SVOBODA, Mark; HAYES, Michael; WOOD, Deborah. Standard precipitation index: user guide. Lincoln, University of Nebraska, 2012, 17p.

TRENBERTH, Kevin E; MO, K. C. Blocking in the southern hemisphere. **In:** Monthly Weather Review, v.113, n.1, p.3-21, 1985.

TRENBERTH, Kevin E; SHEA, Dennis J. Atlantic hurricanes and natural variability in 2005. **In:** Geophysical research letters. Boulder. v.33, 2006

VEYRET, Yvette. Os riscos: o homem como agressor e vítima do meio ambiente. São Paulo: Editora Contexto, 2007, 320p.

WULF, Andrea. A invenção da natureza: a vida e as descobertas de Alexander Von Humboldt. Planeta do Brasil, São Paulo, 2016, 592p.

YNOUE, Rita Yuri *et al.* *Meteorologia*: noções básicas. São Paulo, Oficina de Textos, 2017, 179p.

ZAVATTINI, João Afonso. O paradigma da análise rítmica e a climatologia geográfica brasileira. **In:** *Geografia*. Rio Claro, v.25, n.3, p.25-43, 2000

ZAVATTINI, João Afonso; BOIN, Marcos Norberto. Climatologia geográfica: teoria e prática de pesquisa. Alínea, Campinas, 2013, 154p.

ZEGARRA, María Alejandra *et al.* Impact of hurricane Dorian in the Bahamas: a view from the sky. Inter-american Development Bank. Country Department Caribbean Group. 2020

ZHAO, M; PITMAN, A J; CHASE T. The impact of land cover change on the atmospheric circulation. **In:** *Climate dynamics*. n.17, p.467-477, 2001

ZUCCO, Maria Taís *et al.* Variabilidade mensal dos extremos de precipitação na planície litorânea de Santa Catarina. **In:** VIII Simpósio internacional de climatologia. Belém, 2019