

TIPOLOGIA CLIMÁTICA DA AMÉRICA DO SUL

**GIULIANO TOSTES NOVAIS
LILIAN ALINE MACHADO**
organizadores

TIPOLOGIA CLIMÁTICA DA AMÉRICA DO SUL

GIULIANO TOSTES NOVAIS

LILIAN ALINE MACHADO

organizadores

Copyright © Giuliano Tostes Novais (organizador)

Capa: Foto do Parque Nacional Torres del Paine - Giuliano Tostes Novais/Equipe TOTALBOOKS

Revisão: Equipe TOTALBOOKS

2026

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Tipologia climática da América do Sul [livro eletrônico] / Giuliano Tostes Novais, Lilian Aline Machado (organizadores). -- Porto Alegre, RS : Totalbooks, 2026.
PDF

Vários autores.
Bibliografia.
ISBN 978-65-88393-82-6

1. Clima 2. Climatologia 3. Geografia física - América do Sul
4. Meteorologia I. Novais, Giuliano Tostes. II. Machado, Lilian Aline.

25-311313.0

CDD-910.02

Índices para catálogo sistemático:

1. Geografia física 910.02

Eliete Marques da Silva - Bibliotecária - CRB-8/9380

Todos os direitos reservados para os autores.
EDITORA TOTALBOOKS® LTDA.

Não é permitida a reprodução total ou parcial desta obra, por quaisquer meios, sem a prévia autorização por escrito dos autores.

Os autores são responsáveis pelos conteúdos apresentados (textos, figuras, tabelas etc.) inclusive pelo uso de palavras e expressões que fogem da norma culta da língua portuguesa e assumem total responsabilidade pública e jurídica sobre os mesmos.

PRÓLOGO

Dois oceanos, entre uma floresta densa e exuberante, uma cordilheira espichada no sentido latitudinal e a maior planície alagável do planeta. A América do Sul (também chamada de subcontinente sul-americano), com os seus cerca de 17,81 milhões de km² (pouco maior do que a extensão territorial da Federação Russa), por suas características naturais intrínsecas, apresenta uma larga variedade de tipos climáticos. Muitos brasileiros, por exemplo, não têm a menor noção da brutal diferença de paisagem entre a costa atlântica e a pacífica. Se do lado de cá brotam em qualquer canto praias lindíssimas, invariavelmente ornadas por algum mosaico de vegetação e banhadas por águas quentes (com algumas exceções), no lado oposto, as águas são geladas, encontrando desertos de areia sem fim e pouca flora, sobretudo no extenso trecho do litoral do centro-norte chileno até próximo da fronteira Peru-Ecuador (cerca de 3.400 km). Lima (Peru) e Salvador (Brasil), assim como Iquique (Chile) e Vitória (Brasil), localizadas praticamente nas mesmas latitudes, são exemplos dessa discrepância em termos físico-naturais.

Em Santa Cruz de la Sierra, maior cidade boliviana, situada a cerca de 400 metros de altitude, o calor é infernal. Mas a olhos nus avista-se, não muito longe dali, os cumes dos Andes, onde as temperaturas facilmente chegam abaixo de zero grau. De Guayaquil, na costa equatoriana, a Puyo, já no início da planície amazônica, são apenas cerca de 360 km por via rodoviária, subindo e descendo os Andes por longas e extensas curvas. Trata-se de uma viagem que evidencia, em uma média distância, outra contrastante variedade climática presente na América do Sul. Na Colômbia não é diferente. Ao sul, na fronteira com o Ecuador, os Andes se abrem em três “braços” (chamados por lá de Cordilheira Occidental, Central e Oriental), dividindo o Pacífico dos Llanos (a noroeste) e da Amazônia (a sudeste) e tendo como grandes divisores os rios Magdalena e Cauca. Novamente, uma disparidade de tipos climáticos, oscilando entre altas e baixas temperaturas e distintos índices pluviométricos. Assim como no contato dos Andes com a Amazônia e da Patagônia com os Pampas.

A pioneira classificação climática de Novais, já testada e aprovada anteriormente, agora completa o seu serviço no que tange à área de influência direta do território brasileiro, agregando mais 28 regiões climáticas às 15 anteriormente detectadas e analisadas em obra pretérita de autoria do geógrafo Giuliano Tostes Novais, que cobriu o Brasil de norte a sul, de leste a oeste. Dessa vez, a empreitada contou com a colaboração da também geógrafa Lilian Aline Machado, conhecendo e classificando os climas da Terra do Fogo (Chile-Argentina), no extremo sul, à Península de la Guajira (Colômbia-Venezuela), no extremo norte; da Punta Pariñas (Peru), no extremo oeste, à Ponta do Seixas (Paraíba, Brasil), no extremo leste. Não é pouca coisa.

*Daniel Monteiro Huertas
Jornalista, geógrafo e professor associado da
Universidade Federal de São Paulo (Unifesp)*

*Em dia ensolarado, com alguma umidade, típico de
início de primavera na maior cidade da América do Sul,
16 de outubro de 2025*

Esta obra é dedicada à Taís e ao Pedro, minha esposa e meu filho, companheiros nas viagens geográficas, que seguem comigo pelos caminhos da vida e pelas diversas paisagens deste mundo.

Em memória do professor Fábio Sanches, cuja ausência é sentida com saudade. Seu legado intelectual, marcado pela confiança na Classificação Climática de Novais, permanece vivo nas ideias e diálogos que sustentam esta obra.

PREFÁCIO DO DR. JOÃO LIMA SANT'ANNA NETO

Os sistemas de classificação climática são um tema de interesse da humanidade, desde a Antiguidade Clássica, quando os filósofos gregos, como Aristóteles e Parmênides, propuseram a primeira aproximação de uma classificação das zonas climáticas da Terra, há mais de dois milênios. Atribui-se a Parmênides a primeira tentativa de identificar as diferentes regiões do clima, no século V antes da era atual, quando propôs uma classificação zonal dos climas da Terra, denominando-as de Zona Tórrida, Zona Temperada e Zona Fria. Pouco se avançou neste tema até que o cientista russo Wladimir Köppen, no final do século XIX, apresentou uma proposta muito sofisticada para a época, válida para o mundo todo. Até hoje esta classificação ainda é utilizada, incorporando pequenas alterações no começo do século XX, por meio da parceria com Rudolf Geiger.

Depois de Köppen, inúmeras outras propostas de classificação climática vieram a público. Algumas privilegiando aspectos estáticos do clima, como a temperatura, as precipitações, ou mesmo a radiação e a umidade relativa do ar. Outras, incorporando aspectos dinâmicos, como a circulação geral, os centros de pressão e os sistemas atmosféricos. O fato é que cada proposta de classificação do clima valoriza e enfatiza alguns aspectos em detrimento de outros. Assim, nenhuma delas é completa e perfeita, em vista da complexidade dos processos envolvidos, ainda mais considerando as escalas de abordagem, do global ao regional e local.

É neste contexto que Giuliano Novais e Lilian Machado têm realizado um enorme esforço em propor uma nova classificação climática, já publicada para o Brasil, e, agora, para a América do Sul, baseada em processos hierárquicos e multiescalares, com a incorporação de modelos de reanálise do Projeto CHELSA. Não é tarefa fácil, nem simples. Trata-se de uma proposta inovadora, em que se utiliza um sistema híbrido com variáveis, algoritmos e uma base morfoecológica das paisagens regionais.

Para esta obra, Novais e Machado contaram com a colaboração de vários pesquisadores que dão sustentação aos aspectos geomorfológicos, biogeográficos, climatológicos, de modelagem e estatística, enriquecendo o seu conteúdo. A primeira parte da obra apresenta uma caracterização da geografia física da América do Sul, enfatizando os biomas e os macrocompartimentos do relevo, além da hidrografia e dos aspectos gerais da circulação e dos sistemas atuantes no continente. Esta parte é fundamental, pois é sobre esta superfície, com sua rugosidade, cobertura do solo e corpos de água, que os climas regionais e de escalas inferiores se manifestam em suas interações terra-ar. A seguir, na segunda parte, os autores apresentam as características do seu sistema de classificação climática, ou seja, a fundamentação teórica, as técnicas de análise, os modelos e os programas computacionais utilizados. Esta é a parte mais importante da obra, em que se explicitam a teoria, o método e as técnicas de análise, que sustentam a proposta de Novais. Na sequência, são abordados os aspectos termopluviométricos que estão na base da proposta e sustentam a tipologia climática em seus diferentes níveis hierárquicos. Esta articulação escalar é fundamental para a compreensão das diferenciações regionais do processo de classificação climática. Na última parte, estão descritas e delimitadas as 43 regiões climáticas cuja caracterização se dá tanto pelos aspectos climáticos, estáticos e dinâmicos, quanto por seus atributos paisagísticos. Assim, esta obra é muito bem-vinda, pois apresenta uma importante contribuição à climatologia, oferecendo à comunidade científica e ao ensino, uma proposta de classificação climática inovadora, bem fundamentada e didática.

*Dr. João Lima Sant'Anna Neto
Prof. Titular da Universidade Estadual Paulista,
Campus de Presidente Prudente
Prof. Visitante da Universidade Federal do
Espírito Santo*

PREFÁCIO DO DR. DIEGO TARLEY FERREIRA NASCIMENTO

O histórico dos sistemas de classificação climática revela, desde a Antiguidade, a inquietação humana em compreender, descrever, explicar, sintetizar e representar a diversidade atmosférica do planeta. Desde os gregos, houve a preocupação em traduzir a complexidade e a variabilidade dos fenômenos atmosféricos em regiões relativamente homogêneas, definidas não apenas por seus elementos físicos, mas também por suas expressões paisagísticas e ecológicas.

De início, o clima foi observado e descrito a partir da experiência sensível do ser humano — pela percepção direta do calor, do frio, dos ventos e das chuvas — numa abordagem empírica e estática que remonta às proposições dos sistemas zonais térmicos do globo pelos filósofos gregos Parmênides e Aristóteles. Com o avanço das ciências naturais e o acúmulo de observações meteorológicas, consolidou-se uma tradição descritiva e estatística, exemplificada pelas tipologias termopluviométricas de Köppen e Thornthwaite, nas quais o clima passou a ser quantificado por médias e índices. Posteriormente, os modelos morfogenéticos de Strahler e Nimer representaram a transição da mera observação para uma leitura genética e dinâmica, incorporando a circulação atmosférica e o papel do clima na conformação e evolução das paisagens. Essa passagem marca o amadurecimento da climatologia geográfica, quando esta deixa de restringir o clima a uma condição estática para entendê-lo a partir de sua gênese e dinâmica.

É nesse contexto que emerge o Sistema de Classificação Climática de Novais, concebido como um modelo híbrido que articula as abordagens tradicional (descritiva e estática) e genética (explicativa e dinâmica) — o que o diferencia dos sistemas de classificação clássicos. Mais do que estabelecer tipos climáticos e sugerir uma leitura descritiva dos mesmos, o sistema de Novais propõe compreender o clima como um Sistema Geossistêmico, expressão da integração entre atmosfera, hidrosfera, litosfera e biosfera. Para tanto, a estrutura do método de Novais combina fundamentos astronômicos, climáticos, geomorfológicos, vegetacionais, hídricos e ecológicos, numa perspectiva funcional e holística, em que o clima é entendido como produto e agente da organização territorial. Ademais, o método de Classificação de Climas de Novais se alicerça numa hierarquia multiescalar, que parte da global, perpassa a regional e alcança a local — permitindo diferentes olhares analíticos, descritivos, explicativos e de síntese.

Outro diferencial fundamental é o uso de dados de reanálise climática, especialmente os provenientes do projeto CHELSA, que integram observações de satélite e modelagens numéricas validadas por dados de superfície. Essa inovação metodológica rompe com a limitação das redes meteorológicas desiguais, particularmente evidente na América do Sul, permitindo inferir atributos climáticos mesmo em áreas sem cobertura observacional direta. Assim, o sistema assegura continuidade espacial, coerência regional e aplicabilidade multiescalar, dialogando do global ao local, e articulando os diferentes níveis de análise hierárquica: zona climática, clima zonal, domínio, subdomínio, região e sub-região climática.

Dessa forma, o modelo de Novais transcende o caráter meramente classificatório. Ele interpreta o clima em sua gênese e funcionamento, restabelecendo o elo entre o fenômeno atmosférico e a paisagem. A leitura climática passa a ser também leitura geográfica: o clima como estrutura e expressão do espaço. Nesse sentido, a “Tipologia Climática da América do Sul” constitui um desdobramento exemplar dessa proposta metodológica. O livro apresenta a complexa diversidade climática do continente a partir de uma perspectiva geossistêmica, hierárquica e multiescalar, articulando dados de reanálise, elementos morfoestruturais e paisagísticos do território sul-americano.

Assim, o Sistema de Classificação Climática de Novais se afirma como herdeiro e superador das tradições climáticas que o precederam. Se Parmênides sugeriu um olhar empírico sobre o clima, Köppen e Thornthwaite consolidaram o método estatístico-descritivo, e Strahler e Nimer abriram a via genética e dinâmica, Novais propõe uma síntese contemporânea e geossistêmica. Ao ser alicerçada numa abordagem híbrida, multiescalar e hierárquica, e incorporar dados de reanálise, seu modelo não apenas descreve o clima como um simples estado médio da atmosfera; ele o interpreta como um sistema de interações, reafirmando a natureza intrinsecamente dinâmica da atmosfera e do sistema climático.

*Dr. Diego Tarley Ferreira Nascimento
Universidade Federal de Goiás (UFG)*

SUMÁRIO

PRÓLOGO.....	4
PREFÁCIO do Dr. João Lima Sant'Anna Neto	6
PREFÁCIO do Dr. Diego Tarley Ferreira Nascimento	7
PARTE I	
GEOGRAFIA FÍSICA DA AMÉRICA DO SUL.....	11
O RELEVO DA AMÉRICA DO SUL	12
AS BACIAS HIDROGRÁFICAS DA AMÉRICA DO SUL: FUNDAMENTOS FÍSICO-AMBIENTAIS E A INTEGRAÇÃO CONTINENTAL	27
PAISAGENS NATURAIS E BIOMAS DA AMÉRICA DO SUL	39
SISTEMAS ATMOSFÉRICOS ATUANTES NA AMÉRICA DO SUL.....	55
PARTE II	
SISTEMA DE CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA DE NOVAIS	74
O MODELO CLIMÁTICO HÍBRIDO E SUA INTERAÇÃO GEOSISTÊMICA	75
ESCALAS E HIERARQUIAS CLIMÁTICAS: FUNDAMENTOS E APLICAÇÕES	91
AQUISIÇÃO E USO DE DADOS DE REANÁLISE CLIMÁTICA	100
METODOLOGIA E PROGRAMAS UTILIZADOS.....	113
PARTE III	
ASPECTOS TERMOPLUVIOMÉTRICOS E TIPOLOGIA CLIMÁTICA DA AMÉRICA DO SUL.....	127
TEMPERATURA DO AR, PRECIPITAÇÃO, EVAPOTRANSPIRAÇÃO POTENCIAL E BALANÇO HÍDRICO NA AMÉRICA DO SUL	128
TIPOLOGIA CLIMÁTICA DA AMÉRICA DO SUL	138
PARTE IV	
ANÁLISE DAS REGIÕES CLIMÁTICAS DA AMÉRICA DO SUL	153
AS REGIÕES CLIMÁTICAS DA AMÉRICA DO SUL.....	154
1. AMAZÔNICA CENTRAL	157
2. AMAZÔNICA MERIDIONAL.....	161
3. AMAZÔNICA OCIDENTAL	166
4. AMAZÔNICA ORIENTAL.....	170
5. AMAZÔNICA SETENTRIONAL	174
6. ANDES CENTRAIS.....	178
7. ANDES MERIDIONAIS	183
8. ANDES PATAGÔNICOS.....	188
9. ANDES SETENTRIONAIS.....	192

10.	ATACAMA.....	197
11.	CENTRO DA AMÉRICA DO SUL	201
12.	CENTRAL DO BRASIL	204
13.	CENTRO-SUL DO BRASIL.....	208
14.	CHACO	212
15.	CUYO.....	216
16.	ILHAS MALVINAS (FALKLANDS)	220
17.	LITORÂNEA AMAZÔNICA.....	223
18.	LITORÂNEA CENTRAL DO CHILE	227
19.	LITORÂNEA DA VENEZUELA.....	232
20.	LITORÂNEA DAS GUIANAS	236
21.	LITORÂNEA DE MARACAIBO	240
22.	LITORÂNEA DO EQUADOR	245
23.	LITORÂNEA DO NORTE DA COLÔMBIA (CARIBE COLOMBIANO)	249
24.	LITORÂNEA DO PERU.....	254
25.	LITORÂNEA DO RIO DA PRATA	258
26.	LITORÂNEA LESTE DO BRASIL	262
27.	LITORÂNEA NORTE DO BRASIL	267
28.	LITORÂNEA DO PACÍFICO COLOMBIANO (DO OESTE DA COLÔMBIA)	271
29.	LITORÂNEA DO SUDESTE ARGENTINO	275
30.	LITORÂNEA SUL DO BRASIL.....	279
31.	LITORÂNEA SUL DO CHILE	283
32.	LLANOS.....	287
33.	MANTIQUEIRA ORIENTAL	291
34.	MESOPOTÂMIA PLATINA.....	295
35.	NORDESTE DO BRASIL	299
36.	PAMPAS ARGENTINOS.....	303
37.	PAMPAS GAÚCHOS	307
38.	PATAGÔNICA.....	311
39.	PLANALTO DAS GUIANAS.....	315
40.	PLANALTO MERIDIONAL DA BACIA DO RIO PARANÁ	319
41.	TERRA DO FOGO	323
42.	TUMUCUMAQUE	327
43.	VALE DO RIO MAGDALENA.....	331
	ÍNDICE REMISSIVO.....	340

PARTE I

GEOGRAFIA FÍSICA DA AMÉRICA DO SUL

O RELEVO DA AMÉRICA DO SUL

*Jurandyr Luciano Sanches Ross
Marisa de Souto Matos Fierz
Pablo Luíz Maia Nepomuceno
Marcos Antonio de Melo*

Introdução

O volume de informações geológicas e geomorfológicas produzidas por inúmeros autores, somado às consultas ao Mapa Geológico da América do Sul, organizado e sintetizado pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), o uso sistemático das imagens de satélite disponíveis no Google Earth e de radar SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) produzidas pela Agência Espacial Norte-Americana (NASA), acrescido de algumas viagens exploratórias de campo, foi fundamental para construir o Mapa das Macroformas do Relevo da América do Sul.

A publicação do artigo de Ross (2016) na Revista Brasileira de Geografia, volume 61, denominado “Relevo Brasileiro no Contexto da América do Sul”, quando, pela primeira vez, foi proposta uma classificação do relevo para todo o continente, apresentando-o por meio de uma figura muito reduzida, nos encorajou a gerar um produto cartográfico mais completo, com a delimitação mais refinada dos limites das unidades do relevo ali representadas, bem como um texto mais sucinto e preciso das unidades morfoestruturais e morfoesculturais da América do Sul. Para isto, seguiu-se a proposta metodológica embasada nos conceitos de morfoestrutura e morfoescultura, preconizados pelos geomorfólogos russos: I. Guerasimov e J. A. Meščerjakov, conforme Meščerjakov (1968), e acrescentados pela proposição taxonômica de Ross (1992).

A primeira classificação geral do relevo da América do Sul foi elaborada por George Berry, e publicada no livro *Geomorphology* de O. D. Von Engel, em 1942, pela editora *The Macmillan Company*, New York, USA. Esta foi reproduzida no artigo de Ross (2016) supracitado. Foi a primeira proposta para se entender a distribuição e as características do relevo sul-americano.

Na atualidade, quando se dispõe de enorme quantidade de publicações, sobretudo da geologia e geomorfologia do continente como um todo, associadas às tecnologias disponíveis, foi possível apresentar uma nova versão sobre o tema, com a preocupação de tornar mais claras as relações existentes entre os arranjos estruturais e morfológicos de todo o continente.

O Relevo Regional Sul-Americano

O relevo da América do Sul está contextualizado na macrocompartimentação e geodinâmica do continente que, por sua vez, depende da geotectônica global, ou seja, no entendimento da teoria da Tectônica de Placas. Os fatos geotectônicos, tanto do passado como do presente, são interpretados através do arcabouço global do planeta, e os fatos locais e regionais só podem ser entendidos também nesse contexto. As terras emersas atuais do planeta se configuram em macroestruturas geológicas muito antigas do Pré-Cambriano médio e inferior (Arqueozoico) através dos Crátons. Agregados a essas megaestruturas, desenvolveram-se outros arranjos estruturais com características de faixas ou cinturões de dobramentos datados do Pré-Cambriano Superior (Proterozoico) aqui denominados de Cinturões Orogenéticos Antigos. Sobre essas estruturas antigas, os processos erosivos e deposicionais geraram as grandes Bacias Sedimentares Paleomesozoicas com diferentes condições climáticas, tectônicas e marinhas. Estas bacias formaram-se

dominantemente sobre e entre crátons e cinturões orogenéticos antigos. Esse complexo conjunto de megaestruturas faz parte da litosfera do planeta, e está assentado sobre o manto. A menor densidade das rochas que compõem as terras emersas, combinada com os movimentos crustais decorrentes das forças endógenas, possibilita uma vigorosa dinâmica da crosta litosférica que, ao longo dos tempos geológicos mais recentes, agregou novas formações rochosas, novos arranjos estruturais e, conseqüentemente, macroformas do relevo, que também se submetem aos longos processos erosivos e deposicionais, sobretudo do período Cretáceo ao Cenozoico (Terciário e Quaternário). Estas novas megaestruturas e macroformas do relevo estão representadas por extensa cadeia orogenética (Andes), amplas depressões interiores e planícies como da Depressão Central Sul-americana e por planaltos, serras e depressões, estas últimas produzidas por longos períodos erosivos ao longo do Cenozoico.

As formas e os processos responsáveis pela formação do relevo sul-americano estão contextualizados na perspectiva da tectônica global, onde os arranjos estruturais de hoje não são os mesmos de tempos geológicos passados, mas se assemelham.

As terras emersas da América do Sul fazem parte de algo maior, a Placa Litosférica sul-americana, que envolve também superfícies submersas. O relevo do continente sul-americano tem, na borda oeste, a Cadeia Orogênica dos Andes, cuja formação se inicia no Jura-Cretáceo e se estende até o Cenozoico. No interior do continente, a cordilheira Andina de norte a sul é acompanhada por uma faixa de terras baixas, a que denominamos de Depressão Central Sul-americana, constituída por planícies, pantanais e depressões constituídas por sedimentos cenozoicos. No centro-leste e norte do continente, as estruturas e formações litológicas são antigas e remontam ao Pré-Cambriano, estando parcialmente cobertas por extensas bacias sedimentares paleomesozoicas onde estão grandes formas de relevo como planaltos e serras intercalados por superfícies rebaixadas por erosão, correspondendo às depressões periféricas e interplanálticas.

As plataformas ou crátons são morfoestruturas que correspondem aos terrenos mais antigos e rebaixados por centenas de milhões de anos por atividades erosivas. Estas são compostas por uma grande complexidade litológica e estrutural, com predomínio de rochas metamórficas muito antigas do Pré-Cambriano Médio a Inferior (Arqueozoico), bem como rochas metamórficas e intrusivas antigas do Pré-Cambriano Médio a Superior (Proterozoico). Também ocorrem rochas sedimentares datadas do mesmo Proterozoico, que recobrem residualmente pequenas áreas dos terrenos dos crátons ou plataformas. Essas áreas de plataformas antigas correspondem a partes do cráton Amazônico, do São Francisco, Uruguaio-sul-rio-grandense e Patagônia, tendo maior expressividade e continuidade territorial, o Cráton Amazônico (Ross, 2016).

As morfoestruturas representadas pelos cinturões orogenéticos correspondem às extensas faixas de estruturas dobradas e metamorfizadas, correspondendo às diversas fases ao longo do Pré-Cambriano Superior (Proterozoico). Esses cinturões, conforme ressalta Almeida (1967), representam faixas de sutura entre crátons e consolidam os terrenos do Pré-Cambriano, sobretudo em território brasileiro. Estão representados pelas faixas de dobramentos do Atlântico, de Brasília (ou Tocantins) e Paraguai-Araguaia (ou Paraguai). Essas três antigas cadeias montanhosas foram geradas pela dinâmica crustal do Proterozoico e constituíam bacias sedimentares de bordas de continentes que, por pressões dos deslocamentos crustais de grandes blocos estruturais, foram transformadas em cadeias orogenéticas longas, estreitas e elevadas. Decorrentes de processos de dobramentos, metamorfismos regionais, magmatismos com intrusões e vulcanismos, também passaram e continuam passando por desgastes erosivos dos últimos 550/600 milhões de anos (Fanerozoico), encontrando-se muito rebaixadas pelas várias fases denudacionais, mas ainda guardando aspecto montanhoso e serrano em grandes extensões (Ross, 1990).

Figura 1 – Mapa das Macroformas do Relevo da América do Sul.






Fonte: Autores (2025).

A Figura 2 ilustra a divisão das macroformas representadas pelas cinco morfoestruturas e morfoesculturas conforme representadas no mapa (Figura 1):

Figura 2 – Legenda da divisão dos primeiros e segundos táxons das macroformas do relevo da América do Sul.










1-Morfoestrutura do Cráton Amazônico:

-Morfoesculturas:

-  1.1-Planaltos Residuais em Cobertura Sedimentar de Plataforma-Norte e Sul Amazônicos
-  1.2-Planaltos em Estruturas Ígneas e Metamórficas-Norte e Sul Amazônicas
-  1.3-Depressões Marginais e Interplanálticas - Norte e Sul Amazônicas



2-Morfoestrutura dos Cinturões Orogenéticos do Pré-Cambriano:

-Morfoesculturas:

-  2.1-Planaltos e Serras do Atlântico Leste-Sudeste
-  2.2-Planaltos e Serras de Goiás-Minas
-  2.3-Planaltos do Nordeste Oriental e Sertanejo
-  2.4-Planalto Uruguaio-sul-rio-grandense
-  2.5-Planaltos e Serras do Alto Paraguai/Bodoquena¹
-  2.6-Depressões Sertaneja e do São Francisco
-  2.7-Depressões Cuiabana e do Alto Paraguai
-  2.8-Depressões do Miranda-Bodoquena
-  2.9-Depressões do Tocantins







3-Morfoestrutura da Plataforma da Patagônia:

-Morfoesculturas:

-  3.1-Planaltos em Estruturas Vulcano-sedimentares
-  3.2-Planaltos em Coberturas Sedimentares Meso-cenozoicas





4-Morfoestruturas em Bacias Sedimentares Paleo-mesozoicas:

-Morfoesculturas:

-  4.1-Planaltos e Chapadas da Bacia do Paraná
-  4.2-Planaltos e Chapadas da Bacia do Parnaíba
-  4.3-Planaltos e Chapadas da Bacia do Parecis
-  4.4-Planaltos e Tabuleiros da Bacia da Amazônia Oriental
-  4.5-Depressão Periférica da Borda Leste da Bacia do Paraná
-  4.6-Depressão Periférica Central Gaúcha-Uruguiaia













5-Morfoestruturas dos Cinturões Orogenéticos Meso-cenozoicos:

-Morfoesculturas:

-  5.1-Cordilheira dos Andes Oriental
-  5.2-Cordilheira dos Andes Centro-Occidental
-  5.3-Cordilheira dos Andes Costeira
-  5.4-Vales Sinclinais-Patamares Estruturais Amplos e Altiplanos

6 - Morfoestruturas das Bacias Sedimentares Cenozoicas:

-Morfoesculturas:

-  6.1-Depressão Central Sul-americana
 -  6.1.1-Tabuleiros e Colinas da Bacia do Orinoco
 -  6.1.2-Tabuleiros e Colinas da Bacia do Solimões
 -  6.1.3-Tabuleiros e Colinas do Alto Paraguai
 -  6.1.4-Planícies e Pantanaís da Bacia do Orinoco
 -  6.1.5-Planícies e Pantanaís das bacias Beni-Mamoré (Chaco)
 -  6.1.6-Planícies e Pantanaís das Bacias Paraguai-Paraná (Chaco)
 -  6.1.7-Planícies e Colinas das Bacias Paraguai-Paraná-Prata
 -  6.1.8-Planícies e Campos de Dunas Fixas das Bacias do Salado-Colorado
-  6.2-Tabuleiros Costeiros e Planícies Flúvio-Marinhas do Atlântico
-  6.3-Terraços e Planícies Costeiras do Pacífico
-  6.4-Planícies Fluviais Interiores

Fonte: Autores (2025).

As grandes bacias sedimentares paleomesozoicas, como a Amazônica Oriental, do Parnaíba, do Paraná e do Parecis, compõem a terceira grande tipologia de morfoestruturas que ocorre na América do Sul. Os depósitos marinhos, glaciais, eólicos e continentais formaram as rochas sedimentares dessas três grandes bacias. Compõem os estratos sedimentares os arenitos de diferentes idades e granulacões, intercalados por camadas de siltitos, argilitos, folhelhos, conglomerados e calcários, entre outros. Especificamente, na Bacia do Paraná ocorreu, no Jurássico, extensivo derrame de lavas vulcânicas predominantemente básicas (basaltos) que se acomodaram sobre as camadas sedimentares em planos pseudo-horizontais. A formação dessas grandes bacias sedimentares teve interrupção de sedimentação generalizada no fim do Mesozoico (Cretáceo). Os sedimentos dessas bacias resultam dos múltiplos processos erosivos dos cinturões orogenéticos e dos crátons, com muita variabilidade de condições climáticas, promovendo processos erosivos e deposicionais em condições de climas quentes e úmidos, desérticos e glaciais em ambientes continentais e marinhos.

As morfoestruturas dos cinturões orogenéticos recentes e das bacias sedimentares cenozoicas associam-se à origem da Cordilheira Andina e a formação da Depressão Central Sul-americana, respectivamente, as terras mais altas e as mais baixas do continente.

Os depósitos do Cenozoico relativos à Depressão Central Sul-americana, são encontrados mais extensivamente na parte ocidental da Bacia Amazônica (Solimões), nas bacias do Orenoco, do Paraguai-Paraná, mas também nos tabuleiros costeiros, e planícies marinhas e fluviais nos litorais dos oceanos Atlântico e Pacífico. Encontram-se também bacias sedimentares terciário-quadernárias nas faixas dos dobramentos do Atlântico e dos Andes em grábens ou *rift valleys*, como em depressões de origem tectônica e em vales sinclinais alçados e anticlinais erodidos.

O desafio para entender a morfogênese e a morfocronologia do relevo da América do Sul como um todo, está sempre em se considerar, em um primeiro momento, a tectônica antiga e os arranjos estruturais decorrentes dela, seguidos pelos processos denudacionais que ocorreram por centenas de milhões de anos atuando nos crátons (escudos e plataformas) e nos cinturões orogenéticos do Pré-Cambriano. São determinantes na configuração da morfologia do continente as atividades da tectônica mais recentes, iniciadas no Juracretáceo e estendidas por todo o Cenozoico, como os dobramentos, soerguimentos/arqueamentos, basculamentos, falhamentos, vulcanismo e distensões vinculadas à neotectônica acompanhada simultaneamente pelos rebaixamentos e reafeiçoamentos erosivos.

A complexidade da análise na perspectiva morfogenética precisa inexoravelmente contemplar os processos denudacionais ativados permanentemente pelas oscilações e mudanças climáticas ao longo do tempo geológico e do espaço geográfico. Climas frios, quentes, secos, úmidos e glaciais são agentes e indicadores de diferentes processos erosivos e deposicionais, que deixaram e continuam deixando suas marcas nas formas de acumulação e, principalmente, em seus correspondentes depósitos. Estes “mistérios” geomorfológicos têm seus “segredos científicos” registrados nos espessos e bastante profundos pacotes sedimentares que compõem os depósitos Terciário-Quaternários das morfoestruturas das bacias sedimentares cenozoicas.

A revisão do conhecimento geomorfológico do território brasileiro, apresentada por Ab'Saber (1998), é importante ponto de partida para entender se a morfogênese do relevo brasileiro, e nos permite remeter às interpretações correlativas para todo o continente sul-americano, tanto nos aspectos geotectônicos e estruturais antigos e recentes, como os esculturais com destaque para os atuantes no Terciário e no Quaternário. A contribuição de inúmeros outros pesquisadores, cujas análises e interpretações são parcialmente relatadas em Ross (2016), permite estabelecer como objetivo, por meio de representação no mapa geomorfológico da América do Sul, um entendimento, ainda que genérico, sobre a morfogênese e morfocronologia das macroformas.

Cabe destacar um aspecto importante sobre a metodologia utilizada na construção deste mapa do relevo da América do Sul, na perspectiva sobre a escolha da base teórica e metodológica. Este foi

elaborado nos anos de 2015 e 2016, culminando com uma publicação em formato de figura na RBG - Revista Brasileira de Geografia – IBGE, em 2016, seguido por uma segunda publicação do mapa propriamente dito, com texto mais reduzido, na RDG - Revista do Departamento de Geografia - USP em 2019.

O SBCR - Sistema Brasileiro de Classificação de Relevo através de Nota Técnica na RBG - Revista Brasileira de Geografia do IBGE, em 2022, definiu que o primeiro táxon para o relevo brasileiro é representado por Montanhas, Planaltos, Superfícies Rebaixadas (correspondente às Depressões) e Tabuleiros, Planícies Fluviais e Marinhas, e o segundo táxon, as macroestruturas geológicas, que se definem pelos Crátoms, Cinturões Orogênicos, Bacias Sedimentares, Coberturas Sedimentares delgadas. Como a base teórica e metodológica adotada neste mapeamento foi a proposta por Meščerjakov (1968) e Ross (1992), como primeiro táxon foram as macroestruturas geológicas do continente sul-americano ou como denominado na perspectiva geomorfológica de morfoestruturas, e o segundo táxon as macroformas que definem as grandes Unidades Geomorfológicas, ou seja, as morfoesculturas tais como planaltos, serras (que representam as montanhas), depressões, tabuleiros e planícies fluviais e marinhas.

Ressalta-se que, na concepção de Meščerjakov (1968), as morfoestruturas e as morfoesculturas se enquadram em uma mesma ordem de grandeza. Assim, tanto pode-se optar pelas morfoestruturas como representando o primeiro táxon, e morfoesculturas no segundo táxon, como aqui foi adotado, ou então as morfoesculturas em primeiro táxon, e as macroestruturas geológicas em segundo, como considera o SBCR de 2022.

Morfoestrutura da Plataforma ou do Cráton Amazônico

Referindo-se aos terrenos geologicamente mais antigos da América do Sul, com destaque para o Brasil e Venezuela, mais especificamente relacionados ao Cráton Amazônico, Ab'Saber (1972), Brasil (1971-1985) e Ross (1990) registram que prevalece uma vasta superfície baixa com altitudes que oscilam entre 100 e 300 m, esculpidas no embasamento cristalino mantido por rochas metamórficas do Pré-Cambriano Médio (1,8 a 2,5 bilhões de anos). Essa superfície é a dominante do Cráton Amazônico desde o estado de Mato Grosso, até a Venezuela, Suriname e Guianas. Essa vasta superfície rebaixada por processos erosivos ao longo de centenas de milhões de anos é o que melhor caracteriza o Cráton Amazônico contemporâneo.

Na parte central, cortada pelo rio Amazonas, está a cobertura paleo-mesozoica da Bacia Sedimentar da Amazônia Oriental cujos desníveis entre os topos das bordas da bacia para a base da superfície, que está por volta dos 100 m de altitude, é de 200 a 300 m. Essa superfície Gondwânica de idade Paleozoica, foi tratada por Ab'Saber como uma “superfície de eversão”, em função da exumação que teria ocorrido ao longo do Terciário e Quaternário. No território brasileiro, essa superfície foi denominada por Ab'Saber, em 1972, como Depressão Marginal Norte e Sul Amazônicas em face da presença no eixo Leste-Oeste da Bacia Sedimentar da Amazônia Oriental. Esse nível é muito pouco inclinado de sul para norte e também de norte para sul em relação ao eixo do rio Amazonas. As características morfológicas dessa superfície, tanto ao norte como ao sul da Bacia Sedimentar Amazônica, são predominantemente constituídas por colinas de topos convexos com vales encaixados e vertentes medianamente inclinadas.

Observa-se por toda essa superfície baixa e colinosa, relevos mais elevados, com altitudes entre 600 e 800 m, que são denominados de Planalto Residual Norte Amazônico e Planalto Residual Sul Amazônico. Essas formas residuais em áreas restritas podem ultrapassar os 1.000 metros. São relevos mantidos por grande diversidade de litologias, como rochas ígneas da família dos granitos, com alguma presença de rochas vulcânicas ácidas, como os riolitos, e coberturas residuais, compostas por arenitos silicificados. Também estão presentes relevos residuais esculpidos em estruturas dobradas do Pré-cambriano Médio representadas por cristas assimétricas de quartzitos,

heranças de fases orogenéticas mais antigas que, na evolução geológica, levaram à formação do Cráton. Há, ainda, relevos cujos topos são mantidos por formações ferríferas e de manganês muito resistentes à erosão, que constituem depósitos supergênicos do Pré-cambriano e sustentam relevos residuais elevados, como ocorre com o complexo serrano de Carajás, no Pará, e de Urucum, em Mato Grosso do Sul.

Os arenitos silicificados, também extremamente resistentes ao desgaste erosivo, sustentam os topos aplanados ou dissecados, mas com topos nivelados denominados de planaltos com coberturas residuais de plataforma norte e sul Amazônicas, como exemplo são as Serras da Providência e Pacaás Novos, em Rondônia, do Cachimbo, de Caiabis, de Apiacás, Santa Bárbara, Tapirapé e Cubencranquem, em Mato Grosso e Pará, e as Serras de Parima, Pacaraima e Tumucumaque, respectivamente nas divisas de Roraima com Venezuela, e Amapá com Suriname. Recobrem o cráton Amazônico de forma mais contínua a bacia sedimentar da Amazônia Oriental, com o eixo hidrográfico do rio Amazonas e a bacia sedimentar do Parecis, posicionada no divisor de águas dos rios que vertem para o Amazonas ao norte, e os rios tributários do Paraguai/Paraná, ao sul. Essas bacias têm o fecho da sedimentação nos arenitos do Cretáceo, com a diferença que as partes mais elevadas dos sedimentos do Cretáceo, na Bacia Amazônica, estão entre 350/400 m, enquanto no Planalto dos Parecis, oscilam entre 400 a 800 m.

Morfoestrutura da Plataforma da Patagônia

A Morfoestrutura da Plataforma da Patagônia também se apresenta preferencialmente como terras baixas, à semelhança do Cráton Amazônico, mas, na perspectiva geomorfológica, é bastante distinta. Essa plataforma, com parte das rochas mais antigas datadas do Pré-Cambriano Superior, é tida como parte residual do continente Gondwana. Sua configuração resulta do amalgamento de dois maciços cristalinos denominados de Somun Cura, ao norte, e Deseado, ao sul. Esses maciços se compõem de grande complexidade de rochas metamórficas, intrusivas da família dos granitos, vulcânicas ácidas, como os riolitos, e igníbritos associados ao vulcanismo do Juratriássico, os basaltos e sedimentos do (Paleógeno).

Recobrem parcialmente essas litologias mais antigas, sedimentos do Cretáceo e Terciário, bem como estruturas horizontais dos derrames vulcânicos constituídos por basaltos. Estas rochas sustentam relevos tabulares denominados de mesetas com bordas escarpadas, topos planos, recortados por vales de direção oeste-leste, paralelos entre si, largos, de fundos preferencialmente planos e bordas escarpadas. Esses vales de dimensões desproporcionais ao volume de água que neles circula, têm gênese associada aos processos glaciais e áridos do Pleistoceno. Os setores dos maciços de Deseado e Somun Cura, com altitudes que atingem os 800 m, são marcados por relevos em morros com morfologia irregular, vertentes abruptas, configurando uma intensa rugosidade e dessimetria topográfica.

No baixo Planalto da Patagônia, onde prevalecem as mesetas, as coberturas do Cretáceo e Terciário compostas por arenitos, tilitos, conglomerados, *drumlins*, calcáreos, bem como os derrames de basalto, se mantêm mais extensivamente, ao mesmo tempo em que embora essa plataforma esteja no contato da borda leste da Cordilheira Andina, os soerguimentos epirogenéticos foram mais modestos a leste e mais significantes a oeste. As altitudes decaem na direção do Atlântico variando entre 400/600 m a oeste e menos de 100 m na zona costeira do Atlântico.

Morfoestruturas dos Cinturões Orogenéticos Antigos

Os cinturões orogenéticos antigos em território brasileiro datam do ciclo brasileiro, ou seja, entre 550 milhões a 1,5 bilhões de anos, sendo representados pelos cinturões do Atlântico, Brasília (ou Tocantins) e Paraguai-Araguaia (ou Paraguai). Ross (1991), ao tratar do relevo da Província Serrana de Mato Grosso que compõe parte dos planaltos e serras residuais do Alto Paraguai, e, portanto, com

configuração montanhosa, discute a diversidade genética dos níveis morfológicos ou topográficos dos relevos dessas faixas de dobramentos, que inclui as áreas serranas e as depressões circundantes como Depressão Cuiabana e do Alto Paraguai, pertencentes ao cinturão orogenético Paraguai-Araguaia. Os planaltos e serras residuais apresentam a seguinte síntese morfogenética e cronológica:

- I. “No Pré-Cretáceo as fases erosivas deixaram como testemunhos superfícies aplanadas e ou niveladas no topo da Província Serrana (montanhas) e no Planalto das Bacias do Rio Casca e Mutum” (Ross, 1991a, p. 35). No Cretáceo, ocorre a sedimentação dos Grupos Parecis e Bauru que dão suporte às Chapadas dos Parecis e Guimarães, bem como o recobrimento em nítida discordância erosiva dos topos aplanados e preservados das anticlinais da Província Serrana.
- II. Em publicação mais recente, Ross (2014) concluiu que os processos esculturais ou denudacionais que ocorreram nessa região se deram simultaneamente aos arqueamentos/soerguimentos do chamado “Arco de São Vicente”, ao longo do Cenozoico.
 - a) Soerguimento da Plataforma Brasileira, ou seja, a epirogênese que se manifesta a partir do Juracretáceo, que promoveu a reativação de falhas antigas e o basculamento de blocos, gerando desnivelamentos na Província Serrana. Do Terciário Médio ao Pleistoceno, consolida-se a abertura das Depressões do Alto Paraguai, Cuiabana e Periférica do Arinos. No Pleistoceno, ocorreu a deposição dos sedimentos preferencialmente arenosos da Formação Pantanal sobre a superfície aplanada das Depressões do Alto Paraguai e Cuiabana. No Pleistoceno mais recente e no Holoceno, a continuidade dos processos de sedimentação fluvial/lacustre em regimes de leques aluviais geram a Planície do Pantanal e, ao mesmo tempo, promovem dissecação das terras pouco mais altas do entorno, inclusive os próprios sedimentos da Formação Pantanal ao longo da Depressão do Alto Paraguai, drenada pelos rios Paraguai, Sepotuba e Pari.
 - b) Na faixa dos dobramentos Brasília ou Cinturão Orogenético de Brasília (atualmente denominado de Tocantins), Ross (2001) refere-se às morfologias e à gênese dos relevos do norte Goiano e Distrito Federal, onde também inclui-se a Serra da Canastra em Minas Gerais, podendo-se resumir na seguinte sequência morfogenética e cronológica: 1) Os relevos montanhosos constituídos por serras, planaltos e depressões intermontanas, que configuram a geomorfologia da área, se encaixam perfeitamente na interpretação genérica de que a faixa de dobramentos que compõe este relevo é parte de um processo geotectônico do Pré-cambriano Superior (Proterozoico); e, 2) Os processos erosivos, à semelhança do que ocorreu em outras áreas do atual território nacional, rebaixaram as montanhas que no passado possivelmente atingiriam altitudes próximas dos 3.000 a 4.000 m.
 - c) Observam-se, contemporaneamente, os relevos montanhosos, esculpidos sobre as rochas que compunham “as raízes” dos dobramentos da antiga cordilheira. Vislumbra-se, de forma genérica, que as atuais serras Dourada, da Mesa, das Traíras, Branca, Canastra e as chapadas dos Veadeiros e Brasília, são produtos residuais das diversas fases de rebaixamento erosivo dessa cordilheira, e que guardam até os tempos atuais fisionomias de montanhas. Entremeiam esse conjunto extenso de serras e chapadas, corredores rebaixados e praticamente planos, posicionados em níveis altimétricos ao redor dos 400 a 500 m, definindo depressões intermontanas que se articulam para norte ao longo da Bacia Hidrográfica do Rio Tocantins e Depressão do Tocantins.

As terras elevadas são mantidas por sequências de anticlinais e sinclinais fortemente erodidas. Esses testemunhos dos antigos dobramentos têm, em suas bordas, cristas assimétricas de quartzitos e no interior das anticlinais escavadas, ocorrem morros com topos convexos amplos e sustentados por

granitos. Estes granitos correspondem às massas ígneas intrusivas subjacentes, cujos processos erosivos com sucessivos rebaixamentos ao longo de milhões de anos, os exumaram. As terras mais baixas e aplanadas, que configuram as depressões intermontanas, são predominantemente esculpidas em rochas metamórficas menos resistentes, como os micaxistos, filitos e outras.

A maior parte dos soerguimentos/arqueamentos identificados no território brasileiro está vinculada a setores dos cinturões orogênicos antigos. Assim se dá com os arqueamentos no Rio Grande do Sul - Uruguai, no arco de Ponta Grossa, na flexura de Goiânia, no arco de São Vicente (MT), no arqueamento de Xambioá na borda da bacia do Parnaíba-Tocantins, no Nordeste Oriental (Borborema), no Espinhaço/Quadrilátero Ferrífero, na faixa mais próxima da costa do Cinturão do Atlântico nas serras do Mar, Mantiqueira, Bocaina, Paranapiacaba, Órgãos, Caparaó entre outras. Essas áreas têm em sua gênese o histórico da atividade tectônica, desde o momento que surgiram como estruturas dobradas, metamorfizadas e magmatizadas, configurando-se até dias atuais como relevos de montanhas. É de se esperar, portanto, que essas áreas se constituam nas mais sensíveis aos eventos geotectônicos mais recentes em função de sua história genética.

No cinturão orogênico do Atlântico, os processos geológicos na formação das faixas de dobramentos do Proterozoico têm um histórico pré-abertura do Atlântico, e nos remete aos amplos e diversificados processos erosivos ocorridos no fim do Proterozoico e ao longo do Paleozoico, Meso e Cenozoico, que rebaixaram as cadeias montanhosas e construíram superfícies aplanadas descontínuas, irregulares e desniveladas pelas fases tectônicas mesocenoicas. A faixa do Cinturão do Atlântico, sobretudo na região Sudeste é muito marcada pela tectônica Cenozoica. Gontijo (1999), em estudo acerca da morfotectônica do médio Paraíba do Sul, fez importante revisão sobre as informações geotectônicas para os terrenos do Cinturão Orogenético do Atlântico. Entre as informações resgatadas está a interpretação de Saadi (1993) que correlaciona os pulsos andinos identificados por Frutos (1981) aos eventos neotectônicos brasileiros.

Hasui *et al.* (1998) enfatizam que, no sudeste brasileiro, como decorrência da separação dos continentes sul-americano e africano no Mesozoico, ocorreu soerguimento regional do Mesozoico ao Paleógeno (Terciário Inferior), seguido de grandes desnivelamentos de blocos através de falhas responsáveis pela individualização das serras ancestrais do Mar e da Mantiqueira e pela geração dos grábens terciários. Já no Neógeno (Plioceno e Pleistoceno), houve a compartimentação da região em grandes domínios morfológicos.

As atividades tectônicas que atuaram no continente sul-americano, a partir do Jurássico e ao longo do Cretáceo e Cenozoico, com prevalência no Terciário, foram responsáveis pelos processos geradores dos *rifts* marcados por falhamentos transcorrentes, escarpamentos, geração de grábens/*horsts* e formação nessas depressões tectônicas de bacias sedimentares sintectônicas, ou seja, de formação concomitante à atividade tectônica. Estes processos tanto ocorreram nas terras emersas como na plataforma continental e talude, sobretudo na faixa atlântica desde o litoral sul passando pelo nordeste oriental e estendendo-se pela zona equatorial do Maranhão, Pará e Amapá. São exemplos representativos as bacias sedimentares nas terras emersas ou, das também denominadas, bacias continentais trafoenéticas, como as bacias cenozoicas de São Paulo, Taubaté, Rezende, Curitiba, Pariqueira-Açu, Volta Redonda, Guanabara, Itaboraí, geradas, conforme Ricomini (1989), a partir do Oligoceno-Mioceno.

Desde os trabalhos de Ricomini (1989/1991), reafirmados por Gontijo (1999), têm-se informações claramente demonstradas que essas atividades tectogênicas continuam ativas após a formação dos depósitos sedimentares, quando esse autor identificou deformações nos sedimentos das bacias continentais de Rezende, e que se proliferam nos depósitos das bacias sedimentares vizinhas, conforme se pode, com certa frequência, observar em cortes sobre as colinas da Bacia Sedimentar de Taubaté. Corroboram esta análise, os resultados sismográficos parciais apresentados por Assumpção *et al.* (2015), sobre os dados de 2013 e 2014 gerados pela Rede Sismográfica Brasileira.

O pequeno mapa síntese que ilustra a referida publicação, mostra claramente alguns eixos ou áreas onde a frequência de abalos sísmicos é maior no território brasileiro, sendo bastante evidente a concentração na faixa atlântica, onde se destacam a região Sudeste e a faixa que adentra para o centro norte do país acompanhando os Cinturões Orogenéticos do Atlântico, Brasília e Paraguai-Araguaia.

Morfoestruturas das Bacias Sedimentares Paleomesozoicas

As morfoestruturas das bacias sedimentares *paleomesozoicas* estão representadas pelos Planaltos e Chapadas dos Parecis, Planalto da Amazônia Oriental, da Bacia do Parnaíba e Planaltos e Chapadas da Bacia do Paraná, bem como as Depressões Periféricas da Borda Leste da Bacia do Paraná, a Depressão Central Gaúcha e as Depressões Monoclinais e Patamares estruturais que ocorrem nas extremidades norte e oeste desta bacia nos estados de Goiás, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul.

A Chapada dos Parecis, que corresponde à área mais elevada do Planalto dos Parecis está nivelada nos 800 m, altitude semelhante à borda da Bacia do Paraná, representada pela Chapada dos Guimarães, cujos topos também são mantidos pelos arenitos do Cretáceo. Ross (2014) reinterpretando a morfogênese da Chapada dos Guimarães (MT), posicionada na borda norte da Bacia do Paraná e praticamente contínua à Chapada dos Parecis, que se posiciona à noroeste desta, sintetiza que:

[...] a Chapada dos Guimarães é produto da combinação de processos geotectônicos desencadeando movimentação crustal em razão da abertura do Atlântico, orogenia Andina e soerguimentos generalizados da plataforma sul-americana a partir do Juracretáceo, e estendendo-se por todo o Cenozoico, somados aos arqueamentos dômicos ao longo dos grandes alinhamentos estruturais, como o que ocorre na faixa de dobramentos Paraguai-Araguaia, denominado de Arco de São Vicente (Ross, 2014, p. 195).

Ross (2014) considera que estas chapadas e as depressões que as circundam, tanto ao sul quanto ao norte e oeste, foram geradas ao longo de mais de 65 Ma e não como era suposto por Ab'Saber (1972), que considerava estas como sendo decorrentes dos processos denudacionais do Plio-Pleistoceno, ou seja, do rebaixamento erosivo.

As morfoestruturas, que sustentam os planaltos e chapadas das bacias Sedimentares do Paraná, do Parnaíba, da Amazônia Oriental, e dos Parecis, têm em comum o fato de estarem em posições altimétricas mais elevadas do que no momento em que foram geradas e compostas por sedimentos de origem continental datados do Cretáceo. Com exceção da Bacia do Parecis, cujos depósitos são exclusivamente do Cretáceo, as demais têm, em suas formações geológicas, sedimentos de várias origens (marinhos, continentais, glaciais), com idades que vão desde o Paleozoico (Devoniano, Siluriano, Carbonífero, Permiano), chegando ao Mesozoico, com sedimentos eólicos de ambientes áridos (Triássico), vulcânicas ácidas e básicas (Triássico Jurássico), e depósitos continentais no cretáceo de arenitos em setores embaciados.

O que, de fato, desperta a atenção, são os soerguimentos, arqueamentos e sinéclises que estas bacias sofreram em todas as suas extensões, mas principalmente em suas bordas. Essa epirogênese é considerada como pós-Cretácea pelo fato de ter colocado os arenitos desta idade em posições altimétricas muito variadas, mas que chegam a 800/850 m na Chapada dos Parecis, a 900/1.000 m nas bordas mais proeminentes da Bacia do Paraná, na Chapada dos Guimarães, no Planalto Residual de Franca e de São Carlos-Botucatu, em São Paulo, e acima de 900 m na Chapada do Ibiapaba, no Ceará-Piauí, na Bacia do Parnaíba, ou em altitudes mais modestas nas bordas norte e sul da Bacia da Amazônia Oriental, onde atinge, no máximo 400 m, no Planalto da Amazônia Oriental.

As bordas desses planaltos e chapadas são delimitadas por escarpas cujos processos erosivos, Cenozoicos, foram induzidos pela tectônica que, ao promover a epirogenia, gerou falhamentos, a partir dos quais, as atividades erosivas passaram a atuar. Esses processos tectônicos e erosivos certamente não ocorreram de forma brusca e única, mas ao longo de mais de 65 milhões de anos (Cenozoico) e de modo concomitante. Assim, ao mesmo tempo em que se processavam os esforços e a atuação tectônica, as erosões se instalaram e evoluíram na direção de gerar os planaltos e chapadas, nas bordas das bacias, e um amplo e generalizado rebaixamento morfológico, correspondente às depressões ou superfícies rebaixadas. As análises geomorfológicas apresentadas por diversos autores sinalizam na direção de que a abertura dessas superfícies rebaixadas, que deram origem às depressões periféricas e marginais (Ab'Saber, 1949, 1972) e que circundam parcialmente as grandes bacias sedimentares, foram esculpidas por fases de maiores ou menores atividades tectônicas acompanhadas de variado vigor erosivo, com condições de alternâncias climáticas secas, coincidentes com prolongados períodos glaciais e menor oferta de água líquida no sistema atmosférico, e nos interglaciais, com climas mais quentes e úmidos e maior disponibilidade de água no estado líquido. Essas depressões circundantes às bacias sedimentares (periféricas, monoclinais e marginais) são, portanto, produtos da combinação dos processos tectônicos Cenozoicos identificados por soerguimentos e falhamentos, e de processos erosivos promovidos por diferentes condições climáticas. Há consenso de que os soerguimentos se dão de forma mais ou menos intermitentes, ou seja, ainda que as atividades tectônicas nunca cessem, suas intensidades oscilam no tempo e no espaço.

Morfoestrutura do Cinturão Orogenético dos Andes e Bacias Cenozoicas

A Cordilheira dos Andes, que se estende de norte a sul em paralelo e entre a Depressão Central, a leste, e o Oceano Pacífico, a oeste, é uma decorrência dos processos da deriva dos continentes e, associadas à movimentação das placas litosféricas da América do Sul tal como a de Nazca e do Pacífico. A submersão ou subducção das placas de Nazca e do Pacífico (sul), sob a placa Sul-americana, é o mecanismo que explica a dominância dos processos geotectônicos que ocorrem em todo o continente e fornece as pistas para a interpretação da evolução do relevo no território brasileiro. Zalan (2004), ao sintetizar dados produzidos por diversos autores sobre a orogenia andina, indica que o processo de formação da Cordilheira Andina se deu por fases de dobramentos que se iniciam no Cretáceo Médio (96/106 milhões de anos), denominada de fase Mochica, pré Andina. A essa fase inicial de dobramentos acrescentam-se outras, como a fase Peruana do Cretáceo, pouco mais recente, da ordem de 83 a 87 milhões de anos; a fase Cordilheira Ocidental, também do Cretáceo Superior, com tempo da ordem de 65 a 74 milhões de anos. No Cenozoico, outras duas fases orogenéticas são identificadas: a fase Incaica do Cenozoico (Eoceno), com 33 a 53 milhões de anos, e a fase Quechua-Cenozoico-Mioceno/Plioceno, entre 1,7 a 23 milhões de anos.

A fase Mochica, do Cretáceo Médio, se articula com a existência da Cordilheira Andina Oriental e com o denominado Altiplano Boliviano, com topos posicionados acima de 4.000 metros de altitude. As fases Cordilheira Ocidental, do Cretáceo Superior, e a Incaica, do Cenozoico Médio (Eoceno), associam-se a toda extensão do eixo central da Cordilheira Andina, desde o extremo sul do Chile à Colômbia e à Venezuela, cujas altitudes oscilam em 2.600 m para estruturas sedimentares dobradas ou com extensas áreas soerguidas e niveladas, constituindo amplos patamares aplanados em determinados setores da cordilheira.

Para as faixas de vulcanismo, as altitudes chegam a mais de 4.000 m e acompanham linearmente todo o centro (de norte a sul) da cordilheira. A fase Quechua do Terciário Médio ao Superior (Mioceno/Plioceno) refere-se à última fase de dobramentos que atingem a Cordilheira da Costa, que é preferencialmente composta por sedimentos terciários dobrados e secundariamente derrames vulcânicos.

A Cordilheira da Costa ou Costeira tem altitudes que oscilam em torno dos 1.500 m e é acompanhada, no interior, de forma também descontínua, por depressões paralelas, alongadas e predominantemente planas, com altitudes, em geral, 500 m mais baixas. Observa-se, entretanto, que no Chile essas depressões internas, que possivelmente representam grandes vales sinclinais, perdem altitude de norte para o sul. Enquanto no extremo norte do Chile, um segmento dessas depressões, na região da cidade de Calama, tem altitudes por volta dos 1.400 m. Este amplo vale interior projeta-se para noroeste na faixa próxima à costa do sul do Peru (Província de Arequipa) como um grande patamar estrutural predominantemente plano e escarpado em seus limites oeste com altitudes entre 1.500 a 2.000 m, denominado regionalmente como Pampa de Mages (Ross; Sousa, 2018). Mais para o sul, onde se encontra a metrópole de Santiago, as altitudes estão ao redor dos 700/800 m, e, no extremo sul do país, uma dessas depressões encontra-se afogada pelas águas oceânicas, oferecendo um litoral extremamente recortado e entremeado por serras, morros, vulcões e mares interiores.

No contexto geral, os setores mais elevados regionalmente correspondem à faixa do sul do Peru e do norte do Chile, em direção leste para o território da Bolívia, onde prevalecem as terras mais altas da Cordilheira Andina Oriental. É nessa faixa que se encontram, sobre os Andes, as nascentes do rio Pilcomayo, que drena para o rio Paraguai, e dos rios Beni e Mamoré, que drenam para o rio Madeira e, portanto, para a Bacia Amazônica.

A Cordilheira Andina e a Depressão Central Sul-americana são partes de um mesmo contexto geotectônico. A Depressão Central Sul-americana se estende desde a Venezuela, onde está instalada a Bacia hidrográfica do rio Orenoco, abrangendo o alto Solimões, na Amazônia Ocidental, a alta bacia dos rios Beni-Mamoré-Guaporé, as bacias do rio Paraguai e do baixo rio Paraná-Prata. Constitui-se por relevo de altitudes modestas, cujos valores mais altos estão a 250 m, no interflúvio das bacias dos rios Beni-Mamoré e Paraguai, em território boliviano. Em sua extensão norte-sul, pelo centro do continente sul-americano, há áreas constituídas por planícies e pantanais como ocorre com parte da média e alta bacia do rio Orenoco, onde estão as savanas do mesmo nome, ou na alta bacia dos rios Beni-Mamoré, onde estão os chacos, com campos, e os pantanais, como os do Guaporé, no Brasil, ou ainda as planícies e chacos/pantanais, do rio Paraguai, onde se inclui o Pantanal de Mato Grosso e os Chacos da Bolívia e Paraguai (Ross, 2016).

O relevo correspondente aos níveis de terraços marinhos e tabuleiros encontrados descontinuamente tanto no litoral do Pacífico como no litoral norte e nordeste e leste do Brasil, correspondendo aos sedimentos da Formação Barreiras, datada do Terciário Superior (Mioceno e Plioceno), pode ser explicado por dois mecanismos: o tectônico e as oscilações dos níveis marinhos. Entretanto, a existência de espessos pacotes sedimentares, - compondo terraços fluviais com 20 a 50 metros de espessura com significantes incisões dos vales, acompanhados de recuos de cabeceiras, capturas fluviais generalizadas e intensa dissecação do modelado no interior do continente junto aos planaltos e montanhas -, não pode ser explicada por movimentos dos níveis marinhos, ou somente por alternâncias climáticas seco-úmido. Considera-se que estas evidências, reforçam a interpretação de que além das várias fases úmidas e secas, também foram acompanhadas por atividade tectônica atual (Pleistoceno/Holoceno), influenciando na modelagem das formas menores.

Algumas Reflexões Finais

As questões relativas aos efeitos climáticos atuais e paleoclimáticos no contexto dos processos esculturais do relevo da América do Sul não foram objeto de caracterização e análise neste trabalho, que tem um viés cartográfico de representação de grandes formas do relevo, onde os arranjos das macroestruturas geológicas condicionam a morfologia dominante. Considerando a escala de trabalho e de publicação, este mapa das macroformas do relevo da América do Sul evoluiu de um trabalho anterior publicado na Revista Brasileira de Geografia do IBGE sob a denominação “O Relevo

Brasileiro no Contexto da América do Sul”, ocasião em que este mapa foi apresentado como uma figura para a ilustração. Após essa primeira publicação sobre o tema foram feitas outras três viagens exploratórias de campo pela Cordilheira Andina e Planalto da Patagônia, que nos permitiram promover alguns ajustes de limites e de denominação das unidades de relevo, mantendo-se, em função da escala os dois primeiros táxons de acordo com a metodologia de Ross (1992). Manteve-se, portanto, a representação das macroformas, tendo como primeiro táxon as morfoestruturas e, em cada uma destas, o segundo táxon com suas respectivas morfoesculturas.

As morfoestruturas revelam as condições geológicas na perspectiva estrutural, genética e cronológica das formações rochosas, que dão suporte às unidades morfoesculturais produzidas pelo desgaste erosivo da diversidade climática que atuou e atua ao longo do tempo e do espaço ora representado. Há entendimento, nas pesquisas geomorfológicas, que as variações, oscilações, e as mudanças climáticas, sobretudo, no Cenozoico através de condições alternadas entre climas áridos, semiáridos, frios, quentes e úmidos, com mudanças globais entre períodos glaciais e interglaciais, modelam ou esculpem as bases geológicas das morfoestruturas e geram os arranjos superficiais do modelado. Esses processos esculturais promovem denudações que se revelam como rebaixamentos erosivos e fornecem diferentes fisionomias morfológicas que guardam familiaridade genética entre si no contexto de cada morfoestrutura.

Cada tipologia de morfoestrutura revela resultados morfológicos diferenciados, face aos tipos de materiais e aos diferentes processos climáticos atuantes sobre as mesmas. Deste modo, a morfogênese e a pedogênese vão sendo desenvolvidas e retrabalhadas permanentemente diante de novos eventos tectônicos e permanente atividade climática. O entendimento de cada uma das unidades de relevo, por meio das pesquisas sistemáticas em diferentes escalas, vai revelando os “segredos da natureza” que estão escondidos nas paisagens geomorfológicas, possibilitando a originalidade da história morfogenética de cada lugar do planeta.

Referências

- AB`SABER, A. N. Regiões de Circundesnudação Pós-Cretáceos no Planalto Brasileiro. **Boletim Paulista de Geografia**. São Paulo, v.1, p.1-21, 1949.
- AB`SABER, A. N. Participação das Depressão e Superfícies Aplainadas na Compartimentação do Planalto Brasileiro. **Geomorfologia**. IGEOG – USP. São Paulo, v. 28, 20 p., 1972.
- AB`SABER, A. N. Megageomorfologia do Território Brasileiro. *In*: Cunha, S. B.; Guerra, A. J. T. (org.). **Geomorfologia do Brasil**. Rio de Janeiro: Editora Bertrand-Brasil, p. 71-106, 1998.
- ASSUMPÇÃO, M.; BARBOSA, J. R.; BIANCHI, M.; DROUET, S.; ROCHA, M. P.; FERREIRA, J. M. Sismos Regionais Detectados pela Rede Sismográfica Brasileira - RSBR em 2013-2014. *In*: **XV Simpósio Nacional de Estudos Tectônicos**. Vitória, ES, 2015.
- CHANG, H. K.; KOWSMANN, R. O.; FIGUEIREDO, A. M. F. Novos Conceitos sobre os Desenvolvimentos das Bacias Marginais do Leste Brasileiro, *In*: RAJA GABAGLIA, G. P.; MILANI, E. J. Origem e Evolução de Bacias Sedimentares. **Petrobras**, p. 269-289. Rio de Janeiro, 1992.
- BRASIL. Geomorfologia. **Projeto RadamBrasil MME-DNPM**. 38 v. (1971-1985). Rio de Janeiro.
- COX, R. T. The Role of Mantle Plumes in the Development of Continental Drainage Patterns. **Nature**. N. York, v. 342, p. 21-28, 1989.
- ENGELN, O. D. von. **Geomorphic Units**. New York: Ed. Macmillan. 1942.

- FONSECA, G. P. da S. **Formas de relevo e os materiais de superfície no pantanal de Poconé - MT**. 2015. 282 p. Tese (Doutorado em Geografia Física) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015. Doi:10.11606/T.8.2016.tde-09032016-131147.
- FRUTOS, J. Andean. Tectonic a Consequence of Sea-floor spreading. **Tectonophysics**. N.York, v. 72, p. 21-32, 1981.
- GONTIJO, A. H. F. **Morfotectônica do médio vale do Rio Paraíba do Sul**: região da Serrada Bocaina, estados de São Paulo e Rio de Janeiro. 1999, 259 p. Tese (Doutorado em Geologia) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro-SP, 1999.
- HASUI, Y.; COSTA, J. B. S.; BORGES, M. S., MORALES, N.; RUEDA, J. R. J. Evolução Morfotectônica do Sudeste do Brasil. *In*: SBG - Congresso Brasileiro de Geologia. **Anais [...]**. p. 78-79 Belo Horizonte, 1998.
- IBGE. Nota Técnica SBCR - Sistema Brasileiro de Classificação de Relevo. *In*: **RBG-Revista Brasileira de Geografia**, v. 67, n. 2, Rio de Janeiro, 2022.
- LADEIRA, F. S. B.; SANTOS, M. Tectonic and Cenozoic Paleosols in Itaqueri's Hill (São Paulo Brazil): Implications for the Long Term Geomorphological Evolution. **Z. Geomorphology N.F Suppl.** Berlin-Stuttgart, v. 145, p. 37-62, 2006.
- MEŠČERJAKOV, J. P. Les Concepts de Morphostruture et de Morphosculture: un nouvel instrument de l'analyse géomorphologique. **Annales de Géographie**, v. 423, p. 539-552, 1968.
- RICCOMINI, Claudio. **O Rift Continental do Sudeste do Brasil**. 1990. Tese (Doutorado em Geologia Sedimentar). Instituto de Geociências - Universidade de São Paulo, São Paulo, 1990. doi:10.11606/T.44.1990.tde-18032013-105507.
- ROSS, J. L. S.; CUNICO, C.; LOHMANN, M. Mapas do relevo brasileiro: duas classificações. *In*: José FALCÃO SOBRINHO, J.; SOUZA, C. J. de O.; ROSS, J. L. S. (org.). **A natureza e a geografia no ensino das temáticas físico-naturais no território brasileiro**. Editora Letra Capital/CAPEs - Sobral-CE, 2023.
- ROSS, J. L. S.; FIERZ, M. S. M.; NEPUMUCENO, P. L. M.; MELO, M. A. Macroformas do Relevo da América do Sul. **RDG-Revista do Departamento de Geografia-USP**. v. 38, 2019, p.58-69. Disponível em: www.revistas.usp.br/rdg. Acesso em: 20 mar. 2026.
- ROSS, J. L. S. O relevo brasileiro no contexto da América do Sul. **RGB - Revista Brasileira de Geografia**, v. 61, n. jan/jun 2016, p. 21-58, 2016. Disponível em: https://doi.org/10.21579/issn.2526-0375_2016_n1_art_2. Acesso em: 20 mar. 2026.
- ROSS, J. L. S. O Relevo Brasileiro nas Macroestruturas Antigas. **Revista Continentes**. Rio de Janeiro, UFRRJ, Ano 1, v. 2, p. 8-27, Rio de Janeiro, 2013.
- ROSS, J. L. S. Chapada dos Guimarães: Borda da Bacia do Paraná. **Revista Depto. Geografia**. FFLCH-USP, v. 28, p. 180-197, São Paulo, 2014.
- ROSS, J. L. S. **Estudo e cartografia geomorfológica da província serrana-MT**. 1987. Tese (Doutorado) – FFLCH-Universidade de São Paulo, São Paulo, 1987.
- ROSS, J. L. S. Relevo Brasileiro: Uma nova proposta de classificação. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 4, FFLCH/USP, p. 25-39, São Paulo, 1990.
- ROSS, J. L. S. O Relevo Brasileiro, as Superfícies de aplainamento e os Níveis Morfológicos. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 5, FFLCH/USP, p. 7-24, São Paulo, 1991.

ROSS, J. L. S. O Contexto Geotectônico e a Morfogênese da Província Serrana de Mato Grosso. **Revista I.G.**, v. 12 (1/2), p. 21-37, São Paulo, 1991.

ROSS, J. L. S. **Geomorfologia e geografia aplicadas à gestão territorial**: teoria e metodologia para o planejamento ambiental. 2001. Tese (Livre Docência) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

ROSS, J. L. S. A Morfogênese da Bacia do Ribeira do Iguape e os Sistemas Ambientais. **Revista GEOUSP**, v. 12, p. 21-46, São Paulo 2002.

ROSS, J. L. S.; SOUSA, A. S. A Morfodinâmica no Deserto Andino: Bacia do Rio Sigwas-Peru. *In*: XII-SINAGEO-UGB. **Anais [...]**. Crato-CE, 2018.

ROSS, J. L. S.; MOROZ, I. C. **Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo** – escala 1:500.000. FFLCH-USP-IPT-FAPESP, 64 p., São Paulo, 1997.

SAADI, A. Neotectônica da Plataforma Brasileira: esboço e interpretações preliminares. **Revista Geonomos**, v. 1, p. 1-15, Belo Horizonte, 1993.

ZALAN, P. V. Evolução Fanerozoica das Bacias Sedimentares Brasileiras. *In*: **Geologia do Continente Sul-americano**: Evolução da obra de F. F. M. de Almeida. São Paulo: Editora Beca, p. 595-613, 2004.

AS BACIAS HIDROGRÁFICAS DA AMÉRICA DO SUL: FUNDAMENTOS FÍSICO-AMBIENTAIS E A INTEGRAÇÃO CONTINENTAL

*Rafael Brugnolli Medeiros
Charlei Aparecido da Silva*

Introdução: A Morfogênese Hidrográfica Sul-Americana

A América do Sul é um continente cuja identidade físico-ambiental está intrinsecamente vinculada à monumental presença da Cordilheira dos Andes e às vastas planícies e planaltos que dela se irradiam. Estendendo-se por cerca de 7.000 km no sentido norte-sul, os Andes constituem o principal eixo orográfico e divisor continental de águas, determinando as direções fundamentais do escoamento superficial e subterrâneo. Essa estrutura geotectônica não apenas modela a topografia, mas organiza os sistemas de drenagem, regula os regimes pluviométricos e cria contrastes hidroclimáticos que vão das áridas vertentes do Pacífico às úmidas planícies amazônicas e platinas. Assim, a disposição leste-oeste das grandes unidades morfoestruturais, Andes, planaltos centrais e depressões e planícies interiores, condiciona a gênese, a morfodinâmica e a diversidade funcional das bacias hidrográficas sul-americanas.

As bacias hidrográficas, conforme estabelece Christofolletti (1980, 1999), representam unidades fisiográficas fundamentais para o entendimento da organização da drenagem superficial, constituindo sistemas naturais abertos, nos quais energia, matéria e água interagem em contínuos processos de entrada, transformação e saída. Essa leitura sistêmica foi ampliada por Monteiro (2001) e Mateo Rodriguez e Silva (2018), ao conceberem as bacias como subsistemas ambientais complexos onde as dinâmicas internas (erosão, transporte e sedimentação) estão permanentemente moduladas por fatores climáticos, geológicos e antrópicos. Nessa perspectiva, uma bacia hidrográfica ultrapassa a dimensão geomorfológica: ela constitui uma unidade geocológica de planejamento e gestão ambiental, um espaço de convergência de fluxos biofísicos e socioeconômicos, onde se materializa a relação sociedade-natureza (Bertrand, 1972).

O enfoque das bacias como sistemas ambientais foi aprofundado na literatura geográfica e ambiental brasileira, especialmente por autores como Tucci, Hespanhol e Cordeiro Netto (2001) e Piroli (2014), que destacam a necessidade de compreender as relações hídricas em suas múltiplas escalas, da microbacia à escala continental. Para Piroli (2014), as bacias representam o espaço privilegiado para o entendimento das interações entre os elementos físicos, biológicos e sociais que constituem o ambiente, funcionando como uma síntese natural de processos ecológicos e territoriais. Já Tundisi (2003) e Tucci, Hespanhol e Cordeiro Netto (2001) ressaltam o caráter dinâmico e vulnerável desses sistemas, sobretudo frente à intensificação das pressões antrópicas, como o desmatamento, uso agrícola intensivo, urbanização e mudanças climáticas; que alteram os ciclos hidrológicos e comprometem a disponibilidade e qualidade da água.

Sob essa ótica, a Cordilheira dos Andes emerge como o núcleo estruturante do sistema hidrográfico sul-americano. As grandes bacias: Amazônica, Orinoco, Paraná, Paraguai, São Francisco, Tocantins-Araguaia, Prata e diversas outras, derivam sua configuração atual da interação entre a tectônica andina, a distribuição da precipitação e a evolução climática e sedimentar das eras recentes. Os Andes atuam como divisor de águas e um extenso reservatório que alimenta rios que drenam para o Atlântico, Caribe e Pacífico, regulando os regimes de vazão por meio do degelo, da infiltração nas zonas de recarga e das chuvas orográficas, e direção das massas de ar. Essa função hidrológica confere à cordilheira papel essencial não apenas na gênese das bacias, mas na manutenção de suas dinâmicas.

Compreender as bacias hidrográficas da América do Sul, portanto, exige uma visão integrada e multiescalar, capaz de abranger desde os processos morfogenéticos nas cabeceiras andinas até as vastas planícies de sedimentação e os deltas atlânticos. Essa leitura geocológica do continente revela a interdependência física e funcional entre os sistemas fluviais e geocossistemas associados, permitindo refletir sobre as fragilidades ambientais e sobre os desafios de gestão integrada das águas em escala transnacional, especialmente diante de fenômenos contemporâneos como a crise hídrica, mudanças climáticas e a expansão antrópica.

Assim, o estudo das bacias hidrográficas sul-americanas transcende a dimensão meramente hidrográfica, ao reconhecer a água como elemento estruturador da paisagem e da própria dinâmica da vida. É na dinâmica das bacias que se expressa o equilíbrio, ou o desequilíbrio entre natureza e sociedade. Nesse sentido, o objetivo central deste capítulo é analisar e caracterizar as principais bacias hidrográficas da América do Sul, compreendendo sua espacialização e aspectos ambientais.

As Principais Bacias Hidrográficas Sul-Americanas

A América do Sul apresenta um dos sistemas hidrográficos mais complexos e diversificados do planeta, resultado direto da interação entre fatores geológicos, climáticos e biogeográficos que moldaram seu território ao longo do tempo geológico. O continente é marcado por uma rede de drenagem que reflete tanto a compartimentação estrutural das grandes províncias geomorfológicas, como os Andes, os planaltos centrais e as amplas planícies de sedimentação; quanto à variabilidade climática que vai das regiões áridas do Pacífico Sul às florestas úmidas amazônicas. O mapa das bacias hidrográficas sul-americanas sintetiza essa diversidade, evidenciando a distribuição dos principais sistemas de drenagem e suas áreas de influência, cujas dinâmicas sustentam os maiores reservatórios de água doce superficial do planeta (Figura 1).

Entre os conjuntos mais expressivos, destacam-se a Bacia Hidrográfica do rio Amazonas, a maior do mundo em extensão e volume de descarga, e a Bacia do Prata, cuja importância econômica e ambiental é estratégica para o Cone Sul da América do Sul. Outras bacias de grande relevância, como as do São Francisco, Tocantins-Araguaia, Orinoco e Magdalena, desempenham papéis fundamentais na organização territorial e na sustentação dos geocossistemas regionais. Já nas bordas andinas e nas áreas áridas do Pacífico, pequenas bacias interiores e exorreicas, como as dos rios Bío-Bío, Rapel, Copiapó, Santa Cruz, entre outros, refletem a influência direta do relevo e da escassez hídrica sobre os padrões de drenagem.

Assim, a análise das bacias hidrográficas da América do Sul permite compreender não apenas a estrutura física e hidrológica do continente, mas também os processos ecológicos e socioeconômicos que sustentam sua dinâmica ambiental.

Bacia Amazônica

A Bacia Hidrográfica do rio Amazonas é o maior sistema de drenagem do mundo, com cerca de 7 milhões de km², abrangendo nove países: Brasil, Bolívia, Peru, Equador, Colômbia, Venezuela, Guiana, Suriname e Guiana Francesa. Sua rede hidrográfica funciona como uma imensa artéria continental, redistribuindo energia, calor e sedimentos.

O rio Amazonas, com vazão média superior a 200.000 m³/s (ANA, 2025), é alimentado por nascentes andinas e por afluentes de grande volume fluvial, resultando em um regime perene. O sistema de várzeas, igapós e meandros ativos constitui um complexo hidrológico que atua na regulação das cheias, na depuração de matéria orgânica e na manutenção de sistemas aquáticos.

Figura 1 – Principais bacias hidrográficas da América do Sul e suas articulações.



Legenda

- Bacia Hidrográfica do Atlântico Leste
- Bacia Hidrográfica do Atlântico Nordeste Ocidental
- Bacia Hidrográfica do Atlântico Nordeste Oriental
- Bacia Hidrográfica do Atlântico Sudeste
- Bacia Hidrográfica dos rios Tocantins-Araguaia
- Bacia Hidrográfica do Caribe
- Bacia Hidrográfica do Pacífico Oeste
- Bacia Hidrográfica do rio São Francisco
- Bacia Hidrográfica do rio Amapari
- Bacia Hidrográfica do rio Amazonas
- Bacia Hidrográfica do rio Atrato
- Bacia Hidrográfica do rio Chubut
- Bacia Hidrográfica do rio Colorado
- Bacia Hidrográfica do rio Courantyne
- Bacia Hidrográfica do rio Cuyuni
- Bacia Hidrográfica do rio Dulce
- Bacia Hidrográfica do rio Essequibo
- Bacia Hidrográfica do rio Gurupi
- Bacia Hidrográfica do rio Magdalena
- Bacia Hidrográfica do rio Maroni
- Bacia Hidrográfica do rio Mearim
- Bacia Hidrográfica do rio Mira
- Bacia Hidrográfica do rio Negro
- Bacia Hidrográfica do rio Orinoco
- Bacia Hidrográfica do rio Paraguai
- Bacia Hidrográfica do rio Paraná
- Bacia Hidrográfica do rio Parnaíba
- Bacia Hidrográfica do rio Salado
- Bacia Hidrográfica do rio Uruguai
- Bacias Hidrográficas Andinas
- Lagos
- Rios

Fonte: Autores (2025).

Contudo, o desmatamento e a expansão agropecuária intensificam processos erosivos e comprometem a reciclagem de umidade que sustenta o próprio ciclo hidrológico amazônico (Marengo, 2006). Trata-se de um caso emblemático em que o colapso ecológico local pode ter repercussões climáticas globais. Sua gênese e dinâmica estão intrinsecamente relacionadas à elevação dos Andes durante o Cenozoico, evento tectônico que inverteu o fluxo de drenagem primitivo, orientando-o para o Atlântico, e instaurando o regime atual de escoamento (Shephard *et al.*, 2010), o que resultou em

três grandes compartimentos: as áreas de cabeceira andinas, onde predominam vales encaixados e fluxos torrenciais alimentados pelo degelo e pela precipitação orográfica; as planícies intermontanas e subandinas, que funcionam como zonas de transição e acumulação sedimentar; e a vasta planície amazônica, caracterizada por baixos declives e extensas várzeas sazonalmente inundáveis. Logo, o rio Amazonas, principal eixo drenante, nasce na Cordilheira dos Andes peruanos, com o nome de Ucayali-Apurímac, e percorre cerca de 6.992 km até desaguar no Atlântico, sendo responsável por aproximadamente 20% da descarga fluvial global (ANA, 2025).

O regime da bacia é predominantemente pluvial, com forte influência das precipitações equatoriais e das zonas de convergência intertropical, embora os setores andinos apresentem significativa contribuição nival e glacial. As vazões médias são elevadas e o pulso de inundação constitui o principal fator de regulação geocológica. Esse pulso constitui uma das mais expressivas interfaces água-terra do planeta, sendo responsável pelo controle da fertilização natural dos solos aluviais, em geral argissolos, e pela conexão periódica do rio principal com igarapés, lagos e lagoas, bem como com as florestas inundáveis (Ab'Sáber, 2003). Nesses ambientes, a existência da vida e a organização do cotidiano são regidas pelo tempo das águas (Figura 2).

Figura 2– Igarapés (esquerda) e residências (direita) no Rio Amazonas em Manaus.



Fonte: Autores (2025).

A Bacia Amazônica desempenha papel central na regulação climática continental, atuando como sumidouro de carbono e fonte de vapor d'água que alimenta e permite a existência dos chamados rios voadores, que contribuem significativamente para ocorrência das chuvas que ocorrem em outras bacias hidrográficas brasileiras. Esses fluxos atmosféricos transportam umidade em direção ao centro-oeste e sudeste do Brasil, influenciando os regimes pluviométricos de outras bacias, como as do Paraná e do Paraguai. Esse regime hídrico é de extrema importância para disponibilidade de água superficial e subterrânea usada na produção agrícola no centro-oeste, e, para abastecimento urbano nas metrópoles e grandes cidades do sudeste.

Sob a perspectiva da gestão territorial, a Bacia Amazônica representa um desafio transnacional de elevada complexidade. Instituições como a Organização do Tratado de Cooperação Amazônica (OTCA) e a Agência Nacional de Águas (ANA) têm desenvolvido políticas voltadas ao monitoramento e à gestão integrada e ao fortalecimento institucional, com o objetivo de proteger os recursos hídricos e promover o uso sustentável do território. Essa preocupação torna-se ainda mais relevante diante da dependência direta das comunidades tradicionais e populações locais em relação às extensas áreas ainda cobertas por florestas primárias e manejadas segundo regimes tradicionais de uso, preservados por povos indígenas e ribeirinhos. A coexistência de diferentes formas de ocupação e manejo torna a bacia um verdadeiro laboratório de interações entre sociedade e natureza, evidenciando tanto suas potencialidades quanto suas vulnerabilidades.

Bacia do Orinoco

Com cerca de um milhão de km², o Orinoco nasce nos Andes colombianos e percorre as planícies da Venezuela até desaguar no Atlântico. Seu regime é fortemente sazonal, controlado por chuvas e pela fusão de neve nos Andes. O ciclo de cheia anual inunda amplas extensões, gerando um dos ecossistemas mais produtivos do continente. Trata-se da interligação natural entre o Orinoco e o Amazonas, via canal do Casiquiare. Esse canal, com cerca de 300 km de extensão, constitui uma singularidade geomorfológica e hidrológica mundial, ilustrando a complexidade da drenagem amazônico-caribenha e a interdependência entre os sistemas fluviais do norte da América do Sul.

O rio Orinoco, eixo central dessa vasta rede de drenagem, nasce na Sierra Parima, na fronteira com o Brasil, a cerca de 1.000 metros de altitude, e percorre aproximadamente 2.140 km até desaguar no Oceano Atlântico, por meio de um extenso e intrincado delta de mais de 22 mil km². Esse delta, que se abre amplamente sobre a costa norte da América do Sul, constitui um dos ambientes de transição mais complexos do continente, conectando as dinâmicas fluviais às marinhas e estuarinas. A degradação florestal e a mineração de ouro têm gerado desequilíbrios sedimentares e contaminação por metais pesados, demonstrando a vulnerabilidade do sistema frente às atividades extrativas não reguladas.

A Bacia do Orinoco é fortemente condicionada por três grandes compartimentos estruturais: ao sul, o Escudo das Guianas, composto por rochas cristalinas antigas, confere rigidez e baixa dissecção à paisagem; ao oeste, as cordilheiras andinas imprimem altitudes elevadas, drenagens encaixadas e forte declividade; e, ao centro-norte, as planícies dos Llanos configuram extensas superfícies de acumulação e alagamento sazonal, com cotas inferiores a 100 metros. Essa compartimentação resulta numa bacia com acentuado gradiente morfológico, no qual se articulam processos erosivos de montanha, transporte sedimentar de longo curso e deposição em planícies aluviais (Christofolletti, 1999). O Orinoco é um rio de regime pluvial tropical, fortemente influenciado pela Zona de Convergência Intertropical (ZCIT). As chuvas intensas, concentradas entre maio e outubro, determinam um ciclo anual de cheias que submerge amplas áreas contínuas de savana tropical úmida do planeta, as áreas planas venezuelanas e colombianas, associadas a formações florestais ripárias e zonas pantanosas que desempenham papel fundamental na regulação do ciclo hidrológico, atuando como sumidouros de carbono e local de espécies endêmicas e migratórias.

Nesse território, a pecuária extensiva, predominante nas planícies, convive com atividades extrativas minerais e petrolíferas nas áreas mais elevadas e nas margens do delta, onde o *Orinoco Belt*, uma das maiores províncias de petróleo pesado do mundo, se impõe como vetor de impacto ambiental de grande magnitude, afetando a qualidade da água e a integridade dos ecossistemas aquáticos.

A expansão agrícola e os projetos de infraestrutura hidroenergética intensificam a fragmentação florestal e o assoreamento dos rios, ampliando a necessidade de políticas de gestão integrada dos recursos naturais. A governança hídrica compartilhada entre Venezuela e Colômbia é um desafio. Não existe um mecanismo transfronteiriço efetivo comparável ao existente na Bacia do Prata.

Bacia do Tocantins–Araguaia

A Bacia Tocantins–Araguaia integra o centro-norte do Brasil, drenando áreas de transição entre o Cerrado e a Amazônia, e abrangendo os estados de Goiás, Tocantins, Mato Grosso, Maranhão e Pará. Com cerca de 967 mil km², constitui uma das maiores formações hidrográficas inteiramente situadas em território nacional, estruturada por dois grandes sistemas fluviais, os rios Tocantins e Araguaia, que, embora possuam drenagens próprias em grande parte de seus cursos, convergem na porção setentrional, formando um dos principais eixos de escoamento do país. Entretanto, nas últimas décadas, a construção de grandes usinas hidrelétricas (Tucuruí, Serra da Mesa, Estreito) alterou o regime natural de vazões, fragmentando florestas e sistemas aquáticos e modificando o transporte sedimentar.

A bacia se insere entre os domínios dos planaltos cristalinos do Brasil Central e as depressões estruturais da Amazônia meridional, evidenciando uma transição entre ambientes de cerrado e floresta tropical úmida. O rio Araguaia, com cerca de 2.600 km de extensão, possui uma planície aluvial de grande relevância ecológica — a Ilha do Bananal, reconhecida como a maior ilha fluvial do mundo. Essa planície é marcada por um mosaico de lagoas, meandros abandonados e canais entrelaçados, configurando uma paisagem de alta variabilidade hidrodinâmica.

O sistema Tocantins–Araguaia é caracterizado por um regime pluvial tropical, com forte sazonalidade entre períodos de cheias e estiagens. Tundisi (2003) observa que o represamento de grandes rios tropicais, especialmente em regiões de cerrado, tem implicado significativas perdas de biodiversidade aquática e impactos cumulativos sobre a qualidade da água e os ciclos biogeoquímicos. Na bacia do rio Tocantins há grandes usinas hidrelétricas que desempenham papel estratégico no fornecimento de energia elétrica para outras regiões do Brasil. Ao mesmo tempo, a bacia do rio Araguaia ainda registra grandes áreas preservadas (TNC Brasil, 2023). Em ambas se encontra um conjunto de populações tradicionais que, nas últimas duas décadas, vem sendo impactadas por megaprojetos ligados à produção de *commodities* agrícolas visando à exportação.

Bacia do São Francisco

O rio São Francisco, com 2.914 km de extensão, com sua bacia abrangendo aproximadamente 640 mil km², é o principal eixo hídrico do semiárido brasileiro. Sua bacia abrange seis estados, Minas Gerais, Bahia, Pernambuco, Alagoas, Sergipe e Goiás, e desempenha papel histórico na ocupação territorial e na agricultura irrigada. O contraste entre as áreas úmidas de cabeceira e as zonas áridas do baixo curso imprime um regime altamente desigual, que depende fortemente da regulação artificial por barragens.

Projetos de transposição, embora estratégicos do ponto de vista social, suscitam debates sobre seus impactos e redistribuição de água. O desafio consiste em equilibrar o direito humano à água com a preservação das dinâmicas fluviais naturais, um princípio básico da legislação brasileira (Lei 9.433/1997).

Com nascentes na Serra da Canastra (MG), o São Francisco percorre mais de 2.800 km até desaguar no Oceano Atlântico, na divisa entre Alagoas e Sergipe (Figura 3). Sua importância transcende a dimensão física, pois constitui um eixo socioeconômico que integra diversas zonas climáticas e biomas, desde o cerrado mineiro até a caatinga nordestina; sua existência é fundamental para a recarga de aquíferos e para o equilíbrio climático regional. Sob o ponto de vista econômico e social, a presença de agricultura irrigada, especialmente no semiárido nordestino, permite cultivo de frutas, hortaliças e grãos. O rio também conta com grandes usinas hidrelétricas, como Sobradinho, Três Marias e Xingó, o que lhe dá um papel importante na geração de energia hidrelétrica.

O São Francisco apresenta regime predominantemente pluvial, com grande variabilidade sazonal. Entretanto, as modificações antrópicas, especialmente os projetos de irrigação, barramentos e o projeto de transposição de águas, têm alterado a dinâmica hidrossedimentar e o equilíbrio do sistema. Segundo Rebouças (2006), a bacia do São Francisco representa um caso paradigmático de gestão integrada de recursos hídricos, onde a conciliação entre desenvolvimento e conservação se mostra particularmente desafiadora diante do contexto de semiaridez e vulnerabilidade social.

Bacia do Paraguai e o Pantanal

A bacia do Paraguai é singular por conter, coexistir, com o pantanal brasileiro. A bacia do rio Paraguai ocupa posição estratégica no centro da América do Sul, drenando uma área de cerca de 1,1 milhão de km² que abrange territórios do Brasil, Bolívia, Paraguai e Argentina. Seu principal destaque é a planície pantaneira, considerada a maior planície alagável continental do planeta, reconhecida pela

UNESCO como Reserva da Biosfera e Patrimônio Natural da Humanidade e de grande importância ecológica e social (Schulz *et al.*, 2019).

Figura 3 – Nascente do rio São Francisco (esquerda) e extensos canyons no baixo curso do rio São Francisco (direita).



Fonte: Autores (2025) e Giuliano Tostes Novais (2014).

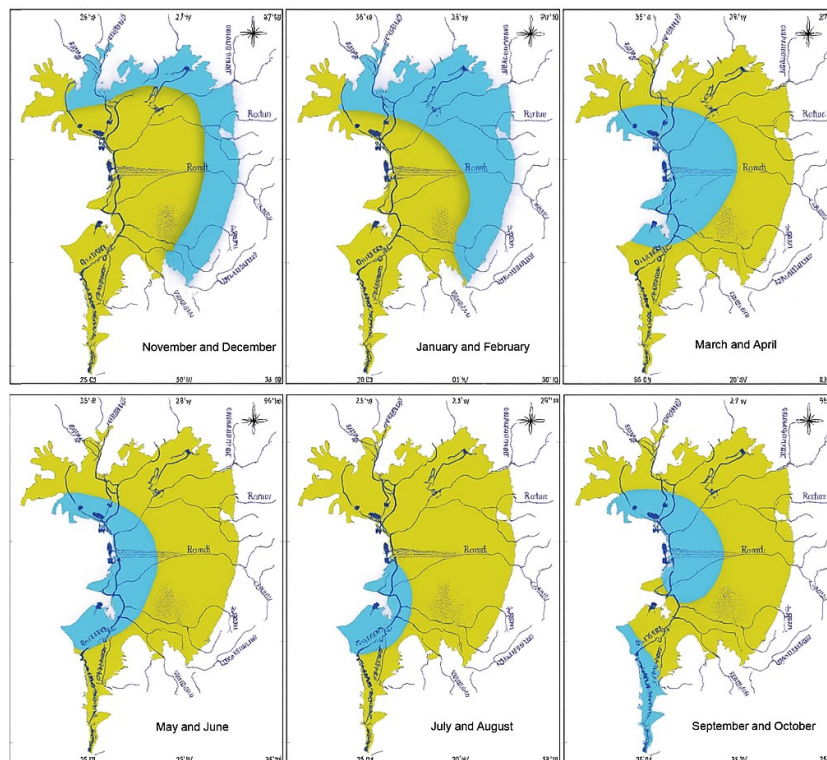
Para Ab'Sáber (2006), o Pantanal constitui a mais importante bacia detrítica quaternária do Brasil, configurando-se como uma paisagem de exceção no cenário nacional e mesmo no contexto da América do Sul. Inserida em um conjunto de grandes domínios paisagísticos, essa paisagem revela, do ponto de vista ambiental, um marcante contraste de ecologias, sistemas e subsistemas complexos (Boin *et al.*, 2019; Silva; Abdon, 1998).

O sistema hidrológico é caracterizado por pulsos de inundação de baixa declividade, que garantem o funcionamento ecológico e a diversidade biológica (Figura 4). O Pantanal atua como esponja natural, armazenando excedentes hídricos e liberando-os lentamente ao longo do ano.

A expansão agropecuária, projetos hidrelétricos nas áreas de planalto que abastecem a bacia do rio Paraguai, além dos projetos de hidrovias, ameaçam esse equilíbrio. A regularização do fluxo fluvial reduziria drasticamente a periodicidade natural das cheias, comprometendo geoecossistemas e modos de vida tradicionais.

Há de se lembrar que o rio Paraguai nasce na Chapada dos Parecis (MT), em uma região de transição entre Cerrado e Floresta Amazônica, e flui predominantemente para o sul, acompanhando o eixo tectônico da depressão pantaneira. Contudo, nas últimas décadas, o avanço do desmatamento nas cabeceiras do rio Paraguai, a expansão agropecuária e o assoreamento dos cursos d'água têm comprometido os mecanismos naturais de inundação. Há um contínuo alerta de que a intensificação das mudanças climáticas e das atividades antrópicas alterará irreversivelmente o pulso de inundação, ameaçando os serviços ecossistêmicos do Pantanal, isso em razão das dinâmicas territoriais extremamente impactantes evidenciadas na área do planalto que circunda a bacia pantaneira (Silva; Filho; Rocha, 2022; Boin *et al.*, 2019).

Figura 4 – Pulsos de inundação do Pantanal brasileiro e sua relação com sua bacia hidrográfica.



Fonte: Boim, Martins, Silva e Salgado (2019).

O Pantanal e toda a extensão da planície pantaneira assentam-se sobre uma bacia sedimentar ativa com inúmeras falhas geológicas e importantes leques aluviais, havendo a presença do maior leque aluvial do mundo formado pelo rio Taquari. Trata-se, portanto, de uma área complexa na qual há uma estreita ligação entre as áreas de planalto que compõem seu entorno e a planície, estabelecendo um vínculo direto entre as chuvas distribuídas ao longo do ano e a dinâmica hidrológica. Essa interdependência é responsável pela singularidade da paisagem, na qual a planície alagável contrasta com as serras (Lima; Silva; Martins; Heros, 2022).

Figura 5 – Pantanal sul-mato-grossense, na região da Serra do Amolar.



Fonte: Anderson A. Molina da Silva (2024). Acervo do LGF-UFGD.

Bacia do Paraná e do Rio da Prata

A Bacia do Rio Paraná é uma das mais desenvolvidas e impactadas da América do Sul, cobrindo cerca de 2,8 milhões de km² e estendendo-se pelo Brasil, Paraguai, Argentina e Uruguai. O rio Paraná é o eixo central do sistema do Prata, constituindo um dos maiores sistemas transfronteiriços do

mundo. Seus deltas interiores e planícies de inundação abrigam elevada produtividade agrícola e energética, mas a sucessão de barragens, Ilha Solteira, Jupia (Três Lagoas), Rosana, Itaipu, Yacyretá, Salto Grande, entre outras, compromete a conectividade ecológica e a manutenção da vazão natural dos rios.

A sedimentação acelerada e as cheias extremas no baixo curso do rio da Prata são sintomas de desequilíbrio hidrossedimentar. Estudos da UNESCO (2018) reforçam a necessidade de políticas integradas e de monitoramento conjunto entre os países da bacia. O rio Paraná nasce na confluência dos rios Grande e Paranaíba, no planalto central brasileiro, e segue rumo ao sul até desaguar no estuário do rio da Prata. A Bacia do Rio da Prata, por sua vez, funciona como o sistema receptor e exportador das águas provenientes de vastas porções da América do Sul subtropical. O estuário platino desempenha papel essencial na regulação climática regional e na conectividade biogeoquímica entre os sistemas continentais e oceânicos. Trata-se, portanto, de uma bacia transnacional, cuja gestão requer cooperação entre países e integração de políticas ambientais e econômicas.

Bacias Andinas e Patagônicas: O Caso do Rio Chubut

As bacias que se formam nas vertentes orientais dos Andes patagônicos, como o rio Chubut, evidenciam uma hidrografia de regime nival e escassa pluviosidade. A aridez e o isolamento geográfico tornam essas bacias essenciais para o abastecimento humano e a irrigação local. No entanto, a sobre-exploração e o cenário de mudanças climáticas estão levando a uma progressiva redução das vazões mínimas, ameaçando a segurança hídrica.

As bacias andinas e patagônicas, localizadas ao longo da Cordilheira dos Andes e nas regiões mais ao sul do continente, apresentam características hidrológicas e climáticas marcadamente distintas das bacias tropicais e subtropicais do Brasil e da América do Sul central. Entre elas, destaca-se a bacia do rio Chubut, situada na região da Patagônia argentina. Essa bacia abrange um território semiárido, com regime pluviométrico irregular e forte influência dos ventos predominantes de oeste, que condicionam a distribuição espacial da água e da vegetação.

O rio Chubut nasce nos Andes, em altitudes superiores a 2.000 metros, e percorre cerca de 800 km em direção ao Oceano Atlântico. Sua dinâmica fluvial é fortemente controlada pelo derretimento de neves e geleiras andinas, o que garante uma vazão mais estável nos meses quentes, mas bastante reduzida durante os períodos de seca. Essa característica torna crítica a gestão hídrica da região, especialmente para abastecimento urbano e irrigação agrícola.

Nesse contexto, a água do rio Chubut torna-se um recurso estratégico, não apenas para atividades econômicas, mas também para a conservação local. A bacia do rio Chubut ilustra bem os desafios das bacias andinas e patagônicas: disponibilidade hídrica limitada, alta variabilidade sazonal, fragilidade ambiental e crescente pressão antrópica.

Considerações Finais

A análise comparada das bacias hidrográficas sul-americanas permite compreender o continente como um vasto sistema ambiental interdependente, estruturado em torno da Cordilheira dos Andes, eixo orográfico e hidrológico que condiciona regimes de vazão, padrões sedimentares e a própria distribuição dos geossistemas. Dessa forma, é observada uma íntima relação entre os aspectos climáticos, hidrográficos, geológicos e geomorfológicos cuja evolução e interdependência se manifestam nas características vislumbradas no presente.

A centralidade andina na geração de água e sedimentos revela que transformações em suas áreas de gelo e neve e nas políticas de proteção de cabeceiras repercutem amplamente sobre a dinâmica

fluvial continental. As grandes bacias amazônicas e platina cumprem funções ecológicas e de regulação climática que ultrapassam fronteiras nacionais, exigindo mecanismos de governança transnacional. Nelas estão grandes biomas que, neste século XXI, estão sendo transformados e impactados em razão de dinâmicas territoriais e modelos econômicos cujos aspectos de preservação e conservação não são prioritários.

As pressões antrópicas, como o desmatamento, a expansão agropecuária, a mineração, os barramentos e as captações intensivas de água, configuram ameaças recorrentes, cujos impactos se refletem nas dimensões ambientais, sociais, culturais e econômicas. Essas pressões são observadas em todas as bacias sul-americanas e demandam especial atenção diante do cenário de mudanças climáticas, sobretudo no que se refere à disponibilidade de água superficial e subterrânea para o abastecimento urbano, a manutenção das atividades agrícolas e a geração de energia hidrelétrica.

Enquanto a Bacia Amazônica se destaca pela magnitude de sua drenagem e por sua função reguladora do clima e dos fluxos de umidade em escala intercontinental, sustentando a maior reserva de água doce superficial do planeta, o Orinoco, situado em uma zona de transição entre os domínios amazônico e caribenho, combina extensas savanas alagáveis e zonas ripárias de elevada produtividade biológica, mas enfrenta crescentes pressões associadas à expansão da pecuária e à exploração petrolífera. O sistema Tocantins–Araguaia, inteiramente inserido no território brasileiro, configura-se como um eixo de integração entre o Cerrado e a Amazônia, abrigando amplas planícies aluviais, como a Ilha do Bananal, e sofrendo os efeitos cumulativos da construção de grandes barragens e do avanço do modelo agroexportador de *commodities*. O rio São Francisco, por sua vez, constitui o principal sistema hidrográfico do semiárido brasileiro, articulando áreas úmidas de cabeceira com trechos áridos de baixa vazão, onde as intervenções antrópicas modificaram profundamente o equilíbrio hidrossedimentar. Desde sua nascente, na Serra da Canastra, até a imensidão de sua foz, são registrados impactos ambientais de diferentes naturezas e magnitudes ao longo de todo o seu curso.

A bacia do rio Paraguai, marcada pela presença do Pantanal, expressa o funcionamento de um sistema fluvial de pulsos lentos e extensas áreas alagáveis, cuja estabilidade depende da conservação das nascentes e da manutenção dos regimes naturais de inundação que estão localizados em outras áreas do Brasil. Olhar o Pantanal sem compreender os condicionantes daquilo que ocorre no planalto que o circunda é desconsiderar o que há de mais original: a interdependência clara e frágil existente entre o planalto e a planície.

O sistema Paraná–Prata constitui a espinha dorsal hidrográfica do Cone Sul, abrigando densas concentrações populacionais e infraestrutura energética estratégica, mas com severos impactos sobre a conectividade ecológica e a qualidade da água. Nas regiões austrais, as bacias andinas e patagônicas, como a do rio Chubut, exemplificam ambientes de regime nival, forte sazonalidade e alta vulnerabilidade à retração glacial e à escassez hídrica.

No que se refere às paisagens, à geodiversidade e ao geopatrimônio, observa-se uma riqueza imensurável, ainda não plenamente conhecida, que se encontra sob forte pressão em decorrência de modelos e políticas econômicas de viés predominantemente economicista. Tais modelos tendem a se sobrepôr a outros condicionantes fundamentais, negligenciando os direitos dos povos originários e das comunidades tradicionais e desconsiderando a importância das diretrizes de conservação e preservação. Cada sistema, cada bacia hidrográfica sul-americana reflete a interação singular entre fatores geológicos, climáticos e antrópicos, delineando padrões distintos de drenagem, geodiversidade e uso da terra, um complexo sistema que articula escalas locais, regionais e globais.

Por sua vez, e não de menor importância, é necessário reconhecer o papel do Brasil no contexto das bacias hidrográficas sul-americanas e sua responsabilidade naquilo que diz respeito ao processo de gerenciamento dos recursos hídricos, um papel estratégico que não pode ser negligenciado e que envolve a necessidade de processos de gestão territorial de longo prazo, políticas multilaterais e

integradas com os demais países, o que imediatamente se configura como um desafio em razão da magnitude e da complexidade dos temas e interesses envolvidos.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Universidade Federal da Grande Dourados e as instituições de fomento (CAPES, CNPq, Fundect) pelo apoio, financiamento e incentivo à pesquisa. O segundo autor agradece ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa produtividade em pesquisa, chamada nº 09/2022.

Referências

- ASSINE, M. L. (org.). **Dynamics of the Pantanal Wetland in South America**. 1. ed. [S.l.]: Springer, 2016, p. 83-110.
- AB'SÁBER, Aziz Nacib. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.
- ANA. HIDROWEB: **Banco de dados hidrometeorológicos**. Agência Nacional de Águas, 2025.
- BERTRAND, Georges. Paysage et géographie physique globale. **Revue Géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest**, v. 43, 1972.
- BOIN, M. N.; MARTINS, P. C. S.; SILVA, C. A.; SALGADO, A. A. R. The Pantanal: the brazilian wetlands. In: André Augusto Rodrigues Salgado; Leonardo José Cordeiro Santos; Julio César Paisani. (Org.). **The Physical Geography of Brazil: Environment, Vegetation and Landscape**. 1. ed. Dordrecht: Springer, 2019, p. 75-91.
- BRASIL. **Lei Nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989.
- CHRISTOFOLETTI, Antonio. **Análise de Sistemas em Geografia**. São Paulo: Hucitec, 1999.
- CHRISTOFOLETTI, Antonio. **Geomorfologia**. São Paulo: Edgard Blücher, 1980.
- LIMA, B.; SILVA, C.; MARTINS, P.; LOBO, H. Visual quality of the landscape: the tourist attractiveness of Serra do Amolar, Pantanal, Brazil. **Journal of Tourism and Heritage Research**, v. 6, n. 4, p. 81–95, 2023. Disponível em: <https://jthr.es/index.php/journal/article/view/517>. Acesso em: 24 jan. 2026.
- MARENGO, Jose Antonio. On the hydrological cycle of the Amazon Basin: A historical review and current state-of-the-art. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 21, n. 3, 1-19, 2006. Disponível em: https://clivar.org/sites/default/files/documents/vamos/LBA002-2006_JAMarengo.pdf. Acesso em: 5 out. 2025.
- MATEO RODRIGUEZ, J. M.; SILVA, E. V. **Planejamento e gestão ambiental: subsídios da geoecologia das paisagens e da teoria geossistêmica**, 3. ed. Fortaleza: Edições UFC. 2018.
- MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo. **Geossistemas: a história de uma procura**. São Paulo: Contexto, 2001.
- PIROLI, Edson Luís. **Água e bacias hidrográficas: planejamento, gestão e manejo para enfrentamento das crises hídricas**. Maringá: Eduem, 2014.

- REBOUÇAS, Aldo C. **Águas doces no Brasil: capital ecológico, uso e conservação**. São Paulo: Escrituras, 2006. Disponível em: <https://repositorio.usp.br/item/001658780>. Acesso em: 5 out. 2025.
- SHEPHARD, G.; MÜLLER, R.; LIU, L. Miocene drainage reversal of the Amazon River driven by plate–mantle interaction. **Nature Geosci**, v. 3, p. 870–875, 2010. <https://doi.org/10.1038/ngeo1017>.
- SCHULZ, C. B.; WHITNEY, B. S.; ROSSETTO, O. C.; NEVES, D. M.; CRABB, L.; OLIVEIRA, E. C. de; LIMA, P. L. T.; AFZAL, M.; LAING, A. F.; FERNANDES, L. C. de S.; SILVA, C. A. da; STEINKE, V. A.; STEINKE, E. T.; SAITO, C. H. **Physical, ecological and human dimensions of environmental change in Brazil's Pantanal wetland: synthesis and research agenda**. Science of the Total Environment, [S. l.], v. 687, p. 1011-1027, 2019. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2019.06.023.
- SILVA, C. A.; FIALHO, E. S.; ROCHA, V. M. Uma visão social sobre o clima e seus significados nas paisagens climáticas dos lugares, o Pantanal/Brasil no contexto das mudanças climáticas. In: Jorge Luis P. Oliveira-Costa; Andréa Aparecida Zacharias; Andréia Medinilha Pancher. (org.). **Métodos e técnicas no estudo da dinâmica da paisagem física nos países da CPLP - Comunidade dos Países de Expressão Portuguesa**. 1. ed. Málaga-España: EUMED, 2022, p. 49-76.
- SILVA, J. dos S. V. da; ABDON, M. de M. Delimitação do Pantanal Brasileiro e suas sub-regiões. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 33, n. esp., p. 1703–1711, 1998. DOI: 10.1590/S1678-3921.pab1998.v33.5050.
- THE NATURE CONSERVANCY (TNC Brasil). **Resumo executivo: plano de conservação para a bacia do rio Araguaia**. Brasília: The Nature Conservancy, 2023. 24 p. Disponível em: <https://www.tnc.org.br>. Acesso em: 13 out. 2025.
- TUCCI, C. E. M.; HESPANHOL, I.; CORDEIRO NETTO, O. de M. **Gestão da água no Brasil**. 2001. Brasília: Unesco, 156p. Disponível em: http://www.crmariocovas.sp.gov.br/pdf/pol/gestao_agua.pdf. Acesso em: 05 out, 2025.
- TUNDISI, J. G. **Água no século XXI: enfrentando a escassez**. São Carlos: Rima, 2003.

PAISAGENS NATURAIS E BIOMAS DA AMÉRICA DO SUL

*Jurandyr Luciano Sanches Ross
Marisa de Souto Matos Fierz
Alex Silva Sousa*

Introdução

Esta síntese sobre as Paisagens Naturais da América do Sul foi elaborada com base no mapa produzido pelos autores deste capítulo. Para gerá-lo utilizaram-se imagens de satélite e controle de campo efetuado através de diversas expedições de campo em nível exploratório pelo continente sul-americano. Foram também de fundamental importância as informações embasadas nas referências bibliográficas de autores como Ab'Saber (2012); Brasil – DNPN - projeto Radambrasil (1971-1985); IBGE (1977); IBGE (2004); Conti e Furlan (1996); bem como as imagens e mapas da NASA e produtos mais recentes do Mapbiomas.

A biosfera, onde se estrutura o arcabouço das paisagens naturais, é a camada da vida resultante da combinação e interação dos elementos da natureza, ou seja, os gases, a água e os sais minerais provenientes das rochas e solos. Embora aparentemente ocorra maior concentração de vidas animais e vegetais sobre a superfície da litosfera terrestre, há vida nos mais variados modos de existência. A vida está na baixa atmosfera, na parte superior da litosfera, nos solos e na hidrosfera, tanto nas águas salgadas como doces; portanto, onde estão os gases e a água, estão os seres vivos, estão as paisagens naturais e as paisagens culturais decorrentes das ações humanas.

À semelhança do ciclo hidrológico, na biosfera processa-se permanentemente o ciclo dos nutrientes ou ciclo do carbono, que tem como força motriz o calor produzido pela energia solar. Como elementos condutores e ao mesmo tempo nutrientes, estão os fluxos dos gases e da água que transportam sais minerais para os vegetais e destes chegam aos organismos dos animais. O ciclo dos nutrientes é o caminho que os sais minerais, os gases e a água percorrem permanentemente entre a litosfera, hidrosfera, atmosfera e biosfera através de um mecanismo que se repete infinitamente desde quando a vida passou a existir no planeta. Este ciclo alimenta a vida em suas três formas principais: os micro-organismos (fungos e bactérias), os vegetais e os animais. Para que os seres vivos, inclusive, os humanos, possam continuar a existir como atualmente vivem, essas três formas de vida precisam estar presentes, porque uma depende da outra.

Para entender melhor a funcionalidade de mútua dependência, basta conhecer o ciclo do carbono, ou seja, de vida dos vegetais e dos animais. Todo ser vivo necessita, em seu corpo, da água, dos gases e dos sais minerais. A água e os gases principais para a vida, são extraídos diretamente da atmosfera, e o nitrogênio obtido a partir dos solos pelas raízes dos vegetais. Os nutrientes minerais, são extraídos dos solos a partir dos minerais das rochas. São eles: o fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, os quais são os macronutrientes dentre outros como cloro, boro, cobre, ferro, manganês, molibdênio, níquel, zinco, cobalto, silício, sódio, selênio, lítio, que são os micronutrientes retirados dos solos através dos vegetais (fotossíntese e evapotranspiração dos vegetais). Um vegetal, quer seja uma árvore, um arbusto ou uma gramínea, se compõe de uma massa sólida de carbono fixado a que se denomina de celulose; é a massa corpórea da planta. Os vegetais se constituem pelas raízes de diferentes dimensões, caule, galhos, folhas, flores e frutos. As flores e os frutos são os mecanismos de reprodução da espécie, mas, para continuar existindo, cada planta precisa respirar e alimentar-se de sais minerais, gases e água. As raízes e microrraízes retiram dos solos os sais minerais e o nitrogênio que a planta necessita com a ajuda da água existente no solo. A água se desloca, captando os nutrientes através das raízes e os transportando pelo caule ou tronco, e chega

nos galhos, nas folhas, nas flores e nos frutos. Para isso ocorrer precisa da luz solar e do calor. Nesse processo entra o papel das folhas que, ao absorverem oxigênio e liberarem gás carbônico durante o dia, e à noite proceder no sentido inverso, também transpiram e emitem, para a atmosfera, vapor d'água. Essa água, que tem origem no solo, passa pela planta e transporta para ela os sais minerais evaporando através das folhas. Desse mecanismo também participa a fotossíntese exercida através das folhas, que ao receber luz solar e calor, respira e desse modo fixa o carbono na planta produzindo massa corpórea, que é a celulose.

As células das plantas se renovam permanentemente e isso é bem identificável nas flores, frutos, folhas, e pequenos galhos que sempre se renovam deixando que as partes mortas caiam ao solo. Ao depositarem-se sobre o solo, estes resíduos orgânicos passam a compor a serrapilheira e a constituir a camada de húmus, onde os micro-organismos (bactérias, fungos e larvas) encarregam-se de transformá-los em matéria orgânica decomposta, que é reincorporada no solo através da infiltração das águas das chuvas. Juntamente com este material orgânico transformado bioquimicamente pelas bactérias, estão os sais minerais e o dióxido de carbono que estavam na árvore, e que novamente retornam para o solo, completando assim o ciclo dos nutrientes melhor denominado como ciclo do carbono. Deste modo, os solos recobertos pela vegetação densa estão sempre em processo de renovação com a reincorporação dos nutrientes vindos das plantas. O gás carbônico contido na matéria orgânica decomposta, combinado com as águas das chuvas que se infiltram nos solos, formam os ácidos húmicos ou ácidos carbônicos que atuam nos minerais primários das rochas e lentamente os vão transformando em outros minerais, chamados de minerais secundários, que compõem os solos. Essa reação química constante é também responsável pelo aumento da espessura dos solos, pela sua dinâmica e permanente renovação.

Os solos resultantes dos processos de intemperismo físico e químico se organizam verticalmente em horizontes, ou estratos, em função dos diferentes estágios de transformação da rocha para o solo. Como comportamento geral, os solos têm três horizontes: A, B e C. O horizonte A é caracteristicamente marcado pela maior presença de matéria orgânica vegetal, sendo muito poroso, permeável com cor que varia de cinza ao preto. A espessura desse estrato varia entre 10 e 20 cm. Sendo muito suscetível à erosão quando se retira a cobertura vegetal. É o horizonte muito importante para dar fertilidade ao solo porque é através dele que os nutrientes procedentes dos vegetais são reincorporados ao solo. Nesse horizonte ocorre uma altíssima densidade de raízes e microrraízes dos vegetais, que retiram daí grande parte dos nutrientes que as plantas necessitam.

O horizonte B é a parte mais desenvolvida dos solos através dos processos físicos e químicos. Concentram-se, neste horizonte, areias e argilas resultantes da evolução do material rochoso subjacente, definindo a textura e composição química do solo. Se a rocha tem muita concentração de cristais de quartzo, o solo resultante é mais arenoso. Se a presença da argila é maior do que de areia, é porque a rocha matriz é rica em feldspatos e outros minerais mais solúveis. A concentração maior ou menor de biotita e de outros minerais máficos (escuros), por exemplo, confere ao horizonte B maior ou menor coloração vermelha ou amarela, que é dada pelo óxido de ferro, que, além da cor, também fornece maior resistência à erosão aos materiais porque cimenta os pequenos grânulos. Nos climas tropicais também se concentram, no horizonte B, os óxidos de alumínio. Nesse horizonte desenvolve-se uma grande quantidade de raízes de vegetais, sobretudo as de maior porte.

O horizonte C é de transição da rocha para solo. É um horizonte muito espesso ou profundo sobretudo nas regiões de climas quentes e úmidos (climas tropicais). Neste horizonte, os minerais primários das rochas já foram parcialmente transformados por processos físicos e químicos. Encontram-se nele os minerais de argila, fragmentos de rochas, grãos de areias de tamanhos diversos e silte. Não há ainda significativas concentrações de óxido de ferro, por isso observa-se grande variação de cores desde branco, amarelo, vermelho, roxo entre outras. Como a granulação é muito heterogênea e pouco cimentada, este horizonte quando exposto por obras de terraplenagem torna-se muito suscetível à erosão e escorregamentos de terra. No contato desse horizonte com a rocha também é frequente

encontrar concentração de água do lençol freático, que corresponde às águas das chuvas que se infiltraram no solo até atingir a rocha. Essa água é a responsável pelo intemperismo da rocha, que transforma minerais primários da rocha em minerais secundários dos solos.

Os solos são classificados em função de suas características físicas e químicas e decorrem das influências climáticas, litológicas e de relevo. O fator de maior expressividade na classificação dos solos é o clima. Os tipos de climas individualizam os tipos de solos em grandes categorias. Por exemplo, os climas tropicais por serem quentes e úmidos tendem a gerar solos profundos. Esses solos são muito trabalhados pela ação da água, portanto lixiviados e com forte presença dos óxidos de ferro e alumínio que favorecem as cores vermelho e amarelo. Dependendo do material rochoso, podem ser mais arenosos ou mais argilosos, ou então combinando argilas e areia. Estes correspondem aos Latossolos Vermelhos e Vermelho-Amarelos e aos Argissolos Vermelhos ou Vermelho-Amarelos.

Os solos das zonas temperadas e frias são menos profundos e tendem para uma coloração de cinza a negra por influência da matéria orgânica vegetal, podendo ser argilosos ou argilo-arenosos. São exemplos clássicos os Podzols e os Tchernozems em relevos planos a pouco ondulados da Europa e América do Norte e da América do Sul na Bacia do Prata. Os solos das áreas muito frias são gelados, rasos e muito úmidos, sendo conhecidos por Permafrost.

Os solos de relevos muito inclinados são rasos e pedregosos, são os Cambissolos e Neossolos Litólicos. Nos climas secos os solos são rasos e pedregosos ou arenosos em relevo plano. A vida animal e vegetal no planeta é absolutamente dependente da interação entre gases, água, sais minerais, luz solar, energia calorífica e força da gravidade, que se manifestam através de fluxos de energia e matéria entre as partes que compõem o todo da Terra. Entretanto, esses fluxos de materiais e energia não são de mesma intensidade por toda a superfície do planeta. Essas variações de intensidade estão diretamente relacionadas com um balanço entre maior ou menor disponibilidade de luz/energia calorífica e a água. Por exemplo, em um deserto como o Saara, há muita disponibilidade de luz e energia calorífica, mas há uma grande deficiência de água. Isto faz com que a vida fique restrita a um pequeno número de espécies animais e vegetais que se adaptaram para viver nessas condições ambientais.

No outro extremo estão os desertos gelados das áreas polares e topos de montanhas altas, onde a disponibilidade de água é grande, e a luz e o calor são extremamente limitados. O resultado desta combinação é um pequeno número de espécies animais e vegetais, que se adaptaram a tais condições climáticas. Entre esses dois extremos de muita água e pouco calor, ou de muito calor e pouca água, há uma grande variação de situações ambientais, sempre determinadas pelo maior ou menor fluxo de energia calorífica e pela maior ou menor disponibilidade de água no ambiente, sem esquecer que os fatores zonais, regionais e locais de clima, relevo, litologia e solos promovem diferenciações e influenciam na diversidade biológica e no volume de biomassa. Entre esses dois extremos define-se uma faixa zonal onde há uma condição ótima de luz/calor e umidade/água, onde a produção de biomassa e diversidade biológica é muito grande. Essa faixa zonal são as áreas intertropicais, onde a água e a energia calorífica são abundantes. Nas áreas geladas e nos desertos, a produção de biomassa e a diversidade de espécies animais e vegetais são muito baixas; já nas zonas tropicais úmidas, têm-se um máximo de produtividade biológica com grandes volumes de massa e espécies animais, vegetais e micro organismos.

Como na superfície do planeta, sobretudo nas terras emersas, há uma grande variabilidade de relevo, solos, rochas, águas e climas, a ocorrência e distribuição dos seres vivos está na dependência da combinação desses fatores que definem um intrincado mosaico de situações ambientais ou ecológicas, que facilitam ou dificultam a existência e sobrevivência das espécies animais e vegetais. Os organismos vivos, de qualquer espécie, têm limites de tolerância que são definidos pelas condições ambientais. A deficiência de água, o excesso de calor e o excesso de frio são fatores limitantes

importantes para os seres vivos, mas a deficiência de sais minerais em determinadas condições de solos também interfere na maior ou menor abundância de seres vivos em um determinado local. Alguns animais e vegetais são mais tolerantes aos fatores limitantes e com isto conseguem sobreviver em espaços territoriais ecologicamente mais diversificados; outros são menos tolerantes e sobrevivem em áreas mais restritas. As condições ambientais ideais para cada espécie animal ou vegetal sobreviver sem fadiga, sem sofrimento por deficiência das condições físicas básicas e com plenas condições de se reproduzirem são chamados de nichos ecológicos. Essas relações de dependência alimentar entre os animais, vegetais e micro-organismos definem os ambientes ecológicos de cada um deles.

O processo de alimentação e reprodução permanentemente, geram alimentos de uns para os outros, num fluxo de matéria e energia que mantém a cadeia alimentar entre animais, vegetais e micro organismos. Assim se definem as comunidades animais e vegetais que se organizam em grandes biomas, domínios e ecossistemas.

Os fatores naturais como clima, relevo, solos e água são determinantes na distribuição da flora e fauna na superfície terrestre. A zonalidade climática, combinada com condições de relevos mais altos ou mais baixos, mais planos ou mais íngremes, e a presença de solos mais rasos ou mais profundos, mais férteis ou mais estéreis, determinam o mosaico natural do globo terrestre em grandes manchas de vegetação conhecidas como biomas. Os biomas constituem-se em grandes extensões territoriais recobertas por um determinado tipo de vegetação que representam uma certa homogeneidade de fisionomia, por exemplo a Floresta Amazônica, ou as savanas do continente africano, ou a floresta de coníferas entre outros. Essa homogeneidade, entretanto, é relativa, pois dependendo do nível de análise vai se identificando, que nessa aparente igualdade de fisionomia, há significativas diferenças de espécies vegetais e animais, com maior ou menor concentração de uma ou de outra espécie e assim por diante.

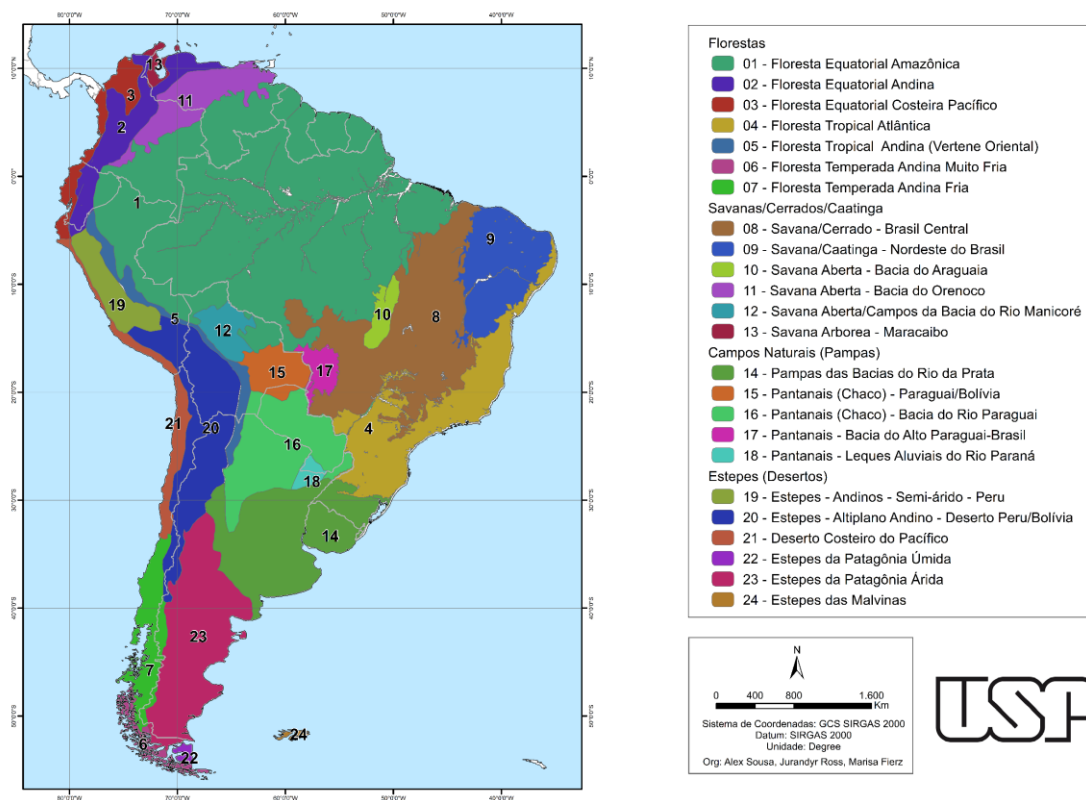
Conforme destacam Conti e Furlan (1996), os biomas apresentam um nível macro de comunidades biológicas, que são definidas a partir de critérios de semelhanças e diferenças. Quando há grande similaridade fisionômica da cobertura vegetal de uma área, como por exemplo, um bosque florestal, se considera que esta comunidade é homogênea (semelhança interna). Esse bosque se diferencia de uma outra área como, por exemplo, um pântano, porque visualmente os aspectos são bem diferentes (diferenças externas). Entende-se que uma comunidade biológica ou ecológica se define por associações de plantas e animais que vivem em um determinado espaço físico. Essa associação depende da capacidade de cada espécie no processo contínuo de reproduzir-se, alimentar-se e alimentar outro ser vivo. Além dos fatores físicos naturais do tempo presente, as comunidades ecológicas e suas espécies estão na dependência das variações ao longo do tempo das condições ambientais, como, por exemplo, mudanças climáticas de curto e longo prazos. As intervenções promovidas pelas atividades econômicas das sociedades humanas, é, na atualidade, o fator de maior transformação das comunidades ecológicas, ao converter biomas em terras agrícolas, pastagens ou florestas cultivadas em monocultura (eucaliptos, pinus entre outras).

Os Biomas Terrestres no Contexto das Paisagens da América do Sul

É importante frisar que grande parte dos biomas terrestres estão representados por fragmentos espaciais de vegetação natural, e que o mapa a seguir (Figura 1) apenas indica onde, no passado não muito distante, ocorriam estes biomas em seus estados clímax e que o processo civilizatório das sociedades humanas se incumbiu de transformá-los em novos ambientes, que não serão alvo deste trabalho.

Os biomas são do tipo florestas, savanas, campos, tundras e desertos. A seguir será apresentada uma rápida descrição dos mesmos.

Figura 1 – Paisagens naturais e os biomas da América do Sul.



Fonte: Autores (2025).

Florestas dos Climas Tropicais e Temperados

Estas florestas desenvolveram-se na zona intertropical preferencialmente em relevos com terras baixas, temperaturas elevadas e abundância de chuvas. É um bioma em que prevalece grande diversidade biológica tanto vegetal como animal e maior volume de biomassa por hectare. As temperaturas médias oscilam entre 21 °C e 30 °C. São florestas que apresentam um dossel contínuo, em que as copas estão entremeadas umas às outras, com algumas espécies com dossel emergente que podem atingir até 60 m de altura, como, por exemplo, a Castanheira da Amazônia e a Maçaranduba. São florestas perenifólias, embora troquem permanentemente suas folhas, estas estão em constante renovação. Dependendo da maior ou menor penetração de luz solar, apresentam mais ou menos estratos internos (árvores menores). Os troncos das árvores das florestas tropicais são normalmente cobertos por cipós, samambaias, orquídeas e lianas, enfim, por uma grande diversidade de epífitas e trepadeiras, que constituem uma floresta densa e rica em espécies vegetais, animais e micro-organismos. A fauna se distribui em níveis:

- estrato emergente - habitado por aves e insetos;
- estrato do dossel - abriga a fauna de maior diversidade, como macacos, preguiças, gambás, muitas aves e insetos;
- superfície do terreno - animais roedores (capivaras, ratos) veados, aves, lagartos, cobras, sapos e uma infinidade de insetos;
- solo - na serrapilheira (camada vegetal morta sobre o solo) e no horizonte orgânico do solo - uma grande concentração de micro-organismos (bactérias e fungos) e pequenos animais como formigas, cupins, minhocas, tatus, insetos de chão, entre outros. Cada um desses estratos está interligado entre si, através da interatividade que ocorre entre os animais, entre os animais e vegetais e entre vegetais.

Essas florestas desenvolvem-se em relevos baixos e pouco inclinados onde prevalecem solos profundos como os latossolos (horizonte B profundo) e os argissolos (horizonte C profundo). A taxa de decomposição dos vegetais da camada de húmus é da ordem de 11 ton/ha/ano em função da grande diversidade de bactérias, fungos e pequenos invertebrados decompositores.

De acordo com Conti e Furlan (1996), o bioma das florestas corresponde a mais de 70% da fitomassa terrestre, sendo que 35% representado pelas florestas tropicais e estas ocupam 10% da superfície do planeta. As “*Florestas dos Climas Tropicais*” são subdivididas em diversos tipos, conforme segue:

- *Floresta Amazônica Densa*: ocupa as terras predominantemente baixas, cujas altitudes oscilam entre uma dezena de metros a, no máximo, 400 m nas bordas da Bacia Sedimentar Amazônica Oriental. É uma floresta perenifólia, higrófila com alta densidade de troncos preferencialmente finos, relativamente retos, com grande diversidade de espécies e que crescem sobre os terrenos da Bacia Sedimentar, tanto sobre os sedimentos mais novos da porção ocidental como nos mais antigos da área oriental. O relevo é caracterizado por ser pouco dissecado, com predominância de colinas amplas de topos aplanados e colinas menores de topos convexos, com ocorrências restritas de formas residuais com bordas escarpadas e topos planos, correspondendo aos tabuleiros sustentados por sedimentos terciários. Tais feições acompanham os grandes rios distribuídos em planícies fluviais amplas que parte do ano ficam total ou parcialmente submersas em função dos volumes das águas abundantes dos rios. A cobertura de solos é marcadamente constituída por solos profundos, prevalecendo, nas terras baixas de oeste, os de textura argilosa quando desenvolvidos sobre os sedimentos da formação Solimões, e, nas terras ligeiramente mais elevadas de leste, solos arenosos ou areno-argilosos quando desenvolvidos sobre os arenitos das diversas formações geológicas da Bacia Sedimentar Amazônica. Nas planícies, os solos são predominantemente da família dos hidromórficos, com forte presença de matéria orgânica vegetal e muita umidade. Como se trata de uma região de influência da zona de convergência intertropical, as chuvas são abundantes o ano todo, com período menos chuvoso de dois a três meses em algumas áreas, como no leste-sudeste do Pará e na parte central da Amazônia. Os índices pluviométricos nas áreas menos chuvosas oscilam entre 1.700/2.500 mm/ano chegando a mais de 3.500 mm/ano nas terras com chuvas mais abundantes. As temperaturas médias anuais oscilam entre 24 a 26 °C, sendo que as médias das temperaturas máximas atingem de 32 a 34 °C. Sua ocorrência abrange territórios do Brasil, Peru, Equador, Bolívia e Colômbia.
- *Floresta Amazônica Aberta*: representa uma grande área da Amazônia nos territórios do Brasil, Venezuela, Suriname, Guiana, Guiana Francesa. É uma floresta subcaducifólia, com dossel emergente aberto e forte presença de cipós, palmeiras. Apresenta árvores de grande porte que chegam a algumas dezenas de metros entremeadas por um dossel mais baixo com árvores cujas copas estão entre 15 e 20 metros. É a floresta com maior diversidade de espécies madeira dura como castanheiras, cerejeiras, maçarandubas, mognos, cedros, entre outras. Esta floresta, rica em biodiversidade florística, cresce sobre o cráton ou Plataforma Amazônica, que em superfície ocorre tanto ao norte quanto ao sul da Amazônia. É uma área constituída por rochas do complexo cristalino amazônico, onde observa-se tanto rochas metamórficas como gnaisses, migmatitos, micaxistos quanto intrusivas ácidas e básicas. Nesses terrenos estão esculpidas as depressões marginais norte e sul amazônica com altitudes que variam de 100 a 400 metros, e os planaltos residuais norte e sul amazônicos, com altitudes que oscilam entre 600 e 900 m, mas que chegam aos três mil metros em algumas serras do extremo norte do país. Nas depressões, prevalecem as formas de relevo em colinas de topos convexos com

dimensões diversas, enquanto que nos planaltos residuais prevalecem as serras e os morros altos com vales muito entalhados e vertentes muito inclinadas. A cobertura de solos sobre as colinas e morros baixos são preferencialmente os Argissolos de textura argilosa a argilo-arenosa associados a Latossolos vermelho-amarelos argilo-arenosos. Nas terras montanhosas e nos morros residuais encontram-se os solos rasos e os pedregosos. As condições climáticas são semelhantes às encontradas nas áreas da floresta densa, já anteriormente descritas, com variações locais e regionais em função das características de relevo e do comportamento da zona de convergência intertropical.

- *Floresta Tropical Atlântica*: corresponde à extensa faixa de terras que se alonga na direção norte sul desde o litoral oriental da Região Nordeste até norte-nordeste do estado do Rio Grande do Sul. Ocupava de forma contínua tanto os tabuleiros costeiros como os morros e serras da faixa atlântica brasileira. As condições climáticas são predominantemente quentes e úmidas em ambientes de relevos montanhosos, o que possibilitou o desenvolvimento de densa floresta perenifólia higrófila exuberante, com cinco ou mais estratos vegetais, sendo que o dossel emergente atingia os 30 metros. A área é constituída por rochas ígneas e metamórficas pertencentes à faixa de dobramentos do cinturão do atlântico, onde, além das estruturas pré-cambrianas, observam-se efeitos da tectônica cenozoica com reativação de falhas antigas com rejeitos que geraram escarpas de grande envergadura como as das serras do Mar e Mantiqueira na Região Sudeste. O relevo, marcadamente em forma de morros e serras que configuram o chamado Planaltos e Serras do Leste-Sudeste anteriormente conhecido como Planalto Atlântico, apresenta altitudes acima de 700 m, mas que em algumas áreas ultrapassam os 2.000 m. É um relevo muito dissecado com grande densidade de canais de drenagem, vales entalhados e profundos e vertentes fortemente inclinadas. Recobrem estes relevos, solos tipo Argissolos vermelho-amarelos associados com solos rasos como os Cambissolos e solos pedregosos. As condições climáticas influenciadas pelas correntes de leste, pela convergência intertropical e pelas frentes polares apresenta-se abundante em chuvas com índices que oscilam entre 1.500 a 2.000 mm/ano. Nas áreas serranas escarpadas da serra do Mar e Mantiqueira ultrapassam os 4.000 mm/ano, com período chuvoso menos intenso ao longo dos três meses de inverno. A cobertura vegetal natural foi quase que totalmente convertida em pastagens, cultivo de café e silvicultura, mineração e urbanização, ao longo dos cinco séculos de ocupação efetiva. Restam aproximadamente entre 10 e 15% da área coberta com florestas primárias e, sobretudo matas secundárias decorrentes dos processos espontâneos de auto regeneração, sobretudo nas áreas de relevos de difícil acesso e nas unidades de conservação criadas pelos órgãos de governo.
- *Florestas Tropicais Estacionais ou Decíduas*: estas florestas ocorrem em ambientes de climas quentes e úmidos, que têm um período seco em torno de três a cinco meses, quando ocorre déficit hídrico e o solo ressecado não disponibiliza água para as plantas em quantidade suficiente. São florestas pouco mais baixas do que as descritas anteriormente frequentemente com dossel aberto e perdem as folhas na estação seca. A perda da folhagem é uma adaptação das plantas para economizar consumo de água, pois é através das folhas que ocorre a perda por evaporação. Nessas florestas, que geralmente são ricas de madeiras duras, de maior valor comercial, acumula-se sobre o solo um grande volume de matéria orgânica que também contribui para a manutenção da umidade no solo ao protegê-lo do calor e da evaporação. Essas florestas recobriam os relevos do Planalto da Fachada Atlântica, onde prevalece estruturas rochosas do cristalino e cobertura de solos bem desenvolvidos face as características de clima quente e muito úmido.

- *Floresta Tropical Semidecidual da bacia do Paraná*: ocorria nos terrenos mantidos por rochas sedimentares da bacia do Paraná e rochas vulcânicas básicas como basaltos e diabásios e ácidas como os riolitos. Estendia-se do norte do estado do Paraná pelo interior do estado de São Paulo, parte do triângulo mineiro, extremo sul de Goiás e Mato Grosso do Sul. Recobria os relevos marcados por colinas amplas de topos convexos com declividades médias oscilando entre 10 e 20% e altitudes que variam entre 400 e 800 m. Os solos que prevalecem são os Latossolos vermelho-amarelos e Latossolos vermelhos associados a Argissolos vermelho amarelos e Nitossolos. As condições climáticas reinantes indicam índices pluviométricos em torno de 1.300 mm/ano com período seco de três meses e temperaturas médias entre 18 a 22 °C e média das mínimas entre 10 e 14 °C. Nesse ambiente, a floresta subcaducifólia tropical apresentava vários estratos vegetais tendo como característica perder parcialmente as folhas na curta estação seca. Nessa área, atualmente prevalecem as atividades de agricultura mecanizada e pecuária de cria e corte. Subsistem apenas pequenos bosques de fragmentos florestais de reservas particulares, quase sempre fortemente degradados pela exploração seletiva de madeiras.
- *Florestas Espinhasas*: correspondem às matas baixas, densas, de árvores finas e espinhosas, que ocorrem em regiões quentes com índices pluviométricos muito baixos, mas que não chegam a constituir ambientes desérticos. A mata seca ou caatinga do clima semiárido do nordeste brasileiro é um significativo exemplo. É uma vegetação que, durante a longa estação seca, perde totalmente as folhas e passa do verde exuberante da estação chuvosa para o cinza da estação seca. A Caatinga tem sido enquadrada na cobertura das Savanas face ao predomínio de formação vegetal de porte arbustivo.
- *Florestas Esclerófilas*: constituem as matas de climas temperados com verões quentes e chuvas concentradas no inverno com índices pluviométricos que oscilam entre 500 e 1.000 mm/ano. A vegetação apresenta folhas esclerificadas. Como exemplo na América do Sul essas florestas ocorrem, sobretudo no Chile devido às condições climáticas favoráveis.
- *Floresta Subtropical da Bacia do Paraná*: são de ambientes chuvosos. Ocorrem em terras de planaltos da América do Sul. No Brasil, a cobertura vegetal natural é marcada pela floresta subcaducifólia subtropical com bosques de Araucária angustifólia associados nos setores mais elevados com os campos naturais. Desenvolve-se sobre os terrenos dos derrames vulcânicos da bacia sedimentar do Paraná, onde prevalecem as rochas de basaltos, diabásios, riolitos e riodacitos. As formas de relevo constituem-se por superfícies de topos aplanados nos setores mais elevados geralmente acima de 1.000 metros, por patamares estruturais acompanhados por vertentes escarpadas nas áreas mais dissecadas. Prevalecem os solos do tipo Nitossolos vermelhos de textura argilosa (terras roxas), os Latossolos vermelhos argilosos (Latomosolos roxos), Cambissolos e solos Litólicos com chão pedregoso. As condições climáticas indicam temperaturas médias das máximas anuais entre 26 e 28 °C e as médias das mínimas entre 6 e 8 °C, com índices pluviométricos que variam entre 1.500 a 2.200 mm/ano. As geadas são frequentes, ocorrendo ao redor de 30 episódios/ano. Também podem ocorrer precipitações de neve em áreas mais restritas. Esta floresta foi alvo de intensa exploração madeireira na primeira metade do século XX, caracterizando-se, na atualidade, por atividades de pecuária bovina, suinocultura e avicultura, consorciadas com agricultura mecanizada de grãos, fruticultura como uva e maçã, e silvicultura de pinus para a indústria de madeira e papel.
- *Floresta Boreal/Austral de Coníferas*: são as formações florestais ou matas de coníferas que ocorrem acima da latitude de 45°, constituídas por pinheiros, abetos e alerces, que são perenifólias e com folhas acículas, ou seja, em forma de agulhas. São árvores com

mais de 40 metros de altura e com grande homogeneidade fisionômica. A serrapilheira que se desenvolve sobre essa floresta é espessa, sobretudo porque as folhas acumuladas sobre o solo formam uma espécie de “ta+pete orgânico” com baixa taxa de decomposição. Na América do Sul a floresta que mais se assemelha é a que ocorre no centro-sul do Chile recobrando parcialmente as montanhas da Cordilheira dos Andes. Essas florestas temperadas do centro-sul do Chile recebem o nome de Matorral, uma ecorregião que apresenta floresta transicional e decidual localizada entre 32° e 37° de latitude sul. Possui arbustos esclerófilos (folhas duras), pequenas árvores, cactáceas e bromélias.

Bioma das Savanas

A vegetação de Savanas ocorre em 20% das terras do planeta, sendo encontradas na América do Sul, Austrália, Índia e África. Desenvolve-se sobre relevos de planaltos com solos preferencialmente profundos, ácidos e com elevado teor de óxidos de ferro e alumínio. São solos muito deficientes de nutrientes, que, associado às condições climáticas quente com duas estações uma seca de 4 a 6 meses e outra chuvosa de grande intensidade, influencia diretamente na fisionomia e nas espécies vegetais. A característica marcante das paisagens desta vegetação é constituírem-se por baixa densidade de árvores baixas, tortuosas, casca espessa e folhas duras de aspecto coriáceo. Nas savanas desenvolve-se fauna muito rica, sobretudo de animais de grande porte de hábitos alimentares herbívoros e carnívoros, como ocorre no continente africano. No Brasil essa vegetação é representada pela vegetação de Cerrados que ocupa os planaltos do centro oeste do país.

- *Campos Cerrados nos Terrenos Cristalinos:* ocorrem no Brasil em extensa área no centro do país, abrangendo territórios dos estados de Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás, Tocantins, Distrito Federal, Minas Gerais e Bahia. Este tipo de formação vegetal desenvolve-se tanto nos relevos montanhosos dos cinturões orogênicos como nas colinas e superfícies aplanadas das depressões periféricas ou marginais que se estendem pelas bordas das bacias sedimentares do Paraná, Parecis e Parnaíba. Nessas áreas, ocorre uma diversidade de rochas metamórficas como quartzitos, micaxistos, filitos, ardósias, migmatitos, gnaisses, acompanhadas por ígneas como granitos, grano-dioritos e, até mesmo, por rochas sedimentares pré-cambrianas como os arenitos, calcáreos e folhelhos encontrados nas Serras Residuais do Alto Paraguai e na bacia do médio ao alto São Francisco. Nos terrenos montanhosos, a cobertura dos cerrados é encontrada em altitudes que variam entre 900 e 1.400 m, em vertentes com altas declividades e solos rasos, pedregosos e frequentes afloramentos rochosos. Nas depressões com altitudes que oscilam entre 200 e 450 metros em face da menor dissecação do relevo, encontram-se solos mais espessos como os Argissolos vermelho-amarelos e Latossolos vermelho-amarelos com marcante presença de horizonte pedológico concrecionário de óxido de ferro. Os solos dos cerrados são muito lixiviados, predominantemente ácidos, com alta concentração de alumínio e ferro residuais, e muito deficientes de nutrientes. As condições climáticas que prevalecem são as do clima tropical semiúmido, com ocorrência de 80% das chuvas no verão com índices que oscilam entre 1.300 a 1.800 mm/ano. As temperaturas variam entre 30° a 32 °C, na média das máximas, e de 12° a 14 °C, na média das mínimas, observando-se elevado déficit hídrico nos meses de maio a setembro, meses em que as chuvas são raras.
- *Campos Cerrados nas Bacias Sedimentares:* ocorrem no Brasil, sendo uma vegetação arbustiva de tipo Savanas (Cerrados) que se estendia sobre os terrenos das bacias sedimentares do Paraná, Parnaíba e Parecis, abrangendo os estados de Goiás, Minas Gerais, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Tocantins, Distrito Federal, Piauí e Maranhão. Nessas bacias sedimentares prevalecem as rochas de arenitos de diferentes calibres,

com presença de rochas carbonáticas em alguns estratos sedimentares, e ocorrência de sedimentos argilosos inconsolidados nas superfícies planas de topos, contornando as bordas das bacias sedimentares e configurando os relevos de chapadas. As formas de relevo predominantes são as colinas amplas com vertentes pouco inclinadas e baixa densidade de drenagem, onde desenvolvem-se solos profundos e bem drenados como os Latossolos vermelhos e vermelho-amarelos, quase sempre de textura arenosa a areno-argilosa. Sob a influência das massas de ar tropicais continentais, prevalecem as temperaturas elevadas cujas médias das máximas oscilam entre 30 e 32 °C, e a média das mínimas entre 10 e 12 °C, ocorrendo duas estações muito bem definidas, sendo uma muito chuvosa no verão, e outra bastante seca no inverno, ou seja, entre maio e setembro. Os índices pluviométricos anuais variam entre 1.500 a 1.800 mm/ano, sendo que 80% das chuvas ocorrem entre novembro e março. Nos últimos quarenta anos mais de 70% das áreas de Cerrados foram convertidas em campos agrícolas com cultivo de grãos e fibras, e, principalmente, com pastagens plantadas com o capim braquiária.

- *Caatinga no Semiárido do Nordeste*: denominação originária da língua tupi-guarani, que a chamava de “mata branca”, que corresponde a uma paisagem com vegetação diferenciada das Savanas típicas bem como dos ambientes dos desertos estépico. Constitui-se em uma extensa área de terras no interior da região do nordeste brasileiro, marcada pelo clima tropical semiárido. A vegetação xerófila, predominantemente arbustiva e com forte presença das cactáceas, perde totalmente as folhas no período seco. Essa cobertura vegetal ocupa predominantemente as estruturas dobradas do cinturão orogênico do ciclo brasileiro onde ocorrem rochas metamórficas como gnaisses, migmatitos, micaxistos, filitos e rochas ígneas como granitos. As formas de relevo predominantes são as superfícies aplanadas e baixas com altitudes que oscilam entre 50 e 300 m e declividades que variam entre 5 e 20%, pontilhadas por morros residuais preferencialmente sustentados por rochas de granitos e quartzitos. As condições climáticas apresentam chuvas escassas e volumes que variam entre 300 e 700 mm/ano com período seco que varia entre seis e nove meses. As temperaturas médias das máximas estão entre 30° e 36 °C, e as médias das mínimas entre 20° e 22 °C. Os solos são rasos e pedregosos e ocupam a maior extensão da área, ocorrendo manchas com solos um pouco mais espessos como os Argissolos eutróficos. A deficiência hídrica caracteriza-se como um dos maiores problemas limitantes da região, associado com as irregularidades das chuvas ao longo do ano.
- *Savanas da Bacia do Orenoco*: a vegetação da região da Venezuela é predominantemente floresta tropical, e mesmo nas altitudes mais elevadas acima de 1.500 m a vegetação é semitropical. Parte significativa da Bacia do Rio Orenoco é constituída por savanas, identificadas como vegetação herbácea e arbustivas com árvores dispersas. Essa vegetação de savana é resistente a longos períodos de seca com gramíneas e demais vegetações resistentes ao fogo desenvolvida em solos deficientes de nutrientes, e com drenagem incipiente. Ocorre no ambiente das Savanas da bacia do rio Orenoco extensas áreas dos *chacos*, superfícies saturadas de água que se misturam com setores de terras melhor drenadas.

Bioma dos Campos

O bioma dos Campos é muito extenso nos climas temperados, ocorrendo com frequência nas grandes extensões de terras planas da América do Norte, Europa do leste e nas terras baixas no centro-sul da América do Sul, onde é conhecido como Pampa. Desenvolve-se em condições climáticas de ambientes frios com duas estações-verão-inverno e com índices pluviométricos oscilando entre 1.000 e 1.500 mm/ano. Grandes animais herbívoros são encontrados nesse tipo de cobertura vegetal como

os búfalos e antílopes na América do Norte e gnus na África, cavalos selvagens na Europa, guanacos, lhamas, graxaim, veado campeiro, alpaca na América do Sul, entre outros. Essas áreas são muito utilizadas para cultivo e pastagens, sobretudo em função das condições favoráveis de relevo e solos que facilitam as práticas da agricultura mecanizada.

- *Enclaves de Campos Limpos e Cerrados na Floresta Amazônica*: correspondem a algumas áreas contínuas de campos limpos e campos cerrados no ambiente de floresta. A maior extensão de campos limpos está representada pela vegetação denominada de campinarana ou os campos limpos de Roraima, que ocupa vasta área do Estado. Também são encontrados nas bacias dos rios Madeira e Purus no estado do Amazonas nos denominados campos de Humaitá e Lábrea com extensão relativamente grande. Em áreas menores ocorrem em diversos pontos da Floresta Amazônica sobre alguns relevos residuais recobertos por rochas sedimentares ou Vulcano-sedimentares ácidas que apresentam solos rasos, pedregosos e afloramentos rochosos, ou ainda, em solos concrecionários que, em função das limitações pedológicas, mantêm-se como manchas de vegetação relictual, testemunhando condições paleoclimáticas mais secas do passado, conforme salientado por Ab`Saber em diversas ocasiões através de suas obras publicadas que tratam dos paleoclimas do Brasil e da América do Sul.
- *Campos Naturais Subtropicais (Pampa)*: ocorrem na região sul do Brasil, Uruguai, Paraguai e norte da Argentina, tanto sobre os terrenos da bacia sedimentar do Paraná como sobre as rochas cristalinas do Planalto Uruguaio Sul-rio-grandense. Nos terrenos cristalinos do sul do estado do Rio Grande do Sul e do Uruguai, os campos desenvolvem-se sobre as rochas metamórficas e ígneas em relevos de morros baixos e colinas com declividades que oscilam entre 10 e 20% e altimetrias entre 200 e 400 m. Nos fundos de vales dos rios principais como o Jacuí e o Ibicuí, ocorrem vastas planícies fluviais totalmente ocupadas com rizicultura irrigada. Nos morros e colinas, conhecidas regionalmente por “coxilhas” desenvolvem-se solos rasos como Cambissolos e Neossolos Litólicos associados a Argissolos vermelho-amarelos. Na bacia sedimentar do Paraná, os campos aparecem em altitudes associados às superfícies aplanadas de topo, onde ocorrem rochas vulcânicas ácidas como riolitos e riodacitos, sobre as quais desenvolvem-se solos das chamadas terras brunas e Latossolos Brunos muito ácidos e deficientes de nutrientes o que dificultou o desenvolvimento de coberturas florestais apesar da grande disponibilidade de água. A região apresenta uma certa regularidade na distribuição das chuvas ao longo do ano com índices que oscilam entre 1.500 a 1.750 mm/ano As temperaturas médias das máximas oscilam entre 28 e 32 °C, e as médias das mínimas entre 10 e 13 °C. Esses campos naturais, que também ocorrem na região conhecida como Campanha gaúcha no estado do Rio Grande do Sul, nas terras altas da Bacia do Paraná aparecem no norte/nordeste do Rio Grande do Sul, na região de Vacaria, no centro-leste de Santa Catarina na região de Campos Novos e no Paraná no entorno de Guarapuava. Desde a muito tempo essas áreas vêm sendo ocupadas com pecuária extensiva de cria e corte, sendo que, nos últimos 30/40 anos, com a mecanização da agricultura para produção de soja, milho e trigo nos campos com solos mais profundos, na Bacia do Paraná, intensificou-se progressivamente a produção de grãos.

Bioma das Planícies e Pantanaís

- *Campos e Florestas das Planícies e Pantanaís*: nesses ambientes de relevos muito planos, cujos materiais predominantes são sedimentos arenosos, argilas e cascalhos, o lençol das águas subterrâneas é muito raso. São terras baixas, em relação às áreas vizinhas, que apresentam declividades entre 0 e 2%, sendo frequentemente sujeitas às inundações temporárias e, em alguns setores, os solos são permanentemente saturados

(encharcados). Os tipos de solos dominantes são os hidromórficos e os aluviais tais como os Planossolos, Espodossolos, Plintossolos, e Gleissolos húmicos, entre outros típicos das terras planas baixas e saturadas com água, quer sejam as salinas costeiras, ou as águas doces continentais. As características hidrológicas fortemente dependentes das condições pluviométricas são os elementos dominantes para explicar o comportamento genético desses ambientes. Na zona costeira, a movimentação das ondas e marés que contribuem para as oscilações do nível marinho, além das influências dos ventos sobre as correntes de deriva, são os fatores predominantes na dinâmica das planícies costeiras representadas pelos cordões marinhos de sedimentação e pelas planícies de mangues. Nessas condições naturais muito diversificadas, desenvolvem-se coberturas vegetais que constituem verdadeiro mosaico vegetal destacando-se tanto as matas paludosas (florestas alagadas), matas que se desenvolvem sobre diques fluviais marginais e “cordilheiras” como no pantanal do rio Paraguai, entremeadas por áreas descontínuas de campos naturais herbáceos sobre terras mais saturadas de água, e até mesmo campos cerrados em setores mais secos sobretudo das planícies e pantanais dos rios Araguaia, Paraguai, Guaporé bem como nos rios Amazonas e afluentes. São ambientes de grande riqueza em biodiversidade florística e faunística e têm sido utilizados com atividades humanas compatíveis com o meio como pesca, pecuária bovina, turismo, e atividades extrativas vegetais de interesse farmacêutico ou alimentar. Na Depressão Central Sul-americana, em terras do Paraguai e Bolívia, a parte pantanosa das planícies fluviais é conhecida como *Chaco* (bacias dos rios Paraguai e Beni). As Savanas da bacia do rio Orenoco na Venezuela também têm características pantanosas.

Bioma dos Chacos

Os *chacos* são ecossistemas caracterizados e presentes nas regiões semiáridas, ou na transição entre florestas tropicais e cerrado. Estão presentes em alguns países da América do Sul tais como Bolívia, Paraguai e Venezuela. Essas regiões, com suas características de clima e vegetação específicas, são essenciais para os ecossistemas locais e são também importantes para a economia desses países, especialmente em relação à agricultura e à pecuária.

- O *Chaco* boliviano está na parte sudeste da Bolívia e próximo à fronteira com o Paraguai que faz parte da Bacia do rio Paraná e trata-se de uma região semiárida com vegetação de estepes e bosques secos. Com uma biodiversidade conhecida, é um local importante para a produção de soja e outros produtos agrícolas, bem como é uma região rica em recursos naturais. O *Chaco* Boliviano é habitado por diversos povos indígenas com tradições em formas de vida ligadas ao meio ambiente.
- O *Chaco* do Paraguai é que cobre cerca de 60% do território do país, porém menos povoada devido ao clima quente e seco com vegetação de cerrado e áreas de vegetação xerófila a qual é adaptada a secas. De grande importância econômica, sobretudo pela produção de carne bovina, soja e algodão. Também possui uma significativa população indígena na região.
- O *Chaco* da Venezuela localizada na região de *Llanos* e áreas próximas ao *Gran Chaco*, fronteira com a Colômbia e o Brasil. Possui vegetação de savanas e fauna diversificada adaptada ao clima quente e seco. Trata-se de uma região que embora não seja tão grande como o da Bolívia e do Paraguai, possui uma riqueza considerável com algumas áreas protegidas e reservas indígenas.

Paisagens dos Tabuleiros Costeiros no Brasil

Os tabuleiros da faixa atlântica eram originalmente cobertos por vegetação florestal da Mata Atlântica sobretudo no nordeste oriental e sudeste. Nos Estados do Maranhão e no Amapá os tabuleiros são cobertos por Savanas (Cerrados). Embora não se constituam em relevos de planícies, têm sido tratados como relevos pertencentes às terras baixas costeiras. Trata-se de uma faixa estreita de terras que se estende desde o litoral do Amapá até o norte do litoral do estado do Rio de Janeiro. Posicionando-se entre as altitudes que variam entre 10 e 50 metros, acompanhando a linha de costa, e frequentemente demarcada pelo lado oceânico por vertentes abruptas conhecidas por falésias. Esses tabuleiros, que são mantidos por sedimentos terciários da Formação Barreiras, são recobertos por solos arenosos ou arenoargilosos profundos, bem drenados recoberto colinas amplas de topos planos ou convexos. Grande parte dessas terras foram cobertas pela mata tropical atlântica, sendo progressivamente substituída por plantações de cana-de-açúcar, pastagens, silvicultura de eucaliptos entre outros.

Paisagens dos Terraços e Planícies Marinhas do Pacífico

Na costa do oceano Pacífico na América do Sul, as planícies marinhas possuem paisagens diversificadas e moldadas por fatores geológicos, climáticos e biológicos. Essa região abriga uma vasta faixa de território ao longo de países como o Chile, o Peru, e a Colômbia. As planícies marinhas neste trecho do Pacífico são bastante diversas e até mesmo as areias dão lugar a grandes seixos, sobretudo na costa do Peru, onde a áreas costeiras correspondem as praias com presença das falésias e são formadas por materiais extremamente grosseiros ao longo de toda a área costeira.

Neste trecho da área costeira estão alguns dos principais tipos de paisagens diversificadas que vão desde áreas desérticas até ecossistemas úmidos como os manguezais e os arquipélagos. São regiões essenciais, cujo papel é essencial para o equilíbrio da biodiversidade e preservação do equilíbrio ecológico.

Na área costeira norte do Chile está também a extensão do deserto do Atacama, que se trata de uma das áreas mais áridas do mundo. O deserto do Atacama é considerado um lugar inóspito por suas paisagens secas. Faz parte da região uma porção de planícies costeiras marinhas, onde o mar se encontra com o deserto.

À medida que se direciona para o sul da América do Sul, a costa do Pacífico se transforma em paisagens com características mais variadas. As planícies marinhas ao longo da linha de costa se tornam mais suaves e podem incluir áreas de vegetação, como gramíneas e pastagens, além de estuários e áreas de manguezais.

Paisagens de Transição

- *Transição Cerrado-Floresta Amazônica*: ocorre predominantemente nos estados de Mato Grosso e Rondônia sobre os terrenos da bacia sedimentar do Parecis. A área é marcada por relevos em colinas amplas solos, profundos, tipo latossolos vermelho-amarelo textura arenosa. As condições climáticas reinantes são marcadas por temperaturas elevadas, cujas médias das máximas estão entre 32° a 34 °C, e índices pluviométricos que variam entre 2.000 e 2.500 mm/ano. A cobertura vegetal predominante são as formações arbustivas densas, constituídas por árvores de troncos finos e retos com grande diversidade de espécies.
- *Transição Mata Atlântica-Cerrado e Caatinga*: ocorre no entorno da área da mata atlântica, preferencialmente sobre terrenos cristalinos da faixa de dobramentos pré-cambrianos, incluindo tanto terras do Planalto da Borborema como da Depressão

Sertaneja. Na parte oeste, o contato se dá entre os Cerrados e Caatinga predominantemente sobre os terrenos sedimentares da bacia do Parnaíba, tanto sobre os relevos do Planalto da Bacia Sedimentar como nas depressões interplanálticas que ocorrem por entre chapadas.

Bioma da Tundra

Trata-se de vegetação das áreas próximas ao Círculo Polar Ártico que se desenvolve no período de verão sobre os solos permanentemente gelados, conhecidos como *permafrost*. É constituída por musgos, líquens, e pequenas plantas herbáceas esparsas que crescem em terras baixas e alagadiças no verão, fixando-se sobre uma camada pouco espessa de solo não congelado no verão. No inverno desaparece sob a cobertura de gelo e neve. Na América do Sul, a ocorrência da vegetação da Tundra é de ocorrência restrita na região sul da Patagônia e em setores restritos na Cordilheira dos Andes.

Bioma dos Desertos

Nos desertos, em face do elevado déficit hídrico em função da muito baixa precipitação, praticamente impede o desenvolvimento da cobertura vegetal contínua. Há muitas espécies vegetais que se adaptam à pouca disponibilidade de água, sendo geralmente de pequeno porte, folhagem reduzida e espinhosa, e metabolismo regulado para acumular água e transpirar pouco.

Em áreas restritas, ocorrem concentrações de espécies vegetais arbóreas, sobretudo palmeiras em relevos baixos, onde a água acumula-se no subsolo, o que permite o desenvolvimento dos oásis. Outro tipo de desertos são os Estépicos. Os desertos, em geral, ocorrem, sobretudo ao longo das áreas dos trópicos de câncer e capricórnio, onde prevalecem os chamados centros de alta pressão atmosférica. As faixas de desertos são encontradas na África (Saara e Namíbia), na América do Norte (Colorado e Novo México), na Ásia os desertos de Gobi, e do oriente médio (Arábia, Iraque, Afeganistão) e centro-sul da Austrália. Na América do Sul, a distribuição dos desertos não segue esse padrão das faixas dos trópicos.

Os Desertos Estépicos, são destaques na América do Sul como na Patagônia (Argentina), do Altiplano Andino e montanhas circundantes (Argentina, Bolívia, Peru). Esses desertos apresentam tufos de vegetação baixa e espinhosa, de ocorrência descontínua e concentrada em locais que apresentam solos pouco mais úmidos. A incipiente, umidade é alimentada nos períodos de inverno com a ocorrência de neve. Essa dinâmica é bem característica dos desertos estépicos no altiplano e montanhas na Bolívia e Peru, e também nos Planalto da Patagônia na Argentina.

Os Desertos Extremamente Secos na América do Sul ocorrem na faixa Costeira do Pacífico desde o centro norte do Chile ao norte do Peru bem como na Cordilheira Andina Ocidental, como o do Atacama no Chile, Campo de Magés no Peru, onde raramente ocorrem chuvas e a cobertura de neve no inverno são menos marcantes.

Desafios: Preservar, Utilizar, Conservar, e Recuperar a Natureza

São fatos evidentes as grandes alterações que os humanos vêm impondo à natureza, transformando os biomas com a utilização crescente dos recursos naturais (Figura 2). Deste modo, é preciso que as sociedades do presente e do futuro tenham maior esclarecimento sobre essas questões e comecem a procurar caminhos que permitam, de um lado, o desenvolvimento econômico e social e, de outro, o aproveitamento racional dos recursos naturais com vistas à preservação, utilização com práticas conservacionistas bem como as ações de recuperação dos ambientes degradados de modo geral como um todo.

Figura 2 – Imagem de Satélite da América do Sul - diferentes padrões de vegetação de acordo com a localização ao longo de todo o continente sul-americano.



Fonte: Imagem de Satélite da América do Sul – Google Earth, 2025.

Referências

AB'SÁBER, A. N. **Os Domínios De Natureza No Brasil: Potencialidades Paisagísticas**. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003. Primeira Edição. Reimpressão em 2012. 7. ed.

BRASIL. Projeto Radambrasil - MME - DNPM – **Vegetação**. v. 38 (1971/1985). Rio de Janeiro.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Mapa de vegetação do Brasil**, 3. ed. 2004.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Geografia do Brasil**. Superintendência de estudos geográficos e socioeconômicos. Departamento de Geografia. Rio de Janeiro, 1977- volumes 1, 2, 3, 4, 5.

CONTI, J. B.; FURLAN, S. A. Geocologia, o Clima, os Solos e a Biota. *In: Geografia do Brasil*. EDUSP: São Paulo, 1996. p. 67-208.

MAPBIOMAS. **Pampa, Chaco**. Chile, Argentina, Venezuela, Bolívia, Peru. Disponível em: <https://plataforma.brasil.mapbiomas.org/cobertura>. Acesso em: 10. fev. 2026.

ROSS, J. L. S.; CUNICO, C.; LOHMANN, M.; DEL PRETTE, M. E. (org.). **Ordenamento Territorial do Brasil: potencialidades naturais e vulnerabilidades sociais**. Osasco, SP: Ed. dos Autores, 2022. 585 p. ISBN 978-65-00-42369-3, DOI: 10.29327/560402.

ROSS, J. L. S. (org.) **Geografia do Brasil**. 4. ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo. 1 reimpressão 2003 - ISBN 85-314-0242-5.

SISTEMAS ATMOSFÉRICOS ATUANTES NA AMÉRICA DO SUL

Michelle Simões Reboita
Glauber Willian Ferreira

Introdução

As condições atmosféricas em um dado instante e em um determinado local caracterizam o *tempo meteorológico*, que pode incluir céu sem nebulosidade com predomínio de temperaturas elevadas ou muito baixas, chuva acompanhada de diferentes condições de temperatura do ar, entre outras situações. Por exemplo, ao se registrar, para cada dia do ano, o menor valor de temperatura observado ao longo de uma série histórica (preferencialmente de 30 anos) e, posteriormente, calcular-se a média desses valores para todos os meses de janeiro, obtém-se a denominada média climatológica da temperatura mínima para aquele mês. Somente esta característica não determina um tipo climático. Trata-se da média estatística das condições meteorológicas típicas desse mês, representativa do comportamento climático ao longo do período considerado. No caso da precipitação, acumula-se a quantidade de chuva de cada dia e realiza-se a soma mensal. A média dessas somas ao longo de vários janeiros, por exemplo, fornecerá a informação climática da precipitação para o mês. Enquanto o *tempo* representa o estado momentâneo da atmosfera, o *clima* indica o comportamento médio esperado das variáveis atmosféricas para um determinado mês ou estação do ano.

O clima de um determinado local é definido por diversos *controles climáticos*, a saber: latitude, altitude, maritimidade/continentalidade, influência de correntes marítimas que passam ao longo de regiões costeiras, tipo de cobertura da superfície e circulação atmosférica (atuação de sistemas atmosféricos) da região de interesse (Reboita *et al.*, 2012; Vasconcellos e Reboita, 2021). Como o objetivo aqui não é apresentar uma explanação exaustiva sobre todos esses controles, será fornecida apenas uma breve explicação. Para mais detalhes, recomenda-se consultar Reboita *et al.* (2012) e Ynoue *et al.* (2017).

- *Latitude*: A latitude é o principal fator de controle climático. Regiões situadas em latitudes mais baixas (próximas ao Equador) tendem a ser mais quentes, pois recebem maior concentração de radiação solar por unidade de área. Isso ocorre devido ao ângulo de incidência dos raios solares, que é mais próximo da perpendicular em relação à superfície terrestre nessas áreas. Em contrapartida, em latitudes mais altas (próximas aos polos), os raios solares incidem de forma mais oblíqua, espalhando a mesma quantidade de energia sobre uma área maior, o que reduz o aquecimento da superfície.
- *Altitude*: A altitude (topografia) influencia o clima devido à diminuição da densidade do ar com a elevação. À medida que a altitude aumenta, o ar se torna mais rarefeito, o que leva a temperaturas mais baixas em comparação com regiões ao nível do mar.
- *Maritimidade/continentalidade*: O efeito da maritimidade/continentalidade está associado com a presença de vapor d'água na atmosfera. Regiões próximas ao mar possuem uma atmosfera mais úmida, o que dificulta a perda de energia (radiação infravermelha) para fora da atmosfera à noite. Assim, esses locais têm menor amplitude térmica diária (variação de temperatura entre a hora mais quente e mais fria do dia) do que aqueles afastados dos corpos d'água.

- *Correntes Marítimas*: As correntes marítimas podem influenciar o clima costeiro, pois uma corrente quente aquece o ar sobrejacente e, também, favorece a evaporação, enquanto uma corrente fria pode tornar o ar sobrejacente mais frio e inibir a evaporação. Em locais com atmosfera mais úmida, a radiação infravermelha liberada pela superfície do planeta é retida, contribuindo para o aquecimento local.
- *Cobertura da Superfície*: O tipo de cobertura do solo afeta o albedo (energia solar que é recebida e refletida para fora da atmosfera). Superfícies claras, como gelo e neve, refletem mais de 85% da radiação incidente, enquanto superfícies escuras, como asfalto, absorvem quase toda a energia, contribuindo para maior aquecimento local.
- *Circulação Atmosférica*: O padrão de circulação atmosférica que atua em uma determinada região exerce forte influência sobre seu regime de precipitação. Este aspecto será abordado com mais detalhes ao longo deste capítulo, com ênfase na atuação dos sistemas atmosféricos e seu papel na configuração do clima regional. Devido às particularidades geográficas de cada área, diferentes sistemas atmosféricos podem se formar ou atravessá-la, influenciando padrões das diferentes variáveis meteorológicas (temperatura, umidade, vento, precipitação etc.).

Com base no exposto, o objetivo deste capítulo é discutir os principais sistemas atmosféricos que atuam sobre a América do Sul, considerando suas particularidades regionais, com o intuito de descrever os diferentes regimes de precipitação. O capítulo baseia-se em Reboita *et al.* (2010a) e Ferreira e Reboita (2022), que identificam o predomínio de oito regimes distintos na América do Sul, em uma análise em macroescala.

Na seção seguinte é apresentada a climatologia da temperatura do ar, pressão ao nível médio do mar, precipitação e circulação atmosférica e, na sequência, na seção final, os sistemas atmosféricos atuantes na América do Sul.

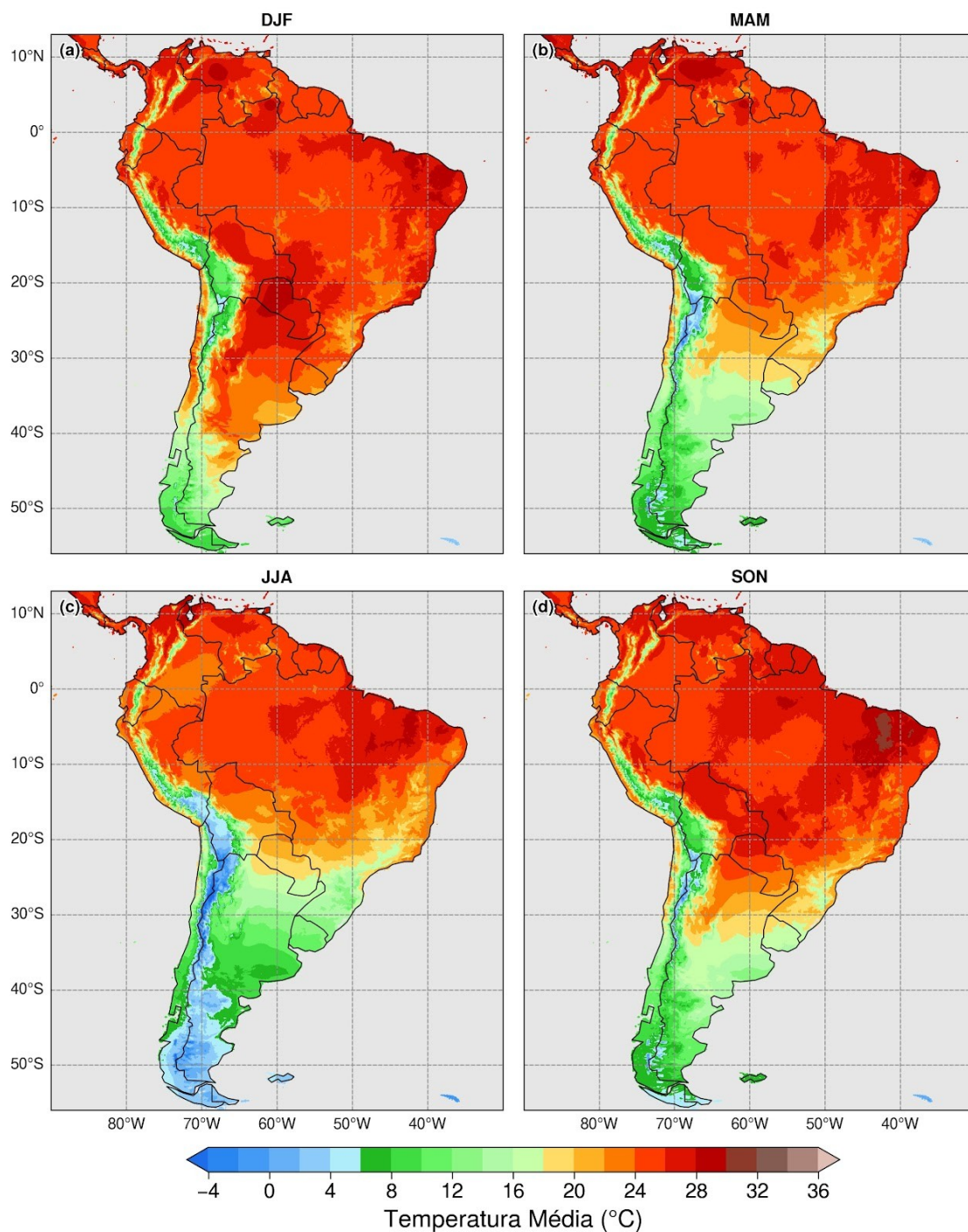
Climatologia da América do Sul

A Figura 1 mostra as médias sazonais de temperatura média na América do Sul, enquanto a Figura 2 apresenta as médias para a pressão atmosférica ao nível médio do mar, e o vento a 10 metros de altura. Adicionalmente, a Figura 3 ilustra as médias sazonais de precipitação e circulação em baixos (850 hPa) e altos níveis da atmosfera (250 hPa). As informações sobre a circulação atmosférica são cruciais para o entendimento dos diferentes regimes de precipitação na América do Sul.

A temperatura do ar (Figura 1), ao sul da latitude 20°S, apresenta valores mais baixos e maior variabilidade entre as estações do ano em comparação com as regiões ao norte (Figura 1). Esse padrão é explicado, em grande parte, pelo controle climático exercido pela latitude. Destaca-se, também, que as temperaturas são mais baixas na região andina e nas áreas montanhosas localizadas ao longo do setor leste do Brasil (serras da Mantiqueira, do Espinhaço e da Borborema); nesses setores, a altitude se sobressai como o principal fator de controle climático.

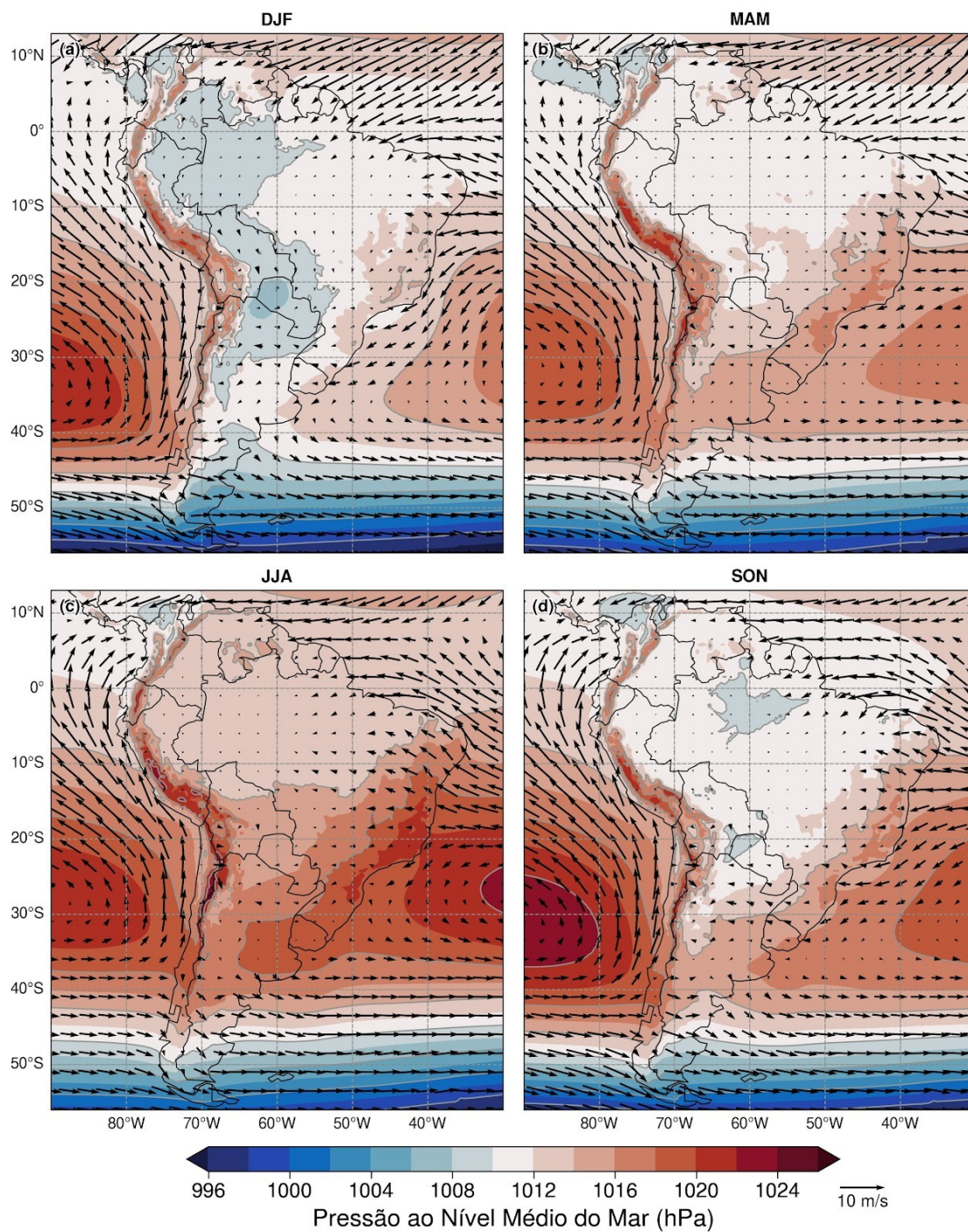
Sobre os oceanos (Figura 2), no campo da pressão ao nível médio do mar, a principal característica é a posição dos anticiclones subtropicais: um sobre o Oceano Pacífico Sul, denominado de Anticiclone Subtropical do Pacífico Sul (ASPS) e, o outro, no Oceano Atlântico Sul, denominado de Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS). A evolução sazonal dos dois anticiclones bem como dos demais padrões de circulação em baixos e altos níveis da atmosfera é mostrada nas figuras 2 e 3.

Figura 1 – Climatologia sazonal (1979-2013) de temperatura média (°C) na América do Sul, obtida com dados mensais do CHELSA.



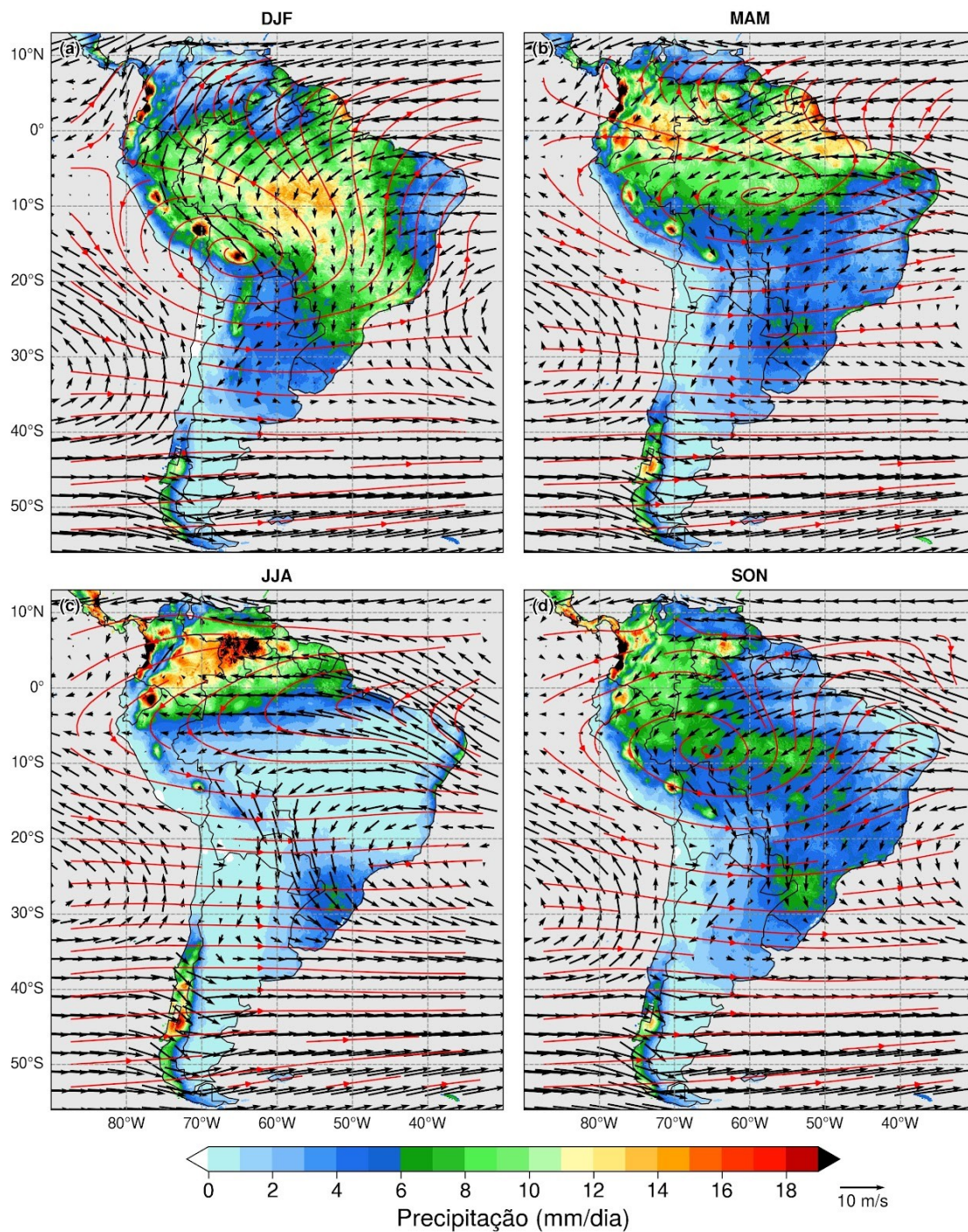
Fonte: CHELSA (2017).

Figura 2 – Climatologia sazonal (1979-2013) de pressão ao nível médio do mar (hPa) e vento a 10 m (m/s) na América do Sul, obtida com dados mensais do ERA5.



Fonte: ERA5 (2017).

Figura 3 – Climatologia sazonal (1979-2013) de precipitação (mm/dia) obtida com dados mensais do CHELSA, e vetor vento em 850 hPa e linhas de circulação em 250 hPa (linha vermelha) obtidos com dados mensais do ERA5.



Fonte: CHELSA (2017); ERA5 (2017).

A precipitação na América do Sul apresenta uma clara distinção em seu padrão espacial e temporal ao longo do ano. Do inverno para o verão, observa-se um aumento no volume de chuvas em uma ampla faixa que se estende do sul da Amazônia, passando pelas regiões Centro-Oeste e Sudeste do Brasil, até alcançar o Oceano Atlântico (Figura 3). A Região Sul do Brasil e o extremo norte da América do Sul são chuvosos ao longo de todo o ano, enquanto o litoral do Nordeste brasileiro registra os maiores volumes de precipitação durante o inverno. No sul do continente, o lado chileno dos Andes é caracterizado por volumes elevados de precipitação ao longo de todo o ano, ao passo que a região a sotavento (lado leste) — que abrange uma extensa faixa latitudinal — apresenta déficit de precipitação. A explicação para esses regimes de precipitação é apresentada na próxima seção com base na descrição dos sistemas atmosféricos que atuam na América do Sul.

Sistemas Atmosféricos

O verão (DJF) é a estação mais chuvosa na maior parte da América do Sul, incluindo o norte do Peru e Equador, a região entre o centro-sul da Amazônia e o Sudeste do Brasil, bem como a Bolívia, o Paraguai e o norte da Argentina (Figura 3). Como essas áreas também apresentam menores volumes de precipitação no inverno, isso as caracteriza como sendo de clima de monção (Ferreira e Reboita, 2022; Reboita *et al.*, 2010a, 2012, 2024).

A região da Bolívia, Paraguai e norte da Argentina está na rota dos jatos de baixos níveis (JBN) a leste dos Andes (figuras 3 e 4), que é um escoamento localizado entre 1,5 e 2,5 km acima da superfície que transporta ar quente e úmido dos trópicos para os subtropicais (Santos e Reboita, 2021). O caminho do JBN é modulado pela presença de sistemas de baixa pressão, isto é, se há um sistema de baixa pressão na costa sul e sudeste do Brasil (norte da Argentina), o jato se dirige para lá. A presença da Baixa do Noroeste da Argentina, uma baixa térmica-orográfica semi-permanente, também contribui para a intensificação do gradiente horizontal de pressão em baixos níveis entre a Amazônia e sua região e o consequente fortalecimento do JBN a leste dos Andes (Escobar e Seluchi, 2012).

Figura 4 – Modelo conceitual da formação de sistemas convectivos de mesoescala sobre os subtropicais da América do Sul.



Na imagem, o jato de baixos níveis a leste dos Andes é representado na cor azul, os jatos em altos níveis da atmosfera estão na cor vermelha e o escoamento a sotavento dos Andes, na cor roxa. A interação entre esses três escoamentos propicia a formação de sistemas convectivos como o indicado no canto inferior esquerdo da imagem.

Fonte: Autores (2026).

Durante o verão austral, a zona de máximo aquecimento radiativo migra em direção ao Trópico de Capricórnio (Figura 1a), promovendo o aquecimento da superfície e, conseqüentemente, o desenvolvimento de convecção profunda (caracterizada pela ascensão de ar quente e úmido da superfície para as camadas mais altas da atmosfera). O aquecimento radiativo também é importante para a formação de sistemas de baixa pressão térmica sobre o continente, especialmente nas regiões do Chaco e do noroeste da Argentina. Durante o verão, os ventos alísios de nordeste se configuram

de forma que adentram o norte do continente (Figura 3a) e, com isso, contribuem para o transporte de umidade do Atlântico tropical para o norte do Brasil e, dessa região, a umidade é transportada para os subtropicais por meio dos JBN (Lima *et al.*, 2010; Escobar *et al.*, 2022; Reboita *et al.*, 2010a, 2024). Já o ASAS se encontra na sua posição mais a leste (Figura 2a) e seus ventos dos setores oeste e noroeste transportam umidade do oceano Atlântico Sul para o continente (principalmente para a região Sudeste). Na bacia Amazônica, a intensa atividade convectiva perturba as camadas altas da atmosfera levando à formação da Alta da Bolívia (AB), um anticiclone em altos níveis cuja posição não se localiza onde há o máximo de atividade convectiva, mas a sudoeste desta devido à interação com a circulação de grande escala. Portanto, a AB é uma característica típica do verão (mas também pode ocorrer na primavera e outono).

A combinação da convecção, que é típica do verão, com a umidade transportada pelo escoamento do JBN a leste dos Andes e do propiciado pelo ASAS, contribui para a formação da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS, Figura 5a), que é uma banda de nebulosidade e precipitação, que persiste por vários dias consecutivos (algumas referências mencionam que um episódio de ZCAS deve perdurar por, no mínimo 3 dias, enquanto outras, 4 dias), sobre o sul da Amazônia e regiões Centro-Oeste e Sudeste, podendo se estender pelo Oceano Atlântico Sudoeste (Silva *et al.*, 2019; Escobar *et al.*, 2022). Em geral, a ZCAS se torna bem configurada quando há, também, interação com sistemas de baixa pressão na costa sudeste do país (frentes, ciclones ou cavados baroclínicos). De acordo com Aguiar *et al.* (2021), a ZCAS foi responsável por metade dos eventos extremos de chuva e desastres registrados no Sudeste do Brasil entre 1960 e 2005.

No setor ocidental da Amazônia, a precipitação anual pode exceder a 3.000 mm, o que, em parte, está associado com o levantamento do ar úmido, por efeito orográfico, ao encontrar os Andes. Também podem contribuir para a precipitação nessa região os aglomerados convectivos, como as linhas de instabilidade (LIs) (Neto *et al.*, 2015; Sousa *et al.*, 2021). Além disso, incursões de frentes frias, conhecidas como friagens, que ocorrem principalmente no inverno, resfriam a atmosfera e podem promover episódios de precipitação. No Centro-Oeste do Brasil, a precipitação anual ultrapassa 1.500 mm, com predomínio de sistemas de origem tropical no setor norte (como sistemas convectivos de mesoescala, os SCMs) e de sistemas extratropicais no sul (como frentes frias e LIs pré-frontais) (Marengo *et al.*, 1997; Escobar *et al.*, 2019). No Sudeste do Brasil, os totais anuais de precipitação também são elevados, em torno de 1.500 mm. Sobre as regiões Centro-Oeste e Sudeste, muitas vezes o jato subtropical (ventos intensos em altos níveis da atmosfera) apresenta setores com divergência de massa que favorecem os movimentos ascendentes na atmosfera e a organização de nuvens e chuva. Isso é bem comum entre meados do outono a meados da primavera, quando os sistemas atmosféricos estão deslocados para norte em relação ao verão.

Na Bolívia, Paraguai e norte da Argentina muito da precipitação no verão (e nas estações de transição) é uma resposta aos processos convectivos locais quando associados com o transporte de umidade pelos JBN e, também, pela formação de SCMs (Nascimento *et al.*, 2016; Santos e Reboita, 2021). Os SCMs subtropicais da América do Sul têm origem associada com a interação do escoamento do JBN a leste dos Andes com a divergência gerada pelos jatos de altos níveis sobre a região. Como os SCMs subtropicais possuem hábito noturno, isto é, têm gênese durante a madrugada, sugere-se que o escoamento noturno a sotavento dos Andes (ventos descendo os Andes em direção às menores altitudes) também contribua para a formação desses sistemas (Figura 4). Os SCMs possuem duração média de 14 horas (Durkee e Mote, 2010), propagam para leste e são responsáveis por até 40% da precipitação da estação quente na região norte da Argentina e oeste do Rio Grande do Sul. Aqui vale destacar que os SCMs incluem diferentes formatos (tipos de aglomerados de nuvens) como os Complexos Convectivos de Mesoescala (CCMs), que possuem forma arredondada, as LIs, cujo formato é uma linha, e os sistemas sem forma definida. Nas latitudes subtropicais, os SCMs estão menos associados às LIs que ocorrem algumas vezes em situações em

que a circulação atmosférica, antes da passagem de uma frente, pode organizar esses sistemas. Por isso, recebem a denominação de LIs pré-frontais.

No inverno do Hemisfério Sul, a convecção diminui com a redução do aquecimento radiativo - Figura 1c - (nesse período os raios solares estão mais perpendiculares ao Trópico de Câncer no Hemisfério Norte). Além disso, os ventos alísios de nordeste praticamente não influenciam mais o continente (Figura 3c), passando a atuar os ventos alísios de sudeste. O JBN passa a ter uma configuração mais associada ao escoamento do ramo oeste do ASAS (Figura 2c), que nessa estação do ano encontra-se expandido para oeste e sobre grande parte do Brasil (Reboita *et al.*, 2019); assim, o transporte de umidade para os subtropicais é reduzido. O predomínio do ASAS dificulta tanto a convecção (importante para formação de nuvens na presença de umidade) quanto a passagem de sistemas transientes como frentes e ciclones (Figura 5b). Por isso, em dias de inverno, a maior parte do continente mostra céu limpo e com condições de inversão térmica, que impactam negativamente a qualidade do ar em áreas urbanas como São Paulo e Rio de Janeiro. O fenômeno de inversão térmica deve-se às temperaturas mais frias nas camadas de ar próximas à superfície e mais quentes acima dessas no período da manhã; isso inibe os movimentos ascendentes na atmosfera, importantes para misturar o ar, e redução da concentração de poluentes.

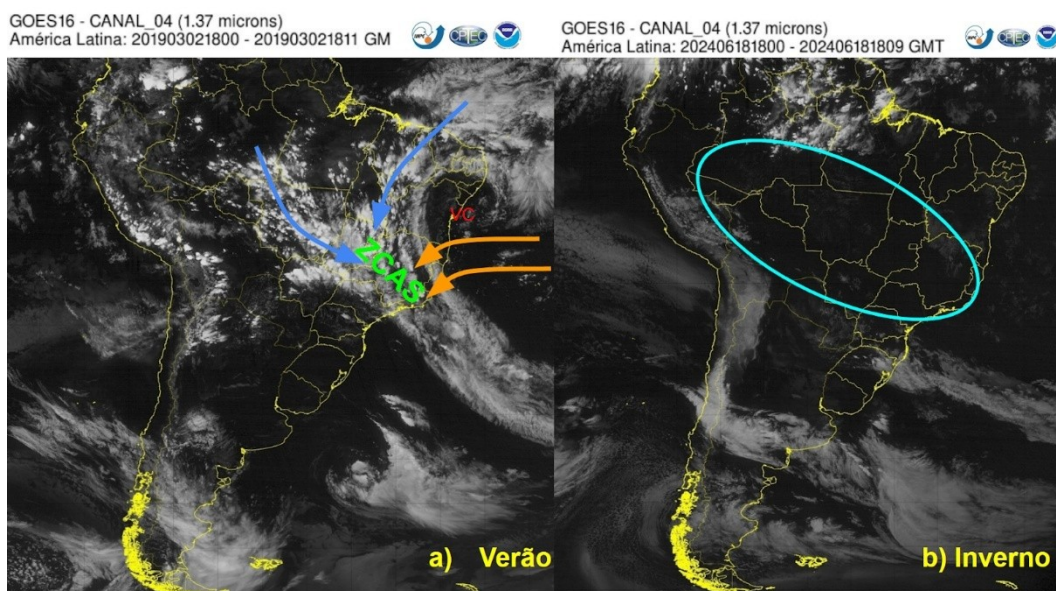
No litoral da Região Sudeste do Brasil, as chuvas podem também estar associadas com o efeito das circulações térmicas, tanto de brisa marítima e terrestre quanto de vale e montanha, já que a Serra do Mar se estende pelo litoral do Sudeste. Também vale ressaltar que a brisa marítima consegue adentrar o continente chegando na capital São Paulo. Nessa cidade, no verão, a combinação da umidade transportada pela brisa marítima, com a convecção, que é intensificada pelo efeito da ilha de calor urbana, pode fortalecer as tempestades que são típicas do período da tarde. Já, no inverno, a brisa marítima pode causar chuviscos. Não só na Região Sudeste do país ocorrem brisas marítimas-terrestres, mas em todas as regiões litorâneas da América do Sul.

Além dos sistemas mencionados, frentes frias, ciclones extratropicais e vórtices ciclônicos em altos níveis (VCANs) subtropicais também contribuem para a precipitação, principalmente no centro-sul do continente. Vale destacar que a costa leste da América do Sul apresenta três regiões com máxima frequência de ciclones: a costa sul/sudeste do Brasil, com maior número de sistemas no verão; a costa do extremo sul do Brasil e Uruguai, com maior número de sistemas no inverno e a costa sul da Argentina, com maior número de casos no verão. Essa última é anualmente afetada por cerca de 37 ciclones (Figura 6) e pela passagem de aproximadamente 70 frentes frias (Reboita *et al.*, 2010b; Cardozo *et al.*, 2015). Mesmo assim, no sul da Argentina a precipitação é escassa.

Na Região Sul do Brasil, sudeste do Paraguai e no Uruguai a precipitação é bem distribuída entre as estações do ano (Figura 3) e, por mês, espera-se precipitação entre 100 e 150 mm. Embora a precipitação seja bem distribuída temporalmente, espacialmente ocorrem algumas diferenças. Por exemplo, o centro-oeste do Rio Grande do Sul é um dos locais com totais de precipitação mais elevados. Ao longo de todo o ano, os principais sistemas precipitantes são os sistemas frontais - Figura 7 (de Jesus *et al.*, 2016; Nogueira *et al.*, 2024a) - e os ciclones extratropicais, que frequentemente se originam ou se intensificam sobre o extremo sul do Brasil e Uruguai (Figura 6) (Reboita *et al.*, 2010b, 2025; Bartolomei *et al.*, 2024). Também há a atuação de ciclones subtropicais, mas esses são bem menos frequentes do que os extratropicais (Gozzo *et al.*, 2014). A ocorrência dos ciclones e frentes sobre as áreas mencionadas está relacionada com a passagem de ondas baroclínicas no escoamento de oeste em médios e altos níveis, cavados e vórtices ciclônicos em altos níveis subtropicais, além de interações com o efeito topográfico dos Andes na circulação de médios e altos níveis, com o transporte de umidade pelo JBN a leste dos Andes e pelo escoamento de oeste-nordeste do ASAS. Os bloqueios atmosféricos, característica dos níveis médios e altos da atmosfera e que são pouco frequentes, dependendo da sua posição nas cercanias do sul da América do Sul, podem modular o escoamento zonal prolongando a atuação dos sistemas transientes sobre o sul do

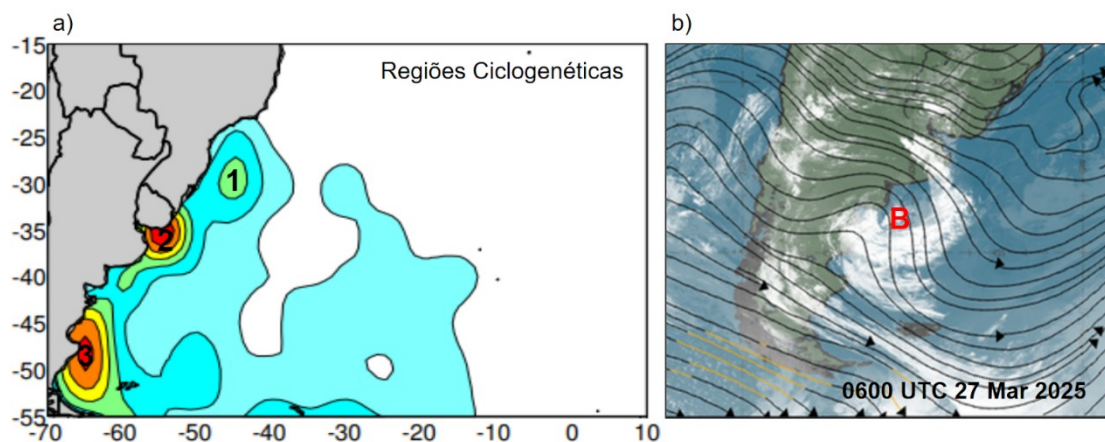
Brasil, Uruguai e arredores, intensificando os volumes de chuva; ou atuando de forma a evitar que os sistemas transientes passem sobre os locais mencionados.

Figura 5 – (a) Exemplo de uma situação de verão na América do Sul com atuação da ZCAS sendo representada pela nebulosidade no canal infravermelho do satélite GOES-16 e indicação da circulação em baixos níveis da atmosfera: setas azuis e laranjas (ASAS) bem como com a indicação de um vórtice ciclônico de altos níveis (VC) nas cercanias da Região Nordeste do Brasil. (b) Exemplo de uma situação de inverno mostrando ausência de nebulosidade principalmente na região delimitada pela linha em azul claro.



Fonte: imagens de satélite obtidas do CPTEC/INPE (2025).

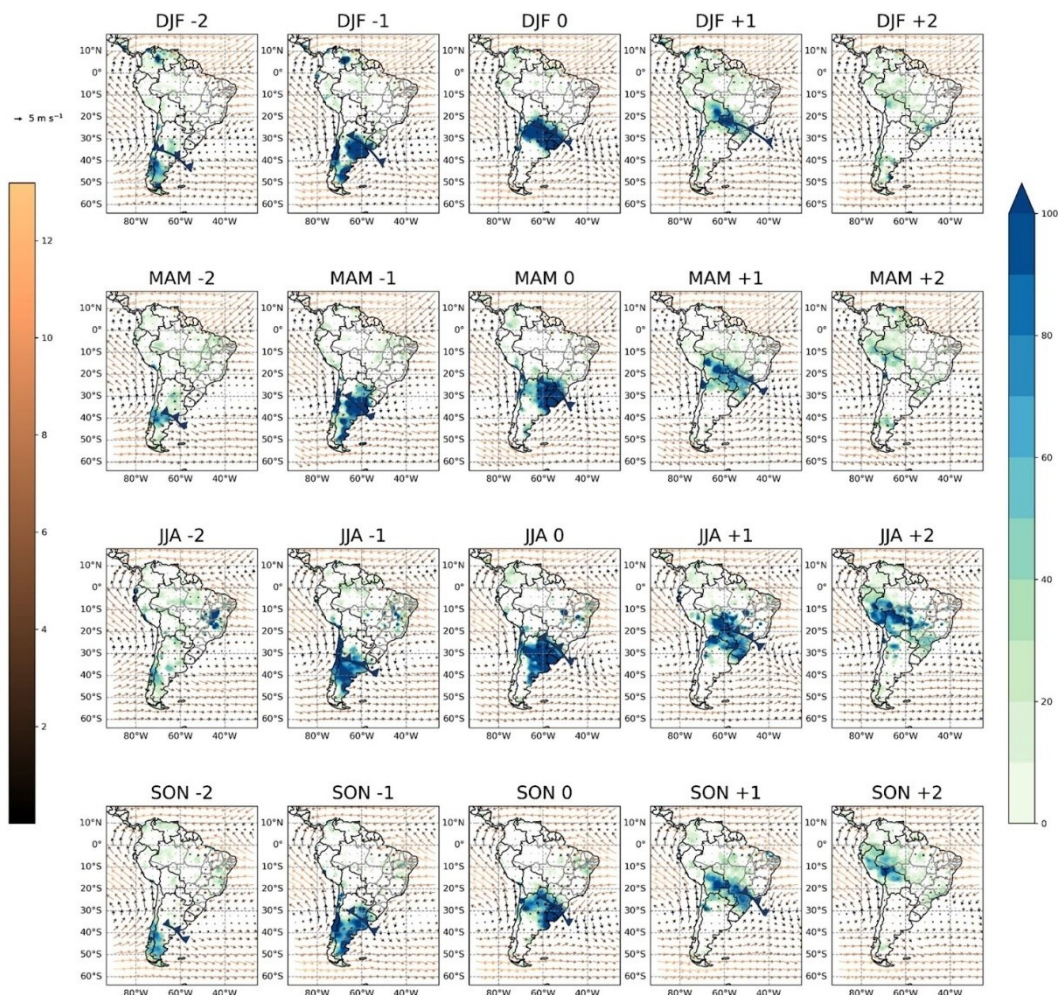
Figura 6 – a) Localização das três regiões ciclogênicas na costa leste da América do Sul: 1) costa sul-sudeste do Brasil, 2) extremo sul do Brasil e Uruguai e 3) costa sudeste da Argentina. Climatologia da densidade de ciclones ($\times 10^{-4} \text{ km}^{-2}$) obtida no período de 1990 a 1999 com dados da reanálise do NCEP. Fonte: Reboita *et al.* (2010b); b) Exemplo de um ciclone extratropical (cujo centro está indicado com a letra B) às 0600 UTC do dia 27 de março de 2025 na costa da Argentina. Na imagem, a cor branca indica a nebulosidade e as linhas pretas o escoamento em 500 hPa.



Fonte: INMET (2025).

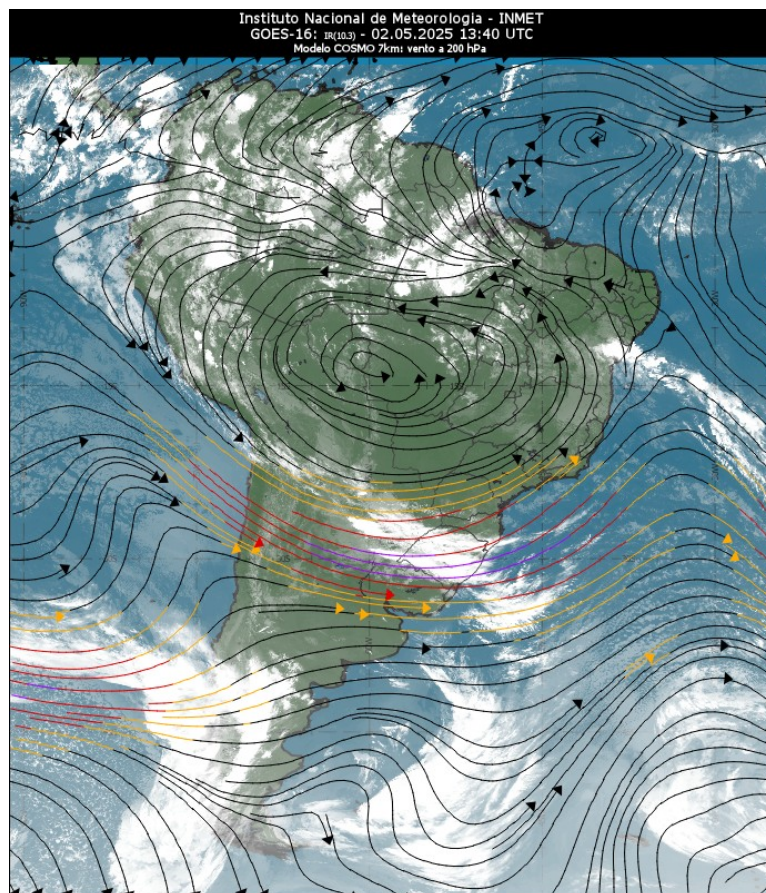
Nos meses mais quentes do ano, a convecção (ascensão do ar devido ao intenso aquecimento da superfície) é um dos fatores que contribuem para a formação de nuvens e precipitação no sul do Brasil e arredores. Entre meados da primavera e meados do outono, tanto os SCMs (Rasera *et al.*, 2018) que se formam sobre o Paraguai e sul do Brasil quanto os que migram da Argentina, apresentam importante contribuição para episódios de chuva intensa, frequentemente associados a tempo severo. Estudos indicam que os SCMs nos subtropicais da América do Sul são mais duradouros e extensos do que em outras regiões subtropicais, pois são “alimentados” tanto pela umidade transportada pelo JBN quanto pelos ventos de oeste-nordeste do ASAS (Salio *et al.*, 2007; Moraes *et al.*, 2020). Destaca-se, também, que o jato subtropical pode ser um mecanismo importante para a ascensão do ar, devido aos setores com divergência em altos níveis, e formação de nuvens e precipitação (Figura 8).

Figura 7 – Representação da climatologia, na primavera (SON), da passagem de frentes frias (linha azul com triângulos) que afetam o Sul do Brasil, precipitação associada (representação qualitativa em azul preenchido) e ventos a 10 metros de altura (setas). A sequência indica dois dias antes (-2), um dia antes (-1), dia da passagem da frente (0), um dia (+1) e dois dias (+2) após a frente passar por Porto Alegre.



Fonte: adaptado de Nogueira *et al.* (2024a).

Figura 8 – Jato subtropical (linhas coloridas) em 200 hPa e nebulosidade sobre a região Sul do Brasil às 1340 UTC no dia 02 de maio de 2025. Note que sobre a Argentina as linhas coloridas estão próximas e sobre o sul do Brasil começam a se distanciar, o que indica divergência.

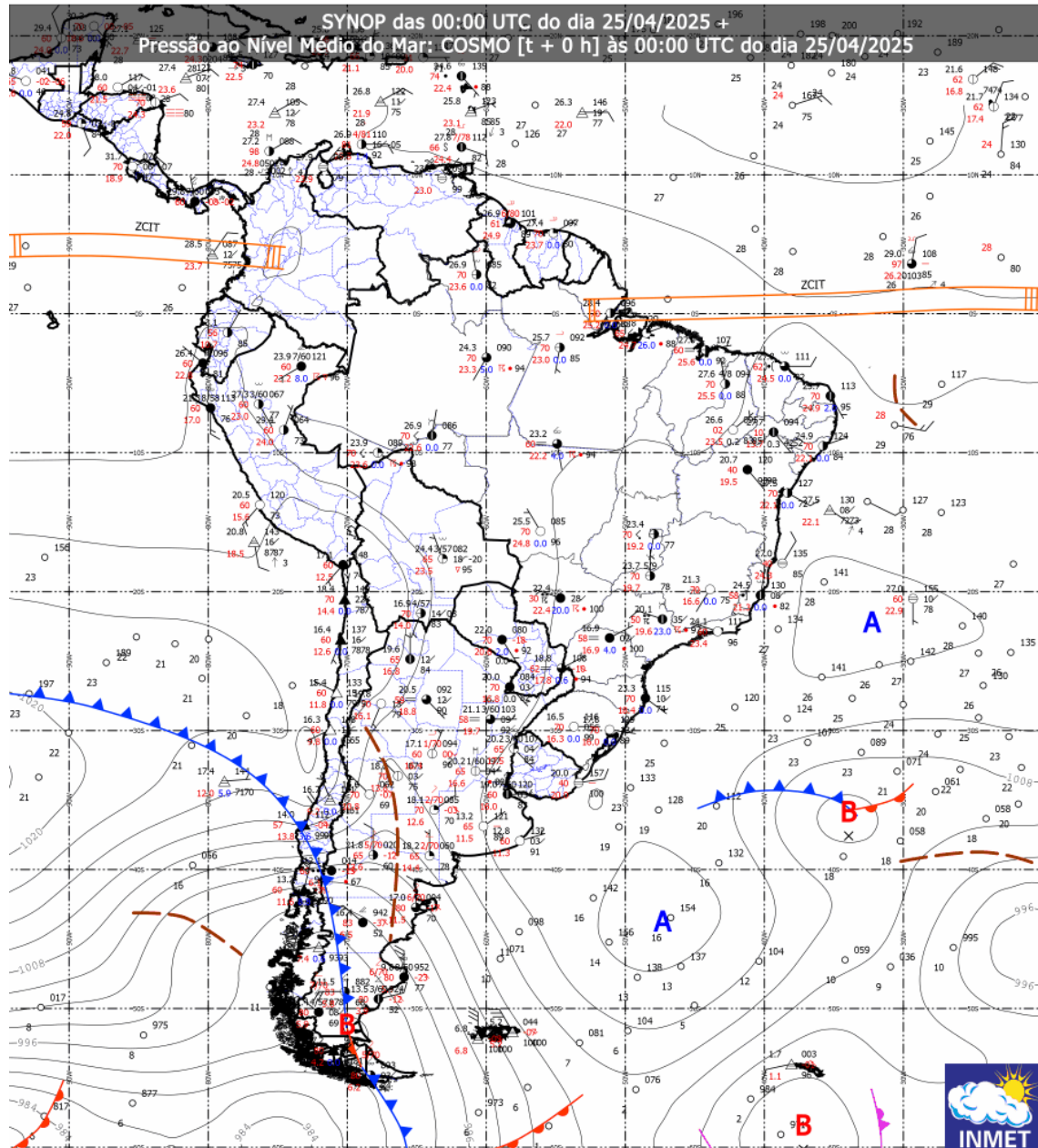


Fonte: INMET (2025).

Na região que abrange o centro-sul do Chile e o extremo oeste do centro-sul da Argentina, o padrão do ciclo anual da precipitação é diferente dos descritos anteriormente (Figura 3), pois os máximos ocorrem no inverno em função da migração latitudinal do ASPS (Barrett e Hameed, 2017). Nos meses de inverno, o ASPS alcança a sua posição mais boreal (Figura 2), permitindo que os sistemas transientes (frentes e ciclones, Figura 9) possam atingir o centro-sul do Chile e extremo oeste argentino com maior facilidade. Já no verão, o ASPS migra para sua posição mais austral; os movimentos subsidentes em sua borda sudeste inibem o desenvolvimento de nebulosidade e o anticiclone, como um todo, dificulta a passagem de sistemas transientes, o que resulta em baixos acumulados de precipitação (Viale *et al.*, 2019). O extremo sul do Chile e da Argentina, por sua vez, é menos influenciado pelo ASPS e, por isso, apresenta um regime de precipitação mais homogêneo ao longo do ano.

Enquanto os sistemas transientes de oeste para leste causam precipitação no Chile e oeste da Argentina, o ar que cruza a montanha chega seco nos demais setores da Argentina, contribuindo para o ciclo anual com precipitação escassa. Do centro do Chile até aproximadamente as latitudes da Bolívia, a subsidência causada pelo ASPS, em conjunto com a presença das águas frias da Corrente de Humboldt, são os principais responsáveis pelas condições secas da região. Vale destacar que a circulação do ASPS (Figura 2) desempenha papel fundamental no transporte meridional das águas frias que caracterizam a Corrente de Humboldt. Essa dinâmica favorece a existência do Deserto de Atacama, o setor mais árido da América do Sul.

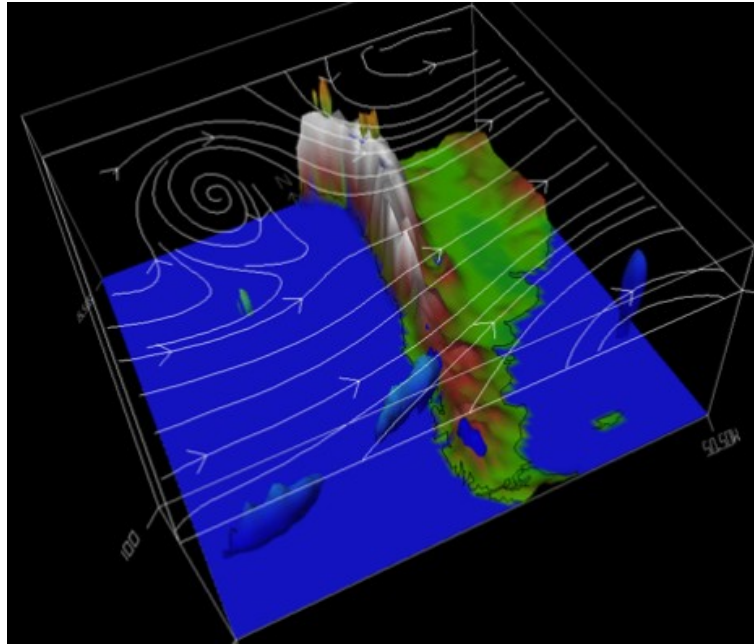
Figura 9 – Carta sinótica do dia 25 de abril de 2025 às 0000 UTC mostrando a atuação de uma frente fria (linha azul com triângulos) sobre o centro-sul do Chile e Argentina. Na imagem, a pressão ao nível médio do mar é indicada pelas linhas pretas contínuas, os cavados pelas linhas marrons tracejadas, as frentes quentes pelas linhas vermelhas com semicírculos preenchidos e os centros de baixa e alta pressão estão indicados com as letras B e A, respectivamente.



Fonte: INMET (2025).

Mesmo em uma região tão árida quanto o Atacama, eventos de precipitação intensa podem ocorrer esporadicamente, sendo geralmente associados à passagem de frentes frias, à atuação de cavados em altos níveis e, sobretudo, à presença de VCANs subtropicais (Figura 10) (Reyers e Shao, 2019; Aceituno *et al.*, 2021; Rondanelli, 2025). Esses sistemas podem responder por até 30% da precipitação anual no norte do Chile e são capazes de provocar eventos localizados e extremos de chuva, como o ocorrido em março de 2015, quando um vórtice gerou até 100 mm de precipitação em três dias, causando inundações destrutivas e dezenas de mortes (Reboita e Veiga, 2017; Veloso, 2020).

Figura 10 – Exemplo de um VCAN subtropical se aproximando da costa oeste da América do Sul. A imagem mostra uma visão 3D da topografia do continente e o escoamento em altos níveis (linhas brancas com setas).



Fonte: cortesia do Dr. René Garreaud (2025).

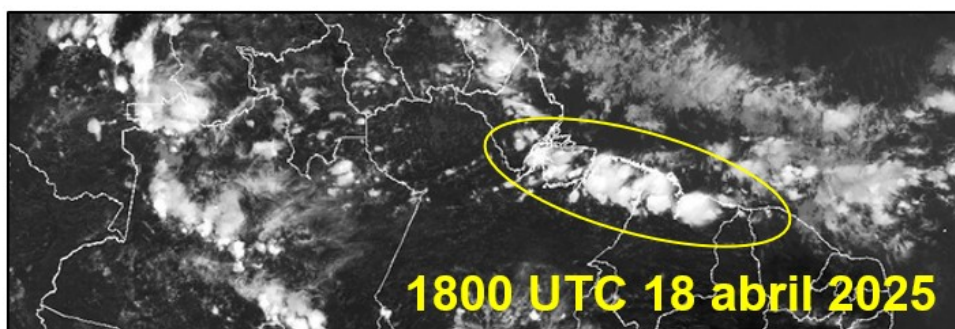
O segundo setor mais árido da América do Sul é o sertão do Nordeste do Brasil. Nessa região, os totais anuais de precipitação variam entre 200 e 500 mm e o ciclo anual de precipitação possui máximos no verão e outono e mínimos no inverno (Figura 3). Os baixos volumes de chuva no sertão estão fortemente associados à atuação de movimentos subsidentes da circulação geral da atmosfera - célula de Walker (zonal) e célula de Hadley (meridional) -, além de efeitos orográficos locais (Reboita *et al.*, 2016; Tinôco *et al.*, 2018). Na circulação de Walker, o ramo ascendente está relacionado à convecção sobre a Amazônia, enquanto o descendente atua sobre o oceano Atlântico tropical e, parcialmente, sobre o interior do Nordeste, contribuindo para a inibição da precipitação. Esse efeito se intensifica no inverno, quando a célula de Hadley também apresenta movimentos descendentes sobre a região, resultando na estação mais seca do ano.

No final do verão e no início do outono, a migração da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) para sul favorece a formação das chuvas no litoral do Nordeste e um ligeiro aumento no sertão. Ainda com relação ao sertão, os ventos de leste que favorecem a chuva no litoral já chegam praticamente secos no interior do Nordeste (ao encontrarem a barreira topográfica da Chapada do Araripe e do Planalto da Borborema, esses ventos ascendem, provocam chuvas orográficas nas encostas voltadas para o oceano, e chegam secos ao sertão). Além disso, como carregam ar mais frio, ao penetrarem no sertão são aquecidos por compressão adiabática, o que reduz a umidade relativa e desfavorece a formação de nuvens (Reboita *et al.*, 2010a, 2016).

O litoral do Nordeste e o litoral do Norte do Brasil apresentam máximos de precipitação no primeiro semestre do ano. Esse padrão é decorrente da influência da ZCIT, que no Oceano Atlântico Sul Tropical atinge sua posição mais austral ($\sim 4^{\circ}\text{S}$) no outono (Uvo *et al.*, 1998; Nogueira *et al.*, 2024b). Assim, a ZCIT intensifica os movimentos ascendentes sobre os litorais norte e nordeste do país, sendo o principal mecanismo dinâmico de precipitação. Do outono para o inverno, o máximo de precipitação no litoral do Nordeste é explicado pelo transporte de umidade pelos ventos alísios de sudeste causados pela influência do ASAS (Figura 2).

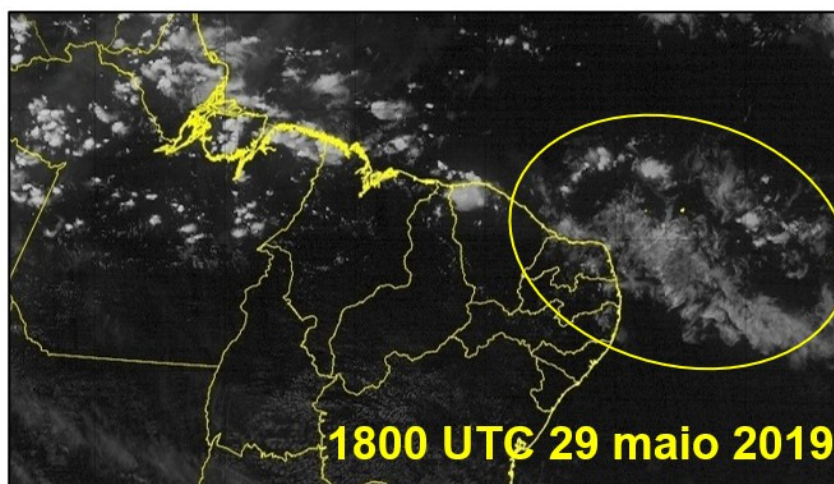
No norte do Brasil e no litoral do Nordeste, o aquecimento radiativo da superfície favorece a convecção e, conseqüentemente, o desenvolvimento de SCMs tropicais, que têm tempo de vida médio entre 6 e 8 horas e são mais frequentes nos meses de janeiro a março (Lyra *et al.*, 2020). No caso das LIs tropicais (Figura 11), estas se formam pela interação entre os ventos alísios e a circulação de brisa marítima, especialmente no litoral norte. Essas linhas podem representar até 45% da chuva sazonal no leste do Pará e, geralmente, ocorrem durante a tarde e à noite (Cohen *et al.*, 1995). Outros sistemas atuantes no litoral da Região Norte e leste do Nordeste incluem os distúrbios ondulatórios de leste (Figura 12), frentes frias com forte deslocamento meridional e VCANs tropicais. Os distúrbios ondulatórios de leste, originados no Atlântico tropical, são frequentes entre abril e agosto, podendo causar chuvas intensas ao longo da costa (Gomes *et al.*, 2019). Os VCANs tropicais, mais comuns na primavera e verão, formam-se em resposta à configuração típica da circulação em altos níveis sobre a América do Sul, com a AB a oeste e um cavado sobre o Nordeste do Brasil ou cercanias. Os VCANs tropicais podem inibir a convecção em seu centro, mas favorecer a formação de nuvens e chuvas na periferia, principalmente ao norte do vórtice (Ferreira *et al.*, 2019). A Figura 5a mostra um exemplo de vórtice ciclônico causando condições de céu limpo somente em Sergipe e nordeste da Bahia.

Figura 11 – Linha de instabilidade tropical formada sobre o litoral da região Norte do Brasil e registrada pelo canal infravermelho do satélite GOES-19 às 1800 UTC do dia 18 de abril de 2025.



Fonte: INMET (2025).

Figura 12 – Distúrbio ondulatório de leste chegando no litoral do Nordeste do Brasil conforme canal infravermelho do satélite GOES-16 às 1800 UTC do dia 29 de maio de 2019. Esse sistema foi monitorado pela FUNCEME (<http://www.funceme.br/?p=4973>).



Fonte: INMET (2025).

urbano, gestão de riscos climáticos e formulação de políticas públicas voltadas à adaptação e mitigação dos impactos hidrometeorológicos. Ao conhecer os padrões sazonais e regionais da precipitação, tomadores de decisão e sociedade civil estão mais preparados para lidar com eventos extremos, otimizar recursos hídricos e planejar o uso da terra.

Referências

ACEITUNO, P.; BOISIER, J. P.; GARREAUD, R.; RONDANELLI, R.; RUTLLANT, J. A. Climate and Weather in Chile. In: FERNÁNDEZ, B.; GIRONÁS, J. (ed.). **Water Resources of Chile**. Cham: Springer, 2021, p. 7-29. https://doi.org/10.1007/978-3-030-56901-3_2.

AGUIAR, L. F.; CATALDI, M. Social and environmental vulnerability in southeast Brazil associated with the South Atlantic Convergence Zone. **Natural Hazards**, v. 109, p. 2423-2437, 2021. <https://doi.org/10.1007/s11069-021-04926-z>.

BARRETT, B. S.; HAMEED, S. Seasonal variability in precipitation in central and southern Chile: Modulation by the South Pacific High. **Journal of Climate**, v. 30, p. 55-69, 2017. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-16-0019.1>.

BARTOLOMEI, F. R.; REBOITA, M. S.; DA ROCHA, R. P. Ciclones extratropicais causadores de eventos extremos no sul do Brasil no inverno de 2023. **Terrae Didactica**, Campinas, SP, v. 20, n. 00, p. e024003, 2024. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/td/article/view/8675229>. Acesso em: 10 fev. 2026.

CARDOZO, A. B.; REBOITA, M. S.; GARCIA, S. R. Climatologia de frentes frias na América do Sul e sua relação com o Modo Anular Sul. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 17, p. 9-26, 2015. <https://doi.org/10.5380/abclima.v17i0.40124>.

COHEN, J. C. P.; SILVA DIAS, M. A. F.; NOBRE, C. A. Environmental conditions associated with Amazonian squall lines: A case study. **Monthly Weather Review**, v. 123, p. 3163-3174, 1995. [https://doi.org/10.1175/1520-0493\(1995\)123%3C3163:ECAWAS%3E2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0493(1995)123%3C3163:ECAWAS%3E2.0.CO;2).

COSTA, M. S. *et al.* Rainfall extremes and drought in Northeast Brazil and its relationship with El Niño–Southern Oscillation. **International Journal of Climatology**, v. 41, p. e2111-e2135, 2021. <https://doi.org/10.1002/joc.6835>.

DIAZ, F.; ORTIZ, D.; ROMAN, F. Lightning climatology in Colombia. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 149, p. 69-82, 2022. <https://doi.org/10.1007/s00704-022-04012-9>.

DOMINGUEZ, C.; DONE, J. M.; BRUYÈRE, C. L. Easterly wave contributions to seasonal rainfall over the tropical Americas in observations and a regional climate model. **Climate Dynamics**, v. 54, p. 191-209, 2020. <https://doi.org/10.1007/s00382-019-04996-7>.

ESCOBAR, G. C. J.; MARQUES, A. C. A.; DEREZYNSKI, C. P. Synoptic patterns of South Atlantic Convergence Zone episodes associated with heavy rainfall events in the city of Rio de Janeiro, Brazil. **Atmosfera**, v. 35, p. 287-305, 2022. <https://doi.org/10.20937/atm.52942>.

ESCOBAR, G. C. J.; SELUCHI, M. E. Classificação sinótica dos campos de pressão atmosférica na América do Sul e sua relação com as baixas do Chaco e noroeste argentino. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 27, p. 365-375, 2012. <https://doi.org/10.1590/S0102-77862012000300011>.

- ESPINOZA, J. C.; RONCHAIL, J.; GUYOT, J. L.; COCHONNEAU, G.; NAZIANO, F.; LAVADO, W.; OLIVEIRA, E.; POMPOSA, R.; VAUCHEL, P. Spatiotemporal rainfall variability in the Amazon basin countries (Brazil, Peru, Bolivia, Colombia, and Ecuador). **International Journal of Climatology**, v. 29, p. 1574-1594, 2009. <https://doi.org/10.1002/joc.1791>.
- FERREIRA, G. W. S.; REBOITA, M. S.; ROCHA, R. P. da. Vórtices ciclônicos de altos níveis nas cercanias do nordeste do Brasil: Climatologia e análise da vorticidade potencial isentrópica. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 42, p. 568-585, 2019. https://doi.org/10.11137/2019_3_568_585.
- FERREIRA, G. W. S.; REBOITA, M. S. A new look into the South America precipitation regimes: observation and forecast. **Atmosphere**, v. 13, 873, 2022. <https://doi.org/10.3390/atmos13060873>.
- GOMES, H. B.; AMBRIZZI, T.; SILVA, B. F. P.; HODGES, K.; SILVA DIAS, P. L.; HERDIES, D. L.; SILVA, M. C. L. Climatology of easterly waves disturbances over the tropical South Atlantic. **Climate Dynamics**, v. 53, p. 1393-1411, 2019. <https://doi.org/10.1007/s00382-019-04667-7>.
- GOZZO, L. F. P.; ROCHA, R. P. da; REBOITA, M. S.; SUGAHARA, S. Subtropical cyclones over the southwestern South Atlantic: Climatological aspects and case study. **Journal of Climate**, v. 27, p. 8543-8562, 2014. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-14-00149.1>.
- JESUS, E. M. de; ROCHA, R. P. da; REBOITA, M. S.; LLOPART, M.; DUTRA, L. M. M.; REMÉDIO, A. R. C. Contribution of cold fronts to seasonal rainfall in simulations over the southern La Plata Basin. **Climate Research**, v. 68, p. 243-255, 2016. <https://doi.org/10.3354/cr01358>.
- KARGER, D., CONRAD, O., BÖHNER, J. *et al.* Climatologies at high resolution for the earth's land surface areas. **Sci Data**, n. 4, 2017. <https://doi.org/10.1038/sdata.2017.122>.
- LIMA, K. C.; SATYAMURTY, P.; FERNÁNDEZ, J. P. R. Large-scale atmospheric conditions associated with heavy rainfall episodes in southeast Brazil. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 101, p. 121-135, 2010. <https://doi.org/10.1007/s00704-009-0207-9>.
- LYRA, M. J. A.; FEDOROVA, N.; LEVIT, V.; FREITAS, I. G. F. Características dos complexos convectivos de mesoescala no nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 35, p. 727-734, 2020. <https://doi.org/10.1590/0102-7786355000001>.
- MORAES, F. D. S.; AQUINO, F. E.; MOTE, T. L.; DURKEE, J. D.; MATTINGLY, K. S. Atmospheric characteristics favorable for the development of mesoscale convective complexes in southern Brazil. **Climate Research**, v. 80, p. 43-58, 2020. <https://doi.org/10.3354/cr01595>.
- NASCIMENTO, M. G.; HERDIES, D. L.; SOUZA, D. O. The South American water balance: The influence of low-level jets. **Journal of Climate**, v. 29, p. 1429-1449, 2016. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-15-0065.1>.
- NETO, A. C. A.; SATYAMURTY, P.; CORREIA, F. W. Some observed characteristics of frontal systems in the Amazon Basin. **Meteorological Applications**, v. 22, p. 617-635, 2015. <https://doi.org/10.1002/met.1497>.
- NOGUEIRA, N. C. de O.; MACHADO, P. H. G.; REBOITA, M. S. Estudo climatológico das frentes frias atuantes no sul do Rio Grande do Sul e no sul de Minas Gerais entre 2009 e 2021. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 34, p. 306-334, 2024a. <https://doi.org/10.55761/abclima.v34i20.16664>.

- NOGUEIRA, N. C. de O.; GOMES MACHADO, P. H.; SIMÕES REBOITA, M.; REIS, A. L. Assessment of the Intertropical Convergence Zone over the Atlantic Ocean through an algorithm based on precipitation. **Journal of Atmospheric Science Research**, v. 7, p. 59-73, 2024b. <https://doi.org/10.30564/jasr.v7i1.6188>.
- OLIVEIRA, F. P.; OYAMA, M. D. Squall-line initiation over the northern coast of Brazil in March: Observational features. **Meteorological Applications**, v. 27, p. e1799, 2020. <https://doi.org/10.1002/met.1799>.
- RASERA, G.; ANABOR, V.; SCREMIN PUHALES, F.; DAL PIVA, E. Developing an MCS index using the climatology of South America. **Meteorological Applications**, v. 25, n. 3, p. 394-405, 2018. <https://doi.org/10.1002/met.1707>.
- REBOITA, M. S.; GAN, M. A.; DA ROCHA, R. P.; AMBRIZZI, T. Regimes de precipitação na América do Sul: uma revisão bibliográfica. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 25, p. 185-204, 2010a. <https://doi.org/10.1590/S0102-77862010000200004>.
- REBOITA, M. S.; DA ROCHA, R. P.; AMBRIZZI, T.; SUGAHARA, S. South Atlantic Ocean cyclogenesis climatology simulated by regional climate models (RegCM3). **Climate Dynamics**, v. 35, p. 1331-1347, 2010b. <https://doi.org/10.1007/s00382-009-0668-7>.
- REBOITA, M. S.; KRUSCHE, N.; AMBRIZZI, T.; ROCHA, R. P. da. Entendendo o tempo e o clima na América do Sul. **Terrae Didactica**, v. 8, p. 34-50, 2012. <https://doi.org/10.20396/td.v8i1.8637425>.
- REBOITA, M. S.; RODRIGUES, M.; ARMANDO, R. P.; FREITAS, C.; MARTINS, D.; MILLER, G. Causas da semiaridez do sertão nordestino. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 19, p. 254-277, 2016. <https://doi.org/10.5380/abclima.v19i0.42091>.
- REBOITA, M. S.; VEIGA, J. A. P. Análise sinótica e energética de um VCAN que causou chuva no deserto do Atacama em março de 2015. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 32, p. 123-139, 2017. <https://doi.org/10.1590/0102-778632120160019>.
- REBOITA, M. S.; AMBRIZZI, T.; SILVA, B. A.; PINHEIRO, R. F.; ROCHA, R. P. da. The South Atlantic Subtropical Anticyclone: Present and future climate. **Frontiers in Earth Science**, v. 7, 2019. <https://doi.org/10.3389/feart.2019.00008>.
- REBOITA, M. S.; MATTOS, E. V.; CAPUCIN, B. C.; SOUZA, D. O.; FERREIRA, G. W. S. A multi-scale analysis of the extreme precipitation in southern Brazil in April/May 2024. **Atmosphere**, v. 15, 1123, 2024. <https://doi.org/10.3390/atmos15091123>.
- REHBEIN, A.; AMBRIZZI, T.; MECHOSO, C. R. Mesoscale convective systems over the Amazon basin. Part I: Climatological aspects. **International Journal of Climatology**, v. 38, p. 215-229, 2018. <https://doi.org/10.1002/joc.5171>.
- REYERS, M.; SHAO, Y. Cutoff lows off the coast of the Atacama Desert under present day conditions and in the Last Glacial Maximum. **Global and Planetary Change**, v. 181, 102983, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2019.102983>.
- RONDANELLI, R. Cutoff lows over southwestern South America. **Oxford Research Encyclopedia of Climate Science**, 2025. <https://doi.org/10.1093/acrefore/9780190228620.013.976>.

SALIO, P.; NICOLINI, M.; ZIPSER, E. J. Mesoscale convective systems over southeastern South America and their relationship with the South American low-level jet. **Monthly Weather Review**, v. 135, p. 1290-1309, 2007. <https://doi.org/10.1175/MWR3305.1>.

SANTOS, D. F. dos; REBOITA, M. S. Jatos de baixos níveis a leste dos Andes: comparação entre duas reanálises. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 22, 2021. <https://doi.org/10.5380/abclima.v22i0.47595>.

SILVA, J. P. R.; REBOITA, M. S.; ESCOBAR, G. C. J. Caracterização da Zona de Convergência do Atlântico Sul em campos atmosféricos recentes. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 25, 2021. <https://doi.org/10.5380/abclima.v25i0.64101>.

SOUSA, A. C.; CANDIDO, L. A.; SATYAMURTY, P. Convective cloud clusters and squall lines along the coastal Amazon. **Monthly Weather Review**, v. 149, p. 3589-3608, 2021. <https://doi.org/10.1175/MWR-D-21-0045.1>.

TINÔCO, I. C. M.; BEZERRA, B. G.; LUCIO, P. S.; BARBOSA, L. M. Characterization of rainfall patterns in the semiarid Brazil. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 41, p. 397-409, 2018. https://doi.org/10.11137/2018_2_397_409.

UVO, C. B.; REPELLI, C. A.; ZEBIAK, S. E.; KUSHNIR, Y. The relationships between tropical Pacific and Atlantic SST and northeast Brazil monthly precipitation. **Journal of Climate**, v. 11, p. 551-562, 1998. [https://doi.org/10.1175/1520-0442\(1998\)011%3C0551:TRBTPA%3E2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(1998)011%3C0551:TRBTPA%3E2.0.CO;2).

VASCONCELLOS, F. C.; REBOITA, M. S. Clima da Região Sudeste. In: CAVALCANTI, I. F. A.; FERREIRA, N. J. (org.). **Clima das Regiões Brasileiras e Variabilidade Climática**. São Paulo: Oficina de Textos, 2021, pp. 43-60. <https://www.ofitexto.com.br/clima-das-regioes-brasileiras/p>.

VELOSO, J. V. Analysis of an extreme precipitation event in the Atacama Desert on January 2020 and its relationship to humidity advection along the Southeast Pacific. **Atmosfera**, v. 35, p. 421-448, 2020. <https://doi.org/10.20937/ATM.52895>.

VIALE, M.; BIANCHI, E.; CARA, L.; RUIZ, L. E.; VILLALBA, R.; PITTE, P.; MASIOKAS, M.; RIVERA, J.; ZALAZAR, L. Contrasting climates at both sides of the Andes in Argentina and Chile. **Frontiers in Earth Science**, v. 7, 2019. <https://doi.org/10.3389/fevs.2019.00069>.

YNOUE, R. Y.; REBOITA, M. S.; AMBRIZZI, T.; SILVA, G. A. M. da. **Meteorologia: Noções Básicas**. 1. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2017. 184 p. https://www.ofitexto.com.br/meteorologia/p?srsId=AfmBOoWO6EbUZx_qt5YNDX7cKutnxjzcl37v3z6VNS43Afif9CALKpD.

PARTE II

SISTEMA DE CLASSIFICAÇÃO CLIMÁTICA DE NOVAIS

O MODELO CLIMÁTICO HÍBRIDO E SUA INTERAÇÃO GEOSISTÊMICA

*Rodson de Andrade Allocca
Wemerson Diascanio Oliveira
Edson Soares Fialho*

Introdução

A ciência geográfica, por sua abordagem em busca da compreensão do espaço geográfico, considera os diferentes aspectos que permeiam as relações capazes de atuar como forças geradoras da construção das diferentes paisagens e dinâmicas espaciais. Destarte, o clima, enquanto manifestação atmosférica de longa duração e com implicações diretas nos sistemas ambientais e sociais, constitui um de seus objetos de interesse.

Compreender a variabilidade climática é de grande relevância para o ordenamento territorial, o planejamento agrícola, o dimensionamento dos recursos hídricos e as análises de vulnerabilidade e riscos socioambientais, uma vez que o clima constitui um fator estruturante dos sistemas naturais e antrópicos. Segundo Monteiro (1971), o clima é uma variável de primeira ordem na análise das paisagens, dada sua influência sobre os elementos físicos e as atividades humanas. Miranda e Coutinho (2004) corroboram essa perspectiva ao indicarem que o entendimento das dinâmicas climáticas, especialmente diante da crescente instabilidade dos padrões atmosféricos, é indispensável para o planejamento agrícola e a gestão de recursos hídricos.

Trewartha (1937) compreende o clima como condição média ou normal do comportamento dos elementos climáticos e ressalta que, devido à sua importância como condicionante ambiental, o conhecimento das características climáticas exerce significativa influência sobre a vida humana. Portanto, relaciona-se diretamente aos processos de organização do espaço. Nesse contexto, os modelos de classificação climática destacam-se como instrumentos fundamentais para a organização do conhecimento climatológico, oferecendo sínteses que permitem interpretar a distribuição espacial dos fenômenos atmosféricos de maneira sistemática, fornecendo informações úteis para um melhor direcionamento das ações humanas.

A partir do momento em que o ser humano adquiriu consciência da interdependência das condições climáticas e daquelas resultantes de sua deliberada intervenção no meio natural como necessidade para o desenvolvimento social, ele passou a produzir e registrar o conhecimento sobre os componentes da natureza (Mendonça; Danni-Oliveira, 2007, p. 11).

A compreensão dos padrões climáticos, de forma sistematizada e espacializada, ganha certa centralidade nas análises direcionadas ao entendimento da relação entre a sociedade e a natureza, fazendo com que os sistemas de classificação emergjam como importantes ferramentas nesse processo. Ainda segundo Netzel e Stepinski (2016), a classificação simplifica a variabilidade espacial dos climas de uma forma que é mais significativa e fácil de analisar. Assim, a classificação climática fornece uma visão intuitiva e valiosa sobre as relações entre o clima e os sistemas físicos e biológicos da Terra.

Por sua vez, classificações são uma ferramenta importante tanto na climatologia geral quanto na aplicada (Yarnal *et al.*, 2001), uma vez que frequentemente uma atribuição estrita de objetos individuais a grupos disjuntivos é necessária ou pelo menos favorável para alcançar resultados claramente estruturados a partir de conjuntos de dados complexos. A derivação e a aplicação de

classificações aumentaram consideravelmente na pesquisa climática durante as últimas décadas (Jacobeit, 2010).

A elaboração de uma classificação climática objetiva sistematizar o comportamento dos elementos do clima, permitindo que, a partir do levantamento e da análise de dados, sejam produzidas informações consistentes sobre a realidade ambiental de determinada região. Essa sistematização visa, sobretudo, subsidiar ações e estratégias de planejamento específicas para determinados recortes espaciais (Terassi; Silveira, 2013).

Os primeiros modelos de classificação climática foram estruturados com base em uma organização descritiva e quantitativa. Segundo Mendonça e Danni-Oliveira (2007), os climas da Terra passaram a ser classificados com base na observação de padrões de dados meteorológicos e climáticos disponíveis em medidas estatísticas, o que possibilita correlacionar as informações sobre o clima com outras variáveis espaciais, permitindo, portanto, a percepção da realidade espacial em uma dada compartimentação do espaço.

Com o desenvolvimento dos estudos climatológicos, alguns modelos de classificação climática trouxeram novas abordagens, incorporando nas análises da atmosfera, processos dinâmicos, como a atuação das massas de ar e dos sistemas frontais. Dessa forma, estabeleceu-se uma dualidade metodológica no âmbito da climatologia geográfica, na qual, de um lado, encontravam-se modelos estáticos, centrados em médias históricas e tipificação climática, e, de outro, modelos dinâmicos que procuravam explicar os mecanismos causadores dos padrões observados (Mendonça; Danni-Oliveira, 2007).

Baseado em critérios térmicos e pluviométricos, um dos mais importantes e emblemáticos modelos estáticos é o sistema de classificação elaborado por Köppen. Trata-se de um sistema que alcançou projeção internacional, sendo amplamente utilizado até os dias atuais, sobretudo por sua simplicidade e aplicabilidade cartográfica (Alvares *et al.*, 2013). Utilizando e introduzindo uma nova perspectiva, Arthur Strahler, ao considerar o comportamento das massas de ar e sua influência na determinação das características do clima de uma região, criou uma classificação climática baseada em um modelo dinâmico (Brino, 1977). A proposta de Nimer (1989) representou uma forma adaptada de aplicação dos modelos dinâmicos ao contexto brasileiro. Sua classificação considerou a atuação sazonal das principais massas de ar sobre o território do país. Apesar de representarem grandes contribuições para o avanço da climatologia, ambos os modelos (estáticos e dinâmicos) apresentam limitações diante das necessidades de informações demandadas nas atuais análises relativas ao detalhamento e a uma maior acurácia na espacialização das informações climáticas.

Os modelos estáticos, ao considerarem basicamente as médias históricas, tornam-se insuficientes para explicitar com precisão variações interanuais ou mudanças climáticas em curso. Já os modelos dinâmicos apresentam maior nível de complexidade em sua aplicação cartográfica em escalas maiores, demandando alto grau de especialização técnica. Cabe salientar que o contexto geográfico e epistemológico de concepção desses modelos mudou e faz-se necessária uma revisão à luz de novas fontes de dados, tecnologias e preocupações socioambientais.

Neste sentido, o presente capítulo propõe uma análise de alguns dos principais modelos de classificação climática aplicados ao contexto mundial e brasileiro, visando destacar as contribuições, os limites e, de certa forma, a necessidade da incorporação de novas abordagens para reduzir e superar a dicotomia entre os paradigmas que estruturaram os modelos clássicos. Partindo dessa prerrogativa, a classificação climática de Novais (2019) apresenta-se como um modelo híbrido ao agregar, metodologicamente, elementos dos modelos estáticos e dinâmicos, representando uma abordagem mais flexível e responsiva às diferentes realidades climáticas.

O modelo híbrido parte do princípio de que, para que se possa compreender o clima de forma plena, é necessário levar em consideração, simultaneamente, os dados estatísticos de longo prazo e os

processos dinâmicos que os produzem. Pela combinação de médias históricas (como temperatura média do mês mais frio e precipitação), com características qualitativas da entrada da radiação solar pela latitude (incidência do Sol), quantidade de meses secos, e com a análise da atuação e frequência dos sistemas atmosféricos atuantes sobre as áreas investigadas, o modelo é capaz de apresentar com mais precisão tanto padrões climáticos recorrentes quanto variações sazonais, áreas de transição e até mesmo a ocorrência de certas anomalias. Frente às novas demandas impostas pelas mudanças globais e pela crescente necessidade científica de panoramas climáticos de alta resolução espacial e temporal, o modelo híbrido emerge como uma grande contribuição para a evolução da climatologia geográfica do detalhe.

Não representando uma mera síntese mecânica entre os modelos anteriores, a proposta de classificação climática de Novais (2019) opera em níveis distintos de análise: do global ao local, do descritivo ao explicativo, do físico ao ambiental. A aplicabilidade do modelo híbrido garante uma análise com bastante acurácia, especialmente em contextos onde ocorrem transições climáticas, como regiões de ecótono, áreas reconhecidas pela atuação alternada de massas de ar e zonas submetidas a processos intensos de urbanização ou degradação ambiental.

Ademais, o modelo mostra-se útil em análises integradas entre o clima e o território, em diferentes escalas, ao contribuir para o aprimoramento das análises das informações climáticas e ao fornecer embasamento para a formulação de políticas públicas mais eficientes e territorialmente contextualizadas. Considerando as mudanças climáticas no cenário global atual, as discussões a respeito dos métodos de classificação climática são intensificadas, sobretudo, pelo fato de que as classificações tradicionais, embora amplamente utilizadas, tornaram-se generalistas para descrever e prever novos regimes climáticos.

Modelos como os de Köppen ou Thornthwaite, embora ainda tomados como importantes referências em termos históricos, práticos e pedagógicos não abarcam com precisão fenômenos como o aumento da variabilidade intra e interanual dos elementos do clima, extremos climáticos e deslocamentos das zonas de transição (Martins *et al.*, 2018). Ao mesmo tempo, as classificações baseadas exclusivamente na atuação das massas de ar requerem dados de alta frequência e modelos meteorológicos robustos, nem sempre disponíveis para serem utilizados.

Desde as primeiras tentativas empíricas de categorização dos climas, passando por propostas matemáticas mais objetivas, até chegar a modelos mais dinâmicos e integradores, as classificações climáticas refletem não apenas as condições atmosféricas, mas também os paradigmas científicos de sua época (Fitzpatrick; Moglen, 2008). Conforme ressaltam Cunha e Vecchia (2007), nas últimas décadas do século XX, o clima passou a ocupar posição de relevância crescente, tanto em razão da intensificação da degradação ambiental quanto por ser reconhecido como um fator estratégico na orientação das ações sociais.

Desse modo, o modelo híbrido utilizado na classificação climática de Novais e Machado (2023) credencia-se como uma alternativa viável ao incorporar diferentes escalas de abordagem e múltiplas dimensões dos sistemas climáticos. O modelo dialoga com as possibilidades introduzidas pelas novas ferramentas de sensoriamento remoto, SIGs (Sistemas de Informações Geográficas), séries temporais e modelagem (climática e ambiental), sem prescindir da base teórica da climatologia geográfica. A proposta, portanto, tem a capacidade de se adequar para sanar as demandas contemporâneas da climatologia geográfica.

Por meio da abordagem aqui apresentada, espera-se que as discussões e debates sobre os caminhos metodológicos que envolvem a temática possam ser ampliados, especialmente no que diz respeito à proposição de novos modelos que sejam, ao mesmo tempo, cientificamente criteriosos, tecnicamente aplicáveis e socialmente relevantes.

Um Breve Panorama das Classificações Climáticas

As primeiras tentativas de classificar os climas remontam à Antiguidade, quando os gregos, com base na latitude e na radiação solar, dividiram o mundo em zonas climáticas. Pensadores como Aristóteles e Hipócrates já relacionavam o clima à saúde e ao comportamento humano, ainda que de forma empírica (Gomes, 1995). No entanto, foi apenas no século XIX, com a consolidação da meteorologia e da climatologia como ciência autônoma, que surgiram as primeiras classificações sistemáticas, fundamentadas em dados quantitativos (Barry; Chorley, 2013). Essas classificações passaram a servir como modelos para compreender a variabilidade atmosférica e identificar padrões espaço-temporais, com aplicações em diferentes áreas (Sá Júnior *et al.*, 2012; Tucci, 2008).

A literatura destaca a relação direta entre clima, vegetação natural e ocupação humana, constituindo um dos eixos centrais da geografia aplicada ao planejamento sustentável (Monteiro, 1999). Segundo Monteiro (1971), o clima não deve ser visto apenas como um dado físico, mas como elemento estruturante da paisagem geográfica. Nesse contexto, ganha relevância a regionalização climática, sobretudo diante das mudanças ambientais globais, que exigem modelagens mais detalhadas.

As classificações globais de clima procuram captar as leis gerais em escala mundial, mas enfrentam dificuldades por sua limitação descritiva. Grigoriev e Budyko (1959) já apontavam a inexistência de consenso sobre os princípios básicos das classificações climáticas, lacuna que ainda persiste. Por sua vez, Critchfield (1960) reconhece que, embora imperfeitas, essas classificações continuam sendo instrumentos úteis para a ciência. Entre os principais problemas estão a falta de abrangência no estudo das condições histórico-naturais, dos fatores formadores do clima e da distribuição dos elementos climáticos, evidenciando os limites das propostas existentes e a necessidade contínua de aprimoramento teórico e metodológico.

As classificações analíticas, estáticas ou empíricas estão fundamentadas em séries históricas de dados climáticos, compreendendo diferentes variáveis meteorológicas coletadas ao longo de períodos prolongados (normalmente trinta anos ou mais). Tais classificações assumem que a repetição regular desses padrões no tempo permite definir zonas climáticas relativamente estáveis (Tavares; Tomaz, 2022).

As classificações empíricas usam variáveis que descrevem o sistema climático para atribuir regiões ao tipo de clima específico. Classificações empíricas são, portanto, uma descrição direta do clima. Isso significa que é muito mais fácil e objetivo definir valores particulares para tipos específicos e, em seguida, atribuir cada região a um ou outro tipo de clima, muitas vezes a partir de parâmetros matemáticos que nem sempre revelam a complexidade do clima presente na área determinada. De certo modo, se observa que as classificações empíricas são, portanto, usadas com mais frequência em decorrência de sua praticidade e objetividade (Fialho *et al.*, 2023, p. 9).

Dentre os modelos estáticos, a classificação de Köppen pode ser considerada a mais influente. A proposta baseia-se na inter-relação entre os elementos climáticos e a distribuição das formações vegetais naturais, por meio de um sistema alfanumérico que representa faixas de temperatura e precipitação com padrões sazonais. Após alguns anos, a classificação passou por atualizações realizadas com a contribuição de Rudolf Geiger. Os ajustes técnicos possibilitaram a identificação de cinco grandes tipos climáticos globais e seus subtipos, consolidando-se como referência na climatologia clássica (Geiger, 1961). Embora seja eficaz na classificação climática em escala global, o sistema de Köppen-Geiger apresenta limitações relevantes. Por ser baseado excessivamente em dados numéricos, torna-se rígido, não contemplando adequadamente climas de transição, variações intrarregionais ou influências locais como altitude, continentalidade e urbanização (Fitzpatrick; Moglen, 2008). Além disso, não considera as dinâmicas atmosféricas responsáveis pela gênese dos tipos climáticos.

A classificação climática de Thornthwaite (1948) também representa um marco na abordagem empírica. Esse sistema incorporou variáveis hidrológicas ao considerar a evapotranspiração potencial (ETp) e o balanço hídrico como critérios para a definição de regiões climáticas. O modelo utilizado, baseado em índices de umidade, é muito utilizado em aplicações agrícolas e ecológicas, embora exija dados mais detalhados e apresente dificuldades de generalização em escalas globais (Pereira *et al.*, 2002).

No âmbito nacional, destaca-se a contribuição de Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro, cuja proposta visou adaptar a climatologia aos contextos locais, promovendo a diferenciação entre climas urbanos e rurais com base em suas características térmicas e pluviométricas. Trata-se da introdução de uma visão geoecológica do clima, pois considera fatores naturais e antrópicos na configuração dos domínios climáticos brasileiros (Monteiro, 2000).

As classificações estáticas contribuíram significativamente para a climatologia geográfica ao possibilitar a classificação e o mapeamento do clima global, mas ressalta-se que seu enfoque na regularidade estatística limita e dificulta a compreensão dos aspectos e mecanismos dinâmicos associados à definição das características do clima em múltiplas escalas, sobretudo na escala do detalhe.

A abordagem dinâmica ou genética utiliza o controle dos fatores climáticos e as características das massas de ar para definir os tipos de clima, sendo que os principais fatores controladores do clima nesta perspectiva podem ser: a dinâmica das massas de ar, o regime de chuvas, e o balanço de energia. Esta análise foi empregada nas classificações propostas por Flohn (1950) e Strahler (1951) (Maluf, 2000; Nascimento *et al.*, 2016).

Tor Bergeron propôs, em 1928, uma classificação centrada na frequência e origem das massas de ar, utilizando três letras para representar a umidade, latitude e estabilidade da massa. Já H. Flohn, nos anos 1950, elaborou uma classificação com base em zonas de ventos globais e índices pluviométricos, dividindo o clima em oito zonas distintas (Nascimento *et al.*, 2016).

Em 1956, Budyko introduziu uma abordagem baseada no índice radioativo de aridez, relacionando evaporação potencial e precipitação, o que resultou em cinco categorias principais: desértico, semidesértico, estepe, floresta e tundra (Ayoade, 2003). Por sua vez, Hendl, em 1963, utilizou a variação sazonal das zonas de pressão atmosférica da troposfera inferior como base para classificar o clima em três zonas: de alta e baixa pressão permanentes, e de reversão sazonal (Nascimento *et al.*, 2016).

A proposta mais influente veio com Arthur Strahler, cuja classificação é centrada na gênese das massas de ar e no comportamento da temperatura e precipitação. Ele dividiu o planeta em três grandes zonas climáticas: de baixas latitudes (equatoriais e tropicais), médias latitudes (influência de massas tropicais e polares) e altas latitudes (domínio de massas polares), com subdivisões detalhadas para cada uma, incluindo o clima de montanhas como categoria especial. A aplicação do modelo de Strahler ao Brasil permite identificar a correspondência entre os tipos climáticos e a atuação das massas de ar, como a Equatorial Continental no Clima Equatorial, e a Polar Atlântica no Clima Subtropical Úmido. Essa classificação destaca a importância dos sistemas atmosféricos na formação do clima brasileiro, como a Zona de Convergência Intertropical e os ventos alísios.

Por fim, Terjung e Louie, em 1972, propuseram uma classificação baseada no fluxo de energia e umidade, dividindo os climas em seis grandes grupos e 62 subtipos (Ayoade, 2003). A complexidade e as dificuldades envolvidas na elaboração de sistemas de classificação climática, associadas ao desenvolvimento de novas técnicas e ao acúmulo histórico de conhecimento, resultaram na existência de diversos sistemas de classificação climática em diferentes partes do mundo, baseados no uso de variáveis independentes ou combinadas e aplicados a distintas escalas de abordagem.

O Modelo Climático Híbrido

O clima é resultado de uma complexa interação entre elementos atmosféricos e os fatores geográficos e astronômicos que modelam a superfície terrestre. A imensa variedade de condições atmosféricas presentes em diferentes escalas de tempo e espaço exige sistemas de classificação capazes de sintetizar, de forma objetiva, essa diversidade.

A classificação climática não é apenas uma ferramenta de agrupamento, mas também um método de análise e interpretação das dinâmicas atmosféricas em relação aos contextos geográficos. Nesse sentido, o modelo híbrido surge como resposta aos limites observados nas abordagens tradicionais, propondo a associação entre critérios estatísticos (analíticos) e dinâmicos (genéticos), para representar a realidade climática de forma mais acurada. Historicamente, as classificações climáticas se organizaram em dois grandes eixos metodológicos: o analítico, baseado em médias e totais de elementos climáticos como temperatura e precipitação; e o genético ou dinâmico, centrado nos processos atmosféricos que condicionam a variabilidade do tempo e do clima, como a atuação de massas de ar e sistemas de circulação.

Segundo Maluf (2000), “[...] o modelo analítico está fundado na descrição de um ou mais elementos do clima, enquanto o modelo genético está centrado nos fatores ou mecanismos que geram a diversidade climática [...]”. Em geral, os sistemas mais utilizados mundialmente, como o de Köppen, pertencem ao primeiro grupo. Já as contribuições de Strahler e Flohn representam o segundo.

Yon Sugiarto *et al.* (2018), em estudo realizado no distrito de Subang, em Java Ocidental, avaliaram o uso de dados de reanálise de precipitação diária provenientes das bases WorldClim e CHIRPS, com resolução espacial de 1 km² e 5 km², respectivamente. A regionalização climática da região foi feita por três métodos de classificação climática e abordagem estatística (ACP), usando análise de cluster baseada em sete métodos de ligação. Os resultados da análise mostraram o padrão semelhante de distribuição espacial sazonal e anual da precipitação em ambos os dados climáticos de reanálise, com intervalo de precipitação anual entre 1.330-3.700 mm e 1.200-3.300 mm para dados do WorldClim e CHIRPS, respectivamente. A regionalização climática produziu sete clusters em ambos os dados de reanálise com padrão de precipitação de monções, caracterizado por um pico de precipitação no início do ano.

A Classificação Climática de Novais (2019) adota uma abordagem híbrida, integrando aspectos das duas vertentes. Como destacam Novais e Machado (2023a), o sistema “utiliza dados de reanálise climática e aplica modelos cartográficos para relacionar e detalhar unidades climáticas em diferentes escalas”, estruturando-se em uma hierarquia que vai da zona climática até a escala local, com base em fatores físicos, astronômicos e atmosféricos. Essa concepção híbrida não apenas amplia a aplicabilidade da classificação climática em distintas escalas de análise, como também permite maior precisão na delimitação das unidades climáticas ao incorporar variáveis dinâmicas e condicionantes geográficos.

Fundamentos Teóricos e Antecedentes do Modelo Híbrido

A construção de um modelo híbrido encontra respaldo teórico em debates clássicos da Climatologia. Barry e Chorley (2013) destacam que a distinção entre classificações analíticas e dinâmicas já era uma preocupação nos primeiros estudos sistemáticos do clima. A necessidade de uma síntese entre ambas cresceu com os avanços nas geotecnologias e a ampliação das bases de dados meteorológicos globais. De fato, conforme aponta Galvani (2020), o desenvolvimento de sistemas mais robustos requer a articulação entre dados estatísticos e as dinâmicas atmosféricas regionais, o que apenas os modelos híbridos têm conseguido realizar com maior profundidade.

O modelo proposto por Novais (2019) é, portanto, herdeiro dessas tradições, mas as supera ao organizar a classificação por meio de uma estrutura hierárquica multiescalar, baseada em critérios objetivos e variáveis atualizadas. A proposta conjuga “o uso de séries temporais de temperatura, precipitação e evapotranspiração com a análise da atuação de sistemas atmosféricos regionais, como a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), a célula de Hadley e os jatos de altos e baixos níveis” (Novais, 2023a). Tais parâmetros são articulados por meio de um modelo geoespacial automatizado, desenvolvido no software Dinamica EGO, que permite o tratamento de grandes volumes de dados de reanálise climática, especialmente do projeto CHELSA.

A grande inovação do modelo híbrido está em sua capacidade de sintetizar dados analíticos e informações genéticas para definir domínios, subdomínios e regiões climáticas com precisão. As isotermas de temperatura média do mês mais frio (TMMF), os índices de balanço hídrico (precipitação versus ETp), os meses secos e os centros de ação atmosférica são integrados para formar uma matriz de decisão hierárquica. Essa matriz permite identificar o domínio climático (3ª hierarquia) e, ao mesmo tempo, associá-lo a suas implicações biogeográficas, como vegetação potencial e uso da terra.

A Operacionalização do Modelo Híbrido: Dados, Escalas e Hierarquias

O conjunto de dados de reanálise está entre os dados em grade mais utilizados para o estudo do tempo e do clima. Devido à sua natureza homogênea e alta resolução espacial e temporal (em comparação com observações brutas), eles são usados para avaliar modelos climáticos, decisões de manejo de irrigação, evolução do balanço hídrico do solo, previsões de inundações, além de muitos outros propósitos.

Com múltiplos conjuntos de dados de reanálise agora disponíveis, os pesquisadores devem considerar os pontos fortes e fracos de cada produto avaliando sua qualidade na reprodução da variação da média e da variabilidade — em uma base espacial e temporal — capturada nas observações. Embora os esforços para melhorar os produtos de reanálise tenham levado a um progresso significativo em nível global, os produtos em nível regional nem sempre conseguiram reproduzir as características climáticas.

As estimativas dos campos dinâmicos básicos obtidas por reanálises climáticas modernas tornam-se cada vez mais consistentes, sobretudo em regiões com elevada densidade de observações (Mavromatis, 2022). Em razão dessa confiabilidade, tais dados passaram a constituir a base do modelo híbrido de Classificação Climática proposto por Novais.

O primeiro passo para a utilização de dados de reanálise climática consiste na sua obtenção por meio do projeto CHELSA (*Climatologies at High Resolution for the Earth's Land Surface Areas*), que disponibiliza informações de temperatura, precipitação e evapotranspiração potencial (ETp) com resolução espacial de até 1 km² (Karger *et al.*, 2018). Esses dados são processados no ambiente de modelagem espacial do software Dinamica EGO, onde são aplicadas equações condicionais que associam variáveis climáticas a unidades territoriais específicas.

A estrutura hierárquica do modelo é composta por cinco níveis principais que se organizam em três escalas: zonal, regional e local. No nível mais amplo (zonal), destacam-se a zona climática e o clima zonal, definidos com base em critérios astronômicos (incidência solar, latitude) e térmicos (temperatura média do mês mais frio – TMMF). A segunda escala (regional) contempla os domínios, subdomínios e regiões climáticas, estruturados a partir da combinação entre TMMF, precipitação anual, número de meses secos (quando a precipitação é inferior à ETp), além da localização geográfica dentro do continente e da atuação de sistemas atmosféricos, como a ZCIT e as massas de ar (Novais, 2023; Novais; Machado, 2023).

Já na escala local, o modelo incorpora critérios geomorfológicos e aspectos da cobertura da terra, incluindo as áreas climáticas locais e os topoclimas (Fialho, 2021). Para tanto, são considerados elementos como orientação de vertentes, altitude, uso do solo e adensamento urbano, em linha com as contribuições de Stewart e Oke (2012) e Hoppe (2022). O nível local permite que o modelo atue também na caracterização de mesoclimas urbanos e de áreas de influência de microclimas, sendo particularmente útil para estudos ambientais, urbanos e de conforto térmico.

A hierarquia proposta por Novais (2019) contempla, portanto, uma lógica integrativa: cada unidade climática é definida não apenas por médias numéricas, mas também por sua posição relativa no espaço geográfico e pela atuação de sistemas meteorológicos. A inclusão de critérios dinâmicos torna o modelo mais sensível às particularidades regionais, evitando as generalizações excessivas dos sistemas exclusivamente analíticos. Como reforçam Fialho e Santos (2022), essa estrutura “[...] permite a definição de unidades climáticas em áreas com pouca ou nenhuma informação observacional, graças à modelagem baseada em dados de reanálise [...]”.

Vantagens da Abordagem Híbrida Frente aos Modelos Clássicos

A principal vantagem do modelo híbrido de Novais (2019) reside na sua capacidade de superar os limites estruturais dos sistemas tradicionais de classificação climática. Modelos como o de Köppen-Geiger, embora amplamente utilizados, baseiam-se exclusivamente em médias de temperatura e precipitação, sem considerar, por exemplo, a atuação das massas de ar, os mecanismos de circulação atmosférica ou os efeitos topográficos locais. Essa limitação leva à homogeneização de realidades climáticas distintas, principalmente em regiões de transição ou de relevo complexo (Beck *et al.*, 2018; Maluf, 2000).

Por outro lado, os modelos genéticos ou dinâmicos, como os de Bergeron (1928) ou Strahler (1951), embora mais sensíveis aos fatores atmosféricos, enfrentam dificuldades de operacionalização cartográfica, sobretudo em escalas locais ou regionais. Isso se deve, em parte, à necessidade de dados contínuos sobre circulação atmosférica, nem sempre disponíveis com a resolução adequada. O modelo de Novais contorna esse problema ao incorporar tais dados de forma indireta por meio de variáveis associadas à TMMF, à presença da ZCIT e ao balanço hídrico climatológico.

Além disso, a classificação híbrida facilita a integração com bases de dados geográficos, como as de relevo, vegetação e uso da terra, o que amplia suas possibilidades de aplicação em estudos interdisciplinares. Sua estrutura em escalas e hierarquias torna o modelo especialmente adequado para análises multiescalares, como no planejamento territorial, na modelagem ambiental e na avaliação de impactos climáticos regionais.

Como destacam Jardim (2015) e Machado (2021), o sistema híbrido “traz uma perspectiva multiescalar e integradora, que permite compreender a diversidade climática a partir de critérios objetivos e espacialmente consistentes”. Tal estrutura também permite a constante atualização e aprimoramento da classificação, à medida que novas bases de dados se tornam disponíveis, como demonstrado nas aplicações em diferentes localidades (Novais, 2023b; Novais *et al.*, 2023).

O Geossistema Climático

A Classificação Climática de Novais constitui uma proposta metodológica inovadora que alia a tradição da climatologia analítica com os princípios da climatologia dinâmica, sintetizando-as por meio de um modelo híbrido multiescalar. No entanto, sua força reside não apenas na conjugação técnico-metodológica, mas também em seu firme ancoramento teórico na Teoria Geral dos Sistemas,

conforme os preceitos de Ludwig von Bertalanffy (1968) e as proposições aplicadas aos geossistemas por Bertrand (1972), Tricart (1977) e Monteiro (2000b).

Sob essa ótica, o clima não é uma variável isolada, mas um dos componentes estruturais dos sistemas naturais, articulando-se dinamicamente com os demais subsistemas da paisagem (relevo, cobertura vegetal, rede hidrográfica, pedologia e uso do solo).

A proposta de Novais (2019) parte precisamente dessa concepção sistêmica ao considerar, em sua hierarquia climática, fatores astronômicos (como a incidência solar e as zonas climáticas), atmosféricos (como centros de ação e a ZCIT), hidrológicos (precipitação e ETp), pedogeográficos (unidades de relevo) e ecológicos (biomas e cobertura vegetal). A classificação, portanto, não se limita a médias térmicas ou pluviométricas, mas reflete a organização funcional das paisagens, permitindo uma leitura integrada dos climas como parte constitutiva dos geossistemas.

A implementação dessa abordagem é efetuada por meio de um modelo de hierarquia escalonada, que considera a complexidade e a consistência interna de cada patamar do sistema climático. As unidades são estabelecidas desde as zonas climáticas globais até os climas locais, passando por climas zonais, domínios e subdomínios, regiões e subregiões, e finalizando com mesoclimas, topoclimas e zonas climáticas urbanas. Cada uma dessas unidades é vista como um subsistema coerente, porém aberto, que está em contínua troca de matéria e energia com os compartimentos adjacentes. Como destacou Tricart (1977), o clima faz parte de um "sistema ambiental" e deve ser estudado em conjunto com todos os seus componentes sistêmicos.

Ao incorporar dados de reanálise climática, variáveis da circulação atmosférica e elementos da estrutura física do território, o modelo híbrido de Novais se afasta das classificações puramente tipológicas e passa a atuar como uma ferramenta para a compreensão da lógica espacial e funcional dos sistemas ambientais. Essa leitura está em consonância com a visão de Ab'Sáber (2007), que reconheceu o papel organizador do clima nos domínios morfoclimáticos da América do Sul, com impacto direto sobre a distribuição dos biomas, a morfologia das formações vegetais e os padrões de ocupação humana.

Estudos de Caso: Brasil, América do Sul e Europa

A Classificação Climática de Novais tem sido aplicada com sucesso em diferentes contextos geográficos, demonstrando a flexibilidade e a robustez do modelo híbrido. No Brasil, inicialmente o sistema foi utilizado para reavaliar os climas da savana brasileira (Cerrado), revelando subdomínios antes não mapeados, como regiões de transição entre os tipos Tropical Úmido e Tropical Semiseco, com implicações diretas na gestão hídrica e no zoneamento agroclimático (Novais, 2019). Depois, foi espalhado por todo território nacional mostrando a interação das hierarquias em 69 unidades climáticas ajustadas às regiões biogeográficas do país.

Na América do Sul, a classificação resulta na identificação de 43 regiões climáticas, organizadas com base na interação entre temperatura, precipitação, relevo e sistemas atmosféricos regionais, como será visto nas próximas partes deste livro. A integração de dados do CHELSA e a estrutura hierárquica permitiram distinguir, por exemplo, o Clima Subtropical Úmido da Serra do Mar brasileira do Domínio Subtropical Seco da Patagônia argentina, mesmo que ambos apresentem médias térmicas semelhantes. Esse grau de detalhamento só é possível graças ao modelo híbrido.

Foram realizados estudos em escalas inferiores para os municípios de Ponte Nova-MG (Allocca *et al.*, 2021a); Serra-ES (Oliveira; Allocca, 2021); Viçosa-MG (Fialho; Santos, 2022); Formosa-GO (Novais; Pimenta, 2021); Prata-MG (Novais, 2021a); Uberlândia-MG (Novais, 2021b); para as regiões do Triângulo Mineiro (Novais *et al.*, 2018); Zona da Mata Mineira (Allocca *et al.*, 2021b); Domínios subtropicais (Novais, 2017); Maciço da Pedra Branca (Silva; Costa, 2024) e para os estados de Goiás

(Novais, 2020); São Paulo (Novais; Galvani, 2022); Minas Gerais (Pimenta, 2022); Rio de Janeiro (Fialho; Machado, 2023) e Espírito Santo (Oliveira, 2023).

Na Europa, a aplicação do sistema também demonstrou sua capacidade adaptativa. Foram identificadas 191 unidades climáticas, com destaque para a diferenciação de áreas submetidas à influência de massas de ar atlânticas, mediterrâneas e continentais. A aplicação do modelo na Península Ibérica, por exemplo, permitiu a distinção de regiões climáticas entre o litoral atlântico português e o interior seco castelhano, cuja diferenciação não era suficientemente evidenciada pelos sistemas clássicos (Novais; Machado, 2023).

Limitações e Desafios Metodológicos

Apesar de suas inovações e vantagens operacionais, o modelo híbrido proposto por Novais não está isento de limitações. A primeira delas refere-se à dependência de dados de reanálise climática, como os fornecidos pelo projeto CHELSA. Embora altamente resolutivos e disponíveis globalmente, esses dados são frutos de modelagem matemática e, portanto, sujeitos a incertezas, principalmente em regiões de baixa densidade de observações meteorológicas *in situ* (Karger *et al.*, 2018). Isso pode impactar diretamente a definição de domínios e subdomínios em áreas remotas ou com variabilidade topográfica extrema.

Outro desafio relevante está relacionado à complexidade computacional do modelo. A utilização de grandes volumes de dados espaciais e a aplicação de equações condicionais automatizadas no Dinamica EGO demanda máquinas com alta capacidade de processamento e armazenamento, o que pode dificultar sua replicabilidade por pesquisadores sem acesso a esses recursos. Ainda que o software seja gratuito, sua curva de aprendizado e as etapas de construção do modelo exigem conhecimento técnico específico em geoprocessamento e modelagem espacial.

Do ponto de vista teórico, há também o desafio de calibrar os limiares adotados para as variáveis climáticas. Por exemplo, a definição da isoterma de 15,0 °C como limite entre os climas zonais quente e moderado foi baseada em estudos empíricos no Brasil (Novais, 2017), mas pode demandar ajustes em distintos contextos culturais e ecológicos.

A mesma crítica pode ser feita às classificações baseadas na quantidade de meses secos, que, embora respaldadas por métodos consagrados (como Penman-Monteith), ainda necessitam de validação local, principalmente para fins agrícolas ou de saúde pública. Ademais, o modelo ainda não cobre integralmente todas as regiões do planeta, representando, ao mesmo tempo, uma limitação e uma oportunidade para trabalhos futuros. O avanço das aplicações em regiões da África, Ásia e Oceania será fundamental para validar a consistência global do modelo híbrido.

Considerações Finais

Um dos problemas mais difíceis no processo de delimitação das unidades climáticas é a escolha do método (ou princípio) mais adequado para a regionalização climática, que tende a atender o maior número possível de usuários, sem gerar unidades excessivamente fragmentadas nem generalizadas. Segundo Rakićević (1980) a “região climática” é como uma área com clima específico, que a diferencia, em maior ou menor grau, das áreas vizinhas. A “região climática” consistiria, portanto, em subdividir uma área maior em unidades climáticas menores, com base em determinados indicadores e características. Essa definição, porém, é passível de críticas, especialmente na parte que trata da escolha dos indicadores e atributos, que podem variar de acordo com cada pesquisa. Além disso, muitos autores utilizam o mesmo termo, por exemplo, “tipo climático”, para descrever fenômenos e processos tanto na dimensão horizontal quanto vertical.

Pertencer a uma região climática implica conhecer todos os valores quantitativos possíveis para aquela área. Hoje, Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) facilitam essa tarefa, permitindo sobrepor camadas, cruzar dados e gerar resultados rápidos e precisos. As cartas digitais podem conter tabelas, textos, fotos e gráficos integrados. Blüthgen (1966) é categórico ao afirmar que elaborar uma classificação climática, que atenda igualmente a todas as inter-relações climáticas, é uma utopia. No entanto, com o avanço dos SIGs abrem-se novas possibilidades e desafios para abordar essa questão. No passado, a indisponibilidade de dados brutos obrigava pesquisadores a aceitar resultados, sem poder realizar sua validação.

Por sua vez, a Classificação Climática de Novais representa uma proposta, que transita entre a tradição e a inovação no campo da Climatologia Geográfica. Ao integrar a abordagem analítica (típica de modelos como Köppen-Geiger) com a abordagem dinâmica (presente nos trabalhos de Strahler e Flohn), o modelo híbrido oferece uma resposta coerente às demandas científicas e práticas por representações mais precisas e operacionais dos climas do planeta. Seu caráter hierárquico e multiescalar possibilita uma leitura refinada das realidades climáticas, adaptando-se às necessidades de diferentes escalas de análise: do planejamento territorial regional ao estudo de mesoclimas urbanos. Ao incluir variáveis como a temperatura média do mês mais frio (TMMF), a atuação de sistemas atmosféricos (como a ZCIT), a distribuição sazonal das chuvas e a topografia local, o modelo transcende a mera representação estatística do clima e se aproxima de uma geossíntese climatológica, como já defendida por autores como Monteiro (1971).

Além disso, o modelo demonstra grande potencial para contribuir com políticas públicas de adaptação às mudanças climáticas, uma vez que permite a delimitação precisa de áreas vulneráveis a secas, geadas, estiagens prolongadas ou excesso hídrico. A produção de mapas e quadros climáticos detalhados, associada à codificação padronizada das unidades climáticas, constitui uma ferramenta poderosa para o ensino, a pesquisa e a gestão ambiental. A continuidade do desenvolvimento do modelo híbrido de classificação climática depende de três eixos fundamentais: ciência aberta, interoperabilidade e expansão global. O primeiro diz respeito à manutenção do acesso público e gratuito às bases de dados climáticos e às ferramentas de modelagem espacial. A democratização dos dados e dos algoritmos garante a replicabilidade e a revisão crítica do modelo, além de permitir sua utilização por instituições públicas e comunidades científicas em contextos diversos.

O segundo eixo, da interoperabilidade, implica a adaptação do modelo para funcionar em ambientes computacionais distintos, permitindo sua integração com outros sistemas de análise ambiental, bancos de dados geoclimáticos e ferramentas de análise estatística. Isso abre possibilidades para a inserção da Classificação Climática de Novais em plataformas internacionais, como os sistemas da FAO, da WMO e do IPCC. A expansão global requer a formação de redes colaborativas de pesquisadores, capazes de aplicar, revisar e adaptar o modelo híbrido às diferentes regiões do planeta. O sucesso das aplicações já realizadas na América do Sul e na Europa demonstra sua flexibilidade metodológica. A consolidação de parcerias com instituições de pesquisa nos demais continentes permitirá o refinamento dos limiares adotados, o aumento da cobertura espacial e o enriquecimento da base epistemológica do modelo.

Em suma, o modelo híbrido da Classificação Climática de Novais é um marco na climatologia contemporânea ao reunir o rigor da análise estatística com a profundidade interpretativa da climatologia dinâmica. Seu legado será medido não apenas pela precisão cartográfica que alcança, mas, sobretudo, por sua capacidade de formar uma nova geração de pesquisadores capazes de pensar o clima de forma integrada, multiescalar e comprometida com os desafios do século XXI. Ele representa uma inovação metodológica e um avanço teórico, ao propor uma classificação climática que atua como eixo estruturador da paisagem. Ao dialogar com a teoria do geossistema, ele promove uma verdadeira síntese entre o clima enquanto fenômeno físico e o clima enquanto componente organizador dos territórios, reafirmando sua centralidade na leitura geográfica do espaço.

“O clima não existe de forma desvinculada do ritmo de vida, tampouco constitui algo pronto e acabado, apreendido de maneira objetiva; ao contrário, resulta de uma construção social e simbólica do mundo.”

*Edson Soares Fialho.
Nos dias frios de inverno das terras altas da
Mantiqueira, 17 de agosto de 2025.*

Referências

AB'SA'BER, A. **Os domínios de Natureza no Brasil**: Potencialidades paisagísticas. 4. ed. São Paulo: Ateliê Editorial, 2007.

ALLOCCA, R. A.; OLIVEIRA, W. D.; FIALHO, E. S. Delimitação de domínios e subdomínios climáticos para o município de Ponte Nova, Minas Gerais. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA, 14, João Pessoa, **Anais** [...]. Paraíba, UFPB, 2021a. p. 1512-1525. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/354126544_DELIMITACAO_DE_DOMINIOS_E_SUBDOMINIOS_CLIMATICOS_PARA_O_MUNICIPIO_DE_PONTE_NOVA_MINAS_GERAIS.

ALLOCCA, R. A.; MOREIRA, J. S.; J.; SILVA, M. A. S.; MARINHO, M, R.; SILVA, W. M. Proposta de delimitação de unidades climáticas para a região da Zona da Mata de Minas Gerais. **Revista de Ciências Humanas**, Viçosa-MG, v. 21, n. 1. 25 p. 2021b. Disponível em: <https://periodicos.ufv.br/RCH/article/view/12014/6708>>.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; MORAES GONCALVES, J. L.; SPAROVEK, G. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Berlin, v. 22, n. 6, p. 711–728, 2013. Disponível em: https://www.schweizerbart.de/papers/metz/detail/22/82078/Koppen_s_climate_classification_map_for_Brazil.

AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. 8. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003. 332 p.

BARRY, R. G.; CHORLEY, R. J. **Atmosphere, Weather and Climate**. 9. ed. London: Routledge, 2013.

BECK, H. E.; ZIMMERMANN, N. E.; McVICAR, T. R.; VERGOPOLAN, N.; BERG, A.; WOOD, E. F. Present and future Köppen-Geiger climate classification maps at 1-km resolution. **Scientific Data**, v. 5, p. 1-12, 2018. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/sdata2018214>.

BERTALANFFY, L. **General system theory**: foundations, development, applications. New York: G. Braziller, 1968.

BERTRAND, G. **Paisagem e Geografia Física Global**: esboço metodológico. Cruz, Olga (trad.). Cadernos de Ciências da Terra. São Paulo, USP-IGEOG, n. 43, 1972.

BLÜTHGEN, J. **Allgemeine Klimageographie**. De Gruyter, Berlim. 1966.

BRINO, W. C. A abordagem genética na classificação climática. **Revista Geografia**. Rio Claro, SP, v. 2, n. 3, p. 97-105, 1977. Disponível em: <https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/agegeo/article/view/14900>.

CONTI, J. B. Geografia e Climatologia. **GEOUSP: Espaço e Tempo**, São Paulo, SP, v. 5, n. 1, p. 91-95, 2001. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/geousp/article/view/123516>.

CRITCHFIELD, J. H. **General Climatology**. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N. J. 1960.

CUNHA, D. G. F.; VECCHIA, F. As Abordagens clássicas e dinâmicas de clima: uma revisão bibliográfica aplicada ao tema da compreensão da realidade climática. **Revista Ciência e Natura**, Santa Maria, RS, v. 29, n. 1, p. 137–149. Disponível em: https://periodicos.ufsm.br/cienciae_natura/article/view/9767.

FIALHO, E. S.; SANTOS, L. G. F. Unidades Mesoclimáticas de Viçosa-MG, na Zona da Mata Mineira. **Revista Brasileira de Climatologia**, Dourados, MS, Ano 18, v. 31, p. 230–258, 2022. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/rbclima/article/view/15841/8830>.

FIALHO, E. S. Topoclimatologia: Estudo de caso do transect Ponte Nova-Ubá, na Zona da Mata Mineira. **Humboldt - Revista de Geografia Física e Meio Ambiente**, Rio de Janeiro, RJ, v. 1, n. 2, 2021, 34p. Disponível em: <https://www.epublicacoes.uerj.br/index.php/humboldt/article/view/57374/36819>.

FIALHO, E.; FERREIRA, C.; SILVA, C.; NOVAIS, G. T. Classificações climáticas: perspectivas e possibilidades. In: NOVAIS, G. T. (org.). **Climas do Brasil: classificação climática e aplicações**. Porto Alegre: Totalbooks, 2023. https://www.researchgate.net/publication/373258071_Classificacoes_climaticas_Perspectivas_e_possibilidades.

FIALHO, E. S.; MACHADO, L. A. Classificação climática do estado do rio de janeiro: revisão, reanálise e reflexões. **Revista Continentes**, Seropédica, RJ, ano 11, n. 23, p. 367-390, 2023. Disponível em: <https://revistacontinentes.com.br/index.php/continentes/article/view/213>.

FITZPATRICK, M. C.; MOGLEN, G. E. The use of climate classification in the prediction of species distributions. **Global Ecology and Biogeography**, v. 17, n. 4, p. 625-636, 2008.

FLOHN, H. Neue Anschauungen über die allgemeine Zirkulation der Atmosphäre und ihre klimatische. **Erdkund**, v. 4, p. 141-162, 1950.

GEIGER, R. **The climate near the ground**. New York: Harvard University Press, 1961.

GOMES, P. C. C. O conceito de região e sua discussão. In: CASTRO, I. E. *et al.*, (org.). **Geografia: Conceitos e temas**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1995, p. 49-76.

GRIGORIEV, A. A.; BUDYKO, M. I. **Classification of Climates of the USSR**. Moscow. 1959.

HOPPE, M. Urban climate mapping: methods and applications. **Environmental Modelling & Software**, v. 147, 2022.

JACOBET, J. Classifications in climate research. **Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C**, v. 35, p. 411-421, 2010. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1474706509001405#bib82>.

JARDIM, C. H. Aspectos Multiescalares e Sistêmicos da Análise Climatológica. **Revista Geografias**, Belo Horizonte, p. 40-52, 2015. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/geografias/article/view/13480>.

KÖPPEN, W. Das geographische System der Klimate. In: **Handbuch der Klimatologie**, v. 1, p. 1–44, 1936.

MACHADO, L. A. **Análise das relações superfície-atmosfera na bacia hidrográfica do Rio das Velhas em uma perspectiva multiescalar**: proposta de síntese. 2021. 218 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal de Minas Gerais, 2021. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/42920>.

MALUF, J. R. T. Nova Classificação Climática do Estado do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, RS, v. 8, n. 1, p. 141-150, 2000. Disponível em: https://www.cnpq.br/embrapa.br/biblio/p_pa08.htm.

MARTINS, F. B.; GONZAGA, G.; SANTOS, D. F. dos; REBOITA, M. S. Classificação climática de köppen e de thornthwaite para minas gerais: cenário atual e projeções futuras. **Revista Brasileira de Climatologia**, Dourados, MS. Edição Especial Dossiê Climatologia de Minas Gerais. Ano 14, p. 129-156, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.5380/abclima.v1i0.60896>.

MAVROMATIS, T. Evaluation of reanalysis data in meteorological and climatological applications: spatial and temporal considerations. **Water**, v. 14, n. 17, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/w14172769>.

MENDONÇA, F. A.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia**: Noções básicas e climas do Brasil. São Paulo: Oficina de Textos, 2007. 208 p.

MIRANDA, E. E.; COUTINHO, B. **Clima e planejamento agrícola**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2004.

MONTEIRO, C. A. F. **A análise rítmica em climatologia**: problemas da atualidade climática em São Paulo e achegas para um programa de trabalho. São Paulo: Universidade de São Paulo, 1971 (Série Climatologia, 1).

MONTEIRO, C. A. F. O Estudo Geográfico do Clima. **Cadernos Geográficos**, Florianópolis-SC, n. 1, 72 p. 1999. Disponível em: <http://cadernosgeograficos.paginas.ufsc.br/files/2016/02/caderno-geografico-01.pdf>.

MONTEIRO, C. A. F. De tempos e ritmos: entre o cronológico e o meteorológico para a compreensão geográfica dos climas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA, 4, 2000, **Anais [...]**. Rio de Janeiro-RJ: UFRJ/CREA-RJ, 2000a.

MONTEIRO, C. A. F. **Geossistemas**: A história de uma procura. São Paulo: contexto, 2000b.

NASCIMENTO, D. T. F.; LUIZ, G. C.; OLIVEIRA, I. J. Panorama dos sistemas de classificação climática e as diferentes tipologias climáticas referentes ao estado de Goiás e ao Distrito Federal. **Élisée - Revista de Geografia da UEG, [S. l.]**, v. 5, n. 2, p. 59–86, 2017. Disponível em: <https://www.revista.ueg.br/index.php/elisee/article/view/5769>. Acesso em: 12 abr. 2026.

NETZEL, P. E. T.; STEPINSKI, T. On Using a clustering approach for global climate classification. **Journal Climate**, New York, v. 29, n. 9, p. 3387-3401, 2016. Disponível em: <https://journals.ametsoc.org/view/journals/clim/29/9/jcli-d-15-0640.1.xml>.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1989. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv81099.pdf>.

NOVAIS, G. T. Mesoclimas do Município de Prata (MG). **Revista Brasileira de Climatologia**, Dourados-MS, v. 28, p. 8-27, 2021a. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/rbclima/article/view/14337>.

NOVAIS, G. T. Os domínios subtropicais brasileiros: do Rio Grande do Sul ao Centro-Sul de Minas Gerais. ENCONTRO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO-ENANPEGE, 12, **Anais [...]**. Porto Alegre: UFRGS/ANPEGE, 2017. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/335612047_OS_DOMINIOS_SUBTROPICAIS_BRASILEIROS_DO_RIO_GRANDE_DO_SUL_AO_CENTRO-SUL_DE_MINAS_GERAIS_GIULIANO_TOSTES_NOVAIS_1?channel=doi&linkId=5d702a17a6fdcc9961af8cc7&showFulltext=true.

NOVAIS, G. T. Unidades climáticas do município de Uberlândia (MG). **Revista de Ciências Humanas**, Viçosa-MG, v. 21, n. 1. 18 p. 2021b. Disponível em: <https://periodicos.ufv.br/RCH/article/view/11735/6710>.

NOVAIS, G. T.; BRITO, J. L. S.; SANCHES, F. O. Unidades climáticas do Triângulo Mineiro-Alto Paranaíba. **Revista Brasileira de Climatologia**, Dourados-MS, v. 23, n. 1, p. 223-243, 2018. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/rbclima/article/view/14093/7332>.

NOVAIS, G. T.; PIMENTA, J. S. Unidades climáticas do município de Formosa (GO): climas zonais, domínios, tipos e subtipos climáticos. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA, 14, João Pessoa, **Anais [...]**. Paraíba, UFPB, 2021. p. 1228-1241. Disponível em: https://www.xivsbcg.com/_files/ugd/9ff9b8_a0d883a74de94f71909621a117693c1d.pdf.

NOVAIS, G. T.; MACHADO, L. Ensaio sobre a classificação climática global de novais. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA, **Anais [...]**. 15, Unicentro, Guarapuava, PR, 2023a. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/375343445_ENSAIO_SOBRE_A_CLASSIFICACAO_CLIMATICA_GLOBAL_DE_NOVAIS.

NOVAIS, G. T.; MACHADO, L. A. Os climas do Brasil: segundo a classificação climática de Novais. **Revista Brasileira de Climatologia**, Dourados, MS, v. 32, n. 19, p. 1–39, 2023a Disponível em: <https://doi.org/10.55761/abclima.v32i19.16163>.

OLIVEIRA, W. D.; ALLOCCA, R. A. Classificação climática de Serra-ES. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA, 14, João Pessoa, **Anais [...]**. Paraíba, UFPB, 2021. p. 1699-1713. Disponível em: https://www.xivsbcg.com/_files/ugd/9ff9b8_a0d883a74de94f71909621a117693c1d.pdf.

OLIVEIRA, W. D. **Classificação climática para o estado do espírito santo**: da zona climática ao topoclíma. 188f. Tese (Doutorado em Geografia). Centro de Ciências Humanas e Naturais. Programa de Pós Graduação em Geografia, Universidade Federal do Espírito Santo, 2023. Disponível em: <https://repositorio.ufes.br/items/0e993a40-9992-45d5-bb9c-b7a8a1e39c58>.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas**. Guaíba: Agropecuária, 2002.

SÁ JUNIOR A.; CARVALHO L. G.; SILVA F. F.; ALVES M. C. Application of the Köppen classification for climatic zoning in the state of Minas Gerais, Brazil. **Theor. Appl. Climatol.**, New York, 108, 2012, p. 1–7. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00704-011-0507-8>.

SANT'ANNA NETO, J. L. História da climatologia no Brasil: gênese e paradigmas do clima como fenômeno geográfico. **Cadernos Geográficos**. UFSC/CFH, Florianópolis, n. 7, 2004, 124 p. Disponível em: <https://cadernosgeograficos.paginas.ufsc.br/files/2016/02/completo-7.pdf>.

SILVA, M. S.; COSTA, V. C. Classificação das unidades climáticas do Maciço da Pedra Branca – Rio de Janeiro, RJ. **Geografia**, Rio Claro, SP, v. 49, n. 1, 25 p. 2024. Disponível em: <https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/ageteo/article/view/18337>.

STEWART, I. S.; OKE, T. R. Local climate zones for urban temperature studies. **Bull. Amer. Meteor. Soc.**, New York, v. 93, p. 1979-1900, 2012. Disponível em: <https://journals.ametsoc.org/view/journals/bams/93/12/bams-d-11-00019.1.xml>.

STRAHLER, A. N. **Physical Geography**. 3. ed. Nova York: John Wiley, 1951.

TAVARES, F. L.; TOMAZ, P. **Climatologia geográfica: fundamentos, métodos e aplicações**. São Paulo: Contexto, 2022.

TERASSI, P. M. B.; SILVEIRA, H. Aplicação de sistemas de classificação climática para a bacia hidrográfica do rio Pirapó-PR. **Revista Formação**. Presidente Prudente, SP, v. 1, n. 20, p. 111-128. Disponível em: <https://revista.fct.unesp.br/index.php/formacao/article/view/2058>.

TREWARTHA, G. T. **An Introduction to Climate**. 3rd Edition, Mc Grawhill Book Company. INC, 1937, p. 395. Disponível em: <https://archive.org/details/in.ernet.dli.2015.261708/page/n7/mode/2up>.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro FBGE, 1977.

TUCCI, C. E. M. **Gestão de recursos hídricos e meio ambiente**. Porto Alegre: ABRH, 2008.

YARNAL, B.; COMRIE, A. C.; FRAKES, B.; BROWN, D. P. Developments and prospects in synoptic climatology. **Int. J. Climatol**, v. 21, p. 1923-1950, 2001. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/joc.675>.

YON SUGIARTO, P.; ATMAJA, T.; NURHASANAH, S. Evaluation of the use of data reanalysis for climate regionalization. **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**, 187, 2018. Disponível em: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/187/1/012062/meta>.

ESCALAS E HIERARQUIAS CLIMÁTICAS: FUNDAMENTOS E APLICAÇÕES

Emerson Galvani
João Lima Sant'Anna Neto
Giuliano Tostes Novais

Introdução

As classificações climáticas têm como objetivo sintetizar um volume expressivo de informações sobre o clima, organizando-as de modo a facilitar a compreensão da sua distribuição espacial. Cada local apresenta um comportamento climático próprio, refletindo uma combinação singular de fatores físicos e biológicos. Assim, não há climas idênticos: uma montanha, uma planície litorânea, áreas desérticas, vales fluviais ou ambientes urbanos expressam, cada qual, uma assinatura climática particular. Esses elementos locais interagem com sistemas atmosféricos mais amplos, e os níveis de análise permitem transitar entre escalas globais e variações sutis, como aquelas observadas em encostas, vales ou fragmentos urbanos. Até mesmo os ambientes oceânicos e glaciares, por vezes negligenciados, revelam uma complexidade climática que merece atenção científica.

A compreensão dos padrões climáticos exige a adoção de recortes espaciais ajustados, conforme a escala de análise: macroclima, mesoclima e microclima. A estrutura do relevo, por exemplo, exerce papel fundamental nesse contexto. Quanto maior sua irregularidade, mais variados serão os climas locais que se formam. Em síntese, os fatores geográficos e atmosféricos interagem em múltiplas escalas, gerando uma diversidade que desafia classificações simplificadas. Como nos relata o professor Hugo Romero, da Universidad de Chile, ao destacar a complexidade climática dos Andes centrais: *“En Chile y en Mendoza, la cordillera de los Andes y sus quebradas, ríos, laderas, cuencas y exposiciones a la radiación y masas de aire continentales y marítimas generan infinitos climas regionales y locales.”*

Dessa forma, o estudo das escalas e hierarquias climáticas se mostra indispensável para a compreensão da diversidade climática, pois possibilita identificar as formas pelas quais o clima se organiza e se manifesta em distintos níveis de espacialidade. Do global ao local, a análise hierárquica revela conexões dinâmicas entre processos atmosféricos e a superfície terrestre, contribuindo não apenas para o avanço científico, mas também para aplicações práticas nas áreas da agricultura, planejamento urbano, manejo de recursos naturais e adaptação às mudanças climáticas.

Referencial Teórico

As classificações climáticas atendem a objetivos distintos dependendo do objeto de estudo. Por exemplo, a classificação de Thornthwaite foca na parte hídrica e é muito utilizada pelos agrônomos. A classificação de Köppen é generalista e atende à compreensão dos grandes tipos climáticos por suas diferenciações. A classificação de Strahler se baseia nos centros de pressão e domínios dos sistemas atmosféricos. Os arquitetos e urbanistas recorrem a classificações climáticas elaboradas para atender às demandas do conforto urbano. Assim, cada sistema de classificação é construído segundo os interesses de seus autores, que selecionam e valorizam os elementos climáticos mais adequados aos objetivos que pretendem alcançar.

O clima pode ser estudado por meio de sua dimensão espacial e de sua dimensão temporal, sendo as duas dimensões, de forma geral, empregadas conjuntamente nos mais variados estudos. As escalas espaciais ganham maior destaque na abordagem geográfica do clima. As escalas temporais

mais utilizadas são as escalas geológica, histórica e contemporânea. Consideramos também, na análise da atmosfera, a sua dimensão vertical, perpassando pela camada limite superficial, urbana e atmosférica ou planetária. Cada escala de trabalho impõe um limite temporal, espacial e vertical do volume de atmosfera (Oke, 1974, 1978, 1979, 2005).

Para Ribeiro (1993), a escala é uma referência de valor arbitrada segundo critérios que interessam à compreensão de um fenômeno. Os estudos dos fenômenos relacionados com o comportamento da atmosfera são orientados no sentido da compreensão de sua extensão (espaço) e de sua duração (tempo). A definição da intensidade, frequência e, finalmente, de uma tipologia climática dependerá, basicamente, da adequação da abordagem espaço-temporal com o conjunto de técnicas analíticas empregadas no processo da pesquisa e comunicação dos seus resultados.

O nível de escala deve ser compatível com a abordagem adotada, garantindo coerência entre o fenômeno climático e as técnicas utilizadas, desde a coleta dos dados até sua representação gráfica e cartográfica (Ribeiro, 1993). Para a proposição de uma taxonomia climática apoiada em critérios de variabilidade temporal e espacial e, ao mesmo tempo, adequada aos propósitos anteriormente enunciados, é necessário buscar apoio nos elementos de definição climática que são comuns a todas as escalas que possam ser propostas.

Portanto, para Ayoade (1996), considerando as possibilidades de interação ao longo do tempo e do espaço, entre os fluxos de matéria/energia e os elementos condicionantes de sua definição, pode-se apresentar, para uma primeira análise, três níveis escalares do clima:

1. Macroclimático: interação entre a radiação solar, a curvatura da Terra e os seus movimentos de rotação e translação. Este nível está relacionado com os aspectos dos climas de amplas áreas da Terra e com os movimentos atmosféricos em larga escala.
2. Mesoclimático: interação entre a energia disponível (para o processo de evaporação e de geração de campos de pressão) e as feições do meio terrestre. Este nível abrange o estudo do clima em áreas relativamente pequenas, entre 10 a 100 quilômetros de largura, como, por exemplo, o estudo do clima urbano, e dos sistemas climáticos locais severos, tais como tornados e temporais.
3. Microclimático: interação entre os sistemas ambientais particulares na modificação dos fluxos de energia, umidade, massa e *momentum*. Preocupa-se com o estudo do clima próximo à superfície ou de áreas muito pequenas, com menos de 100 metros de extensão.

Barry e Chorley (2013) relacionam os fenômenos meteorológicos às dimensões espacial e temporal, e à escala em energia cinética desses, comparando-os a outros fenômenos antrópicos e naturais. Para Fialho *et al.* (2023), esses limites espaciais consistem em referências para o recorte espacial do objeto de estudo. Porém, o pesquisador não deve se ater apenas a métricas, já que, na atmosfera, não existem limites intransponíveis.

A consequência dessa preocupação deriva na construção da hierarquização, um dos componentes mais debatidos no estudo das escalas (Gibson *et al.*, 2000). Na proposição de classificações climáticas, a compreensão das diferenças existentes entre a taxonomia das escalas do clima e as escalas geográficas do clima são um primeiro fator. O binômio escala-hierarquia sempre se apresentou como um grande desafio a ser superado no âmbito das classificações climáticas. Monteiro (1976) organizou uma proposta taxonômica para os espaços zonais, regionais e locais, topoclima, mesoclima e microclima (Quadro 1), que é a mais conhecida e utilizada. Dentre as diversas formas de hierarquização, a mais aceita pelos climatólogos e meteorologistas subdivide as ordens de grandeza em: macroclima, mesoclima e microclima, as quais trazem consigo dimensões espaciais muito generalistas e guardam subjetividades.

Quadro 1 – Categorias taxonômicas da organização geográfica do clima e suas articulações com o clima urbano.

Ordens e grandeza (Cailleux e Tricart)	Unidades de superfície	Escala cartográfica	Espaços climáticos	Espaços urbanos	Estratégias de abordagem		
					Meios de observação	Fatores de organização	Técnicas de análise
II	Milhões de km	1:45.000.000 a 1:10.000.000	Zonal		Satélites, reanálise, reanálise climática	Latitude, centros de ação atmosférica	Característica geral comparativa
III	Milhares de km	1:5.000.000 a 1:2.000.000	Regional		Cartas sinóticas, sondagens aerológicas, reanálise climática	Sistemas meteorológicos (circulação secundária)	CHIRPS, CHELSA, rede de transectos
IV	Centenas de km	1:1.000.000 a 1:500.000	Sub-regional (fácies)	Megalópole, Grande área metropolitana	Aerolevantamentos por Drone, rede meteorológica de superfície	Fatores geográficos regionais	Câmeras Flyers, mapeamento sistemático
V	Centenas de km	1:250.000 a 1:100.000	Local	Metrópole	Posto meteorológico, rede complementar	Integração geocológica, ação antrópica	Análise espacial
VI	Dezenas de km	1:50.000 a 1:25.000	Mesoclima	Cidade grande, bairro ou subúrbio de grande metrópole	Registros móveis (episódicos)	Urbanismo	Especiais
-	Dezenas de metros	1:10.000 a 1:5.000	Topoclima	Pequena cidade, fácies de bairro ou subúrbio de cidade	Detalhe	Arquitetura	
-	Metros	1:2.000	Microclima	Grande edificação habitação	Bateria de instrumentos espaciais	Habitação	

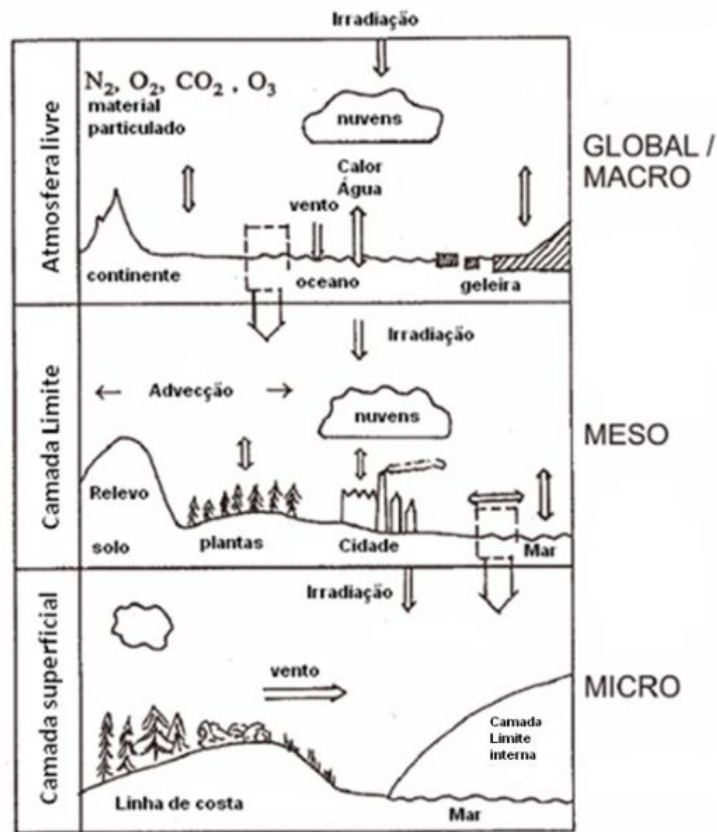
Fonte: Monteiro (1976), modificado pelos autores (2026).

As ordens de grandeza de Cailleux e Tricart (1956) foram baseadas nas formas do relevo e depois houve um esforço para ajustar essas categorias àquelas do clima. É uma abordagem sistêmica com grande flexibilidade, essencialmente aberta, integrando todos os elementos necessários ao estudo da paisagem.

As escalas do clima são um instrumento de análise fundamental para a compreensão das relações temporais e espaciais entre o clima e a superfície terrestre. Para Sant’Anna Neto (2013), a escala astronômica influencia na precessão dos equinócios, mudança de posição do eixo terrestre e órbita circunsolar da Terra, produzindo as grandes glaciações quaternárias. As escalas intermediárias são geográficas por excelência e referem-se à dimensão das estruturas e processos que permitem compreender como o espaço se organiza. E as escalas finais (climas locais) relacionam-se com o próprio cotidiano da sociedade e os ciclos do mundo natural. Quando tratamos de escalas do clima, além da diversidade espacial, estamos nos referindo a escalas de processos e não necessariamente de recortes territoriais.

De acordo com Lima (2014), dependendo da literatura adotada há divergências quanto aos nomes e divisões escalares para estudos do clima. A Figura 1 apresenta uma ilustração das diferentes escalas climáticas e os fenômenos a eles associados, propostos por Hupfer (1996), onde o microclima está associado à superfície.

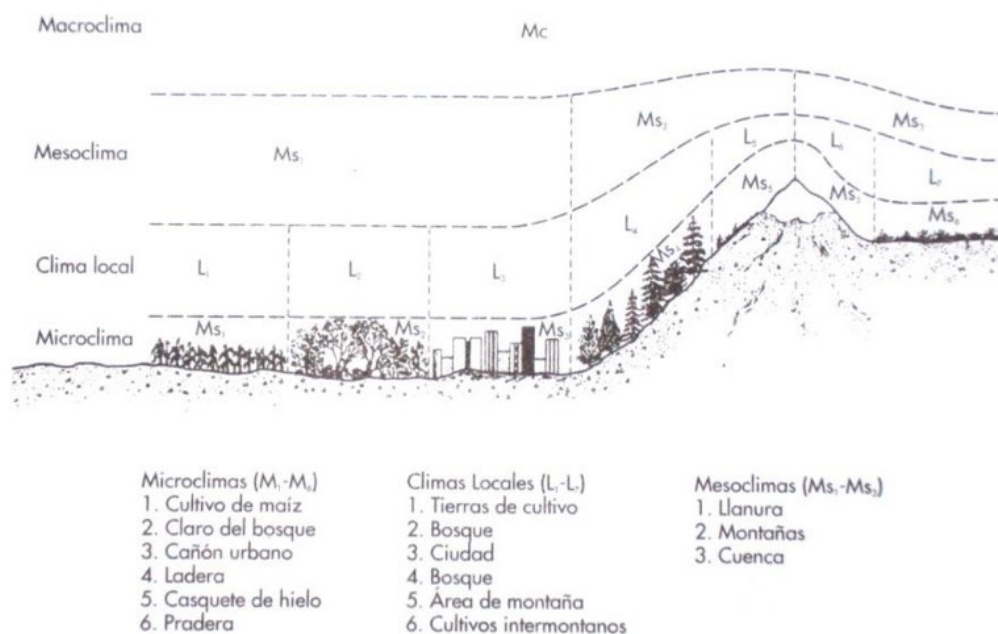
Figura 1 – Sistema climático na escala macro, meso e micro.



Fonte: Hupfer (1996).

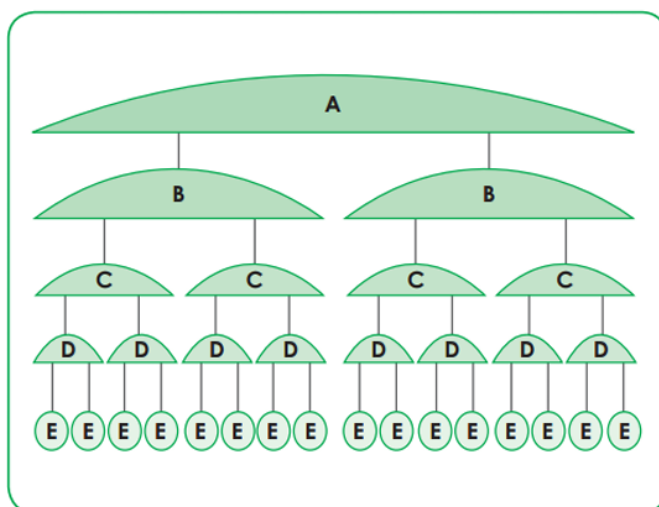
Ainda segundo Lima (2014), para Cuadrat e Pita (2011) é possível diferenciar quatro escalas climáticas: macroclimática, mesoclimática, local e microclimática (Figura 2). Serafini Jr. *et al.* (2012) apresenta uma hierarquização relacionando diferentes escalas climáticas (Figura 3).

Figura 2 – Esquema representativo das escalas climáticas.



Fonte: Cuadrat e Pita (2011).

Figura 3 – Organização hierárquica das escalas climatológicas.



Fonte: Serafini Jr. *et al.* (2012).

De acordo com Galvani (2020), são consideradas escalas superiores aquelas mais próximas do nível planetário e escalas inferiores aquelas mais próximas dos indivíduos habitantes da superfície. Portanto, as combinações de processos físicos interativos numa escala superior resultam em modificações sucessivas no comportamento da atmosfera nas escalas inferiores. As combinações particulares de processos físicos nas escalas inferiores possuem limitada repercussão nas escalas superiores. O grau de dependência da radiação solar na definição climática é maior nas escalas superiores, enquanto a influência dos elementos da superfície, inclusive a ação antrópica, vai-se tornando mais pronunciada na medida em que se atingem as escalas inferiores. Quanto mais extenso o resultado de determinada combinação, maior será o tempo de sua permanência, sendo o inverso igualmente verdadeiro. A extensão de uma determinada combinação na atmosfera resulta num atributo tridimensional, sendo, portanto, volumétrica a noção de extensão e tendo como limite superior o próprio limite da atmosfera terrestre. O pesquisador precisa definir a escala a ser trabalhada para decidir quais equipamentos, procedimentos e referencial teórico poderá utilizar em sua pesquisa. Para Galvani (2020), as escalas podem ser divididas em: Zonal, Regional, Sub-regional e Local.

A escala zonal é a maior das unidades climáticas que faz o compartimento do clima do globo e compreende áreas extensas da superfície da Terra. Abrange desde o Planeta até faixas ou zonas, mas alguns espaços regionais de grande amplitude também se enquadram, como é o caso do clima dos oceanos, continentes, de um grande país etc. Os fatores que influenciam o nível zonal são: latitude, altitude, continentalidade/maritimidade, posição relativa da Terra para o Sol. Estes fatores resultam em um aquecimento diferencial e na distribuição desigual das águas e continentes. A extensão espacial desta escala é superior a milhões de km², com escala temporal mínima de 30 anos, sendo as fontes de dados de imagens de satélite e reanálise climática.

A escala regional é uma unidade intermediária entre as grandezas superiores e inferiores, sendo a circulação atmosférica presente na região o principal fator que a influencia, com escala temporal de 5 a 10 anos e fontes de dados de origem secundária. Já no nível sub-regional, a escala climática possui fatores controlados pelo relevo com necessidade de estudos geomorfológicos e de uso do solo, com escala temporal de 5 a 10 anos e fontes de dados de reanálise climática com complemento de postos meteorológicos.

Por fim, a escala local tem um nível de observação da estação meteorológica convencional ou automática. Esta estação meteorológica deverá ser instalada em local com cobertura de grama e amplo horizonte, com escala temporal de horas, dias, meses e anos.

Além destas escalas climáticas, ainda temos mais duas categorias: Topoclimática, definida pelos efeitos do relevo e da paisagem, buscando entender as relações existentes entre os atributos climáticos e as características topográficas, a partir dos dados registrados e armazenados nos equipamentos instalados ao longo da área de estudo; e Microclimático, a escala de maior aproximação para a Climatologia Geográfica, o que Geiger (1961) definiu como sendo o estudo da camada de ar junto ao solo e inferior à altura convencional de 2 m.

Assim, considerando a necessidade de se pensar em uma proposta que possa englobar os elementos postos e aqui debatidos, apresentamos uma classificação climática que engloba uma ordem de grandeza escalar voltada para estudos de Climatologia Geográfica e, mesmo, áreas afins. Na sequência, no Quadro 2, é possível observar, de maneira ampliada, não apenas os critérios de delimitação da classificação climática, mas também as ordens escalares e cartográficas, bem como exemplificações espaciais de grande valia para o norteamento dos estudos climáticos. A proposta visa contribuir e avançar nas classificações conhecidas na literatura. Nela procuramos demonstrar a convergência existente entre as unidades de superfície em razão da escala cartográfica, nas quais os fatores de organização e os critérios de determinação estão intimamente ligados. A interação das escalas com as hierarquias é fundamental para o entendimento da atuação de um clima em uma área específica. Em termos de ordem de grandeza nas escalas do clima, a classificação climática de Novais (2023) é dividida em um nível superior e outro inferior (Quadro 2), de acordo com o que Ribeiro (1993) e Galvani (2020) haviam proposto.

Quadro 2 – Ordem de grandeza escalar da Classificação Climática de Novais.

Ordem de grandeza	Escalas	Hierarquias	Exemplificação espacial	Unidades de superfície	Escala cartográfica	Fatores de organização	Crítérios
Nível superior da escala climática	Zonal	Zona climática	Continentes, oceanos	Milhões de km ²	1:10.000.000 a 1:100.000.000	Latitude	Incidência solar (altura do Sol)
		Clima zonal	Continentes, grandes biomas, grandes unidades de relevo	Dezenas a milhares de km ²	1:100.000 a 1:1.000.000	Centros de ação atmosféricos, fatores geográficos regionais	Temperatura média do mês mais frio (TMMF)
	Regional	Domínio climático	Países, biomas, grandes unidades de relevo	Dezenas a milhares de km ²	1:100.000 a 1:5.000.000	Circulação secundária, fatores geográficos regionais	TMMF, Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), Precipitação, quantidade de meses secos
		Subdomínio climático	Grandes unidades de relevo	Dezenas a milhares de km ²	1:100.000 a 1:5.000.000	Circulação secundária, fatores geográficos regionais	Quantidade de meses secos (precipitação menor que ETp)
		Região climática	Biomas, unidades de relevo	Dezenas a milhares de km ²	1:100.000 a 1:5.000.000	Fatores geográficos regionais	Localização no continente
	Nível inferior da escala climática	Sub-regional	Sub-região climática	Unidades de relevo e grandes metrópoles	Dezenas a milhares de km ²	1:100.000 a 1:1.000.000	Integração geoecológica, ação antrópica
Mesoclima			Maçios, serras, planícies, patamares e depressões. Regiões metropolitanas, grandes e médias cidades	Dezenas a centenas de km ²	1:50.000 a 1:100.000	Integração geoecológica, ação antrópica, urbanismo	3° e 4° táxon geomorfológicos
Local		Topoclima/área climática local	Áreas de cimeira de serras e planaltos, linhas de cumeada, vertentes, áreas urbanas e parques	m ² a dezenas de km ²	1:5.000 a 1:50.000	Integração geoecológica, ação antrópica, urbanismo, arquitetura	5° táxon geomorfológico, medição instrumental

Fonte: Organizado pelos autores (2026).

Dentro do nível superior, temos duas escalas climáticas: a zonal e a regional. As primeiras hierarquias climáticas aparecem na escala zonal do clima e são representadas pela zona climática e pelo clima zonal, com abrangência espacial continental, sendo que os fatores de organização estão pautados na latitude, nos centros de ação atmosférica e nos fatores geográficos regionais. A escala regional do clima é a mais variada em termos hierárquicos, pois faz a conexão deste nível superior para o inferior, contando com três hierarquias climáticas (domínio, subdomínio e região climática). Estas são organizadas pela circulação secundária e por fatores geográficos regionais, tendo como critérios a temperatura média do mês mais frio, precipitação, e a quantidade de meses secos (precipitação menor que a ETp).

O nível inferior da escala climática tem uma influência mais direta sobre os habitantes da superfície terrestre e é dividido em duas escalas, a sub-regional e a local. Dentro da escala sub-regional, temos a sub-região e o mesoclima (6ª e 7ª hierarquias de Novais) com abrangência espacial que varia de dezenas a milhares de km², tendo como fatores de organização a integração geoecológica, a ação antrópica e o urbanismo, com critérios de delimitação regulados a partir das unidades geomorfológicas. A última escala climática na classificação de Novais é a local, cuja hierarquia é caracterizada pelo topoclima, que abrange locais como maciços, serras e vertentes dentro e fora de áreas urbanas, tendo como critério principal a medição por instrumentos. As áreas climáticas locais também fazem parte desta escala, sendo associadas ao adensamento urbano diferenciado nas cidades, similar à proposição de Stewart e Oke (2012) e Hoppe (2022). Ainda dentro da escala local, temos o microclima, importante para o estudo de condições de conforto térmico na arquitetura, abrangendo uma área espacial de m².

Considerações Finais

A análise do clima sob a ótica das escalas e hierarquias permite compreender a atmosfera como um sistema complexo e dinâmico, que se organiza de forma diferenciada no tempo e no espaço. Ao estabelecer níveis de grandeza (como o macroclimático, mesoclimático, microclimático e suas subdivisões), climatologistas e geógrafos podem interpretar os fenômenos atmosféricos com maior clareza, respeitando os limites e possibilidades de cada recorte. Essa abordagem multiescalar oferece instrumentos conceituais para distinguir, por exemplo, os efeitos globais da circulação geral da atmosfera daqueles oriundos da topografia local ou da cobertura do solo, revelando o papel estruturante das escalas na organização climática da superfície terrestre.

A hierarquização dos espaços climáticos, por sua vez, cumpre uma função essencial na sistematização das informações obtidas em campo e na modelagem de classificações coerentes com a diversidade dos ambientes. Ao identificar zonas, domínios, subdomínios e regiões, a hierarquia não apenas organiza os níveis de análise, mas também proporciona uma leitura relacional entre os diferentes fatores atuantes em cada escala. Essa articulação entre as ordens de grandeza, de milhões de quilômetros quadrados até o nível do metro quadrado, é indispensável para construir representações cartográficas e analíticas que reflitam as realidades ambientais e socioterritoriais dos climas estudados.

A Classificação de Novais insere-se nesse contexto como uma proposta que busca operacionalizar as escalas e hierarquias climáticas a partir de critérios físicos, geográficos e técnicos, respeitando as interações verticais e horizontais da atmosfera com a superfície. Mais do que uma simples taxonomia, essa proposta exemplifica como uma abordagem geográfica comprometida com o rigor metodológico pode avançar na delimitação das unidades climáticas. Ainda assim, o verdadeiro desafio continua sendo o de desenvolver ferramentas analíticas que consigam dar conta da complexidade climática sem perder a capacidade de síntese e comunicação científica — o que reforça a relevância de manter em debate permanente o papel das escalas e das hierarquias nos estudos do clima.

Referências

- AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. Traduzido por: Maria Juraci dos Santos. 4. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1996. 332 p.
- BARRY, R. G.; CHORLEY, R. J. **Atmosfera, tempo e clima**. 9. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.
- CAILLEUX, A.; TRICART, J. Le problème de la classification des faits géomorphologiques. **Ann. de Géogr.**, n. 65, p. 162-186. 1956.
- CUADRAT, J. M.; PITA, M. F. **Climatologia**. Madrid: Cátedra, 2011. IPCC, Cuarto Informe, www.ipcc.ch.
- FIALHO, E. S.; FERREIRA, C. C. M.; DA SILVA, C. A.; NOVAIS, G. T. Classificações climáticas: perspectivas e possibilidades. *In*: NOVAIS (org.). **Climas do Brasil: classificação climática e aplicações**. Porto Alegre: Total Books, 2023.
- HOPPE, I. L. Local Climate Zones, Sky View Factor and magnitude of daytime/nighttime urban heat islands in Balneário Camboriú, Sc, Brazil. **Climate**, v. 10, n. 12, 2022, p. 197.
- HUPFER, P. **Unsere Umwelt: Das Klima**. Vieweg und Teubner Verlag Wiesbaden, 1996. 335 p. DOI:10.1007/978-3-322-81040-3.
- LIMA, N. G. B. **Interação dos atributos climáticos nos manguezais do litoral sul de São Paulo e sua relação com os controles climáticos**. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade de São Paulo, 2014.
- MONTEIRO, C. A. F. **Teoria e clima urbano**. Tese de livre docência (Geografia). Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas – USP. São Paulo, 1976.
- NOVAIS, G. T. **Climas do Brasil: classificação climática e aplicações**. Porto Alegre: TotalBooks, 2023.
- OKE, T. R. Review of urban climatology: 1968-1973. Geneva: **World Meteorological Organization**. 1974 (WMO Technical Note, n. 134).
- OKE, T. R. **Boundary layer climates**. London: Methuen & Co, 1978. 372 p.
- OKE, T. R. Review of urban climatology: 1973-1976. Geneva: **World Meteorological Organization**. 1979 (WMO Technical Note, n. 169).
- OKE, T. R. Towards better scientific communication in urban climate. **Theoretical and Applied Climatology**. Viena, n. 84, p. 179-190, 2005.
- RIBEIRO, A. G. As escalas do clima. **Boletim de Geografia Teorética**. Rio Claro-SP, v. 23, n. 1, p. 45-46, 1993.
- SANT'ANNA NETO, J. L. Escalas geográficas do clima, mudança, variabilidade e ritmo. *In*: AMORIM, Margarete Cristiane de Costa Trindade; SANT'ANNA NETO, João Lima e MONTEIRO, Ana. (org.). **Climatologia urbana e regional: Questões teóricas e estudos de caso**. São Paulo: Outras expressões, 2013.
- SERAFINI JUNIOR, S.; GALVANI, E.; LIMA, N. A. G. B.; ALVES, R. R. Adequação da escala climatológica na análise climática para planos de manejo: o Parque Estadual Intervales como estudo de caso. *In*: GALVANI, Emerson; LIMA, Nádia Gilma Bezerra de. (org.). **Climatologia aplicada: resgate aos estudos de caso**. 1. ed. Curitiba: Editora CRV, 2012, v. 01, p. 43-54.

STEWART, I. D.; OKE, T. R. Local climate zones for urban temperature studies. **Bulletin of the American Meteorological Society**, december, 2012.

SORRE, M. Objeto e método da climatologia. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo-SP, n. 18, p. 89-94, 2006.

AQUISIÇÃO E USO DE DADOS DE REANÁLISE CLIMÁTICA

Patrick Thomaz de Aquino Martins

Lilian Aline Machado

Introdução

A disponibilidade de dados climáticos em séries históricas consistentes e espacialmente representativas é fundamental para o desenvolvimento de estudos que possuem o clima como objeto central de análise. Contudo, em diversas regiões do planeta, especialmente em áreas remotas e de difícil acesso, a cobertura espacial de estações meteorológicas e outros instrumentos de medição na superfície é baixa, mal distribuída e, por vezes, as séries geradas apresentam falhas, descontinuidades e limitações de cobertura.

Neste contexto, a utilização de dados geoespaciais, como os provenientes de imagens de satélite, da cartografia digital e de modelos numéricos, pode ajudar a superar estas barreiras, uma vez que estes têm se tornado mais acessíveis à medida que as tecnologias da informação, notadamente computadores pessoais conectados à rede mundial de computadores (*internet*), têm se popularizado no meio acadêmico-científico. Estes dados são utilizados para reduzir fenômenos geográficos a formas que podem ser codificadas em bancos de dados de computador (Longley *et al.*, 2005).

Os dados geoespaciais englobam qualquer tipo de elemento vinculado a um componente de localização, permitindo relacionar objetos, eventos ou fenômenos a posições específicas na superfície da Terra, motivo pelo qual também são denominados dados georreferenciados. Esta localização é dada a partir da associação de cada dado a um sistema de coordenadas conhecido, como o Universal Transversa de Mercator (UTM) ou o sistema de coordenadas geográficas.

O início da utilização dos dados geoespaciais remonta aos anos de 1960, a partir de uma iniciativa do governo do Canadá para criar um inventário de recursos naturais, e teve o seu desenvolvimento ao longo da década de 1970, quando fundamentos matemáticos voltados para a cartografia e recursos de *hardware* foram desenvolvidos, sistemas comerciais para a manipulação deste tipo de dados começaram a surgir e a expressão Sistema de Informação Geográfica (SIG) foi cunhada (Câmara e Davis, 2001).

O SIG é um sistema de computador para capturar, armazenar, consultar, analisar e exibir dados geoespaciais (Chang, 2018) e teve, na década de 1980, o início da sua popularização, tanto pelo crescente interesse na manipulação da informação geográfica (Miranda, 2005), quanto pela queda dos preços dos *hardwares* que equipavam os computadores (Longley *et al.*, 2005). Foi neste período que também se desenvolveram os sensores capazes de adquirir energia no infravermelho termal, posteriormente embarcados em satélites de sensoriamento remoto. Os sensores do Programa Landsat constituem um caso de sucesso, captando este tipo de dado de forma quase ininterrupta desde o início da década de 1980 (Jensen, 2009).

Ao longo da década de 1980 houve, ainda, um avanço expressivo no desenvolvimento de modelos de previsão numérica de tempo, que contribuíram para a melhor compreensão e descrição dos sistemas de circulação global da atmosfera (Balmaseda, 2014). Este avanço está vinculado ao desenvolvimento da reanálise climática, a qual consiste no processamento de extensas bases de dados meteorológicos observacionais, utilizando-se de sistemas de previsão de tempo para a produção de dados consistentes e espacialmente explícitos de elementos climáticos (Balmaseda *et al.*, 2014). Assim, os produtos de reanálise climática consistem em uma solução robusta, ao combinar observações *in situ*, dados de sensoriamento remoto e modelos numéricos por meio de técnicas de

assimilação, resultando em bases de dados contínuas e globalmente coerentes (Hersbach *et al.*, 2020).

Desde os primeiros esforços, como o ERA e o NCEP/NCAR Reanalysis, até as versões mais recentes, como o ERA5 (ECMWF), o MERRA-2 (NASA) e o JRA-55 (JMA), as reanálises tornaram-se fundamentais para a compreensão da variabilidade climática e para o avanço da modelagem atmosférica. Sua utilização abrange desde estudos como classificação e regionalização climática, até análise de teleconexões, mudanças climáticas e aplicações práticas em recursos hídricos, agricultura e planejamento ambiental. No entanto, a resolução espacial desses modelos tende a ser baixa, atendendo a estudos de escala global ou regional. Esse fator levou ao desenvolvimento de produtos de interpolação global de dados meteorológicos que, em alguns casos, como o Terra Climate e o CHELSA (*Climatologies at high resolution for the earth's land surface areas*), são derivados de produtos de reanálise, porém oferecem resoluções espaciais melhoradas que atendem a múltiplas escalas climáticas de estudo.

Apesar dos avanços metodológicos e tecnológicos das últimas décadas, os dados de reanálise e seus derivados não estão isentos de limitações. Como produtos de modelos, ruídos e incertezas são características intrínsecas aos resultados, sobretudo em áreas com escassez de observações. Ainda assim, a contínua evolução dos modelos de assimilação de dados e a crescente disponibilidade de plataformas de acesso gratuito tornam essas bases cada vez mais relevantes e acessíveis à comunidade científica.

Neste contexto, o presente capítulo apresenta os tipos de dados geoespaciais e exemplifica como podem ser obtidos dados geoespaciais climáticos. Além disso, discute os principais produtos de reanálise climática disponíveis e produtos de interpolação global de dados meteorológicos derivados da reanálise, como o CHELSA. Por fim, descreve suas formas de aquisição, potenciais aplicações e limitações, destacando perspectivas futuras para seu uso em pesquisas atmosféricas e ambientais.

Tipos de Representação de Dados Geoespaciais

Os dados geoespaciais são organizados de modo que a representação espacial, isto é, a sua geometria, esteja vinculada a atributos, os quais são constituídos por descritores alfanuméricos. Estes dados podem ser estruturados em dois tipos: vetorial ou matricial.

Na estrutura vetorial, a geometria é descrita explorando as primitivas gráficas próprias da cartografia (Gomasasca, 2009), se utilizando de linhas, pontos e polígonos para a representação dos dados geoespaciais, sendo os atributos organizados em um sistema de gerenciamento de banco de dados (Hamada e Gonçalves, 2007). Nesta estrutura, o ponto é formado por um par de coordenadas, enquanto a linha e o polígono são formados por uma sequência desses pares. No caso do polígono, o último e o primeiro par de coordenadas são idênticos, fechando a figura geométrica (Rocha, 2007).

Os dados matriciais (ver Figura 1), também denominados raster ou grade (*grid*), são estruturados em uma matriz com n linhas e m colunas, onde cada célula, denominada pixel, apresenta um valor a ele atribuído (Fitz, 2008). Ou seja, nesta estrutura, o espaço é dividido em uma grade de células, frequentemente de tamanho regular e limitada a conter o valor de um único atributo, sendo a acurácia do dado dependente da resolução espacial (Gomasasca, 2009).

Câmara e Medeiros (1998) se utilizam de seis aspectos para listar, comparativamente, as vantagens e desvantagens das estruturas vetorial e matricial. De acordo com estes autores, o armazenamento por coordenadas, a adequação com a escala de trabalho (tanto a grandes quanto a pequenas escalas), a facilidade de associação dos atributos a elementos gráficos e a disponibilidade de relacionamentos topológicos entre objetos são os pontos fortes da estrutura vetorial. Já a estrutura

matricial se destaca na melhor representação de fenômenos com variação contínua no espaço, facilidade na simulação e modelagem e processamento mais rápido e eficiente.

Independentemente da estrutura, para a utilização de dados geoespaciais é recomendável o conhecimento de cartografia e o emprego de *software* especializado, como aqueles que compõem os SIGs, a exemplo do QGIS e do ArcGIS, ou, em um nível mais avançado, de linguagens ou ambientes de computação capazes de lidar com estes tipos de dados, como R ou Python.

No estudo do clima, como poderá ser notado neste capítulo, os dados matriciais têm sido os mais empregados, tanto pela natureza contínua das variáveis climáticas quanto pela principal fonte de dados globais (os satélites). À estrutura vetorial ficam reservados principalmente dados temáticos caracterizados por feições espaciais discretas, isto é, aquelas que possuem limites claros e fixos, tais como as representações das classificações climáticas.

Fontes de Dados Geoespaciais Climáticos

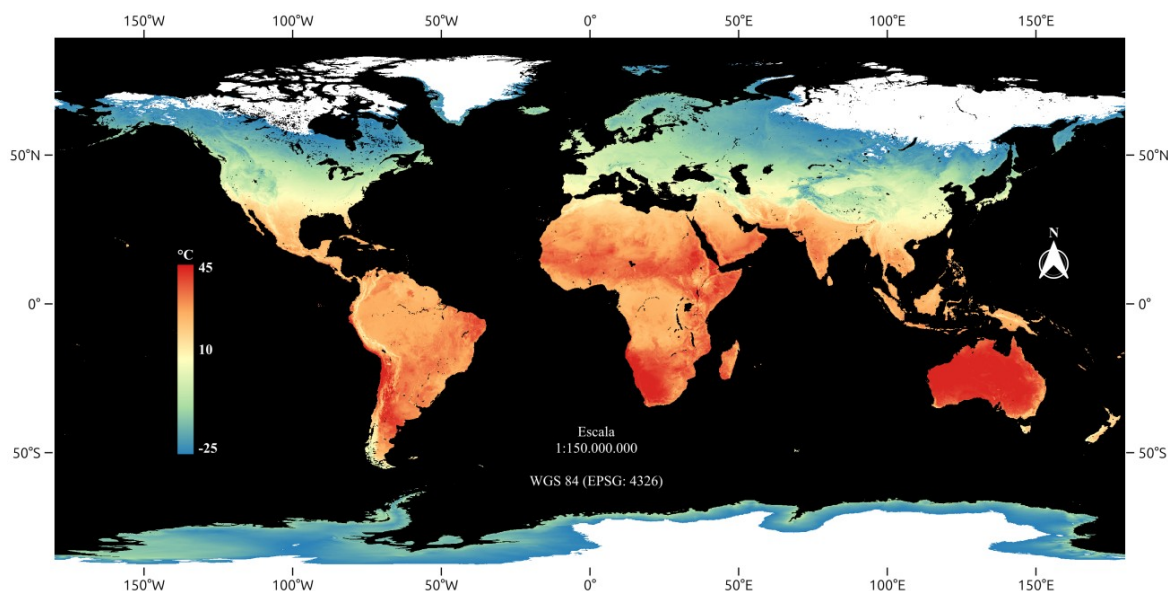
Em decorrência do avanço tecnológico envolvendo a geração de dados geoespaciais, a capacidade de armazenamento e processamento computacionais e a sua distribuição, a disponibilidade de dados climáticos geoespaciais tem se ampliado significativamente nas últimas décadas, com notório destaque para aqueles de acesso gratuito. Embora diversas instituições internacionais e nacionais ofereçam acesso gratuito a bancos de dados geoespaciais com informações climáticas, foram priorizadas, neste capítulo, as bases caracterizadas como de acesso fácil (sem necessidade de cadastro) e simples (possibilidade de obtenção de forma intuitiva ou em poucos níveis a partir de um menu), que ocupem pouco espaço de armazenamento (< 1 Gb) e apresentem cobertura majoritariamente global ou que abranja o território brasileiro. Em razão destes critérios, alguns portais relevantes para a climatologia, como o EarthData (<https://www.earthdata.nasa.gov/>), da NASA, e o ESA Climate Office (<https://climate.esa.int/>), da Agência Espacial Europeia (ESA), não foram incluídos neste capítulo.

O primeiro banco de dados espaciais que vale a pena consultar para a obtenção de dados geoespaciais de climatologia é o NASA Earth Observations (NEO), que permite a consulta e o *download* de imagens de satélite de diversos conjuntos de dados globais com intervalos diários, semanais e mensais. Os dados possuem resoluções espaciais angulares entre 0,1° e 1° (aproximadamente 10 km e 100 km) e são estruturados tanto como uma grade (matricial) quanto em texto. Os dados geoespaciais formatados como texto são organizados de modo que os campos (dos atributos) são delimitados por um caractere, como vírgula, tabulação ou ponto e vírgula, e devem informar, em seus campos, as coordenadas ao posicionamento espacial das informações. Sua geometria é caracterizada como uma entidade pontual, semelhante, visualmente, à da estrutura vetorial. Dentre os temas disponíveis no NEO, podem ser citados o vapor d'água atmosférico, a temperatura média de superfície (Figura 1), a precipitação e o índice ultravioleta. O acesso aos dados é feito por meio do site (<https://neo.gsfc.nasa.gov/>) e da escolha do conjunto de dados desejado. Ao acionar o tema desejado, é possível visualizar o dado e escolher o período, o ano e as opções de *download* (formato e resolução).

Ao se ter contato com as classificações climáticas existentes, certamente a de Köppen-Geiger é uma das mais conhecidas e amplamente utilizada (Beck *et al.*, 2023). Os dados referentes a este sistema de classificação podem ser obtidos por meio da plataforma de dados meteorológicos GloH2O (<https://www.gloh2o.org/>). Ao carregar a página, é necessário acionar o menu Product e, então, Köppen-Geiger, onde será possível encontrar um parágrafo a partir do qual se dá o acesso aos dados (*Data access*) por meio de um *hiperlink* (<https://figshare.com/ndownloader/files/45057352>). O conjunto de dados (matriciais) apresenta, desde resolução mais finas, por volta de 1 km (0,01°), a mais grosseiras, em torno de 100 km (1°). Os dados possuem cobertura global, abrangendo períodos

históricos e futuros e estão organizados de acordo com os intervalos dos anos considerados (1901-1930, 1931-1960, 1961-1990, 1991-2020, 2041-2070 e 2071-2099), acompanhados de um arquivo indicativo das legendas.

Figura 1 – Temperatura média da superfície terrestre para o mês de dezembro de 2001.



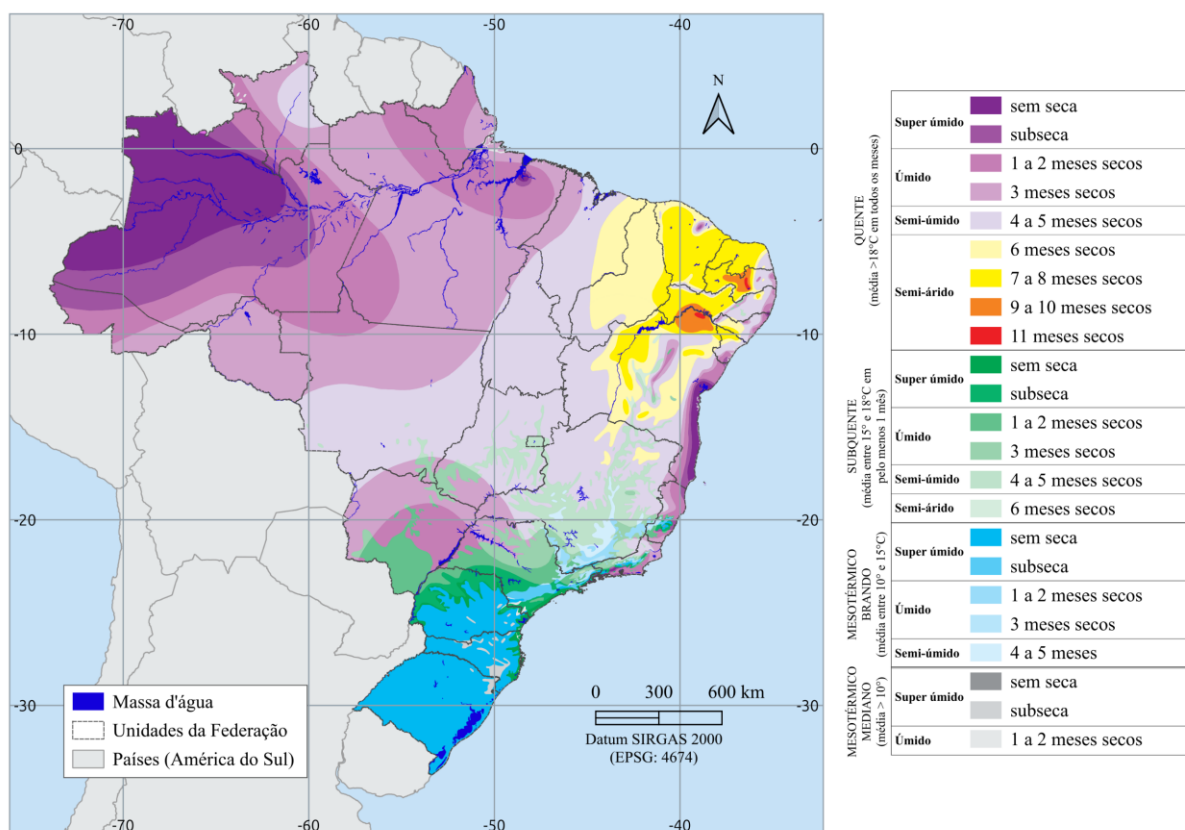
Fonte: Elaborado pelos autores, a partir do dado obtido na plataforma NEO.

Ainda no âmbito global, com informações que também contemplam dados climáticos futuros, outro banco de dados geospaciais muito utilizado é o WorldClim (Fick e Hijmans, 2017). A partir do seu *site* (<https://www.worldclim.org/>) é possível baixar dados meteorológicos e climáticos em grade (estrutura matricial) para condições históricas e futuras. As variáveis climáticas históricas (1970-2000) disponíveis são temperatura mínima, temperatura máxima, temperatura média, precipitação, radiação solar, velocidade do vento e pressão de vapor de água, com resoluções espaciais que variam de aproximadamente 1 km² (30 segundos) até cerca de 340 km² (10 minutos). Os dados meteorológicos históricos mensais (1950-2024) apresentam temperatura média mínima, temperatura média máxima e precipitação total, e estão disponíveis em resoluções que vão de ~21 km² (25 minutos) a ~340 km². Já os dados climáticos futuros abarcam os períodos médios de 20 anos (2021-2040, 2041-2060, 2061-2080, 2081-2100) e possuem mesma resolução que os dados climáticos históricos. As variáveis disponíveis são as seguintes: temperatura mínima média mensal, temperatura máxima média mensal e precipitação total mensal. Para a obtenção destes dados é preciso acionar a opção *download* na página principal, escolher o tipo de dado no menu lateral (*historical climate data*/dados climáticos históricos, *historical monthly weather data*/dados meteorológicos mensais históricos ou *future climate data*/dados climáticos futuros).

Restringindo as opções ao território nacional, a plataforma do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) disponibiliza, na sua página de *downloads* de dados de geociências (<http://geoftp.ibge.gov.br/>), o mapa de clima do Brasil, produzido no ano de 2002, em escala 1:5.000.000. Para acessar os arquivos, é preciso aceder ao diretório *informacoes_ambientais/*, o subdiretório *climatologia/* e, então, *vetores/*. Dentro de *vetores/* estão contidas duas pastas, uma identificada como *brasil/*, onde estão disponíveis os dados da classificação climática do IBGE (Figura 2), e outra de nome *regionais/*, a partir da qual podem ser acessados os dados de agressividade climática potencial (para a região da Amazônia Legal), ambos em estrutura vetorial.

Possibilitando o acesso aos seus dados utilizando apenas a estrutura de texto, o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) disponibiliza dados de precipitação total, pressão atmosférica (ao nível da estação, máxima e mínima), radiação global, temperatura do ar (bulbo seco e do ponto de orvalho), temperatura máxima, temperatura mínima, temperatura orvalho máxima, temperatura orvalho mínima, umidade relativa (máxima, mínima, relativa do ar) e vento (direção horária, rajada máxima e velocidade horária). O procedimento para a obtenção destes consiste em ativar o menu Dados Meteorológicos, no sítio do INMET (<https://portal.inmet.gov.br/>), e acessar o Banco de Dados Meteorológicos, a partir de onde é possível obter o pacote de dados anuais de todas as estações automáticas separadas por anos (2000-2025).

Figura 2 – Climas do Brasil.



Fonte: Elaborado pelos autores, a partir de dados obtidos na página do IBGE.

A última base de dados a ser referida como fonte de dados geoespaciais climáticos é o Repositório Institucional de Geociências, do Serviço Geológico do Brasil (SGB), uma plataforma que preserva, em meio digital, a produção intelectual dos pesquisadores da instituição. Um dos documentos possíveis de se obter nesta plataforma é o mapa do “Levantamento da geodiversidade: projeto atlas pluviométrico do Brasil: isoietas médias mensais de dezembro: período de 1977 a 2006”, produzido na escala 1:5.000.000 em 2011. Além de ser possível visualizar o mapa como um documento digital (pdf) diretamente do navegador, também é concedida a oportunidade de obtenção dos dados geoespaciais em estrutura vetorial. Para tal, é necessário buscar o documento na página da plataforma (<https://rigeo.sgb.gov.br/>), a partir do menu Navegar, opção “título”.

Reanálise Climática

Histórico e Principais Bases de Dados da Atualidade

A reanálise climática é um processo de reconstrução histórica do clima global realizado por meio da assimilação consistente de dados observacionais em modelos numéricos, gerando séries contínuas, homogêneas e espacialmente completas das condições atmosféricas e de superfície ao longo de décadas (Kalnay *et al.*, 1996; Dee *et al.*, 2011; Hersbach *et al.*, 2020). Esse processo combina dados observacionais provenientes de estações de superfície, radiossondagens, satélites, boias oceânicas e outros sensores em um modelo numérico de previsão do tempo ou do clima histórico.

O conceito da reanálise climática surgiu quase que simultaneamente à análise climática produzida através de Modelos Numéricos de Previsão de Tempo (Numerical Weather Prediction - NWP). Os modelos NWP, no entanto, são sistemas numéricos que integram observações da atmosfera (estações, satélites, radiossondagens, boias etc.) em um modelo de previsão para gerar a melhor representação possível do estado atual da atmosfera. Esse processo se chama assimilação de dados, e os modelos usados para isso são os modelos de análise (Poli, 2011). Enquanto os modelos de análise estão focados na previsão e, portanto, sofrem atualizações nos parâmetros constantes, alterando os resultados conforme a dinâmica atmosférica, os modelos de reanálise uma vez construídos, são mantidos invariáveis por vários anos a fim de se estabelecer uma base de dados confiável e consistente que subsidie estudos que cubram anos ou décadas de avaliação do clima (Poli, 2011).

Na década de 1970 houve um esforço de reanálise das observações de superfície coletadas durante o Primeiro Experimento Global do Programa Global de Pesquisa Atmosférica (First Global Experiment of the Global Atmospheric Research Programme - FGGE), poucos meses após a emissão da primeira previsão operacional ocorrida em agosto de 1979 (Uppala *et al.*, 2008 e Balmaseda *et al.*, 2014). O primeiro produto de reanálise foi concluído em 1981 e já atualizado em 1986, após feitas várias correções e adições ao conjunto original de dados do FGGE e uma atualização no sistema de previsão de tempo (Balmaseda *et al.*, 2014). Segundo Balmaseda *et al.* (2014), essas reanálises pioneiras, juntamente com a reanálise complementar realizada por Ploshay *et al.* (1992), forneceram os primeiros conjuntos globais de dados atmosféricos disponíveis para pesquisa científica e amplamente utilizados nos estudos do clima.

O Centro Europeu de Previsões Meteorológicas de Médio Prazo (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts - ECMWF) desempenhou papel crucial na evolução das reanálises climáticas globais. A partir dos anos 1990, foi desenvolvido o Sistema Integrado de Previsão (IFS), que possibilitou a reanálise do período 1979–1993, conhecida como ERA-15 (Balmaseda *et al.*, 2014). Posteriormente, o ECMWF produziu a ERA-40, que abrangeu o período de 1957 a 2002, utilizando uma versão atualizada do IFS com resolução espacial de 125 km. O avanço seguinte foi a reanálise ERA-Interim, iniciada em 1979 e mantida até o presente, com resolução espacial de 80 km e técnicas analíticas mais sofisticadas (Balmaseda *et al.*, 2014). Também na década de 1990, projetaram-se as reanálises do NCEP/NCAR (Uppala *et al.*, 2005). Essas reanálises fornecem conjuntos globais de dados atmosféricos essenciais para estudos climáticos e previsões meteorológicas.

A partir de 2010, o ECMWF lançou a reanálise ERA5, que se destaca pelas altas resoluções temporal e espacial, e pela abrangência histórica, desde 1940 até o presente, com atualizações contínuas e utilização em diversas áreas da climatologia moderna (Hersbach *et al.*, 2020). Os avanços mais recentes em reanálises climáticas, especialmente entre 2020 e 2025, concentram-se na melhoria da resolução temporal e espacial dos produtos, na atualização contínua dos períodos históricos e na inclusão de dados de diferentes fontes e variáveis climáticas, como dados de satélites. Assim, a evolução contínua dos produtos de reanálise possibilita o estudo mais preciso de eventos extremos e padrões climáticos regionais, o monitoramento e estudos de tendências no contexto do aquecimento

global, e seu uso em políticas climáticas e de adaptação. Hersbach *et al.* (2020) resumiram os principais produtos de reanálise e suas características (Quadro 1).

Quadro 1 – Resumo dos produtos de reanálise.

Reanálise	Período	Resolução	Método de Assimilação	Versão e Atualização do Sistema Integrado de Previsão (ano)	Referência Bibliográfica
Reanálises Atmosféricas					
FGGE	1979	208 km	OI (1980)	–	Bengtsson <i>et al.</i> (1982)
ERA-15	1979–1994	125 km	OI	13r4 (1995)	Gibson <i>et al.</i> (1999)
ERA-40	1957–2002	125 km	3D-Var	23r4 (2001)	Uppala <i>et al.</i> (2005)
ERA-Interim	1979–2019	80 km	4D-Var	31r2 (2006)	Dee <i>et al.</i> (2011)
ERA5	1950–presente	31 km	4D-Var	41r2 (2016)	Hersbach <i>et al.</i> (2020)
Reanálises Oceânicas					
ORAS3	1959–2012	1.0°	OI (2006)	–	Balmaseda <i>et al.</i> (2008)
ORAS4	1959–2018	1.0°	3DVar-FGAT (2010)	–	Balmaseda <i>et al.</i> (2013)
ORAS5	1979–presente	0.25°	3DVar-FGAT (2016)	–	Zuo <i>et al.</i> (2018)
Reanálises de composição atmosférica					
MACC	2003–2012	80 km	4D-Var	36r1 (2010)	Inness <i>et al.</i> (2013)
CAMS-Interim	2003–2018	110 km	4D-Var	40r2 (2014)	Flemming <i>et al.</i> (2017)
CAMS	2003–presente	80 km	4D-Var	42r1 (2016)	Inness <i>et al.</i> (2019)
Reanálises centenárias e integrações de clima apenas com modelo					
ERA-20CM	1899–2010	125 km	4D-Var	38r1 (2012)	Hersbach <i>et al.</i> (2015)
ERA-20C	1900–2010	125 km	4D-Var	38r1 (2012)	Poli <i>et al.</i> (2016)
CERA-20C	1901–2010	125 km	4D-Var	41r2 (2016)	Laloyaux <i>et al.</i> (2018)
CERA-SAT	2008–2016	65 km	4D-Var	42r1 (2016)	Schepers <i>et al.</i> (2018)

Fonte: Adaptado de Hersbach *et al.* (2020).

CHELSA: Climatologies at High Resolution for the Earth's Land Surface Areas

Para além dos dados de reanálise, a evolução das técnicas e tecnologias de processamento espacial de dados proporcionou a criação de outros produtos e bancos de dados meteorológicos, como o WorldClim, TerraClimate e o CHELSA, frutos da interpolação de dados meteorológicos e superficiais, como a topografia (Quadro 2).

Quadro 2 – Principais bancos de dados meteorológicos espacialmente explícitos disponíveis para download gratuito.

Base	Variáveis principais	Método	Resolução (~)	Período	Fonte
WorldClim	19 variáveis bioclimáticas (T°, P, etc.)	Interpolação global de dados observacionais de superfície	1–10 km	1970–2000 + cenários futuros	Fick e Hijmans (2017)
CHELSA	T°, P (com ajuste orográfico)	Combina dados de reanálises climáticas globais (ex.: ERA-Interim) com técnicas avançadas de <i>downscaling</i> que incorporam variáveis orográficas detalhadas, como altitude e efeitos locais de ventos	1 km	1979–2013 + futuros	Karger <i>et al.</i> , 2017
TerraClimate	Clima + balanço hídrico (T°, P, ETp, solo, radiação, vento etc.)	Combina reanálises climáticas, observações de estações e modelos hidrológicos para fornecer informações de precipitação, temperatura e balanço hídrico	4 km	1958–atual	Abatzoglou <i>et al.</i> (2018)

Fonte: Autores (2026).

A interpolação de dados superficiais pode ser um bom método para se obter resultados com resoluções espaciais melhoradas, uma vez que os produtos de reanálise global geralmente operam em escalas de baixa resolução espacial (entre ~30 e ~200 km). Apesar de métodos de interpolação e *downscaling*¹ estatístico possibilitarem a inclusão de preditores da superfície terrestre, como altitude, declividade ou orientação, sua eficácia depende de uma distribuição regular das estações meteorológicas e da adequada representação das condições topoclimáticas locais, um desafio de

¹ *Downscaling* é uma técnica que permite traduzir informações climáticas obtidas em escala global ou regional, geralmente de baixa resolução, para escalas locais mais detalhadas (Ekström *et al.*, 2015). Esse método baseia-se em estabelecer relações estatísticas entre variáveis climáticas de grande escala (como campos atmosféricos de modelos globais) e variáveis meteorológicas locais observadas. A técnica envolve etapas como seleção de preditores, calibração de funções de transferência, validação e geração de cenários climáticos regionais (Ekström *et al.*, 2015). O *downscaling* pode ser feito por método dinâmico ou estatístico, sendo este último computacionalmente menos custoso, facilitando a adaptação de dados globais para estudos locais (Seguí *et al.*, 2010).

difícil resolução, uma vez que a distribuição de estações e outros instrumentos de medição meteorológica na superfície é prejudicada em áreas remotas e montanhosas do planeta, o que dificulta a representação da variabilidade climática nesses locais (Karger *et al.*, 2017). Outros desafios como a modelagem de variáveis muito dinâmicas, como o vento e chuvas, amplamente afetadas pelas características morfológicas da superfície, e a variabilidade temporal na disponibilidade dos dados das estações dificultam a boa aderência dos modelos de interpolação global de dados meteorológicos.

Assim, o projeto CHELSA (*Climatologies at high resolution for the earth's land surface areas*) propõe uma solução para esta questão utilizando-se da reanálise como entrada para interpolações superficiais de dados meteorológicos globais. Os dados produzidos apresentam alta resolução espacial (~1 km²), resultantes da combinação de informações de modelos globais de circulação atmosférica, como as reanálises ERA-Interim, com métodos avançados de *downscaling* e interpolação com o relevo, proporcionando climatologias detalhadas para a superfície terrestre (Karger *et al.*, 2017).

Além de passarem por uma etapa importante de correção de vieses de precipitação, temperatura e ventos, os resultados do algoritmo CHELSA passaram por uma validação cruzada estatística, comparando os resultados com outros produtos de resolução espacial e temporal semelhante, além de dados independentes de estações meteorológicas (Karger *et al.*, 2017). Um dos processos de validação, por exemplo, consistiu na comparação com dados de precipitação de estações meteorológicas da FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), do México, da Áustria, da África do Sul, da Escandinávia e da China, totalizando 6.409 estações. De maneira geral, os resultados apresentaram boa correlação, superior aos produtos de reanálise e ao WorldClim. A validação da temperatura do ar foi feita com estações da FAO, México, GHCN e da Escandinávia, totalizando 9.440 estações. A comparação da precipitação com as estações meteorológicas da FAO, por exemplo, resultou em um índice de correlação com os dados modelados pelo CHELSA de 83%, enquanto os dados da reanálise ERA-interim apresentaram valores de correlação consideravelmente mais baixos (73% e 51%) (Karger *et al.*, 2017).

No Brasil, Novais (2019) e Novais e Galvani (2022) testaram os dados comparando-os com 41 estações meteorológicas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). O resultado demonstrou coeficiente de determinação linear de 0,9595. Além destes, testes realizados sobre o algoritmo mostraram uma semelhança com dados observados pelas estações meteorológicas, como verificado por Maria e Udo (2017); Khaydarov e Gerlitz (2019), e Oliveira Júnior *et al.* (2021). De acordo com Novais (2019), a metodologia de estimativa da temperatura do ar do algoritmo apresenta correlação direta com imagens de radar do relevo, como as geradas pelo projeto Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), resultando em mapas mais realistas em que as isotermas acompanham as curvas de nível do terreno. Dessa forma, o padrão de distribuição da temperatura na atmosfera livre está diretamente relacionado à elevação da superfície.

Considerações Finais

As reanálises climáticas representam um marco metodológico no estudo da atmosfera, consolidando-se como uma das principais fontes de dados para a compreensão da variabilidade e das mudanças climáticas em escala global. Sua capacidade de integrar observações dispersas e de distintas naturezas, aliada ao uso de modelos numéricos e técnicas avançadas de assimilação de dados, permitiu o desenvolvimento de séries históricas contínuas e espacialmente coerentes, essenciais para a climatologia moderna. Produtos como ERA5, MERRA-2 e JRA-55 exemplificam essa evolução tecnológica, oferecendo bases robustas para análises multiescalares e aplicações que vão desde o monitoramento atmosférico até a formulação de políticas públicas voltadas à adaptação climática.

O avanço das reanálises estimulou também o surgimento de bases derivadas de interpolação e *downscaling*, como o CHELSA e o TerraClimate, que combinam os resultados globais com variáveis de superfície e dados observacionais locais. Essa integração tem possibilitado o detalhamento das condições climáticas regionais, atendendo a demandas específicas de estudos sobre ecossistemas, hidrologia, agricultura e ordenamento territorial. Entretanto, é importante reconhecer as limitações inerentes a esses produtos, principalmente em áreas de baixa densidade observacional e em contextos topográficos complexos, onde incertezas e vieses ainda desafiam a precisão dos modelos.

No contexto da Classificação Climática de Novais, as bases de reanálise, como ERA-Interim, ERA5 e CHELSA, assumem papel central na determinação das variáveis fundamentais: temperatura média do mês mais frio, precipitação anual, evapotranspiração potencial e número de meses secos, que definem os domínios e subdomínios climáticos. A utilização dessas fontes garante consistência espacial e temporal, permitindo representar com maior realismo a influência do relevo e dos sistemas atmosféricos na configuração climática sul-americana. Assim, a integração entre reanálise e modelagem topoclimática confere à Classificação de Novais um caráter inovador, rigoroso e adaptável, fortalecendo sua aplicação em estudos geográficos e ambientais e consolidando-a como referência metodológica na climatologia contemporânea.

Referências

ABATZOGLOU, J. T.; DOBROWSKI, S. Z.; PARKS, S. A.; HEGEWISCH, K. C. Terraclimate, a high-resolution global dataset of monthly climate and climatic water balance from 1958-2015, **Scientific Data**, v. 5, 2018.

BALMASEDA, M. A., VIDARD, A.; ANDERSON, D. The ECMWF Ocean Analysis System: ORA-S3. **Monthly Weather Review**, n. 136, p. 3018–3034, 2008.

BALMASEDA, M. A.; MOGENSEN, K.; WEAVER, A. T. Evaluation of the ECMWF ocean reanalysis system ORAS4. **Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society**, n. 139, p. 1132–1161, 2013.

BALMASEDA, D. P. D.; BALSAMO, G.; ENGELEN, R.; SIMMONS, A. J.; THEPAUT, J. N. Toward a consistent reanalysis of the climate system. **ECMWF**, 2014. DOI: 10.21957/3v3hcppnp.

BECK, H. E.; MCVICAR, T. R.; VERGOPOLAN, N.; BERG, A.; LUTSKO, N. J.; DUFOUR, A.; ZENG, Z.; JIANG, X.; VAN DIJK, A. I. J. M.; MIRALLES, D. J. High-resolution (1 km) Köppen-Geiger maps for 1901–2099 based on constrained CMIP6 projections. **Scientific Data**, v. 10, n. 724, 2023.

BENGTSSON, L.; KANAMITSU, M.; KÅLLBERG, P. W.; UPPALA, S. M. FGGE 4-dimensional data assimilation at ECMWF. **Bulletin of the American Meteorological Society**, n. 63, p. 29-43, 1982.

CÂMARA, G.; DAVIS, C. INTRODUÇÃO. In: CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. (org.). **Introdução à Ciência da Geoinformação**. 2001. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/>. Acesso em: 14 out. 2025.

CÂMARA, G.; MEDEIROS, J. S. **Geoprocessamento para Projetos Ambientais**. São José dos Campos, SP: INPE, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 1998. Disponível em: http://www.dpi.inpe.br/gilberto/tutoriais/gis_ambiente/. Acesso em 13 out. 2025.

CHANG, K. **Introduction to geographic information systems**. New York: McGraw-Hill Education, 2018.

DEE, D. P.; KOBAYASHI, S.; POLI, P.; ANDRAE, U. The ERA-Interim Reanalysis: Configuration and Performance of the Data Assimilation System. **Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society**, n. 137, p. 553-597, 2011.

EKSTRÖM, M.; GROSE, M. R.; WHETTON, P. H. An appraisal of downscaling methods used in climate change research. **Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change**, v. 6, n. 3, p. 301–319, 2015. doi:10.1002/wcc.339.

FICK, S. E.; HIJMANS, R. J. WorldClim 2: new 1km spatial resolution climate surfaces for global land areas. **International Journal of Climatology**, v. 37, n. 12, p. 4302-4315, 2017.

FITZ, P. R. **Geoprocessamento sem complicação**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

FLEMMING, J.; BENEDETTI, A.; INNESS, A.; ENGELEN, R.J.; JONES, L.; HUIJNEN, V.; REMY, S.; PARRINGTON, M.; SUTTIE, M.; BOZZO, A.; PEUCH, V. H.; AKRITIDIS, D.; KATRAGKOU, E. The CAMS interim reanalysis of carbon monoxide, ozone and aerosol for 2003–2015. **Atmospheric Chemistry and Physics**, v. 17, n. 3, p. 1945–1983, 2017.

GIBSON, J. K.; KÅLLBERG, P.; UPPALA, S. M.; HERNANDEZ, A.; NOMURA, A.; SERRANO, E. ECMWF re-analysis project report 1, ERA-15 description (version2). **Technical Report**, ECMWF, Reading, UK, 1999.

GOMARASCA, M. A. **Basics of Geomatics**. Dordrecht, Heidelberg, London, New York: Springer, 2009.

HAMADA, E.; GONÇALVES, R. R. V. **Introdução ao Geoprocessamento**: princípios básicos e aplicação. Documentos 67. Jaguariúna, SP: Embrapa Meio Ambiente, 2007.

HERSBACH, H., BELL, B., BERRISFORD, P., *et al.* The ERA5 global reanalysis. **Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society**, v. 146, n. 730, p. 1999-2049, 2020.

HERSBACH, H.; PEUBEY, C.; SIMMONS, A. J.; BERRISFORD, P.; POLI, P.; DEE, D. P. ERA-20CM: a twentieth-century atmospheric model ensemble. **Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society**, v. 141, p. 2350–2375, 2015.

INNESS, A.; ADES, M.; AGUSTÍ-PANAREDA, A.; BARRÉ, J.; BENEDICTOW, A.; BLECHSCHMIDT, A. M.; DOMINGUEZ, J. J.; ENGELEN, R.; ESKES, H.; FLEMMING, J.; HUIJNEN, V.; JONES, L.; KIPLING, Z.; MASSART, S.; PARRINGTON, M.; PEUCH, V. H.; RAZINGER, M.; REMY, S.; SCHULZ, M.; SUTTIE, M. The CAMS reanalysis of atmospheric composition. **Atmospheric Chemistry and Physics**, v. 19, n. 6, p. 3515–3556, 2019.

INNESS, A.; BAIER, F.; BENEDETTI, A.; BOUARAR, I.; CHABRILLAT, S.; CLARK, H.; CLERBAUX, C.; COHEUR, P.; ENGELEN, R.; ERRERA, Q.; FLEMMING, J.; GEORGE, M.; GRANIER, C.; HADJILAZARO, J.; HUIJNEN, V.; HURTMANS, D.; JONES, L.; KAISER, J. W.; KAPSOMENAKIS, J.; LEFEVER, K.; LEITÃO, J.; RAZINGER, M.; RICHTER, A.; SCHULTZ, M. G.; SIMMONS, A. J.; SUTTIE, M.; STEIN, O.; THÉPAUT, J. N.; THOURET, V.; VREKOUSSIS ZEREFOS, M. C. The MACC reanalysis: an 8-year data set of atmospheric composition. **Atmospheric Chemistry and Physics**, v. 13, p. 4073–4109, 2013.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento remoto do ambiente**: uma perspectiva em recursos terrestres. São José dos Campos: Parênteses, 2009.

- KALNAY, E.; KANAMITSU, M.; KISTLER, R.; COLLINS, W.; DEAVEN, D.; GANDIN, L.; IREDELL, M.; SAHA, S.; WHITE, G.; WOOLLEN, J.; ZHU, Y.; CHELLIAH, M.; EBISUZAKI, W.; HIGGINS, W.; JANOWIAK, J.; MO, K. C.; ROPELEWSKI, C.; LEETMAA, A.; REYNOLDS, R.; JENNE, R. The NCEP/NCAR Reanalysis Project. **Bull. Amer. Meteor. Soc.**, v. 77, p. 437-471, 1996.
- KARGER, D. N.; CONRAD, O.; BÖHNER, J.; KAWOHL, T.; KREFT, H.; SORIA-AUZA, R. W.; ZIMMERMANN, N. E.; LINDER, H. P.; KESSLER, M. Climatologies at high resolution for the earth's land surface areas. **Sci Data**, v. 4, 170122, 2017. <https://doi.org/10.1038/sdata.2017.122>.
- KHAYDAROV, M.; GERLITZ, L. Climate variability and change over Uzbekistan an analysis based on high resolution CHELSA data. **Central Asian Journal of Water Research**, v. 5, n. 2, p. 1-19, 2019.
- LALOYLAUX, P.; DE BOISSESON, E.; BALMASEDA, M. A.; BIDLOT, J.-R.; BROENNIMANN, S.; BUIZZA, R.; DAHLGREN, P.; DEE, D. P.; HAIMBERGER, L.; HERSBACH, H.; KOSAKA, Y.; MARTIN, M.; POLI, P.; RAYNER, N.; SCHEPERS, E. D. CERA-20C: a coupled reanalysis of the twentieth century. **Journal of Advances in Modeling Earth Systems**, v. 10, n. 5, p. 1172–1195, 2018.
- LONGLEY, P. A.; GOODCHILD, M. F.; MAGUIRE, D. J.; RHIND, D. W. **Geographical Information Systems and Science**, 2. ed., Chichester, West Sussex: John Wiley & Sons Ltd, 2005.
- MARIA, B.; UDO, S. Why input matters: Selection of climate data sets for modelling the potential distribution of a treeline species in the Himalayan region. **Ecological modelling**, v. 359, p. 92-102, 2017.
- NOVAIS, G. T. **Classificação climática aplicada ao Bioma Cerrado**. Tese (Doutorado em Geografia) Instituto de Geografia. Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, 2019. <https://dx.doi.org/10.14393/ufu.te.2019.2199>.
- NOVAIS, G. T.; GALVANI, E. Uma tipologia de classificação climática aplicada ao estado de São Paulo. **Revista do Departamento de Geografia**, n. 42, e184630, 2022. <https://doi.org/10.11606/eISSN.2236-2878.rdg.2022.184630>.
- OLIVEIRA-JÚNIOR, J. F.; CORREIA FILHO, W. L. F.; SANTIAGO, D. B.; GOIS, G.; COSTA, M. S.; SILVA JUNIOR, C. A.; TEODORO, P. E.; FREIRE, F. M. Rainfall in Brazilian Northeast via in situ data and CHELSA product: mapping, trends, and socio-environmental implications. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 193, n. 5, p. 1-19, 2021.
- PLOSHAY, J. J.; WHITE, R.; MIYAKODA, K. FGGE reanalysis at GFDL. **Mon. Wea. Rev.**, v. 120, p. 2083–2108, 1992.
- POLI, P. Data Assimilation for Atmospheric Reanalysis. ECMWF **Seminar on Data assimilation for atmosphere and ocean**, p. 6 – 9, 2011.
- POLI, P.; HERSBACH, H.; DEE, D.P.; BERRISFORD, P.; SIMMONS, A.J.; VITART, F.; LALOYLAUX, P.; TAN, D.G.H.; PEUBEY, C.; THÉPAUT, J.-N.; TRÉMOLET, Y.; HÓLM, E.V.; BONAVITA, M.; ISAKSEN, I.; FISHER, M. ERA-20C: an atmospheric reanalysis of the twentieth century. **Journal of Climate**, v. 29, n. 11, p. 4083–4097, 2016.
- ROCHA, C. H. B. **Geoprocessamento: tecnologia transdisciplinar**. 3. ed. Juiz de Fora, MG: do Autor, 2007. 220 p.
- SCHEPERS, D.; DE BOISSÉSON, E.; ERESMAA, R.; LUPU, C.; DE ROSNAY, P. CERA-SAT: A coupled satellite-era reanalysis, **ECMWF Newsletter** v. 155, p. 32–37, 2018.

SEGUÍ, P. Q.; RIBES, A.; MARTIN, E.; HABETS, F.; BOÉ, J. Comparison of three downscaling methods in simulating the impact of climate change on the hydrology of Mediterranean basins. **Journal of Hydrology**, v. 383, p. 111-124, 2010.

UPPALA, S. M.; KALLBERG, P. W.; SIMMONS, A. J.; ANDRAE, U.; DA COSTA BECHTOLD, V.; FIORINO, M.; GIBSON, J. K.; HASELER, J.; HERNANDEZ, A.; KELLY, G. A.; LI, X.; ONOGI, K.; SAARINEN, S.; SOKKA, N.; ALLAN, R. P.; ANDERSSON, E.; ARPE, K.; BALMASEDA, M. A.; BELJAARS, A. C. M.; VAN DE BERG, L.; BIDLOT, J.; BORMANN, N.; CAIRES, S.; CHEVALLIER, F.; DETHOF, A.; DRAGOSAVAC, M.; FISHER, M.; FUENTES, M.; HAGEMANN, S.; HOLM, E.; HOSKINS, B. J.; ISAKSEN, L.; JANSSEN, P.; JENNE, R.; MCNALLY, A. P.; MAHFOUF, J.; MORCRETTE, J.; RAYNER, N. A.; SAUNDERS, R. W.; SIMON, P.; STERL, A.; TRENBERTH, K. E.; UNTCH, A.; VASILJEVIC, D.; VITERBO, P.; WOOLLEN, J. The ERA-40 ReAnalysis. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, v. 131, p. 2961–3012, 2005.

UPPALA, S. S.; DEE D.; KOBAYASHI, S.; SIMMONS, A. Evolution of reanalysis at ECMWF. Unpublished ms. 2008.

ZUO, H.; BALMASEDA, M. A.; MOGENSEN, K.; TIETSCHKE, S. OCEAN5: The ECMWF Ocean Reanalysis System and its real-time analysis component. **Technical Report 823**, ECMWF, Reading, UK, 2018.

METODOLOGIA E PROGRAMAS UTILIZADOS

Giuliano Tostes Novais

Lilian Aline Machado

A Classificação Climática de Novais (CCN) constitui um sistema hierárquico e multiescalar de análise climática concebido originalmente para a realidade brasileira e posteriormente ampliado para aplicação em outras partes do mundo. Fundamenta-se na integração entre os fatores astronômicos (como a incidência solar), os elementos climáticos regionais (temperatura, precipitação e evapotranspiração potencial), a atuação de sistemas atmosféricos e a compartimentação geomorfológica do relevo. A estrutura metodológica foi construída a partir de princípios da climatologia geográfica, empregando dados de reanálise climática de alta resolução e modelagem automatizada por meio do software Dinamica EGO. Tal abordagem permite delimitar, com rigor técnico e coerência espacial, Zonas Climáticas, Climas Zonais, Domínios e Subdomínios Climáticos, até a identificação de Regiões Climáticas específicas adaptadas às características ambientais de cada porção de um continente.

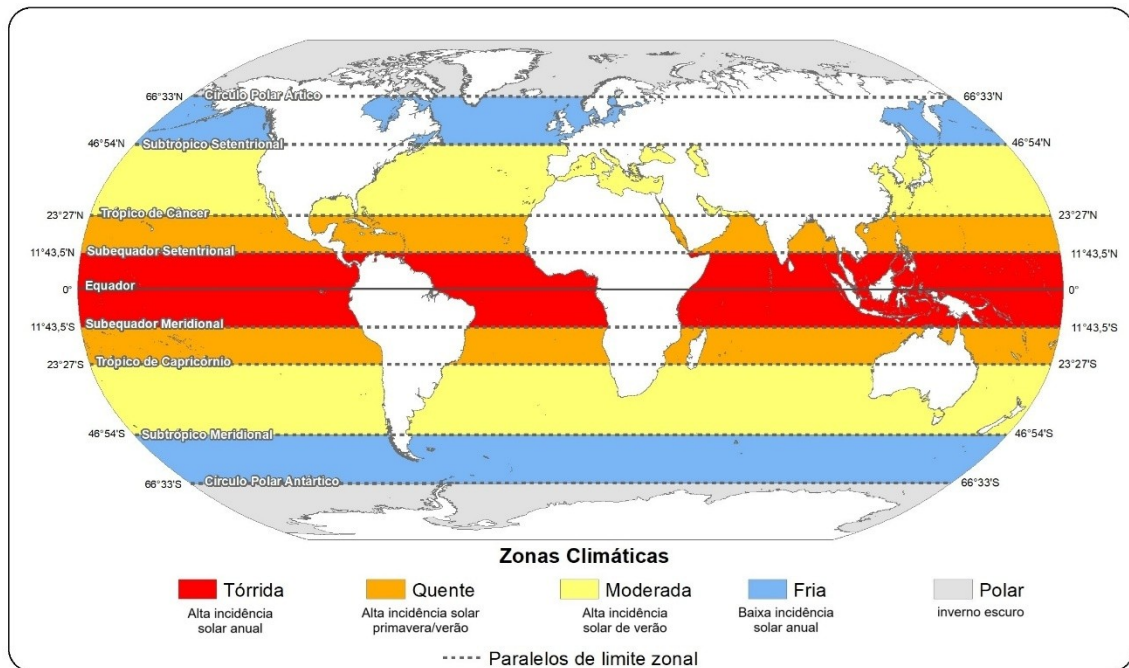
Hierarquias Climáticas

O sistema parte da premissa de que o clima é um componente dinâmico dos geossistemas e, como tal, deve ser compreendido em sua totalidade funcional e espacial. A inovação metodológica de Novais reside justamente na articulação entre escalas (da zonal à local) e na utilização de critérios geomorfológicos, bioclimáticos e rítmicos para definir unidades climáticas integradas. Essa estrutura flexível, mas cientificamente robusta, soluciona limitações de classificações anteriores, como a presença de climas idênticos em áreas ambientalmente distintas, e propicia a elaboração de mapas climatológicos compatíveis com a diversidade de paisagens da América do Sul, por exemplo. Ao adotar a CCN neste estudo, busca-se não apenas descrever o clima, mas compreender sua atuação sistêmica, suas interfaces com a superfície terrestre e sua relevância na construção dos espaços geográficos. Nesse sentido, a própria base física que sustenta essa organização climática está ligada aos fundamentos astronômicos que regem a distribuição térmica no planeta relativos à inclinação do eixo de rotação da Terra em relação ao plano da eclíptica, que determina variações sazonais na distribuição da radiação solar sobre a superfície terrestre, afetando diretamente a altura solar, a duração dos dias e a intensidade da energia recebida em cada latitude. Essas variações, mais evidentes durante os solstícios, quando o Sol atinge sua declinação máxima nos hemisférios, constituem o alicerce primário para a diferenciação térmica global, que é traduzida na *primeira hierarquia* da CCN.

Partindo-se desse princípio, as *Zonas Climáticas* (1ª hierarquia) são delimitadas por paralelos derivados da altura solar anual (Figura 1). A origem dessas zonas reside no ângulo de incidência dos raios solares (um fator geográfico de primeira ordem), que organiza em escala global os regimes térmicos e fotoperiódicos, fundamentais à diferenciação dos climas e das paisagens naturais. Essa perspectiva é coerente com os postulados da climatologia clássica, segundo os quais a latitude e a altura solar são os principais determinantes da distribuição zonal dos climas (Geiger, 1965; Trewartha, 1980), e permite um enquadramento geográfico mais refinado e integrado com os sistemas ecológicos e os processos atmosféricos continentais (Novais, 2019; Novais; Machado, 2023). Além da Linha do Equador, dos Trópicos e dos Círculos Polares, Novais (2023a) criou mais quatro linhas de subdivisão:

- Linhas dos *Subequadores* (paralelos $11^{\circ}43'30''$): uma em cada hemisfério (Meridional e Setentrional). Marcam a metade do caminho entre a linha do equador e as linhas dos trópicos (Capricórnio e Câncer), no deslocamento anual aparente do Sol na abóbada celeste.
- Linhas dos *Subtrópicos* (paralelos $46^{\circ}54'$): uma em cada hemisfério (Meridional e Setentrional). Sinalizam o local de alta incidência solar no solstício de verão, com o Sol deslocado em ângulo zenital de $23^{\circ}27'$ (em cima do trópico do hemisfério).

Figura 1 – Zonas Climáticas da Terra (primeira hierarquia da classificação de Novais).



Fonte: Novais e Machado (2023).

As cinco Zonas Climáticas são delimitadas por estas linhas imaginárias, e são descritas a seguir, conforme Novais (2023a):

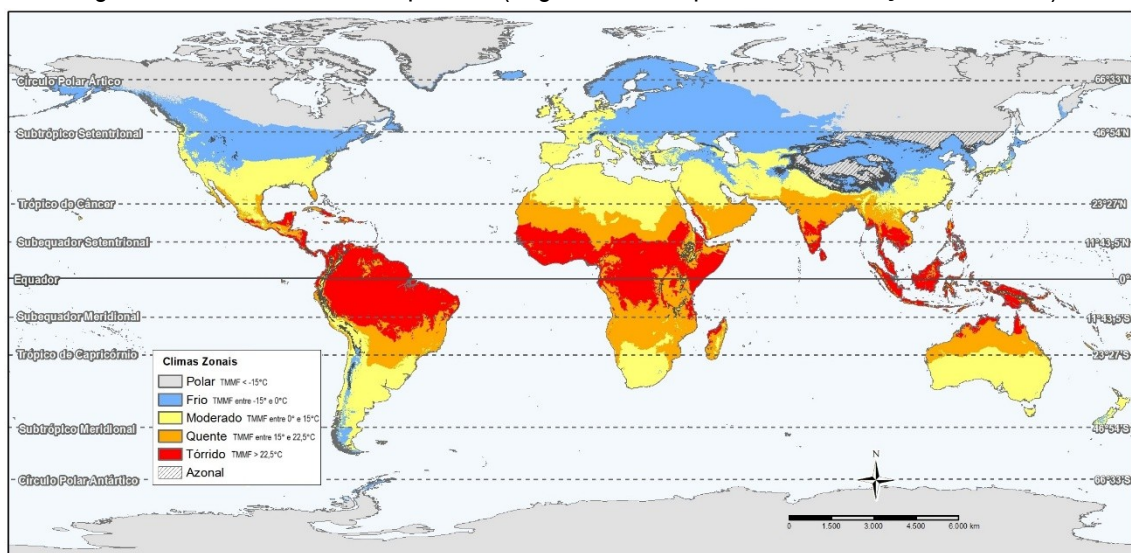
- 1) **Tórrida**: limitada entre os subequadores, corresponde à zona de mais alta incidência solar do planeta. Durante o ano, o Sol, em seu movimento aparente pela abóbada celeste, passa duas vezes pelo zênite, ficando a uma altura mínima no horizonte de $54^{\circ}49'30''$ no solstício de inverno local. A diferença entre a duração de horas do dia e da noite nos solstícios é pequena (máximo de 35 minutos). Na América do Sul, o Subequador Setentrional passa pelo extremo norte do continente, na península de Maracaibo; enquanto o Subequador Meridional cruza o território peruano ao norte de Lima, passando pelo norte da Bolívia, centro-norte brasileiro até a divisa dos estados da Bahia e de Sergipe.
- 2) **Quente**: zona climática situada entre os subequadores e os trópicos; há uma alta incidência solar anual, substancialmente na primavera e verão. Ao longo dos meses, o Sol cruza o zênite duas vezes (e apenas uma vez sobre o trópico), atingindo no solstício de inverno local, ao meio-dia, sua menor altura no horizonte: $43^{\circ}06'$. A diferença entre a duração dos dias e das noites nos solstícios é de, no máximo, 1 hora e 35 minutos. O *Trópico Meridional* (ou de Capricórnio) atravessa a América do Sul desde o norte do Chile e da Argentina, centro do Paraguai e sul do Brasil, até o litoral paulista.
- 3) **Moderada**: localizada entre os trópicos e os subtrópicos, possui uma alta incidência solar somente no verão. O Sol nunca fica “a pino” (no zênite local), somente na linha do trópico,

estando a uma altura mínima no horizonte de 19°39' no solstício de inverno. Há uma diferença notável entre a duração das horas de dia e noite nos solstícios, variando de 1 hora e 35 minutos próximo ao trópico, a 3 horas e 19 minutos no *Subtrópico Meridional*. Este subtrópico sinaliza o limite com a zona climática fria e passa pelo sul do Chile e Argentina, na região da Patagônia.

- 4) *Fria*: zona climática localizada entre os subtrópicos e os círculos polares que tem uma baixa incidência solar anual, o que torna sua superfície muito fria durante a maior parte do ano. A altura do Sol no horizonte varia de 46°54' no verão (no subtrópico) a 0° no inverno (no círculo polar). Nos solstícios, a diferença entre a duração do dia e da noite é muito grande, com média de 7 horas e 30 minutos. Esta zona climática aparece na região da Patagônia (Argentina e Chile), Terra do Fogo e ilhas do extremo sul do continente.
- 5) *Polar*: zona climática com a menor incidência solar do planeta, é delimitada pelos círculos polares até os polos. A altura máxima do Sol, acima do horizonte polar, é de 23°27'. No solstício de verão, o Sol brilha durante as 24 horas do dia; já no inverno ocorre o inverso, os raios solares não atingem a superfície, deixando a zona na escuridão. A Zona Climática Polar não está presente na América do Sul, surgindo na península antártica, na latitude de 66°33'S.

Ao contrário das Zonas Climáticas, os *Climas Zonais*, pertencentes à segunda hierarquia da CCN, são definidos com base na *Temperatura Média do Mês mais Frio* (TMMF), a qual, segundo Novais (2023a), possui também um componente astronômico, já que a temperatura depende diretamente da radiação solar incidente. As isothermas que delimitam os Climas Zonais foram estabelecidas a partir dos estudos de Novais (2017), em concordância com alguns limites originalmente propostos por Köppen (1936). A variação térmica considerada leva em conta critérios específicos, desde a sensibilidade ao frio por populações equatoriais, até fatores como a proliferação de doenças tropicais e a ocorrência de neve no inverno (Novais; Machado, 2023a). A Figura 2 mostra a distribuição dos climas zonais no planeta.

Figura 2 – Climas Zonais do planeta (segunda hierarquia da classificação de Novais).



Fonte: Novais e Machado (2023).

Os climas zonais definidos por Novais (2023) são os seguintes:

- 1) *Tórrido*: caracteriza-se por elevada temperatura média do ar ao longo do ano, com TMMF superior a 22,5 °C. Esse limite corresponde a uma média estabelecida com base nos

estudos de Köppen (1936), que considerou a percepção térmica das populações que vivem em regiões equatoriais.

- 2) *Quente*: também se caracteriza por elevada temperatura média do ar ao longo do ano, com leve resfriamento no inverno. Apresenta TMMF entre 15,1 °C e 22,5 °C. A marca de 15 °C foi adotada como limite inferior por Novais (2017), que demonstrou que, abaixo desse valor, há probabilidade de ocorrência de geadas ao menos em um dia por ano.
- 3) *Moderado*: compreende TMMF entre 0,1 °C e 15 °C, faixa que permite desde geadas esporádicas até frequentes no mês mais frio, além de impedir o desenvolvimento da maioria dos vetores de doenças tropicais.
- 4) *Frio*: definido pela TMMF entre -14,9 °C e 0,0 °C, conforme limite superior fixado por Köppen (1936), que observou que essas temperaturas são suficientes para manter cobertura de neve por semanas durante o inverno.
- 5) *Polar*: possui TMMF igual ou inferior a -15 °C, o que gera o congelamento contínuo do solo (*permafrost*) durante grande parte do ano.

A definição da isoterma de 15 °C entre os climas quente e moderado foi fundamentada por Novais (2017) com base em análises de séries históricas de dados diários (1985–2015) de estações meteorológicas do INMET (Brasil). Nessa análise, identificou-se que, em locais com TMMF abaixo de 15 °C, ocorriam temperaturas mínimas absolutas inferiores a 3,5 °C, suficientes para a formação de geada, dado que as camadas de ar próximas ao solo costumam estar mais frias que as subjacentes. Esse mesmo valor foi corroborado por Sentelhas *et al.* (1995), que observaram, em 10 localidades paulistas, uma média de 4,1 °C de diferença entre as temperaturas mínimas junto à relva e em abrigo meteorológico, mas que podem variar entre 3,3 °C e 5,7 °C, em noites de geada.

Além dos Climas Zonais, a segunda hierarquia da classificação de Novais inclui também os *Climas Azonais*, comuns em áreas montanhosas localizadas entre os subtropicais, onde ocorre intenso resfriamento adiabático. Segundo Novais e Machado (2023), um clima torna-se azonal quando sua TMMF equivale à de dois climas zonais mais frios do que os típicos da zona climática em que se insere, evidenciando, assim, a anulação do efeito latitudinal por fatores altitudinais.

Os *Domínios Climáticos* representam a terceira hierarquia da CCN e constituem uma subdivisão direta dos climas zonais, geralmente adotando os mesmos intervalos de TMMF. Essa hierarquia apresenta um caráter híbrido, ao combinar critérios estatísticos de temperatura do ar com a influência de sistemas atmosféricos regionais, como, por exemplo, a *Zona de Convergência Intertropical* (ZCIT).

Embora determinados domínios compartilhem valores semelhantes de TMMF, eles apresentam regimes pluviométricos distintos. Os Domínios *Equatorial* e *Tropical*, por exemplo, possuem faixas de temperatura comparáveis, mas diferem quanto à sazonalidade das chuvas, influenciada principalmente pela atuação da ZCIT, sobretudo nas áreas litorâneas sob influência direta desse sistema atmosférico. Conforme observado por Novais (2023a), a presença da ZCIT nos Domínios Equatoriais resulta em elevados índices pluviométricos no mês de abril (precipitação > 150 mm ao sul da Linha do Equador), contrastando com áreas de regime tropical, onde esse mesmo mês é caracterizado como período de transição para a estação seca (precipitação < 150 mm ao sul da Linha do Equador).

Além dos domínios definidos por temperatura e influência da ZCIT, a metodologia inclui mais dois Domínios, *Semiárido* e *Árido*, com base na ocorrência de 12 meses secos e na precipitação média anual (PMA) superior ou inferior a 500 mm. A seguir, apresenta-se o Quadro 1 com a classificação completa dos Domínios Climáticos, segundo Novais e Machado (2023b).

A 4ª hierarquia climática da classificação de Novais é mostrada pelos *Subdomínios*, que foram criados para dividir os domínios em *quantidade de meses secos*. O critério utilizado para tal condição é obtido

pelo Balanço Hídrico Climatológico de Thornthwaite e Mather (1955), mais especificamente na entrada e saída de água no sistema solo-planta-atmosfera, ou seja, na diferença entre a precipitação e a evapotranspiração potencial (ETp). Quando a precipitação for menor que a ETp, o mês é considerado seco.

Quadro 1 – Domínios climáticos e suas especificações.

Domínio climático/codificação	TMMF (°C) / ZCIT	Meses secos / Precipitação média anual (PMA)
Equatorial (Eq)	TMMF > 22,5 + ZCIT	-
Equatorial Ameno (EqM)	18 < TMMF ≤ 22,5 + ZCIT	-
Tropical (Tr)	TMMF > 18 <i>sem</i> ZCIT	-
Tropical Ameno (TrM)	15 < TMMF ≤ 18	-
Subtropical (St)	10 < TMMF ≤ 15	-
Temperado (Te)	0 < TMMF ≤ 10	-
Temperado Frio (TeC)	-10 < TMMF ≤ 0	-
Subglacial (Sg)	-30 < TMMF ≤ -10	-
Glacial (Gl)	TMMF ≤ -30	-
Semiárido (SA)	-	12 meses secos + pma > 500 mm
Árido (Ar)	-	12 meses secos + pma < 500 mm

Fonte: Autores (2026).

Para Novais e Galvani (2022), no Balanço Hídrico Climatológico Normal (BHCN), a ETp é uma condição que depende de atributos da atmosfera, e a evapotranspiração real (ETr), uma condição que depende de características da umidade do solo, por exemplo. O excedente hídrico mostra o quanto sobrou de água no período analisado e a diferença entre P e ETp expõe as condições potenciais para entrada ou saída de água no sistema solo-planta-atmosfera. Quando a precipitação é menor que a ETp, há falta de água no sistema, podendo secar rios e poços e restringir o crescimento vegetal.

Para obtenção da ETp foi utilizada a equação de Penman-Monteith (1948), que permite incorporar um número maior de variáveis climáticas como altitude, latitude, insolação, temperaturas médias e extremas do ar, umidade relativa do ar e velocidade do vento.

Conforme Conceição (2006), para a estimativa de evapotranspiração de referência (ETo) pelo método de Penman-Monteith-FAO (EToPMF) utiliza-se a seguinte expressão (Allen *et al.*, 1998):

$$ET_{oPMF} = \frac{0,408 \Delta (R_n - G) + \gamma 900 U_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0,34 U_2)} \quad (1)$$

em que:

“Δ” é a declividade da curva de pressão de vapor em relação à temperatura (kPa °C⁻¹);

“Rn” é o saldo de radiação diário (MJm⁻²dia⁻¹);

“G” é o fluxo total diário de calor no solo (MJm⁻²dia⁻¹);

“γ” é o coeficiente psicrométrico (kPa °C⁻¹);

“U2” é a velocidade do vento a 2 m de altura (m s⁻¹);

“e_s” é a pressão de saturação de vapor (kPa);

" e_a " é a pressão atual de vapor (kPa);

" T " é a temperatura média do ar (°C).

Quando os valores de " R_n ", " G ", " U_2 " e " T " são medidos na estação meteorológica necessita-se calcular os valores de " Δ ", " γ ", " e_s " e " e_a ".

O valor de " Δ " é calculado pela seguinte expressão:

$$\Delta = \frac{4098 \left[0,6108 \exp\left(\frac{17,27 T}{T + 237,3}\right) \right]}{(T + 237,3)^2} \quad (2)$$

em que "exp" refere-se à base do logaritmo natural "e" (2,71828) elevada ao valor que está entre parêntesis.

O coeficiente " γ " é calculado empregando-se a expressão:

$$\gamma = 0,665 \cdot 10^{-3} \cdot \text{Patm} \quad (3)$$

em que "Patm" é a pressão atmosférica local (kPa) que, por sua vez, pode ser calculada com base na altitude do local (z):

$$\text{Patm} = 101,3 \left(\frac{293 - 0,0065 z}{293} \right)^{5,26} \quad (4)$$

onde "z" é a altitude do local (m).

A diferença entre " e_s " e " e_a " é denominado déficit de saturação. Esses valores podem ser calculados utilizando-se as expressões:

$$e_s = 0,6108 \exp\left[\frac{17,27 T}{T + 237,3}\right] \quad (5)$$

$$e_a = \frac{e_s}{100} \cdot \text{UR} \quad (6)$$

onde UR é a umidade relativa média do ar (%), que também é fornecida pela estação meteorológica.

Os Subdomínios da 4ª hierarquia são divididos em: *Úmido* (0 a 3 meses secos), *Semiúmido* (4 a 5 meses secos), *Semisseco* (6 a 7 meses secos) e *Seco* (8 a 11 meses secos). Nas classificações climáticas anteriores, a ausência dos subdomínios semisseco e seco resultava em interpretações mais genéricas, dificultando a identificação precisa dos limites entre o que era úmido, semiúmido e semiárido. A introdução desses subdomínios aprimora a definição das categorias higrométricas, permitindo uma distinção mais refinada entre os diferentes regimes de umidade.

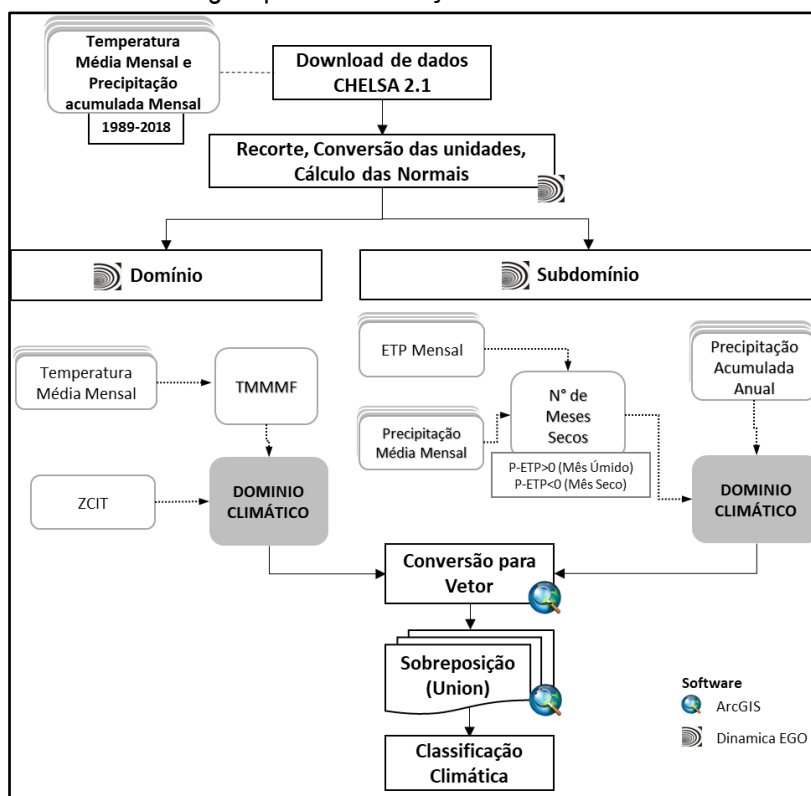
As *Regiões Climáticas* (5ª hierarquia da CCN) agrupam os Domínios e Subdomínios dentro de um continente, ajustando-os com base nas unidades de relevo (planícies, escarpas de planaltos e montanhas, depressões), em grandes áreas bioclimáticas (florestas e desertos) e por distância em relação ao oceano (planícies litorâneas). Podem ser influenciadas por sistemas meteorológicos que ali atuam, o que também torna esta hierarquia híbrida, pois utiliza dados rítmicos do tempo, como a periodicidade e número de geadas anuais (no período de 1985 a 2015) no centro-sul do Brasil (Novais, 2019). A delimitação das regiões climáticas resolveu um antigo problema dos sistemas de classificação climática, que era a ocorrência de um mesmo clima em áreas diferentes do globo.

Comparado ao estudo anterior de Novais e Machado (2023), a nomenclatura da quinta hierarquia foi alterada de “tipo” para “região”, uma vez que ela representa regiões geográficas climáticas. O termo “tipo” gerava confusão com “domínio” e não transmitia adequadamente a ideia de localização climática. O termo “tipo climático” passou, então, a ser adotado em substituição à expressão “unidade climática”, uma vez que esta última também apresenta potencial para gerar ambiguidade conceitual.

Utilizando sua metodologia, Novais (2023b) delimitou 32 Regiões Climáticas no continente europeu, totalizando 191 Unidades Climáticas (tipos climáticos) diferenciadas entre si. Na América do Sul foram identificadas 43 regiões climáticas, sendo que o total de unidades (tipos) é de 471. Como os estudos desta hierarquia da CCN em escala mundial ainda estão em fase inicial, grande parte do planeta permanece sem delimitação de Regiões Climáticas. Essa lacuna abre espaço para a produção de informações mais detalhadas sobre a geomorfologia e biogeografia de todos os continentes, configurando uma oportunidade promissora para pesquisas futuras.

Para definição dos Domínios e Subdomínios Climáticos foram utilizados os dados de temperatura, precipitação e ETP de 1989 a 2018 obtidos da versão 2.1 do projeto *CHELSA - Chelsa Climate – Climatologies at high resolution for the earth’s land surface areas* (chelsa-climate.org) - (Karger et al., 2018). O CHELSA consiste em um conjunto de dados de resolução melhorada a partir de produtos de *reanálise climática ERA-Interim*, combinando resultados de modelagem e informações coletadas sobre a superfície e oceanos através de navios, aviões, radiossondas e satélites, disponíveis para *download* gratuito. O projeto dispõe de dados em pontos de grade, com resolução espacial de 1 km, de temperatura, precipitação entre outras biovariáveis. Os dados obtidos do CHELSA consistiram em 360 arquivos em formato raster, que foram recortados para o domínio da América do Sul. Em seguida, foi necessário realizar a conversão dos dados para graus Centígrados e milímetros, uma vez que os arquivos de temperatura do ar são disponibilizados em escala Kelvin, e os de precipitação e evapotranspiração multiplicados por 100. Todo esse processo foi feito através de um modelo automatizado desenvolvido no *software Dinamica EGO* (Figura 3).

Figura 3 – Roteiro metodológico para classificação de Domínios e Subdomínios Climáticos.



Fonte: os autores (2026).

O passo seguinte foi o cálculo da média mensal para os 30 anos da série, gerando uma climatologia para o período. Os dados do CHELSA foram validados por Novais (2019) e Novais e Galvani (2022), em 41 estações meteorológicas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), com coeficiente de correlação linear de 0,9595.

A definição dos Domínios Climáticos tem como alicerce a TMMF. Para se obter estes valores, foi desenvolvido um modelo cartográfico inserido no *software Dinamica EGO*, o qual consulta todos os rasters mensais de temperatura média identificando qual é o *pixel* mais frio do ano. Em seguida, concatena esses valores em um único raster, definindo assim a TMMF e o mês mais frio por *pixel* (Figura 4). Este raster é, então, reclassificado pelo modelo utilizando-se os valores apresentados no Quadro 1, em combinação com a área de atuação da ZCIT, meses secos e precipitação média anual. A ZCIT é utilizada para diferenciar o domínio equatorial do tropical, pois eles coincidem na mesma faixa de TMMF. Podemos observar, na Figura 4, que a maior parte da América do Sul apresenta julho como o mês mais frio.

A ZCIT localiza-se no ramo ascendente da Célula de Hadley, abrangendo a Zona Equatorial do planeta. Seu deslocamento meridional ao longo do ano varia entre 8°N e 1°N, conforme apontado por Hastenrath e Heller (1977) e por Citeau *et al.* (1988). No entanto, estudos de Teodoro *et al.* (2019) e Cavalcanti *et al.* (2009) indicam que a ZCIT pode se estender até 5°S e, muitas vezes, pode apresentar uma Banda Dupla no oceano Atlântico. Seu maior impacto na chuva, no nordeste do Brasil, se dá durante o outono.

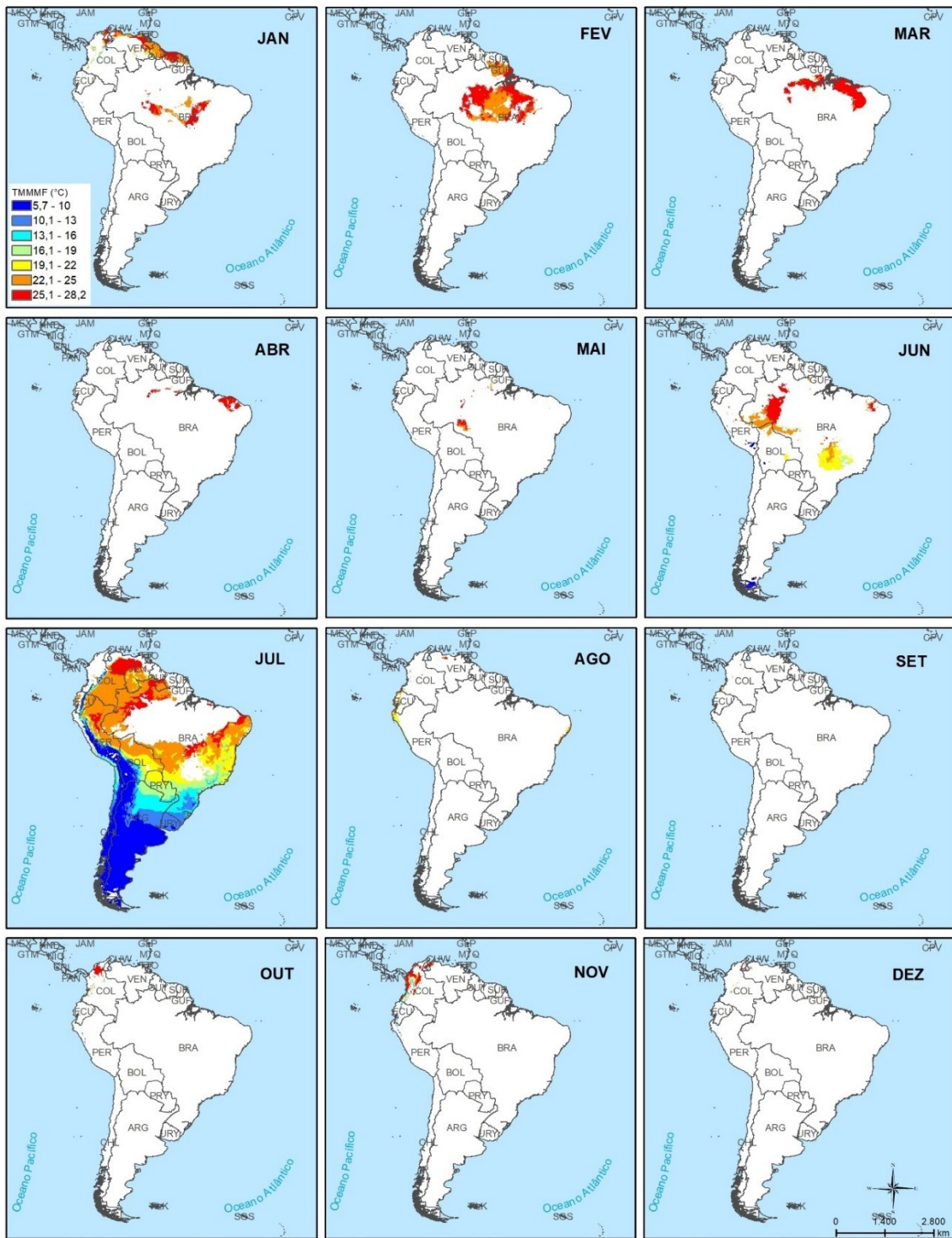
Reboita *et al.* (2010) destacam que a ZCIT exerce influência indireta sobre o interior da Bacia Amazônica, por meio de aglomerados convectivos que se formam ao longo de sua faixa e se propagam em direção oeste, alcançando as encostas íngremes da Cordilheira dos Andes. Em consonância com essa perspectiva, Satyamurty *et al.* (2008) ressaltam a relevância do efeito biótico da floresta, observando que o transporte de umidade para toda a Bacia Amazônica é inferior à precipitação mensal, sazonal e anual, o que sugere um acréscimo hídrico no ambiente decorrente da intensa evapotranspiração equatorial.

Além disso, Melo *et al.* (2000) identificam os estados mais impactados pela atuação da ZCIT, no Nordeste do Brasil: o norte e centro do Maranhão e Piauí, bem como o Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba e Pernambuco.

Conforme a Figura 5, a delimitação da área de abrangência da ZCIT foi estabelecida com base em três critérios: (1) no território brasileiro, adotou-se a definição proposta por Novais e Machado (2023), com a precipitação acima de 150 mm no mês de abril no centro-norte do Brasil; (2) a delimitação da Floresta Amazônica (embora a ZCIT não atue diretamente no interior da floresta, ela exerce influência indireta sobre ela), corroborando com Strahler (1951) que delimita o clima equatorial de acordo com os limites das florestas tropicais); (3) nas regiões emersas fora do Brasil, considerou-se a delimitação das florestas tropicais entre os subequadores, conforme descrito por Olson *et al.* (2001).

Para definição dos Subdomínios são observados os meses secos do ano, os quais são definidos pela subtração dos valores de precipitação pela ETp (esta obtida por meio da equação de Penman-Monteith, 1948) e fornecida pelo CHELSA. O cálculo dos meses secos foi realizado por meio de um modelo automatizado no *software Dinamica EGO*, o qual calcula a subtração dos valores mensais de ETp pela precipitação, e define os *pixels* que representam meses secos, aqueles em que o resultado da subtração é negativo. Ao final, é calculado o número de meses secos no ano por *pixel*, e esse raster é reclassificado de acordo com os limiares apresentados no Quadro 2. Quando há *pixels* de 12 meses secos, esses são associados à precipitação média anual e classificados como Domínio Climático Semiárido, quando a precipitação é superior a 500 mm, e Domínio Climático Árido, quando inferior a este limiar.

Figura 4 – Temperatura Média do Mês mais Frio (TMMF) por pixel.



Fonte: os autores (2026).

Figura 5 – Área de abrangência da ZCIT considerada no modelo de domínios.



Fonte: os autores (2026).

Quadro 2 – Classificação de Subdomínios Climáticos.

Subdomínio/Domínio Climático	Número de Meses Secos	Precipitação Média Anual
Úmido	0 - 3	-
Semiúmido	4 - 5	-
Semisseco	6 - 7	-
Seco	8 - 11	-
Semiárido	12	>500m
Árido	12	<500m

Fonte: os autores (2026).

Em seguida, os rasters resultantes do modelo de domínio e subdomínio foram convertidos para o formato *shapefile* no *software* ArcGis 10.8, os quais são sobrepostos em um único arquivo através da ferramenta “union” contendo duas colunas na tabela de atributos com os dados de domínios e subdomínios. É feita a simbologia dos dados utilizando-se a categorização por vários campos que permite a visualização dos dados sobrepostos.

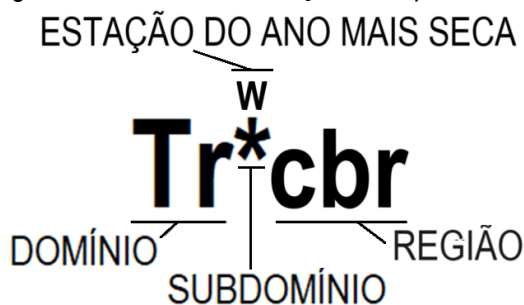
Para encontrar a estação do ano mais seca, foi somada a precipitação por trimestre e a ETp por trimestre, fazendo a subtração P-ETp, para a classificação por pixel chuvoso (P-ETp>0) e seco (P-ETp<0). Os 4 rasters foram transformados em shp, equivalente a uma estação cada um, caracterizando se a estação era seca ou chuvosa; depois eles foram sobrepostos.

A metodologia de mapeamento das Regiões Climáticas considera a localização dos domínios e subdomínios, dentro do continente sul-americano, delimitadas pelas unidades de relevo, como planícies litorâneas e escarpas de planaltos e serras. Também coincidem com grandes áreas de vegetação, como a Floresta Amazônica por exemplo, ou grandes anteparos do relevo, como os Andes. Sendo assim, foram definidas 43 Regiões Climáticas, apresentadas na última parte deste livro.

As Regiões Climáticas, desenhadas em vetor no software QGIS, foram convertidas para o formato matricial e novamente convertidas em *shapefile* a fim de se sobrepor os dados àqueles gerados pelo modelo de domínios e subdomínios através da mesma ferramenta utilizada na primeira etapa, “union” no software ArcGIS. Após sobrepostas as Regiões Climáticas sobre os Domínios e Subdomínios, foram excluídos aqueles climas que obtiveram extensão espacial inferior a 10 km², limiar considerado como ruídos gerados na sobreposição de dados, sendo esses polígonos agregados aos climas de maior extensão na vizinhança.

Para identificar as unidades climáticas (tipos climáticos) representadas nos mapas, foi desenvolvida uma codificação que expressa a hierarquia entre os diferentes tipos de clima. A Figura 6 ilustra o código referente à unidade climática Tropical Semisseco do Centro-Sul, adaptado para o idioma inglês. No nível de Domínio, emprega-se a abreviação “Tr” para Tropical. Já o Subdomínio é indicado por caracteres específicos: (“) para Úmido, (‘) para Semiúmido, (*) para Semisseco e (**) para Seco. Para mostrar a estação do ano mais seca, foi acrescentada uma letra acima dos caracteres dos subdomínios (s: verão, f: outono, w: inverno, p: primavera e o: para sem seca). Finalmente, a Região Climática é representada por três letras minúsculas (“scb”), que correspondem à expressão “South Central Brazilian”.

Figura 6 – Código utilizado na diferenciação dos tipos climáticos no mapa.

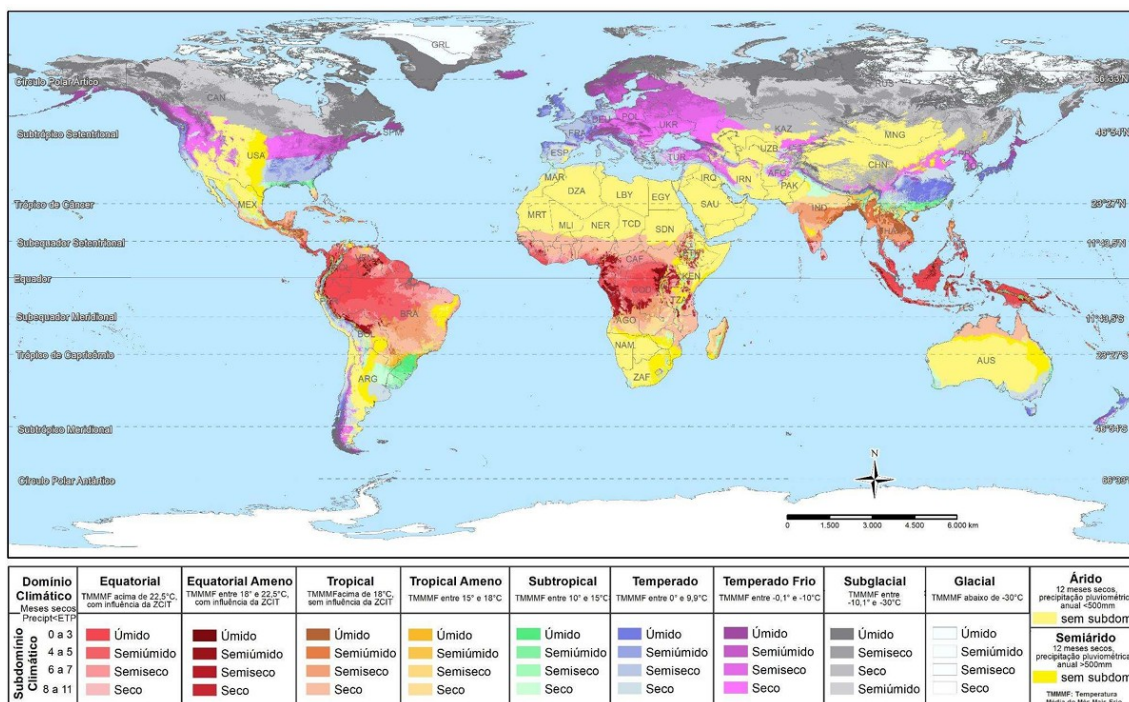


Fonte: Autores (2026).

A Figura 7 apresenta a espacialização dos domínios e subdomínios climáticos propostos por Novais para o planeta, conforme descrito por Novais e Machado (2023b), resultando em 38 combinações distintas de tipos climáticos (de 2ª hierarquia). Assim, foram identificados 11 Domínios: Equatorial, Equatorial Ameno, Tropical, Tropical Ameno, Subtropical, Temperado, Temperado Frio, Subglacial, Glacial, Semiárido e Árido; e quatro Subdomínios: Úmido, Semiúmido, Semisseco e Seco. Na América do Sul, o único domínio não identificado foi o Glacial, embora tenha chegado muito próximo de ocorrer no topo do Monte Aconcágua, onde foi registrado um valor de TMMF de -29°C.

Esse mapeamento global, elaborado a partir de dados de reanálise e interpolação climática, sintetiza a estrutura hierárquica da Classificação de Novais, evidenciando a coerência espacial entre os gradientes térmicos e pluviométricos e sua relação com a latitude, altitude e distribuição dos sistemas atmosféricos.

Figura 7 – Mapa dos Domínios e Subdomínios Climáticos do globo.



Fonte: Novais e Machado (2023b).

Considerações Finais

A metodologia da Classificação Climática de Novais representa um avanço significativo no campo da climatologia geográfica, ao propor um modelo híbrido e multiescalar capaz de integrar fatores astronômicos, elementos climáticos regionais, sistemas atmosféricos e compartimentações geomorfológicas. Ao articular escalas que vão do zonal ao local, o sistema supera limitações de classificações tradicionais, permitindo delimitações mais precisas e coerentes com a diversidade de paisagens e realidades ambientais, especialmente no contexto sul-americano.

Além do rigor técnico, a utilização de bases de dados robustas, como a do projeto CHELSA, aliada ao processamento automatizado no Dinamica EGO, assegura confiabilidade científica e replicabilidade dos resultados. Esta proposta está sendo aplicada na América do Sul, com a definição de 43 regiões climáticas, e já foi utilizada no Brasil e na Europa, onde permitiu delimitar tipologias climáticas ajustadas às especificidades locais. Tal metodologia inovadora não apenas mapeia climas, mas também possibilita compreender suas interações funcionais com a superfície terrestre, sua relação com os sistemas atmosféricos e seus impactos diretos sobre a organização espacial e a vida humana.

Por fim, a amplitude da proposta abre caminho para a consolidação de uma tipologia climática global, em processo de expansão. A construção de regiões climáticas detalhadas, fundamentadas em critérios consistentes e integrados, constitui não apenas uma ferramenta científica, mas também um instrumento estratégico para o planejamento territorial, a gestão de recursos naturais e a adaptação às mudanças climáticas. Nesse sentido, a Classificação Climática de Novais se projeta como uma contribuição duradoura e de grande relevância para a climatologia contemporânea.

Referências

- ALLEN, R. G.; PEREIRA, L.; RAES, D.; SMITH, M. Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. Rome: FAO: **Irrigation and Drainage Paper**, v. 56. 1998.
- CAVALCANTI, I. F. de A.; FERREIRA, N. J.; SILVA, M. G. A. J. de; DIAS, M. A. F. da S. **Tempo e clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.
- CITEAU, J.; BERGÈS, J. C.; DEMARCQ, H.; MAHÉ, G. The watch of ITCZ migrations over the tropical atlantic ocean as an indicator in drought forecast over Sahelian areas. **Tropical Ocean Atmosphere Newsletter**, v. 45, p. 1-3, 1988.
- CLAVAL, P. **Introdução à Geografia**. Tradução de Isabel Bittencourt. Lisboa: Edições 70, 1983.
- CONCEIÇÃO, M. A. F. Roteiro de cálculo da evapotranspiração de referência pelo método de Penman Monteith. Bento Gonçalves: **Circular Técnica da Embrapa**, 2006.
- GEIGER, R. **The climate near the ground**. Cambridge: Harvard University Press, 1965.
- HASTENRATH, S. L.; HELLER, L. Dynamics of climatic hazards in northeast Brazil. **Meteorol. Soc.**, v. 103, p. 77-92, 1977.
- KARGER, D. N.; CONRAD, O.; BÖHNER, J.; KAWOHL, T.; KREFT, H.; SORIA-AUZA, R. W.; ZIMMERMANN, N. E.; LINDER, H. P.; KESSLER, M. Climatologies at high resolution for the earth's land surface areas. **Dryad Digital Repository**, 2018.
- KÖPPEN, W. **Climatologia**: con un studio de los climas de la tierra. 1. ed. em español. México: Fondo de Cultura Económica, 1948.
- KÖPPEN, W. Das geographische System der Klimate. In: KÖPPEN, W.; R. GEIGER (ed.). Handbuch der Klimatologie. **Gebrüder Borntraeger**, Berlin, v. 1, p. 1-44, part C, 1936.
- MELO, A. B. C.; NOBRE, P.; MELO, M. L. D.; SANTANA, S. C. Estudo Climatológico da Posição da ZCIT no Atlântico Equatorial e sua Influência sobre o Nordeste do Brasil. **Anais [...]**. XI Congresso Brasileiro de Meteorologia, p. 1142-1145, 2000.
- NOVAIS, G. T. **Classificação climática aplicada ao Bioma Cerrado**. Tese (Doutorado em Geografia) Instituto de Geografia. Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, 2019. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.14393/ufu.te.2019.2199>.
- NOVAIS, G. T. **Climas do Brasil**: classificação climática e aplicações. Porto Alegre: Total Books, 2023a.
- NOVAIS, G. T. Distribuição média dos Climas Zonais no Globo: estudos preliminares de uma nova classificação climática. **Revista Brasileira de Geografia Física**. Recife, v. 10, n. 5, p. 1614-1623, 2017a. Disponível em: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v.10.5.p1614-1623>.
- NOVAIS, G. T. **Os climas da Europa**. Relatório de pós-doutoramento em Geografia Física. Centro de Estudos de Geografia e Ordenamento do Território (CEGOT). Faculdade de Letras. Universidade do Porto. 2023b.
- NOVAIS, G. T.; MACHADO, L. A. Ensaio sobre a classificação climática global de Novais. In: XV Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica, **Anais [...]**. Guarapuava: UNICENTRO, 2023b.
- NOVAIS, G. T.; MACHADO, L. A. Os climas do Brasil: segundo a classificação climática de Novais. **Revista Brasileira de Climatologia**, Dourados, v. 32, p. 1-39, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.55761/abclima.v32i19.16163>.

NOVAIS, G. T.; GALVANI, E. Uma tipologia de classificação climática aplicada ao estado de São Paulo. **Revista do Departamento de Geografia**, n. 42, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.11606/eISSN.2236-2878.rdg.2022.184630>.

OLSON, D. M.; DINERSTEIN, E.; WIKRAMANAYAKE, E. D.; BURGESS, N. D.; POWELL, G. V.; UNDERWOOD, E. C.; KASSEM, K. R. Terrestrial Ecoregions of the World: A New Map of Life on Earth: A new global map of terrestrial ecoregions provides an innovative tool for conserving biodiversity. **BioScience**. v. 51, n. 11, p. 933-938, 2001.

SATYAMURTY, P.; SOUSA Jr., S. B. D.; TEIXEIRA, M. D. S.; SILVA, L. E. M. G. D. Regional circulation differences between a rainy episode and a nonrainy episode in eastern São Paulo State in March 2006. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 23 n. 4, p. 404-416, 2008.

SENTELHAS, P. C.; ROLIM, G. S.; BARBIERI, V. Planilhas no ambiente EXCEL TM para os cálculos de balanços hídricos: normal, sequencial, de cultura e de produtividade real e potencial. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 6, n. 1, p. 133-137, 1998.

STRAHLER, A. N. **Physical geography**. New York: Wiley. 1951.

TEODORO, T. A.; REBOITA, M. S.; ESCOBAR, G. C. J. Caracterização da Banda Dupla da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) no Oceano Atlântico. **Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ** ISSN 0101-9759 e-ISSN 1982-3908, v. 42, 2, p. 282-298, 2019.

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. **The water balance**. Centerton, NJ: Drexel Institute of Technology - Laboratory of Climatology, 1955. 104 p.

TREWARTHA, G. T. **An Introduction to Climate**. 5. ed. New York: McGraw-Hill, 1980.

TRICART, J. **O homem e os climas**. Tradução de Jorge Luis de Barros. São Paulo: Perspectiva, 1977.

PARTE III

ASPECTOS TERMOPLUVIOMÉTRICOS E TIPOLOGIA CLIMÁTICA DA AMÉRICA DO SUL

TEMPERATURA DO AR, PRECIPITAÇÃO, EVAPOTRANSPIRAÇÃO POTENCIAL E BALANÇO HÍDRICO NA AMÉRICA DO SUL

*Giuliano Tostes Novais
Lilian Aline Machado
Michelle Simões Reboita*

Esse capítulo apresenta as climatologias do período de 1989 a 2018, para a América do Sul, das variáveis atmosféricas: temperatura do ar a 2 m, precipitação e evapotranspiração potencial (ETp). Essas variáveis foram obtidas do projeto CHELSA (Karger *et al.*, 2018) e possuem resolução espacial horizontal de 1 km².

Temperatura do Ar

Ao longo do ano, a distribuição da temperatura média do ar na América do Sul revela um padrão fortemente condicionado pela latitude, pela altitude e pela atuação dos sistemas atmosféricos continentais e oceânicos. As regiões equatoriais mantêm temperaturas elevadas durante todos os meses, enquanto as áreas subtropicais e temperadas apresentam grande amplitude térmica anual. Esse padrão é bem ilustrado pelos mapas térmicos mensais (Figura 1).

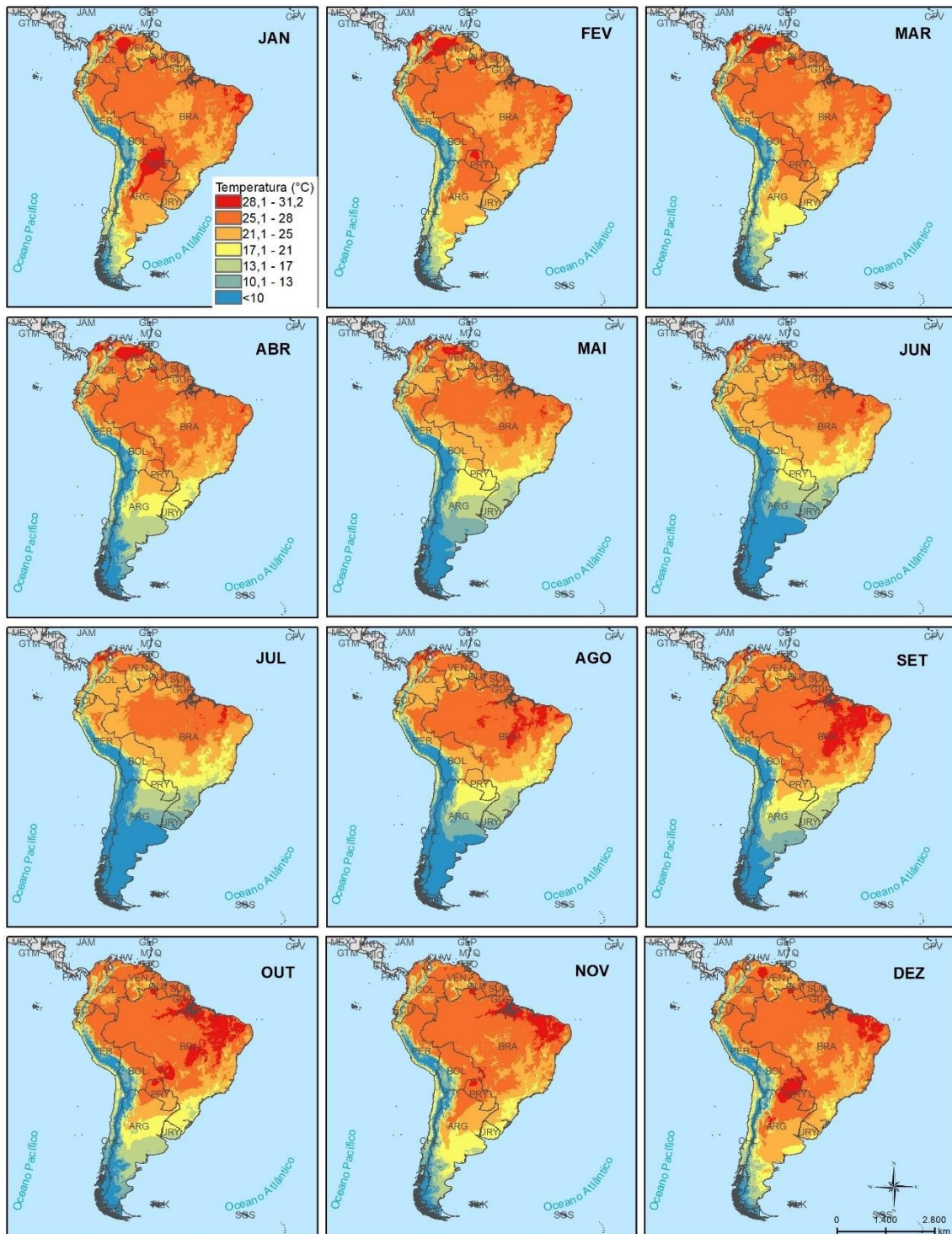
Durante o verão austral (20 de dezembro a 20 de março), observa-se o predomínio de temperaturas médias elevadas em grande parte do continente. As maiores médias, superiores a 28 °C, concentram-se na porção central da Bacia Amazônica, abrangendo partes do norte do Brasil, sul da Colômbia, leste do Peru e noroeste da Bolívia. As planícies da Argentina e o centro-sul do Brasil registram valores entre 25 °C e 28 °C. Em contrapartida, o extremo sul da Patagônia e os trechos de maior altitude da Cordilheira dos Andes apresentam temperaturas abaixo de 17 °C, com áreas isoladas mais frias (13 °C), refletindo a influência da altitude e da latitude elevada.

No outono (20 de março a 20 de junho), as temperaturas mais elevadas concentram-se em direção à faixa equatorial. Em abril e maio, regiões como o sul do Brasil, Paraguai, Bolívia, Argentina e o centro do Chile passam a registrar médias entre 13 °C e 21 °C, enquanto as porções andinas e a Patagônia mantêm valores inferiores. A Amazônia, por sua vez, permanece com médias superiores a 25 °C, evidenciando a baixa sazonalidade da região tropical úmida.

O inverno (20 de junho a 20 de setembro) marca o período de menores temperaturas no continente. As zonas subtropicais e temperadas da América do Sul, incluindo o centro-sul do Brasil, Uruguai, norte e centro da Argentina e o sul do Chile, apresentam temperaturas médias entre 10 °C e 17 °C, com redução em áreas de altitude elevada. Nas regiões andinas centrais e patagônicas, as temperaturas declinam para menos de 10 °C, como nas áreas de planalto e montanha (7 °C). Já a zona equatorial mantém sua constância térmica, com temperaturas acima de 25 °C em quase toda a Bacia Amazônica.

Durante a primavera (20 de setembro a 20 de dezembro), inicia-se um processo gradual de elevação das temperaturas médias, com expansão das faixas de calor do norte para o sul. Em outubro e novembro, as médias entre 25 °C e 28 °C já recobrem o centro do Brasil, partes do Paraguai e norte da Bolívia, enquanto as áreas temperadas ainda oscilam entre 17 °C e 21 °C. A Patagônia e os Andes, no entanto, permanecem com médias inferiores a 13 °C, especialmente nas áreas de maior altitude.

Figura 1 – Climatologia da temperatura média do ar (°C) no período de 1989 a 2018 calculada com base nos dados do CHELSA.



Fonte: CHELSA (1989-2018).

O ciclo térmico anual (Figura 1) ressalta o papel da latitude e do relevo na configuração térmica do continente sul-americano, além de refletir a influência da inclinação do eixo de rotação terrestre em relação ao plano orbital sobre a sazonalidade climática, conforme discutido na fundamentação metodológica (Capítulo 4 da segunda parte do livro).

Precipitação

Na Figura 2 é apresentada a evolução mensal da climatologia da precipitação na América do Sul. O padrão climatológico tem grande influência das estações do ano, pois essas governam a circulação atmosférica, como o posicionamento da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), o desenvolvimento da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e dos jatos de baixos níveis (JBN), por exemplo. Além disso, condições topográficas locais, como a barreira andina, exercem grande influência na organização da precipitação. Esses fatores produzem padrões bem distintos entre as regiões equatoriais, tropicais e temperadas, com predomínio de condições úmidas no norte do continente e sul do Brasil e condições mais secas dominando o centro da América do Sul; em outras palavras, não há uma homogeneidade climática da chuva no continente (Reboita *et al.*, 2010; Ferreira e Reboita, 2022). A ZCIT, por exemplo, exerce maior influência sobre o norte da América do Sul durante o equinócio de outono, quando atinge seu deslocamento máximo para o hemisfério sul (Ribeiro *et al.*, 2023).

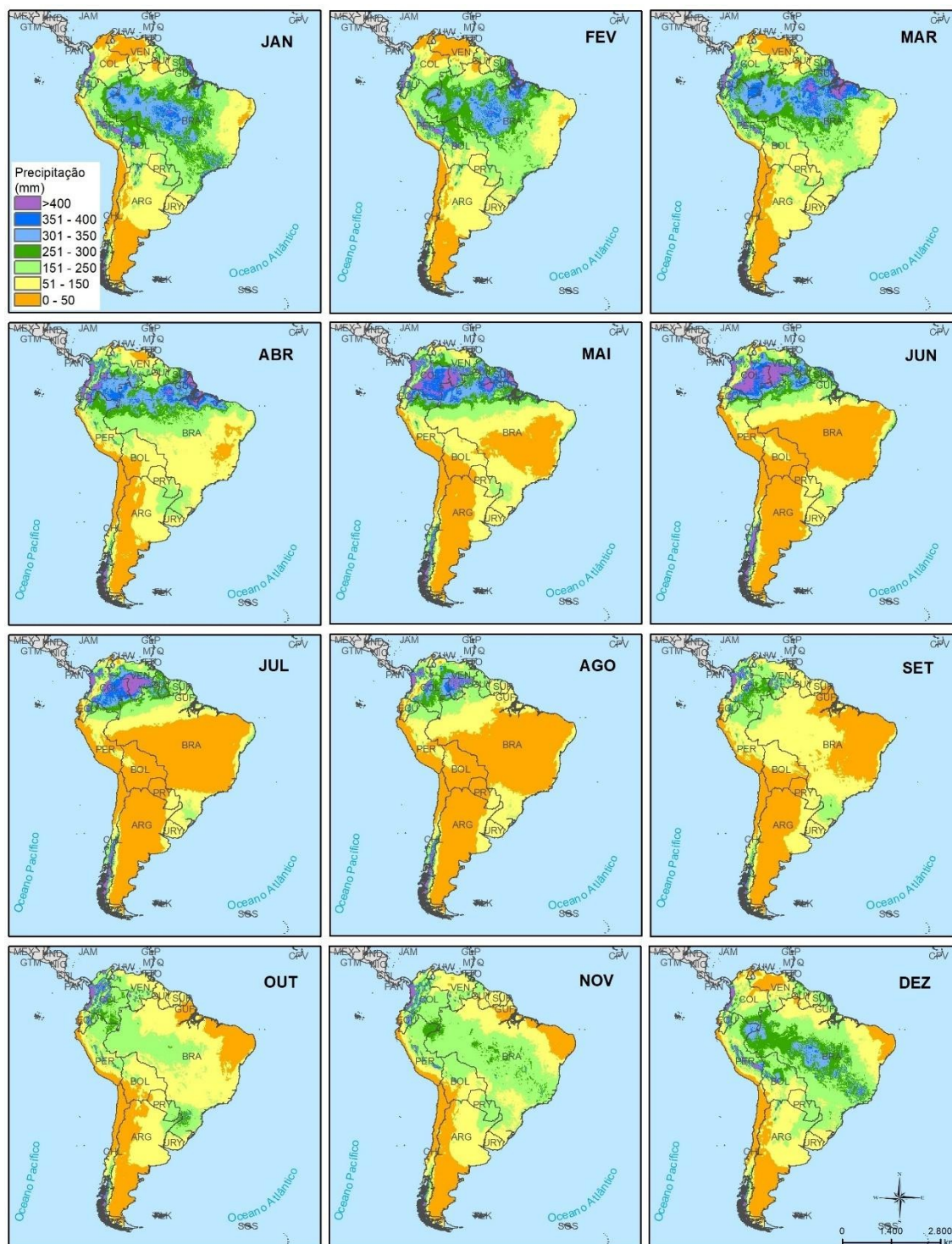
Durante os meses do verão, observa-se a expansão da faixa de máximas precipitações (superiores a 300 mm/mês), que se estende da amazônia central até o sudeste do Brasil, incluindo o Planalto Central e partes da Bolívia e do Peru. As áreas do extremo norte do continente (como Venezuela, Guianas e norte do Brasil), também recebem elevados volumes pluviométricos, devido à proximidade da ZCIT. O noroeste da Colômbia, por sua vez, mantém volumes elevados em razão da atuação constante de escoamentos úmidos vindos do Pacífico. Em contrapartida, a Patagônia, o Chaco argentino, e o litoral do Peru e norte do Chile apresentam precipitação inferior a 50 mm, revelando seu caráter semiárido a árido.

No outono, há uma retração das chuvas na faixa central do continente. As precipitações permanecem elevadas no noroeste da América do Sul (sul da Colômbia, Equador, norte do Peru e oeste da Venezuela) e no sul do Brasil e bacia do Prata. Já o centro do Brasil, interior do sertão nordestino e Bolívia registram valores mais baixos em comparação ao verão. Durante o inverno, o continente apresenta sua menor extensão de áreas chuvosas. Com a migração aparente do sol para o hemisfério norte, os sistemas precipitantes na América do Sul se enfraquecem e a maior parte do continente se torna seca. O extremo norte do continente, o sul do Brasil e o litoral centro-sul do Chile são áreas em que a precipitação continua abundante. Nesses dois últimos, as frentes frias exercem grande contribuição para a chuva.

Na primavera, inicia-se um novo ciclo de retomada das chuvas, com o desenvolvimento dos sistemas precipitantes (convecção, formação da ZCAS etc.). As chuvas reaparecem sobre o Planalto Central e sudeste do Brasil, bem como em partes da Bolívia, Paraguai e norte da Argentina. O núcleo úmido amazônico se recupera, com registros de precipitação superiores a 250 mm/mês. O interior do continente, sobretudo a faixa central do Brasil, passa por uma rápida transição entre o período seco e úmido, fator determinante para a agricultura de sequeiro e para os ecossistemas da região.

A análise mensal da precipitação na América do Sul (Figura 2) é um representante da circulação atmosférica tropical e subtropical no continente, com marcantes contrastes espaciais e sazonais. Esses dados reforçam a importância de se utilizar classificações climáticas multiescalares e hierarquizadas, para uma compreensão mais precisa da dinâmica do clima regional e de suas implicações socioambientais.

Figura 2 – Climatologia da precipitação (mm) no período de 1989 a 2018 calculada com base nos dados do CHELSA.



Fonte: CHELSA (1989-2018).

Climatologia Anual da Temperatura do Ar, Precipitação e ETp

Considerando-se as médias anuais (Figura 3), a distribuição espacial da temperatura média anual (Figura 3a) revela a influência direta da latitude, da altitude e da circulação atmosférica sobre o regime térmico do continente. As áreas equatoriais (como a Bacia Amazônica, o norte do Brasil, as Guianas,

a Venezuela e o litoral do Pacífico entre o Equador e a Colômbia), concentram os maiores valores térmicos anuais, acima de 25 °C, refletindo a permanência de alta radiação solar durante todo o ano. Em contrapartida, as regiões andinas, a Patagônia, o centro-sul do Chile e da Argentina apresentam temperaturas médias inferiores a 15 °C, muitas vezes abaixo de 10 °C, influenciadas tanto pela altitude quanto pela posição latitudinal.

A precipitação média anual (Figura 3c) mostra com clareza a preponderância de umidade nas regiões norte e noroeste da América do Sul. A presença da ZCIT, os ventos alísios e a atuação da Cordilheira dos Andes como barreira orográfica favorecem elevados volumes pluviométricos na Amazônia, e nos litorais colombiano e equatoriano, com médias superiores a 1.600 mm. O sul do Chile também apresenta altos volumes anuais, influenciado por frentes polares e ciclones extratropicais. Em oposição, a presença de áreas com precipitação inferior a 800 mm no nordeste do Brasil, no Chaco argentino-paraguaio e no deserto do Atacama indica a hegemonia dos Domínios Semiárido e Árido, com prolongados déficits hídricos. Esses contrastes evidenciam a importância da variação espacial da precipitação no estabelecimento dos Subdomínios Climáticos que são definidos conforme o número de meses secos (quando a precipitação mensal é inferior à ETp).

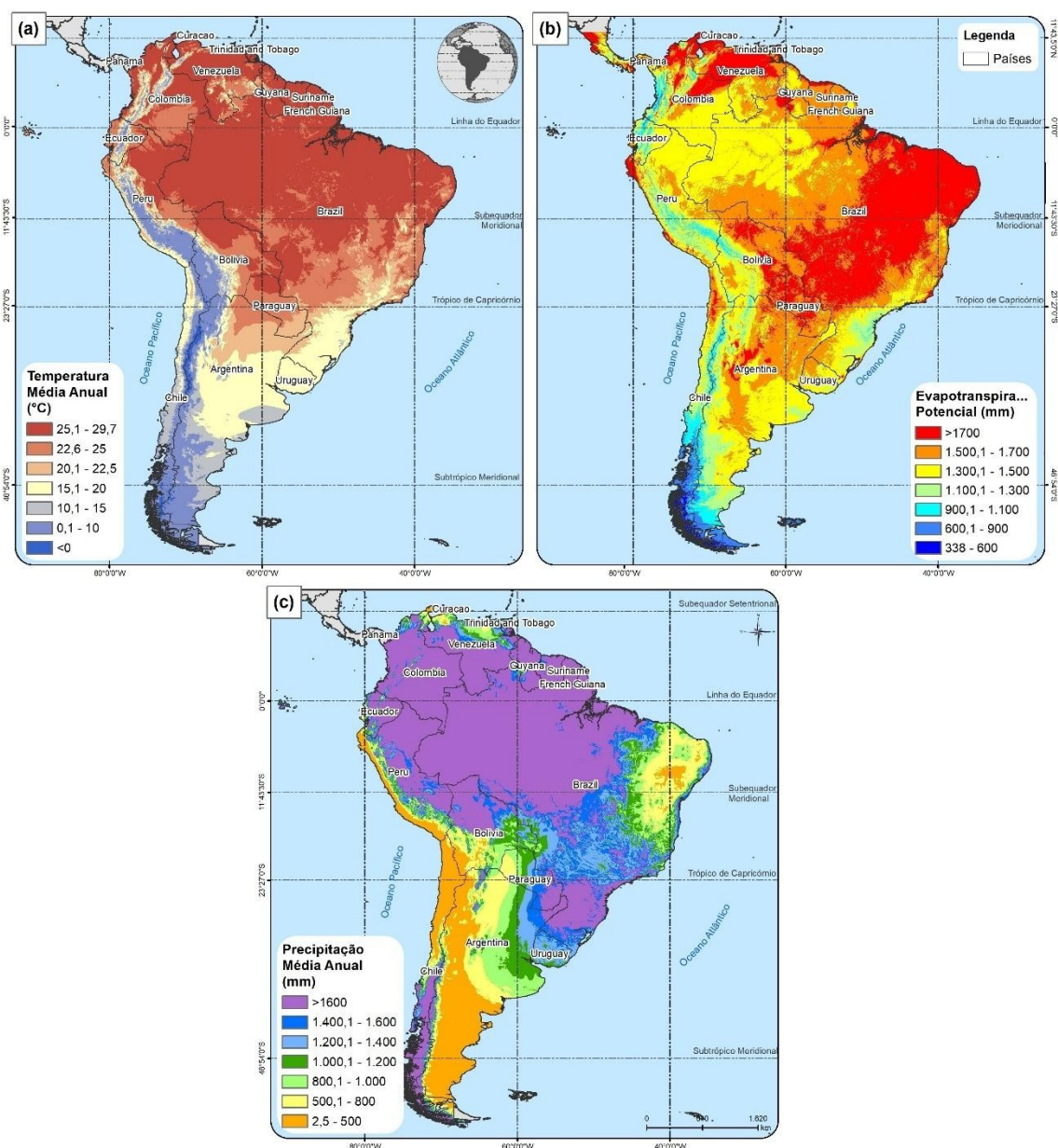
Por fim, a média anual da ETp é mostrada na Figura 3b, e indica a quantidade de água que poderia ser evaporada e transpirada pelas plantas se houvesse umidade suficiente no solo. Os maiores valores de ETp se concentram na faixa tropical interna do continente (Cerrado, Caatinga, Chaco, Llanos e Bacia do Orinoco), superando os 1.700 mm anuais. Isso indica um elevado potencial de déficit hídrico, mesmo em áreas com precipitação considerável. Já nas regiões temperadas e frias do sul do continente, especialmente na Patagônia, nos Andes austrais e no sul do Chile, os valores reduzidos de ETp (inferiores a 900 mm) refletem uma baixa demanda evaporativa, resultado direto das temperaturas mais amenas. Esse dado é fundamental para o cálculo do balanço hídrico e para a identificação dos meses secos, critério-chave na delimitação dos subdomínios (Úmido, Semiúmido, Semisseco, Seco) do sistema de Novais. Na Patagônia, apesar dos valores reduzidos de ETp, a combinação de pouca precipitação e ventos intensos de oeste pesa mais no balanço hídrico e faz com que a região seja árida.

A visão conjunta das três variáveis (temperatura, precipitação e ETp) na Figura 3, permite mapear os contrastes climáticos da América do Sul, desde as áreas equatoriais úmidas até as regiões áridas. Essa base empírica é fundamental para a operacionalização desta classificação climática, pois fornece os dados que alimentam a lógica hierárquica do modelo, ao articular fatores astronômicos, geográficos e atmosféricos na definição dos tipos climáticos do continente.

Também é mostrada, na Figura 4a, a temperatura média do mês mais frio (TMMF) em cada localidade da América do Sul bem como o mês mais frio. Há um gradiente térmico latitudinal bem marcado, mas também fortemente influenciado pela altitude, relevo e continentalidade. A região equatorial (norte do Brasil, Guianas, Venezuela, Colômbia e costa do Equador) apresenta TMMF superior a 25 °C, definindo com clareza o Clima Zonal Tórrido. No restante da faixa tropical (incluindo boa parte do Brasil Central, sul da Colômbia, leste do Peru e Bolívia), predominam temperaturas entre 22,1 °C e 25 °C.

Nas áreas centrais da América do Sul, especialmente no Planalto Brasileiro, no Chaco Paraguai e nos patamares que delimitam a borda oriental da base do altiplano boliviano, as temperaturas do mês mais frio variam entre 15 °C e 22 °C, compondo o Clima Zonal Quente (Domínios Tropical e Tropical ameno). Já o centro-sul do continente (Argentina, Uruguai, sul do Brasil, Paraguai, partes do Chile e da Bolívia), revela TMMF entre 5,7 °C e 15 °C, abrangendo o Clima Zonal Moderado, fundamental para a delimitação dos domínios subtropicais e temperados. Finalmente, a Patagônia, a Cordilheira dos Andes centrais e a Terra do Fogo exibem temperaturas médias do mês mais frio inferiores a 10 °C, chegando abaixo de 0 °C em regiões de elevada altitude ou alta latitude, como os Andes austrais e o extremo sul chileno-argentino, o que caracteriza os Domínios Temperado, Temperado Frio e Subglacial.

Figura 3 – Média anual da temperatura, precipitação e ETp na América do Sul no período de 1989 a 2018.



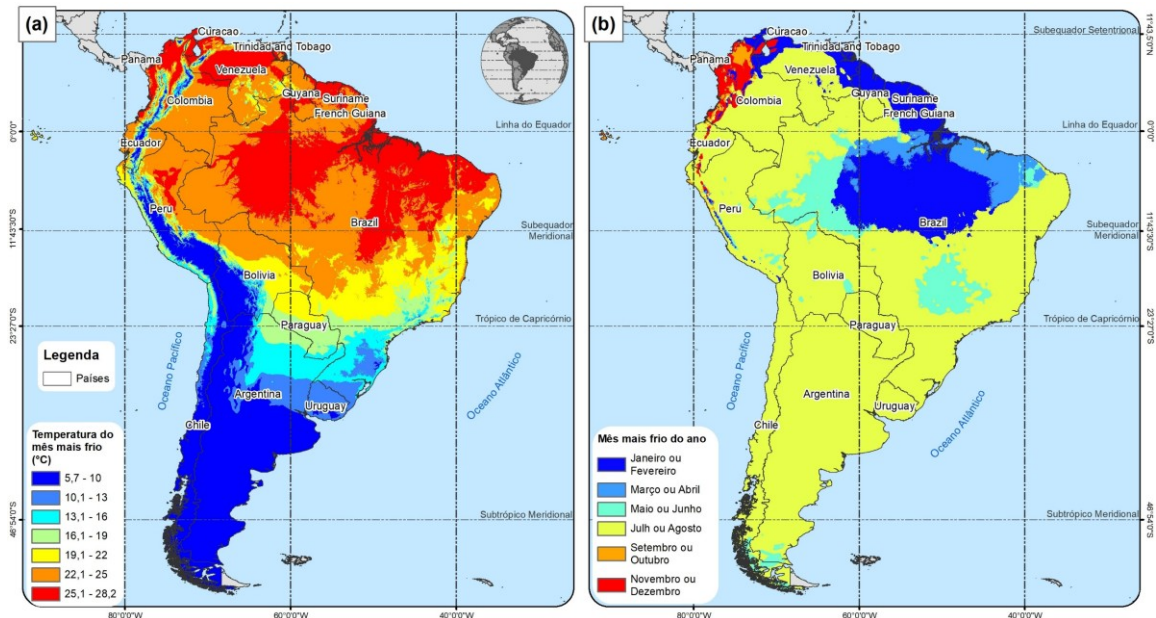
Fonte: CHLSA (1989-2018).

A Figura 4b mostra a distribuição espacial do mês mais frio do ano, o que complementa a análise anterior. O padrão predominante é o de julho como o mês mais frio em quase toda a América do Sul, incluindo Brasil, Bolívia, Paraguai, Uruguai, Argentina e Chile, o que coincide com o inverno. Esse padrão valida a utilização desse mês como referência estatística para definição da TMMF nas classificações térmicas continentais.

No entanto, há exceções relevantes. Em faixas da Amazônia Oriental e Guianas, o mês mais frio ocorre entre março e abril, devido à menor insolação e ao pico da estação chuvosa, que geram arrefecimento térmico por aumento da nebulosidade e da precipitação. Já na faixa costeira do Caribe e norte da América do Sul (norte da Venezuela, Panamá e norte da Colômbia), os meses mais frios coincidem com janeiro e fevereiro, caracterizando uma sazonalidade oposta à do sul do continente, com influência do inverno boreal.

Esses padrões mensais são essenciais para a correta identificação do Clima Zonal, já que a metodologia depende da temperatura média do mês mais frio e não apenas de médias sazonais e anuais convencionais. Essas informações permitem definir os limites entre Climas Tórrido, Quente, Moderado, Frio e Polar, a partir de isotermas observadas com base em dados de reanálise climática e representações mensais por pixel.

Figura 4 – (a) Temperatura média do mês mais frio (TMMF) e (b) mês mais frio na América do Sul considerando a climatologia do período de 1989 a 2018.



Fonte: CHELSA (1989-2018).

A Figura 4, com as informações das menores temperaturas dos meses mais frios, fornece a base técnico-cartográfica que sustenta a 2ª e 3ª hierarquias da Classificação Climática de Novais (os climas zonais e os domínios climáticos). A TMMF permite categorizar grandes áreas da América do Sul com coerência térmica e astronômica, além de incorporar variações regionais causadas por relevo e altitude. A distribuição do mês mais frio evidencia a necessidade de observar padrões sazonais distintos dentro de uma mesma zona climática, ajustando as delimitações aos efeitos locais dos sistemas atmosféricos e da posição geográfica.

Balanco Hídrico

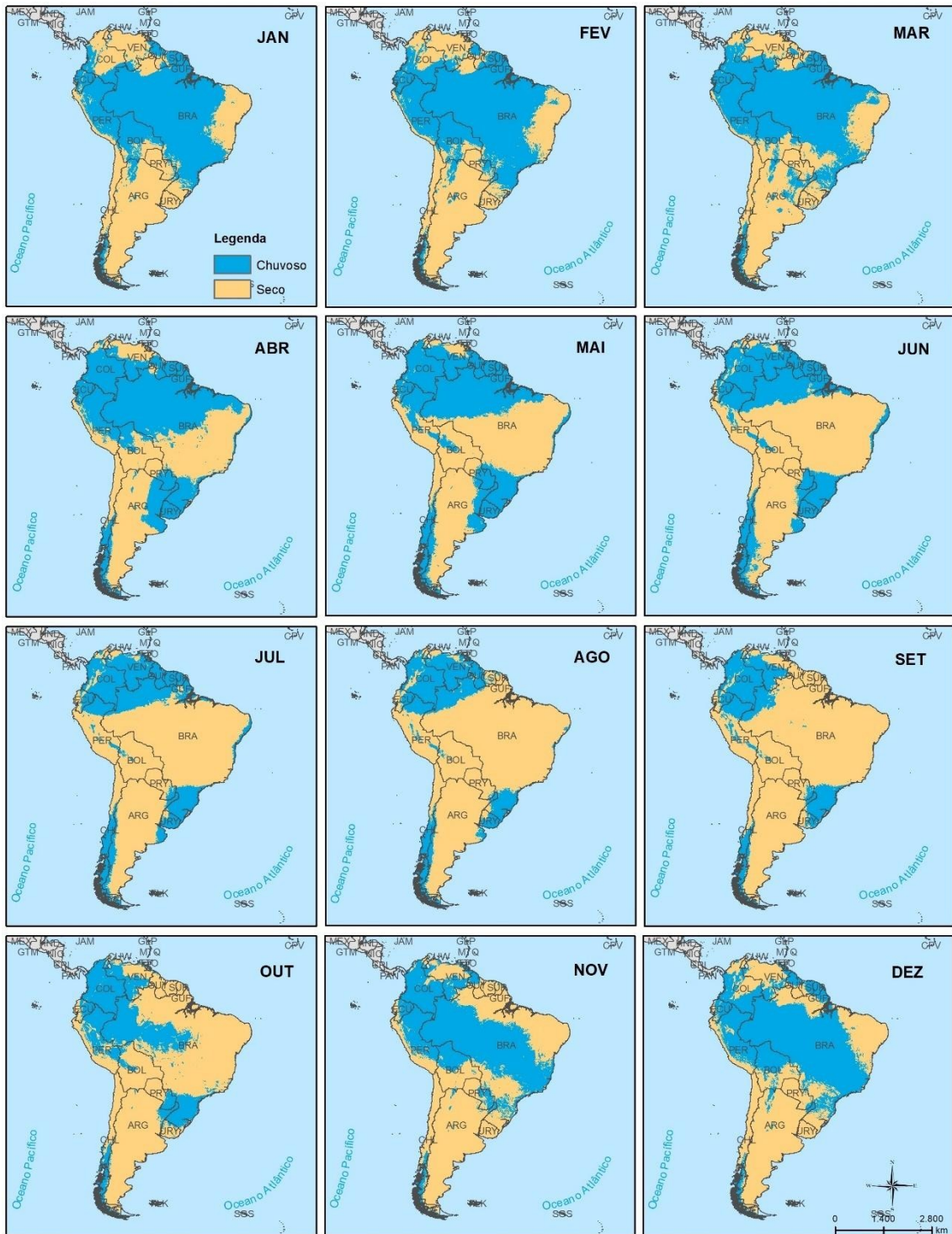
Reverendo as características da precipitação na América do Sul, observa-se grande diversidade espacial e temporal refletindo no balanço hídrico continental. Esses padrões pluviométricos, aliados às variações térmicas e à ETp, são determinantes para a definição dos Domínios e Subdomínios climáticos.

Na Figura 5, as regiões equatoriais mostram predomínio de meses chuvosos durante quase todo o ano. Essas áreas apresentam ausência de estação seca definida, embora em algumas porções do centro-norte do Brasil e do sul da Venezuela ocorra uma ligeira redução da umidade entre agosto e novembro.

Nas áreas tropicais do Brasil Central, leste da Bolívia, Paraguai, e norte da Argentina, observa-se claramente o regime sazonal típico do Domínio Tropical, com estações chuvosa (novembro a março) e seca (maio a setembro) bem definidas. A transição entre esses períodos é visível em abril e outubro, meses de passagem entre os regimes, revelando o enfraquecimento e o fortalecimento dos sistemas

precipitantes. As regiões andinas e o altiplano boliviano apresentam um padrão distinto, com a maior parte das chuvas ocorrendo de dezembro a março, período do solstício de verão, o que indica grande influência da convecção local. Já a costa ocidental do Peru e norte do Chile permanece seca durante todo o ano, sob domínio do anticiclone subtropical do Pacífico Sul, caracterizando regiões áridas.

Figura 5 – Distribuição espacial mensal da relação entre precipitação e ETp. $P > ETp$ é indicada na cor azul e $P < ETp$ na cor amarela.



Fonte: CHELSA (1989-2018).

No sul da América do Sul (Uruguai, sul do Brasil, Argentina centro-leste, e Chile meridional), o padrão é mais equitativo. Essas áreas apresentam chuvas bem distribuídas ao longo do ano, com discreto predomínio de meses chuvosos nos trimestres de outono e primavera, o que as caracteriza como domínios úmidos ou semiúmidos da Zonas Temperada e Subtropical. Observa-se também que parte do Chile central, especialmente entre Santiago e Talca, apresenta seca no verão (dezembro a março) e chuvas de inverno (maio a agosto), padrão típico do chamado Clima Mediterrâneo.

A Figura 5 destaca a sazonalidade hídrica na América do Sul, sendo fundamental para classificar os Subdomínios Climáticos em Úmidos (0 a 3 meses secos), Semiúmidos (4 a 5 meses secos), Semissecos (6 a 7 meses secos) e Secos (8 a 11 meses secos). Essa divisão permite diferenciar, por exemplo, um Domínio Tropical Úmido localizado no litoral leste do Brasil (com menos de 3 meses secos) de um Tropical Semiseco do Centro do Brasil ou do Chaco (com 6 a 7 meses secos), ainda que tenham a mesma faixa de temperatura média do mês mais frio (TMMF).

O balanço hídrico é uma resposta direta à interação entre os padrões térmicos, a distribuição espacial e sazonal da precipitação e a demanda atmosférica de água (ETp). Na Amazônia, Guianas, litoral colombiano e equatoriano, a combinação de temperaturas elevadas e praticamente constantes (TMMF > 25 °C) com precipitações mensais quase sempre superiores à ETp, garante balanço hídrico positivo ao longo de todo o ano. Nessas áreas, a quase ausência de estação seca definida promove a manutenção de florestas tropicais densas e elevada produtividade primária, além de contribuir para a regulação climática continental e global, reforçando o papel da Amazônia como grande recicladora de umidade atmosférica.

Nas regiões tropicais do interior do continente (como o Brasil Central, leste da Bolívia, Paraguai e norte da Argentina), o balanço hídrico exibe forte sazonalidade associada à alternância entre estação chuvosa (novembro a março) e estação seca (maio a setembro). Durante o período úmido, a precipitação supera amplamente a ETp, resultando em recarga hídrica do solo e dos aquíferos; já, na estação seca, a ETp supera a precipitação por vários meses, gerando déficit hídrico que afeta os ecossistemas como o Cerrado e atividades agropecuárias de sequeiro.

Nas áreas subtropicais e temperadas úmidas do sul do Brasil, Uruguai, nordeste da Argentina e Chile meridional, a precipitação mantém-se distribuída ao longo do ano, o que proporciona balanço hídrico mais estável, com excedentes hídricos em boa parte dos meses. Esse padrão garante abastecimento regular para agricultura, pecuária e reservatórios. Em contrapartida, nas zonas semiáridas e áridas (como o Nordeste brasileiro, o Chaco, a Patagônia oriental, o litoral do Peru e o norte do Chile), o balanço hídrico é negativo durante a maior parte do ano, com precipitação anual frequentemente inferior à ETp. O déficit hídrico prolongado condiciona situações como uma vegetação adaptada à seca, baixa densidade populacional rural e forte dependência de recursos hídricos externos para irrigação.

Nas regiões andinas de elevada altitude e nos setores austrais do continente (como a Patagônia andina e a Terra do Fogo), a baixa temperatura média anual reduz a ETp, fazendo com que mesmo precipitações moderadas resultem em balanço hídrico positivo ou equilibrado. Nessas áreas, a disponibilidade de água é elevada, mas as baixas temperaturas e a sazonalidade da radiação limitam o período de crescimento vegetal. Em contrapartida, nos vales e zonas de sombra orográfica a sotavento, a combinação de precipitação escassa e ventos intensos gera ambientes secos e frios.

O balanço hídrico climatológico da América do Sul é fortemente controlado por três fatores integrados: 1) Latitude e variação sazonal da radiação solar, determinando o regime térmico (TMMF) e a demanda evaporativa; 2) Circulação atmosférica regional, definindo a sazonalidade e intensidade das chuvas; 3) Fatores geográficos locais, como altitude, relevo e influência oceânica, que modulam a relação entre precipitação e ETp. A combinação desses elementos, articulada no modelo hierárquico de Novais, permite compreender não apenas a distribuição térmica e pluviométrica, mas também o grau de umidade ou aridez de cada subdomínio climático, oferecendo base sólida para estudos de

planejamento ambiental, gestão hídrica e análise de impactos das mudanças climáticas sobre ecossistemas e atividades humanas no continente.

Considerações Finais

A análise integrada dos padrões térmicos, pluviométricos e da ETp na América do Sul, associada ao rigor metodológico desta classificação climática, demonstra que o clima do continente é o resultado direto da interação entre fatores astronômicos, geográficos e atmosféricos. A distribuição latitudinal da temperatura média anual e da TMMF define, em grande medida, os climas zonais, enquanto a sazonalidade das precipitações e o número de meses secos determinam os domínios e subdomínios climáticos. O balanço hídrico climatológico sintetiza essas relações ao indicar áreas de excedente ou déficit hídrico, revelando como a circulação geral da atmosfera e o relevo moldam a disponibilidade de água no continente. Assim, a metodologia de Novais, ao articular escalas espaciais e temporais e incorporar variáveis térmicas e hídricas, oferece um retrato fiel e funcional das dinâmicas climáticas sul-americanas.

No contexto ambiental e socioeconômico, esses padrões se refletem diretamente na configuração dos ecossistemas, na produção agrícola, na gestão de recursos hídricos e na ocupação humana. Regiões como a Amazônia, com balanço hídrico constantemente positivo, mantêm florestas tropicais exuberantes e exercem papel fundamental na reciclagem de umidade e regulação climática global. Por outro lado, áreas com prolongados déficits hídricos, como o Chaco, a Caatinga, a Patagônia oriental e o litoral árido do Pacífico, dependem de estratégias adaptativas para a manutenção de atividades humanas e conservação ambiental. A classificação hierárquica, ao permitir uma leitura precisa dessas interações, constitui não apenas uma ferramenta científica de diagnóstico climático, mas também um instrumento estratégico para o planejamento territorial, a mitigação de impactos das mudanças climáticas e a preservação dos geossistemas do continente.

Referências

- FERREIRA, G. W. S.; REBOITA, M. S. A new look into the South America precipitation regimes: observation and forecast. **Atmosphere**, v. 13, n. 6, p. 873, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3390/atmos13060873>.
- KARGER, D. N.; CONRAD, O.; BÖHNER, J.; KAWOHL, T.; KREFT, H.; SORIA-AUZA, R. W.; ZIMMERMANN, N. E.; LINDER, H. P.; KESSLER, M. Climatologies at high resolution for the earth's land surface areas. **Dryad Digital Repository**, 2018.
- NOVAIS, G. T. **Classificação climática aplicada ao Bioma Cerrado**. 2019. Tese. (Doutorado em Geografia) - Instituto de Geografia da Universidade Federal de Uberlândia. 2019.
- REBOITA, M. S.; ROCHA, R. P.; DIAS, C. G.; SILVA, L. F. M. Regimes de precipitação na América do Sul: uma revisão bibliográfica. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 6, p. 1–23, 2010.
- RIBEIRO, R. M. R.; VITORIANO, M. I.; MOURA, M.; NASCIMENTO, M. Variabilidade sazonal da Zona de Convergência Intertropical e sua influência sobre o norte da América do Sul. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 16, n. 5, 2023.
- SOUZA, I. P. **Padrões sazonais da variabilidade interanual da precipitação sobre a América do Sul associada às componentes ENOS e não-ENOS: impacto na vazão da bacia do Paraná**. 109 f. Dissertação (Mestrado em Clima e Ambiente) – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) e Universidade do Estado do Amazonas (UEA), Manaus. 2018.

TIPOLOGIA CLIMÁTICA DA AMÉRICA DO SUL

Giuliano Tostes Novais

A diversidade climática da América do Sul é resultado da complexa interação entre fatores astronômicos, geográficos, meteorológicos e ecológicos. A ampla extensão latitudinal do continente, combinada à heterogeneidade altimétrica, à presença da Cordilheira dos Andes e de grandes formações vegetais, como a Floresta Amazônica, junto à atuação de sistemas atmosféricos, como a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), os Jatos de Altos (JAN) e Baixos Níveis (JBN), as Altas Subtropicais do Atlântico Sul (ASAS) e do Pacífico Sul (ASPS), além das massas de ar que contribuem para a formação de uma variedade significativa de climas, definidos tanto em escala zonal quanto regional.

Para lidar com a complexidade da dinâmica atmosférica em diferentes escalas espaciais, foi concebida a Classificação Climática de Novais (CCN), um sistema hierárquico e multiescalar aplicável a qualquer área do planeta. Essa metodologia organiza o clima a partir da integração de unidades climáticas subordinadas umas às outras conforme a hierarquia e a escala adotada, permitindo análises desde o nível global até o regional e o local. O modelo considera variáveis como a incidência solar (de forma indireta), a temperatura média do mês mais frio (TMMF), a precipitação média anual, a evapotranspiração potencial (ETp), o número de meses secos, os sistemas atmosféricos atuantes e as feições do relevo, estruturando-se em cinco hierarquias principais: Zonas Climáticas, Climas Zonais, Domínios Climáticos, Subdomínios Climáticos e Regiões Climáticas. A CCN possui mais três hierarquias (não aplicadas neste estudo continental), de influência mais direta sobre os habitantes da superfície terrestre: a Sub-Região, o Mesoclima e o Topoclima (6ª, 7ª e 8ª hierarquias de Novais) tendo como fatores de organização a integração geoecológica, a ação antrópica e o urbanismo, com critérios de delimitação regulados por unidades geomorfológicas e por instrumentos analíticos locais.

Esse sistema foi aplicado com êxito em todo o território brasileiro por Novais e Machado (2023) e em escalas regionais e locais por diversos autores, como Novais (2017, 2019, 2020, 2021a, 2021b, 2021c, 2025), Novais e Galvani (2022), Colli e Novais (2021), Allocca *et al.* (2021), Novais *et al.* (2018), Oliveira e Allocca (2021a), Novais e Pimenta (2021), Nascimento e Novais (2023) e Silva (2022). Segundo Fialho e Santos (2022), essa classificação permite, por meio de sua hierarquização e da utilização de modelagem climática, delimitar unidades em locais com pouca ou nenhuma informação climatológica, viabilizando uma análise geográfica mais precisa por meio da multiescalaridade, conforme também observam Jardim (2015) e Machado (2021).

Como explica Novais (2023), nas escalas superiores, próximas ao nível planetário, utilizam-se as Zonas Climáticas e os Climas Zonais; à medida que se aproxima da superfície habitada, outras hierarquias entram em cena, desde os Domínios até os Topoclimas. Para a presente obra, foi realizada a expansão desse modelo para todo o território sul-americano, com base em dados climáticos de resolução de 1 km² do projeto CHELSA e na modelagem automatizada pelo software Dinamica EGO. O resultado foi a delimitação de 43 regiões climáticas, integradas por 471 unidades climáticas, definidas segundo os condicionantes naturais de cada área.

Este capítulo apresenta, de forma sistemática, os fundamentos, critérios e delimitações das cinco primeiras hierarquias climáticas, oferecendo ao leitor uma leitura abrangente da tipologia climática da América do Sul. O objetivo é não apenas aprofundar a compreensão científica sobre os climas continentais, mas também fornecer uma base metodológica passível de aplicação em outras partes do mundo, como referência em regionalização climática multiescalar.

Zonas Climáticas e Climas Zonais da América do Sul (1ª e 2ª Hierarquias de Novais)

A América do Sul possui quatro Zonas Climáticas, sendo a Tórrida e a Moderada as maiores em termos de latitude. A Zona Climática Quente vem logo a seguir, seguida da Zona Climática Fria, a menor em espessura de latitude e em área no continente (Figura 1).

Figura 1 – Zonas climáticas da América do Sul.



Fonte: Elaborado por Machado (2025).

A Zona Climática Tórrida (ou muito quente) está situada entre os paralelos 11°43'30" Norte e Sul, denominados de "subequadores". O Sol fica a pino duas vezes por ano nesta zona, com distância máxima do zênite de 35°. A insolação durante o ano é intensa e a duração do dia e da noite é aproximadamente igual, com uma pequena variação de 35 minutos a mais no verão e a menos no inverno, no limite com a Zona Climática Quente (Novais, 2023). O Subequador Meridional atravessa o continente desde o litoral peruano até o norte do estado da Bahia (Brasil), delimitando as Zonas Climáticas Tórrida e Quente.

A *Zona Climática Quente* localiza-se entre o Subequador Meridional e o Trópico Meridional (ou de Capricórnio) diferenciando-se da anterior, pela altura solar que é mais baixa no solstício de inverno (de 35°10'30" a 46°54' Norte), provocando queda de temperatura (Novais, 2023). No solstício de verão, o Sol fica a pino em cima do Trópico Meridional. A duração da luz solar no verão varia de 12h45min a 13h35min, e, no inverno, de 10h25min a 11h20min.

Na *Zona Climática Moderada*, situada entre o trópico e o subtropical meridionais, o Sol nunca estará a pino, mas no verão a incidência ainda é alta e com grande duração da luz do dia; variando de 13h35min a 16h25min. A distância zenital do Sol no inverno varia de 46°54' a 70°21' Norte.

No extremo sul do continente sul-americano localiza-se a *Zona Climática Fria*, caracterizada por uma variação máxima entre o dia e a noite durante os solstícios. No verão, a duração de horas solares chega a 17h10min, o que faz a ocultação do Sol acontecer depois das 22h30min. Estas condições se invertem no inverno, sendo o dia escuro em sua maior parte, ocasionando temperaturas negativas e presença de neve. A distância zenital do Sol chega a 78° Norte no inverno e não diminui de 24° Norte no verão.

A Figura 2 mostra os Climas Zonais presentes no continente sul-americano. O *Clima Zonal Tórrido*, cujas temperaturas do ar no mês mais frio (TMMF) ficam acima de 22,5 °C, ocupa a maior porção do território sul-americano, e influencia a depressão amazônica e sua planície aluvial. Conforme Ab'Saber (2003), essa área tem uma forte entrada de energia solar e um abastecimento quase permanente de massa de ar úmido, com grande estoque de nebulosidade e baixa amplitude térmica anual. Essas condições climáticas, junto com a localização, o relevo e a evapotranspiração da Floresta Amazônica, aprisionam um ar quente e úmido. Em sua grande parte, é a área de atuação da ZCIT, que leva precipitação para toda faixa equatorial do planeta. Em áreas mais afastadas da floresta e do oceano, predominam subdomínios mais secos, tornando as depressões interplanálticas do centro e do nordeste do Brasil, uma das áreas mais quentes do continente sul-americano. As principais cidades deste clima zonal na América do Sul são: Manaus, Belém, Fortaleza, Recife e Salvador, no Brasil; Caracas (Venezuela); Barranquilla e Cartagena (Colômbia).

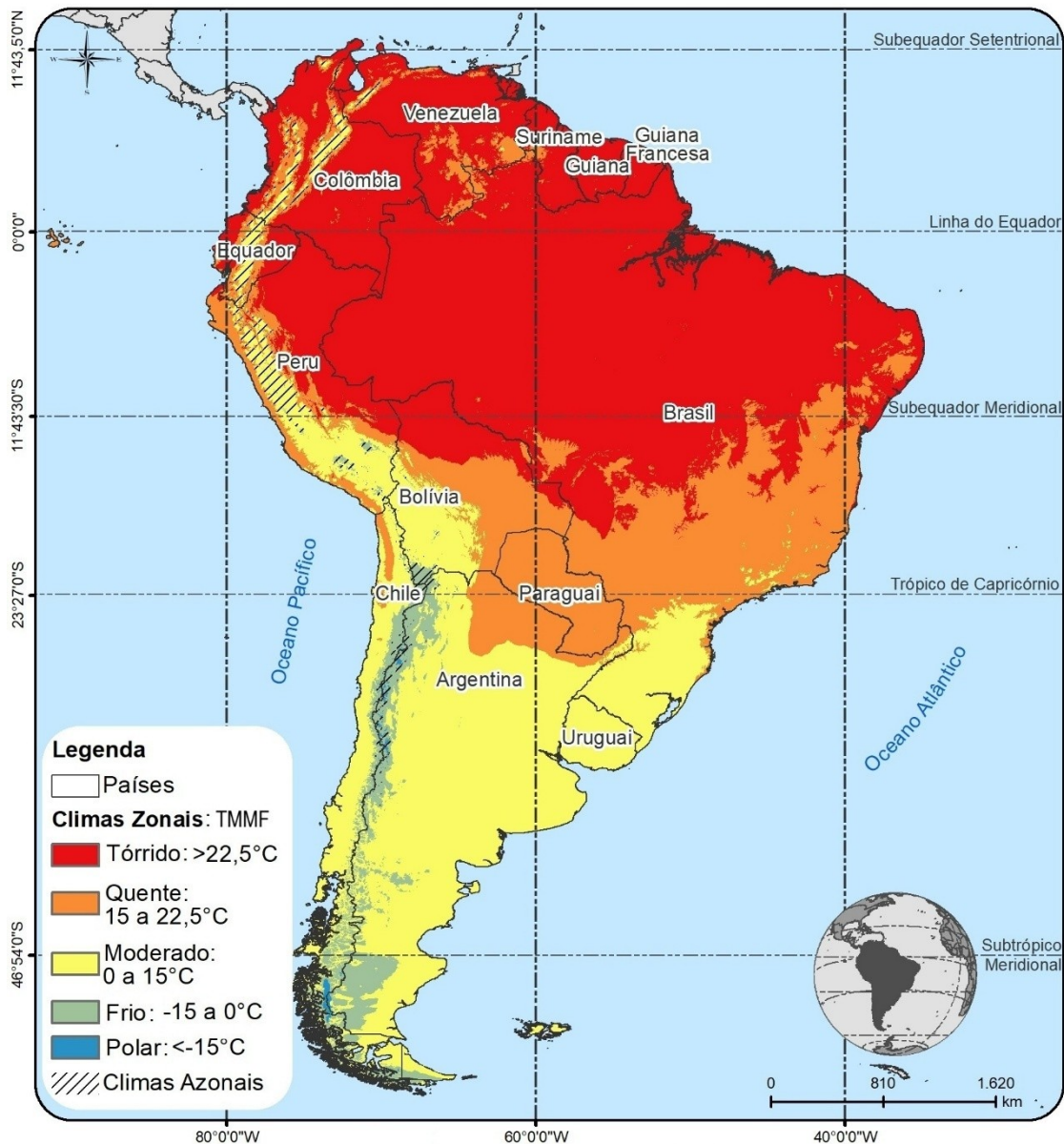
O *Clima Zonal Quente* ainda tem temperaturas elevadas na maior parte do ano, mas, no inverno, nos planaltos próximos ao Trópico de Capricórnio, podem ocorrer geadas esporádicas devido ao avanço das massas de ar polares. Este é o clima que abriga as maiores cidades do Brasil (São Paulo, Rio de Janeiro e Brasília), além dos litorais sudeste brasileiro e oeste peruano (onde se localiza Lima), Planalto das Guianas, todo o Paraguai e nordeste da Argentina, cuja TMMF situa-se entre 15 °C e 22,5 °C. O Clima Zonal Quente abriga grande parte da vegetação de Cerrado e Mata Atlântica no Brasil, de estepes quentes no Paraguai e Argentina, e desértica no Peru. Este clima ainda apresenta Subdomínios predominantemente mais secos, com exceção do litoral sudeste brasileiro e áreas de transição entre a Floresta Amazônica e o altiplano da Cordilheira dos Andes na Bolívia e Peru, onde aparece o Subdomínio Úmido.

O *Clima Zonal Moderado* é o segundo maior da América do Sul, marcando a transição das temperaturas quentes com as frias (TMMF entre 0 e 15 °C). Abrange grande parte da Argentina e do Chile, todo Uruguai e Região Sul do Brasil, além da Cordilheira dos Andes, desde a Bolívia até a Venezuela. Em sua maior parte, é caracterizado por verões quentes e eventos de geadas durante o inverno. Os Subdomínios Úmidos acontecem somente no interior da Região Sul do Brasil e nas encostas a barlavento da Cordilheira dos Andes Chilena; no restante da área predominam Subdomínios Secos e Domínios Áridos e Semiáridos. A vegetação varia desde as florestas de Araucárias, nas áreas mais úmidas, a estepes patagônicas, nas áreas mais secas e áridas. Importantes capitais e grandes cidades são influenciadas por este clima zonal, sendo as principais: Buenos Aires, Rosário, Córdoba e Mendoza, na Argentina; Santiago, no Chile; Montevideu, no Uruguai; Porto Alegre e Curitiba, no Brasil, e La Paz, na Bolívia.

O *Clima Zonal Frio*, com TMMF entre 0 e -15 °C, aparece sobretudo nas partes mais altas da Cordilheira dos Andes, desde o extremo sul da Argentina/Chile até o Peru. O verão é moderado e com grande iluminação solar no extremo sul do continente. Já o inverno é muito frio, com temperaturas médias mensais abaixo de 0 °C, o que generaliza a neve nesta estação. Predominam os subdomínios Úmido e Semiúmido no sul do Chile, e Semissecos e Secos, na Argentina. A vegetação sob o domínio deste clima zonal é predominantemente de estepes frias, com alguns exemplares de florestas subtropicais e temperadas, principalmente nas encostas mais úmidas da cordilheira andina.

Já o *Clima Zonal Polar* (TMMF abaixo de -15 °C), o mais frio da América do Sul, acontece pontualmente nos picos mais elevados do continente, como o Aconcágua, onde a camada de gelo é permanente, não se desfazendo nem mesmo no verão. Também aparece no extremo sul da Cordilheira dos Andes, onde estão situados os parques nacionais Los Glaciares (Argentina), Torres del Paine e Bernardo O'Higgins (Chile), em um dos maiores mantos de gelo do planeta, ficando atrás apenas para os glaciares da Antártica e da Groenlândia.

Figura 2 – Climas zonais e azonais da América do Sul.



Fonte: Elaborado por Machado (2025).

Além dos Climas Zonais, temos os *Climas Azonais*, que ficam localizados entre os Subtrópicos (meridional e setentrional) e aparecem sobretudo nas áreas montanhosas com grande efeito adiabático do ar. Quando a TMMF de uma área é equivalente a dois Climas Zonais mais frios, comparados à Zona Climática adjacente, o clima se torna Azonal. Na América do Sul aparecem com frequência na Cordilheira dos Andes, especialmente em sua porção setentrional e nos pontos mais elevados do altiplano boliviano.

Domínios e Subdomínios Climáticos da América do Sul (3ª e 4ª Hierarquias de Novais)

De acordo com Novais e Machado (2023), a escala regional do clima mostra a interação dos aspectos astronômicos com os sistemas meteorológicos, influenciando as 3ª, 4ª e 5ª hierarquias climáticas, onde estão os Domínios, Subdomínios e Regiões Climáticas.

O Domínio (3ª hierarquia) tem na TMMF seu principal atributo, sendo praticamente uma subdivisão dos Climas Zonais, mas sistemas atmosféricos podem diferenciá-los de outros com a mesma característica, como é o caso da ZCIT, que individualiza o Domínio Equatorial em relação ao Domínio Tropical de mesma TMMF. Os Domínios Climáticos também podem ser diferenciados a partir da quantidade de meses secos e de precipitação, casos específicos do Semiárido e Árido.

Com exceção do Glacial, a América do Sul possui todos os Domínios Climáticos possíveis no planeta (Figura 3): Equatorial, Equatorial Ameno, Tropical, Tropical Ameno, Subtropical, Temperado, Temperado Frio, Subglacial, Semiárido e Árido.

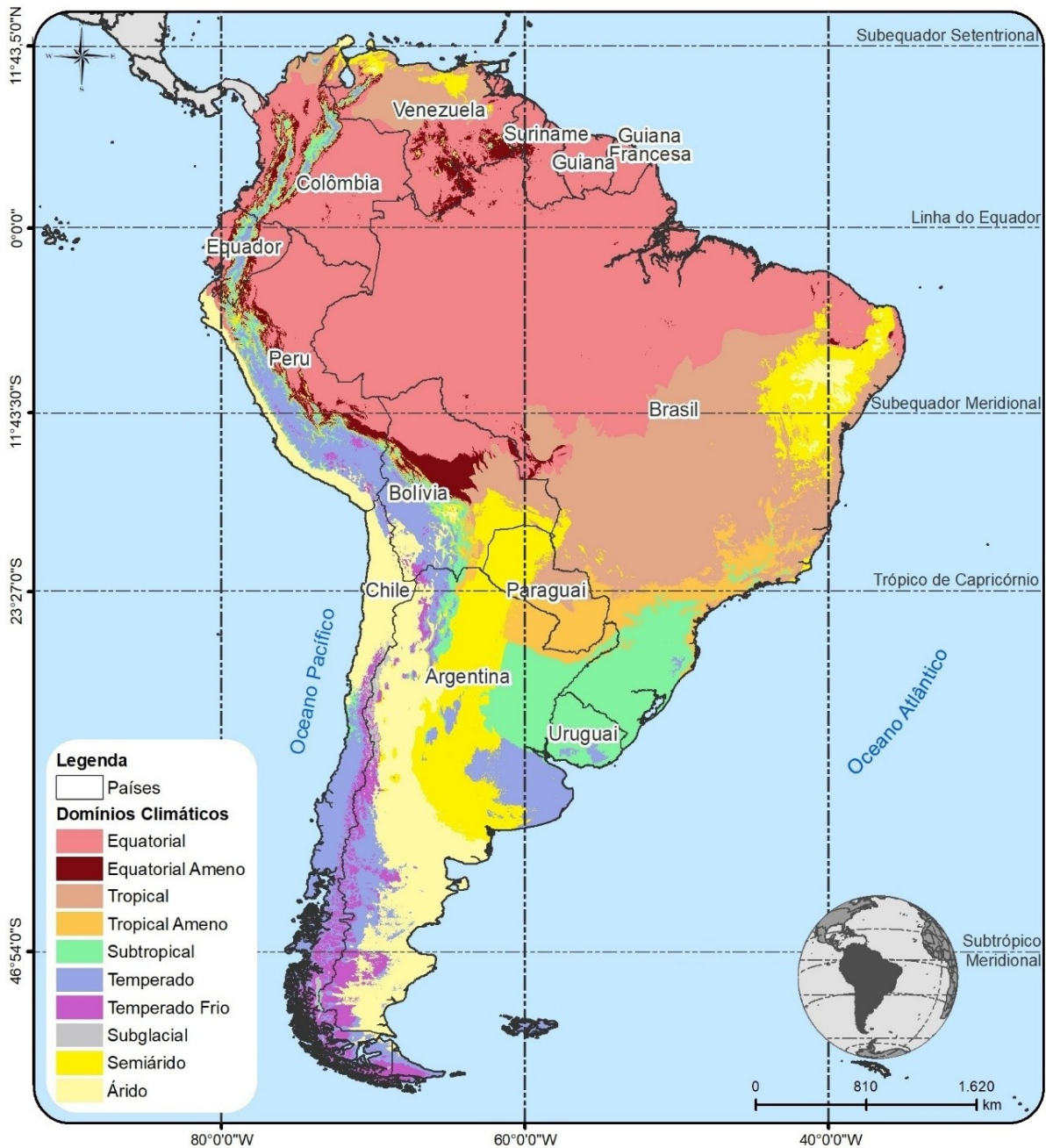
O *Domínio Climático Equatorial* é influenciado pela ZCIT, sistema atmosférico que predomina na área, aumentando significativamente a quantidade de chuva, principalmente durante os meses de verão e outono. Conforme Nascimento *et al.* (2023), este domínio abriga a Massa de Ar Equatorial Continental (mEc), que é formada numa região de calmaria no centro de baixa pressão atmosférica da Floresta Amazônica. A umidade advinda do Oceano Atlântico é reciclada pela evapotranspiração da densa vegetação e dos abundantes corpos hídricos, fazendo a mEc deslocar-se para o Centro-Oeste e Sudeste do Brasil através dos ventos contra-alísios durante a primavera-verão (Serra; Ratisbona, 1942). O Equatorial é o maior domínio do continente, ultrapassando os 7,25 milhões de km² e ocupa todo o bioma amazônico, passando pelo litoral setentrional do Nordeste brasileiro, estendendo-se até a Zona da Mata pernambucana, e abrangendo também a zona litorânea da Colômbia e do Equador. Possui Clima Zonal Tórrido, com TMMF acima de 22,5 °C.

A influência direta do relevo sobre a temperatura do ar é a característica principal do *Domínio Equatorial Ameno*. Essa unidade climática de 3ª hierarquia ocupa uma área de 570 mil km² da América do Sul, abrangendo os locais mais elevados da região equatorial. É o clima predominante em todo o Planalto das Guianas, Serra do Tumucumaque, bordas da Cordilheira dos Andes no Peru e Bolívia, na Chapada dos Parecis e nas Serras do Ibiapaba, Araripe e da Borborema (Brasil). A ZCIT, com suas linhas de instabilidade, também é presente nesse domínio climático. De clima zonal quente, a TMMF é mais baixa em relação ao domínio equatorial, sendo esta entre 18 °C e 22,5 °C.

Com mais de 3 milhões de km², o *Domínio Climático Tropical* ocupa grande parte da região central do Brasil e partes dos territórios da Venezuela, Paraguai e da Bolívia. A característica principal deste domínio é a sazonalidade na precipitação, gerando duas “estações”, uma seca, de inverno, e outra úmida, de verão, discriminadas pelos subdomínios semiúmido e semissecos. Não tem influência da ZCIT, o que faz a quantidade de precipitação cair nos meses de outono e inverno. Nesta área atuam zonas de convergência de umidade na primavera-verão, alinhadas no sentido noroeste-sudeste, conectando os ventos úmidos da Amazônia e do Oceano Atlântico Sul. No outono-inverno, o avanço da ASAS e APS inibe a nebulosidade. De acordo com Serra e Ratisbona (1942) e Assad *et al.* (1993), a mTa (massa Tropical Atlântica) gerada na ASAS, provoca umidade no litoral leste brasileiro, mas

quando avança para o interior, especificamente na Bahia, Minas Gerais, São Paulo e Goiás, gera estabilidade do tempo com queda da umidade do ar. As frentes frias são provocadas pelo contato do ar quente com o ar frio da massa Polar Atlântica (mPa), que é responsável pela queda nas temperaturas do ar durante o outono e inverno na porção meridional do Domínio Tropical. Estão presentes em dois climas zonais, o Tórrido e o Quente, ambos sob influência da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) nos meses mais úmidos (de outubro a março) e ASAS no meio do ano (Novais, 2019).

Figura 3 – Domínios Climáticos da América do Sul.



Fonte: Elaborado por Machado (2025).

O *Domínio Climático Tropical Ameno*, como o nome mesmo diz, possui temperaturas do ar mais baixas em relação ao Tropical, devido, em sua maior parte, à influência da altitude (resfriamento adiabático do ar), mas também pela maior latitude em regiões de planícies e depressões (Novais, 2023). Possui quase 800 mil km² de área na América do Sul, aparecendo desde o nordeste da Argentina, centro-sul do Paraguai e do Brasil e em pontos isolados de maiores altitudes na Amazônia. Os principais sistemas atmosféricos atuantes são a ZCAS e a ASAS, juntamente com o avanço da APS nos meses de inverno. Para Köppen (1948), esse domínio concorda com o Cwa e Cwb e Nimer (1989) o descreve como Subquente. O Clima Zonal é o Quente, pois a TMMF fica entre 15 °C e 17,9 °C.

O *Domínio Subtropical* com 1,2 milhão de km², pertence ao Clima Zonal Moderado, com TMMF entre 10° e 15 °C. Ocupa o planalto meridional do rio Paraná (sul do Brasil, Uruguai e nordeste da Argentina), serras da Mantiqueira e Espinhaço no Brasil e patamares entre o Chaco e a Cordilheira dos Andes na Argentina e Bolívia. É responsável pelo aparecimento de um clima azonal entre os subequadores, em áreas do Planalto das Guianas e da Cordilheira dos Andes no Peru, Equador, Colômbia e Venezuela. Este domínio é influenciado principalmente pelo APS, um sistema atmosférico de subsidência do ar que gera uma alta pressão. Este sistema é originado nas águas geladas do Oceano Subglacial Antártico, responsáveis pela formação de uma massa de ar fria e estável denominada de mPa. A média das temperaturas mínimas absolutas do ar cai abaixo de 0 °C, ou seja, há registro de geadas anuais em várias localidades, inclusive ao norte do trópico, devido ao resfriamento adiabático do ar nas altitudes mais elevadas. Essa condição foi verificada por Novais (2017b) nas estações meteorológicas do sul e sudeste do Brasil, que registraram centenas de valores abaixo de 3,5 °C no período climatológico de 1981 a 2015.

Com uma área de mais de 1,36 milhão de km², o *Domínio Temperado* aparece em regiões distintas do nosso continente, sendo sua maior predominância no Altiplano Boliviano, Cordilheira dos Andes Peruana e Centro-Sul do Chile, mas também surge na Província de Buenos Aires, encosta oriental da Cordilheira dos Andes Sul Argentina e áreas mais elevadas do Uruguai e do Sul/Sudeste brasileiro. Os verões geralmente são quentes, com exceção da porção sul do continente onde são amenos e curtos. As ocorrências de geadas são semanais, do final da estação de outono ao início da primavera, com precipitação nival em grande parte do Domínio. Pertence ao Clima Zonal Moderado com TMMF entre 0 e 10 °C.

O *Domínio Climático Temperado Frio* pertence ao Clima Zonal Frio, de TMMF entre 0° e -10°C. Ocupando uma área geográfica de 362 mil km², está localizado principalmente na Cordilheira dos Andes e seu entorno, desde o Peru até a Argentina. Os verões são amenos e com grande duração dos dias no extremo sul da América; já os invernos são frios com registros semanais de neve em muitos pontos. O acúmulo de neve por centenas de anos fez surgir glaciares em meio a vales que descem da Cordilheira dos Andes, no limite com o Domínio Climático Subglacial.

O *Domínio Climático Subglacial* é o mais frio da América do Sul, aparecendo nos pontos mais elevados do sul da Cordilheira dos Andes, incluindo o Aconcágua. Tem sua maior área contígua no manto de gelo localizado na Patagônia argentino-chilena, onde os glaciares formam uma paisagem espetacular, cobrindo centenas de quilômetros em meio às montanhas. A área total deste domínio é de aproximadamente 48 mil km², com TMMF entre -29 °C e -10 °C, o que deixa a superfície coberta por gelo e neve o ano inteiro. O Domínio Climático Glacial não aparece ocorre na América do Sul; a área mais próxima deste domínio climático é o Monte Aconcágua (6.961 metros de altitude), que registra -29°C, a um grau do limite estabelecido pela CCN para os Domínios.

A característica principal dos *Domínios Climáticos Semiárido e Árido* é a evapotranspiração potencial maior do que a precipitação pluviométrica em todos os meses do ano. O *Semiárido* possui uma precipitação acima de 500 mm e está presente em mais de 1,5 milhão de km² em três áreas distintas na América do Sul: no interior do nordeste brasileiro, no norte da Venezuela e na região do Chaco e centro-norte da Argentina. A vegetação predominante nessas áreas é xeromórfica (Caatinga no Brasil

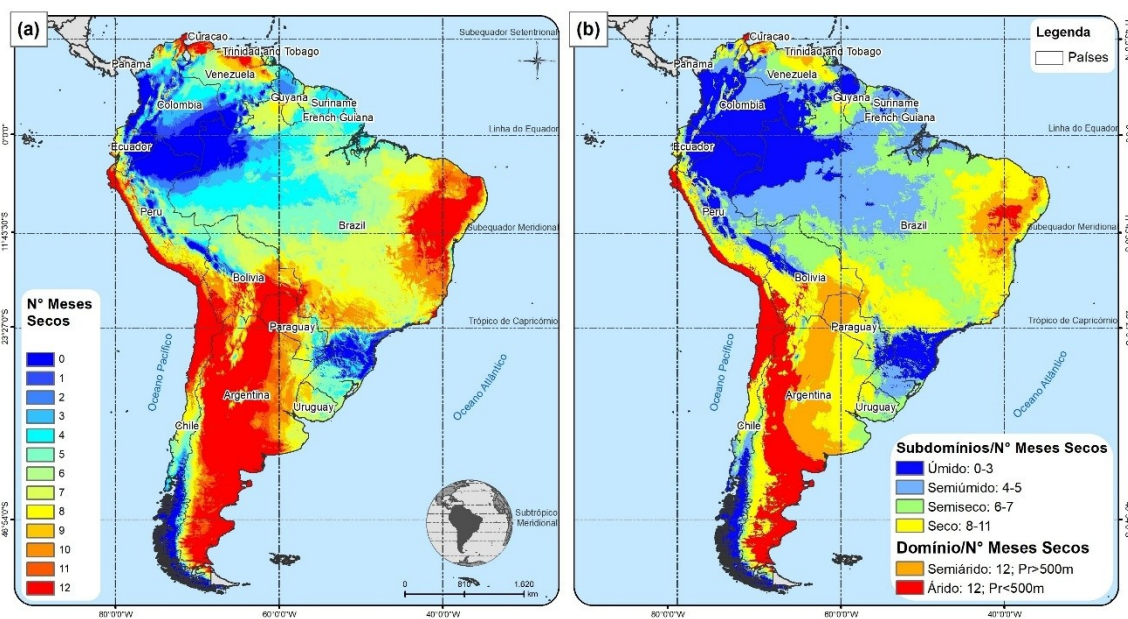
e estepes no restante do continente). Está presente em quatro climas zonais: tórrido, quente, moderado e frio, com grande variação da TMMF: entre -10 °C (pampas argentinos) a 28,2 °C (nordeste brasileiro).

Já o *Domínio Árido* possui uma área de 1,45 milhão de km², destacando-se no litoral ocidental do continente (Peru-Chile) e interior da Argentina desde o noroeste até o sul do país. A ocorrência do Domínio Climático Árido em território brasileiro não constava em bibliografias de classificações climáticas anteriores (Köppen, 1948; Monteiro, 1973; Nimer, 1972; Simielli, 2013; Strahler, 1989; Toledo, 1973; Thornthwaite, 1955), mas foi identificado no interior do polígono semiárido nordestino. Neste domínio, a precipitação é menor que a ETp durante todo ano, com valores abaixo de 500 mm. Ocorrendo em todos os Climas Zonais, sendo este o de maior variação neste quesito: Tórrido, Quente, Moderado, Frio e Polar, com TMMF variando de -20°C (Andes Meridionais) a 28 °C (Litoral de Maracaibo).

A 4ª hierarquia climática da CCN é indicada pelos *subdomínios*, que foram criados para dividir os domínios em quantidade de meses secos (precipitação < ETp), conforme a Figura 4a. Geralmente os subdomínios mais úmidos ficam localizados nas maiores altitudes, onde a temperatura do ar e a ETp são mais baixas, ou nas áreas com precipitação abundante. Já os subdomínios mais secos têm em comum a maior ETp e, conseqüentemente, são áreas com maior temperatura do ar, além de ter uma menor precipitação. Os Subdomínios são divididos em: *Úmido* (0 a 3 meses secos); *Semiúmido* (4 a 5 meses secos); *Semiseco* (6 a 7 meses secos); e *Seco* (8 a 11 meses secos).

Como visto na Figura 4b, a área oriental da Amazônia é a mais úmida, sem seca em grande parte da área. Mais duas áreas úmidas se destacam no continente: o planalto do sul do Brasil e o litoral sul do Chile, com influência de conexões de sistemas atmosféricos vindos da Amazônia (ZCAS) e dos dois oceanos, Atlântico (ASAS) e Pacífico (ASPS). As áreas mais secas e áridas, onde a precipitação tem um déficit em relação à ETp, ficam localizadas no interior da Argentina, onde conectam com o deserto de Atacama e litoral Chile-Peru. As regiões do Chaco, do Caribe venezuelano e do interior do nordeste do Brasil também apresentam áreas secas a áridas.

Figura 4 – Quantidade de meses secos (a); Subdomínios Climáticos da América do Sul (b).



Fonte: Elaborado por Machado (2025).

A estação do ano mais seca é representada na Figura 5, o que revela um mosaico climático composto por quatro regimes principais, modulados pela circulação atmosférica e pela orografia. Nas áreas equatoriais, a Amazônia ocidental mantém pluviosidade constante sob influência da ZCIT, enquanto o setor oriental, no Pará e Amazonas, apresenta seca de inverno, típica do Brasil central, Paraguai e norte da Argentina, associada ao recuo da ZCIT e avanço da ASAS com subsidência do ar subtropical. Em setores de transição, sobretudo nas Guianas e partes do norte da Amazônia oriental, ocorre a seca de outono, reflexo do deslocamento tardio da ZCIT e da irregularidade das chuvas convectivas. Já no litoral nordestino e nas latitudes médias e andinas, a seca de verão caracteriza o Chile central, o altiplano e a Patagônia oriental, sob controle do Anticiclone do Pacífico Sul e do bloqueio orográfico dos Andes.

O presente capítulo apresenta diferenças marcantes em relação à abordagem adotada por Novais e Machado (2023) no contexto brasileiro, sobretudo na metodologia utilizada para estimar a ETp. Enquanto o trabalho anterior empregou o método de Thornthwaite e Mather (1955), baseado principalmente na latitude e na temperatura média do ar, este estudo optou pelo modelo de Penman-Monteith (1948), apresentado no mapa A2 inserido no livro, que considera um conjunto mais amplo de parâmetros meteorológicos, resultando em maior precisão nas estimativas. De maneira geral, verificou-se um aumento na ocorrência de meses secos nos subdomínios, com destaque para a Zona Tropical, caracterizada por Climas Zonais Tórridos e Quentes. Além disso, observou-se uma expansão significativa dos Domínios Semiárido e Árido, que passaram a ocupar áreas anteriormente classificadas como de Clima Zonal Moderado e Frio.

Pela equação de obtenção da ETp de Thornthwaite e Matter (1955), os domínios e subdomínios seguem um padrão topográfico (de influência da altitude), destacando melhor as vertentes úmidas de barlavento e secas de sotavento, mas com redução de meses secos. A Figura 5, mostra a América do Sul com todos os seus domínios e subdomínios gerados pelo método de obtenção da ETp de Thornthwaite e Matter (1955). Os códigos climáticos que aparecem na figura juntam as 3ª e 4ª hierarquias, seguindo a metodologia já mencionada, onde os domínios são abreviados por duas letras e o subdomínios sinalizados por caracteres especiais como (“, ‘, *, **).

Os dois modelos de obtenção da ETp são válidos para espacializar a CCN, pois não alteram a sua metodologia. Isso se deve ao fato de que o sistema é estruturado em hierarquias climáticas multiescalares, nas quais a ETp funciona como parâmetro essencial do balanço hídrico, articulando-se com dados de temperatura e precipitação, independentemente da fórmula utilizada. Nesse sentido, tanto o método empírico de Thornthwaite e Matter (1955) quanto o método físico de Penman-Monteith (1948), permitem resultados compatíveis com a proposta, assegurando a consistência do modelo híbrido em diferentes bases de dados climáticos. Como enfatiza Novais (2019; 2023), a robustez da classificação decorre justamente de sua flexibilidade metodológica, o que garante sua aplicabilidade em contextos geográficos distintos sem comprometer a coerência estrutural.

Regiões Climáticas (5ª Hierarquia de Novais)

Para localizar os domínios e subdomínios em cada continente, foram criadas as *Regiões Climáticas* (antigos tipos climáticos), pertencentes à 5ª hierarquia da classificação. De acordo com Novais (2023), elas englobam essas duas hierarquias em áreas delimitadas pelo relevo, como planaltos, serras, depressões e planícies, além de grandes áreas biogeográficas e áreas com influência de fenômenos atmosféricos como a geada. Na América do Sul foram delimitadas 43 regiões climáticas, descritas na Figura 6.

Figura 5 – Estação do ano mais seca na América do Sul.

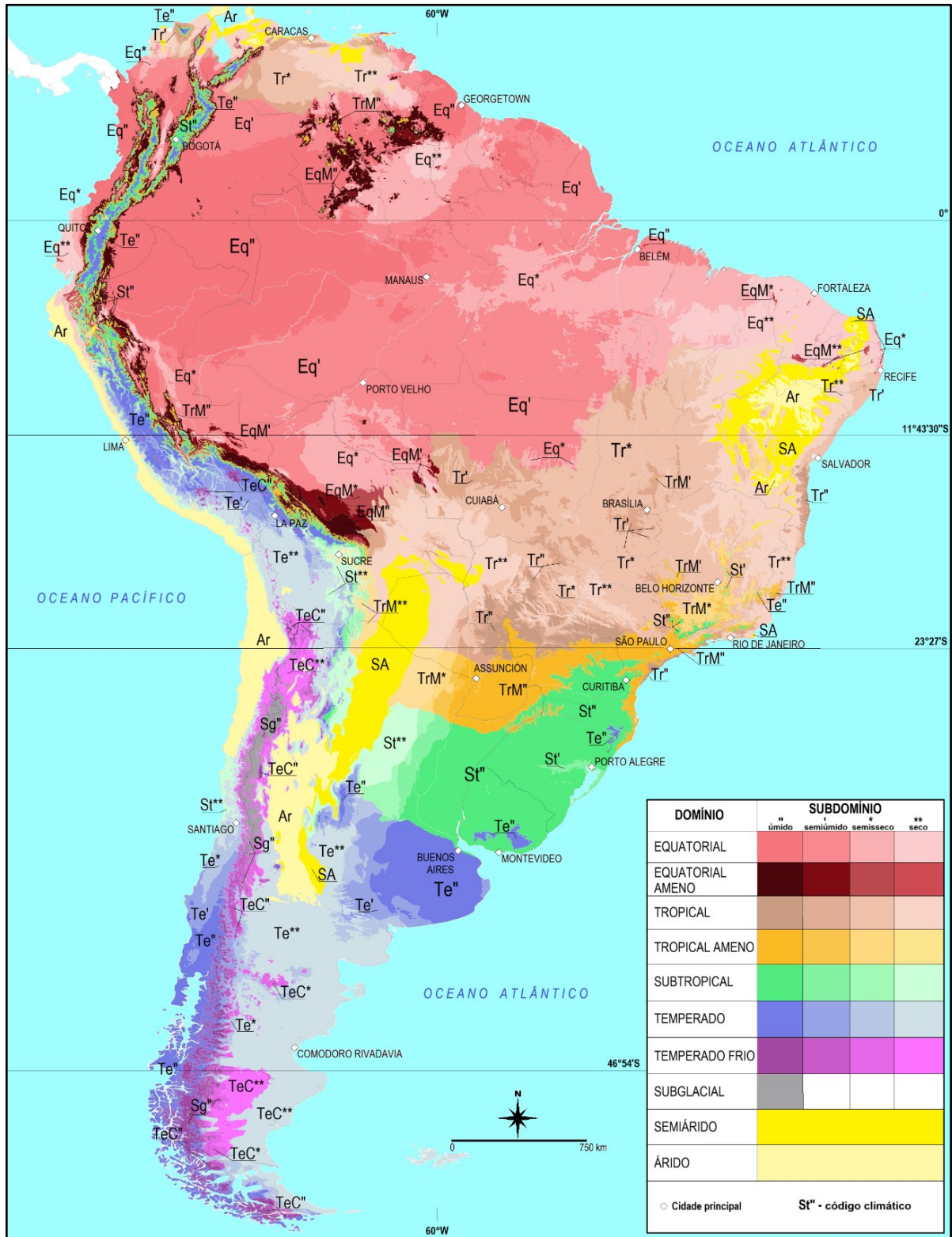


Fonte: Novais (2026).

Alguns limites desta hierarquia, antes determinados por linhas de fronteiras e divisas estaduais por Novais e Machado (2023), foram substituídos por agrupamentos de domínios e subdomínios próximos a estas linhas divisórias, mostrando as diferenças na temperatura e na quantidade de meses secos, não seguindo limites convencionados pelos homens (com exceção de limites ocasionados pelo relevo). Estas diferenças podem ser notadas nas regiões amazônicas, cujas porções ocidental e central seguiam as divisas estaduais do Acre, Rondônia, Amazonas e Pará e, agora, a partir do uso de imagens de radar do relevo (SRTM), foram reordenadas e dispostas de tal forma que passaram a contornar as áreas dos Subdomínios próximos a estes limites. Também foram acrescentadas as regiões Amazônica meridional e setentrional, delimitando as áreas de influência da friagem (meridional) e de vegetação de Cerrado (setentrional).

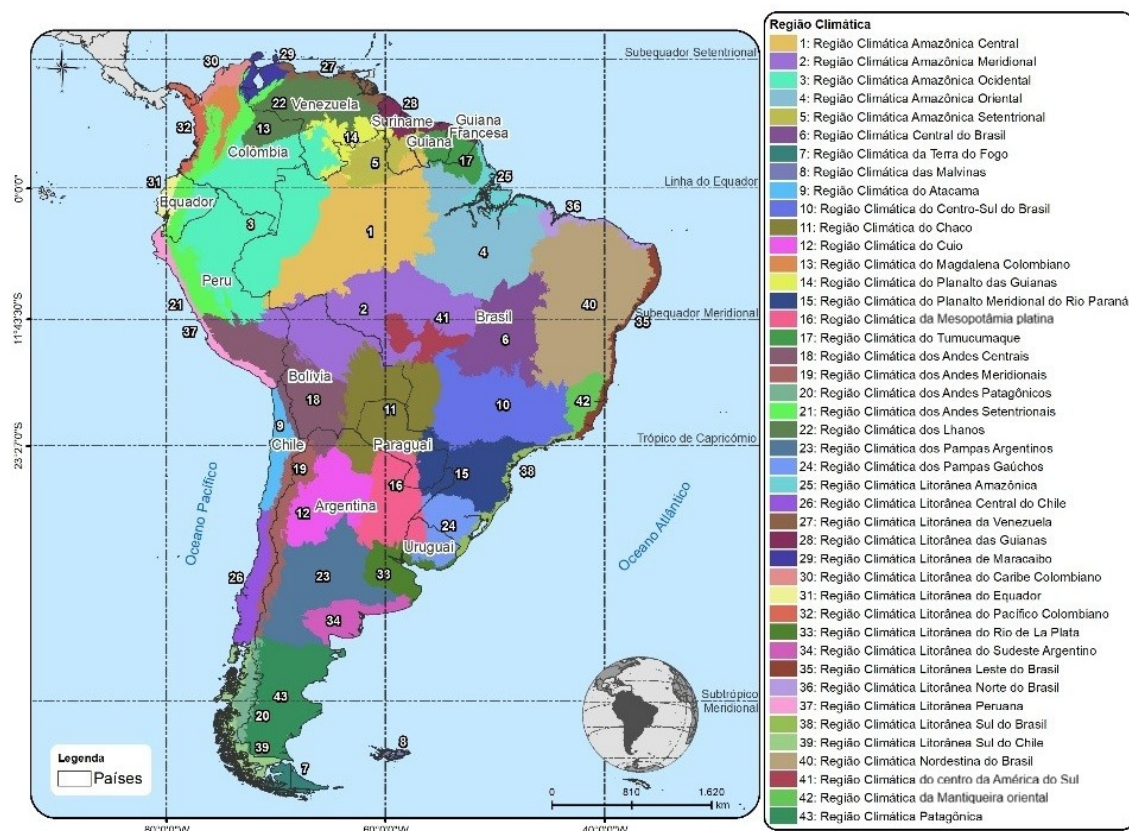
Em comparação ao trabalho de Novais e Machado (2023), a designação da quinta hierarquia foi revisada, passando de “tipo” para “região”. Essa alteração decorre do entendimento de que tal hierarquia representa unidades espaciais caracterizadas por padrões climáticos, ou seja, regiões geográficas climáticas. O termo “tipo” gerava ambiguidade conceitual ao se confundir com “domínio”, “unidade” e não refletia adequadamente a dimensão territorial do clima. A partir de agora, o termo “*tipo climático*” será adotado em substituição a “*unidade climática*”, considerando que este último também apresenta ambiguidade terminológica. Acreditamos que estas alterações melhoraram substancialmente o entendimento das regiões climáticas sul-americanas e que servirão de modelo para todos os continentes do planeta.

Figura 6 – Domínios e Subdomínios da América do Sul, com obtenção da ETp por método de Thornthwaite e Matter (1955).



Fonte: Novais (2026).

Figura 7 – Regiões Climáticas da América do Sul.



Fonte: Elaborado por Machado (2025).

As regiões litorâneas seguem as planícies e tabuleiros costeiros até o limite com os planaltos. Portanto, podem ser estreitas ou largas (centenas de quilômetros para dentro do continente), dependendo da distância dos planaltos mais próximos. Alguns exemplos dentro da América do Sul: Litorânea Amazônica, Litorânea Leste do Brasil, Litorânea do Rio da Prata, Litorânea Sul do Chile, dentre outras.

A Cordilheira dos Andes foi dividida em quatro regiões climáticas: Andes Setentrionais (Peru, Equador, Colômbia e Venezuela), com predomínio absoluto de Climas Azonais, devido ao resfriamento adiabático do ar provocado pelas elevadas altitudes das montanhas; Andes Centrais (Peru, Bolívia, Chile e Argentina), área onde a cordilheira se torna um altiplano seco; Andes Meridionais (Argentina e Chile), área mais fria da cordilheira que abriga as maiores elevações como o Aconcágua, maior pico das Américas; Andes patagônicos, no extremo sul do continente, região onde localizam-se os grandes glaciares da América do Sul.

A Floresta Amazônica é a maior floresta equatorial do planeta. A evapotranspiração e a grande biodiversidade interferem na atmosfera regional, criando um clima próprio, que interage com sistemas atmosféricos como a ZCIT e os ventos alísios vindos principalmente do Oceano Atlântico. Foram delimitadas cinco Regiões Climáticas, a partir da área da floresta: central, meridional, ocidental, oriental e setentrional.

Unidades do relevo, grandes áreas biogeográficas e desertos podem delimitar outras regiões climáticas, ou mesmo serem influenciadas por fenômenos atmosféricos (como a geada). Como exemplos, na América do Sul, temos a Região Climática do Centro-Sul do Brasil, a Patagônica, a do Atacama, do Chaco, do Planalto Meridional da Bacia do Rio Paraná.

A CCN utiliza as hierarquias de acordo com a escala climática adotada, apresentando um alto nível de detalhamento. A partir disso, foram encontradas 471 unidades climáticas (tipos climáticos) no continente sul-americano, resultado da interação das 3ª, 4ª e 5ª hierarquias, o que contribui para um melhor entendimento do clima de cada área, desde a escala regional até a sub-regional. Estes tipos, divididos em 43 Regiões Climáticas, serão apresentados na próxima parte do livro.

Considerações Finais

A tipologia climática apresentada neste capítulo confirma a eficácia da Classificação Climática de Novais em interpretar e organizar a imensa diversidade de climas que compõem o continente sul-americano. Por meio de um sistema hierárquico, que vai das escalas mais amplas (zonas climáticas e climas zonais) às mais detalhadas (domínios, subdomínios e regiões climáticas), foi possível identificar e delimitar 43 regiões climáticas, sustentadas por um conjunto de 471 tipos climáticos distintos. Tais unidades resultam da interação entre variáveis astronômicas, atmosféricas e geográficas, e refletem, com precisão, as dinâmicas climáticas que atuam sobre cada porção do território.

A principal inovação metodológica, em relação à aplicação desta mesma classificação climática em outras áreas, reside na superação dos limites político-administrativos, substituídos por critérios naturais, como traçados do relevo, biomas e sistemas atmosféricos. Essa escolha torna a regionalização mais fiel à realidade geoclimática, contribuindo para uma leitura mais integrada da paisagem sul-americana.

Além disso, a aplicação dessa tipologia climática multiescalar permite análises direcionadas para estudos ambientais, planejamento urbano e agrícola, gestão de recursos hídricos, educação geográfica e formulação de políticas públicas sensíveis ao clima. A sistematização do conhecimento climático realizada neste capítulo será aprofundada na próxima parte do livro, dedicada à caracterização individualizada das regiões climáticas da América do Sul, oferecendo ao leitor um retrato aprofundado de cada uma delas, com base nos dados climáticos, nas paisagens naturais, nos sistemas atmosféricos e nos elementos físicos do relevo.

Assim, esta classificação firma-se como uma proposta abrangente e inovadora de leitura do clima continental, com potencial de ser aplicada globalmente, respeitando os princípios científicos da climatologia geográfica e da análise multiescalar da atmosfera.

Referências

- AB'SÁBER, A. N. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo: Ateliê Editora, 2003.
- ALLOCA, R. A.; OLIVEIRA, W. D.; FIALHO, E. S. Delimitação de domínios e subdomínios climáticos para o município de Ponte Nova, Minas Gerais. *In: XIV Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica, Anais [...]*. João Pessoa. 2021.
- ASSAD, E. D.; SANO, E. E.; MASUTOMO, R.; CASTRO, L. H. R. de; SILVA, F. A. M. da. Veranicos na região dos cerrados brasileiros: frequência e probabilidade de ocorrência. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v. 28, n. 9, p. 993-1.003, 1993.
- COLLI, A. R.; NOVAIS, G. T. Os mesoclimas do Distrito Federal. VIII Congresso de Ensino, Pesquisa e Extensão da Universidade Estadual de Goiás. **Anais [...]**. Pirenópolis, 2021.
- FIALHO, E. S.; SANTOS, L. G. F. dos. Unidades mesoclimáticas de Viçosa, Zona da Mata Mineira. **Revista Brasileira de Climatologia**. v. 31, p. 1-13, 2022.

JARDIM, C. H. Aspectos multiescalares e sistêmicos da análise climatológica. Geografias, Belo Horizonte-MG, Número Especial. III **SEGEO**, p. 40-52, 2015. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/geografias/article/view/13480>. Acesso em: 3 dez. 2022.

KÖPPEN, W. **Climatologia**: con un studio de los climas de la tierra. 1. ed. em español. México: Fondo de Cultura Económica, 1948.

KÖPPEN, W. **Das geographische System der Klimate**. Gebr. Borntraeger, 1936, 44 p. Disponível em: http://koeppen-geiger.vu-wien.ac.at/pdf/Koppen_1936.pdf. Acesso em: 19 dez. 2022.

MACHADO, L. **Análise das relações superfície-atmosfera na bacia hidrográfica do rio das velhas em uma perspectiva multiescalar**: proposta de síntese. 217 f. Tese (Doutorado em Geografia). Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, 2021.

MONTEIRO, C. A. F. **A dinâmica climática e as chuvas no estado de São Paulo**: estudo geográfico sob forma de atlas. Universidade de São Paulo. São Paulo, 1973. 130 p.

NASCIMENTO, D. T. F.; NOVAIS, G. T. Aplicação do Sistema de Classificação Climática de Novais para Goiânia-GO. **GEO UERJ**, v. 42, p. 1-13, 2023.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. 1989.

NIMER, E. Ensaio de um novo método de classificação climática: contribuição à climatologia intertropical e subtropical, especialmente do Brasil. **Boletim de Geografia**, Rio de Janeiro, v. 31, n. 277, p. 141-153, mar/abril, 1972.

NOVAIS, G. T. Distribuição média dos Climas Zonais no Globo: estudos preliminares de uma nova classificação climática. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 10, n. 5, p. 1614-1623. 2017. DOI <https://doi.org/10.26848/rbgf.v.10.5.p1614-1623>.

NOVAIS, G. T. **Classificação climática aplicada ao Bioma Cerrado**. 2019. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal de Uberlândia - Brasil. 2019. <https://dx.doi.org/10.14393/ufu.te.2019.2199>.

NOVAIS, G. T. Classificação climática aplicada ao estado de Goiás e ao Distrito Federal, Brasil: **Boletim Goiano de Geografia**, v. 40, n. 01, p. 1–29, 2020. DOI: <https://doi.org/10.5216/bgg.v40.62297>.

NOVAIS, G. T. Mesoclimas do município de Prata (MG). **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 28, p. 8-27. 2021a.

NOVAIS, G. T. Unidades Climáticas do município de Uberlândia (MG). **Revista de Ciências Humanas**, v. 21, p. 223-240. 2021b.

NOVAIS, G. T. **Climas do Brasil: classificação climática e aplicações**. Porto Alegre (Brasil): Total Books. 2023a.

NOVAIS, G. T. **Os climas da Europa**. Relatório de pós-doutoramento em Geografia Física. Centro de Estudos de Geografia e Ordenamento do Território (CEGOT). Faculdade de Letras. Universidade do Porto. 2023b.

NOVAIS, G. T.; MACHADO, L. A. Os climas do Brasil: segundo a classificação climática de Novais. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 32, p. 1–39. 2023a. DOI: <https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/rbclima/article/view/16163>.

NOVAIS, G. T.; MACHADO, L. A. Ensaio sobre a classificação climática global de Novais. In: XV Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica, **Anais [...]**. Guarapuava: UNICENTRO. 2023b.

NOVAIS, G. T.; GALVANI, E. Uma tipologia de classificação climática aplicada ao estado de São Paulo. **Revista do Departamento de Geografia da Universidade de São Paulo**, v. 42, p. 18–32, 2022. DOI: 10.11606/eISSN.2236-2878.rdg.2024.226551.

NOVAIS, G. T.; PIMENTA, J. S. Unidades Climáticas do Município de Formosa (GO): Climas Zonais, Domínios, Subdomínios, Tipos e Subtipos Climáticos. *In: XIV Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica*, 2021, João Pessoa. **Anais [...]**. XIV SBCG, p. 1228-1242.

OLIVEIRA, W. D.; ALLOCA, R. A., FIALHO, E. S. Os subdomínios climáticos do Espírito Santo. *In: Giuliano Tostes Novais. (org.). Climas do Brasil: classificação climática e aplicações*. Porto Alegre: Totalbooks, 2023, v. 1, p. 232-241.

PENMAN, H. L. Natural evaporation from open water, bare soil and grass. **Proceeding Royal Society**, London, v. 193, p. 120-143, 1948.

SERRA, A. B.; RATISBONA, L. **As massas de ar da América do Sul**. Serviço de Meteorologia. Ministério da Agricultura. Rio de Janeiro, 1942.

SILVA, M. S. **Análise do mapeamento das unidades climáticas no Maciço da Pedra Branca** – Rio de Janeiro – RJ. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), 2022.

SIMIELLI, M. E. R. **Geoatlas**. 34. ed. São Paulo: Ática, 2013.

STRAHLER, A. N. **Geografia Física**. Barcelona: Ed. Omega, 1989.

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. The water balance. **Publications in Climatology**, v. 8, n. 1. Laboratory of Climatology, Centerton, New Jersey, 1955. 104 p.

TOLEDO, G. S. **Tipos de tempo e categorias climáticas na Bacia do Alto Tietê** (1968): Ensaio Metodológico. 142 f. Tese (Doutorado em Geografia), Universidade de São Paulo. Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, São Paulo-SP, 1973.

PARTE IV

ANÁLISE DAS REGIÕES CLIMÁTICAS DA AMÉRICA DO SUL

AS REGIÕES CLIMÁTICAS DA AMÉRICA DO SUL

Giuliano Tostes Novais

A configuração das 43 regiões climáticas da América do Sul sintetiza a complexa interação entre fatores atmosféricos, geográficos e bioclimáticos que moldam o continente. A integração entre elementos climáticos, unidades de relevo e grandes áreas biogeográficas permite uma leitura espacial que vai além das médias estatísticas, incorporando a dinâmica atmosférica e as respostas da paisagem. O mapeamento em cinco hierarquias da Classificação Climática de Novais (CCN) traduz a diversidade ambiental do continente, desde os ambientes saturados de umidade da Floresta Amazônica até as áreas áridas do Atacama, passando por zonas de transição como o Chaco, os Llanos e a Patagônia. Essa abordagem hierárquica e multiescalar não apenas assegura a coerência científica, mas também garante a comparabilidade global, ao padronizar cores, critérios e limites conforme o modelo aplicado a todo o planeta.

Trabalhos anteriores sugeriram áreas biogeográficas, geológicas e morfoclimáticas para o nosso continente, com destaque para o geógrafo Ab'Saber (1977), que propôs inúmeros domínios morfoclimáticos para a América do Sul utilizando critérios climáticos, geomorfológicos, fitogeográficos e ecológicos. Outros como Fittkau (1969), Cabrera e Willink (1973), Müller (1973) e Rivas-Martínez e Tovar (1983), apresentaram classificações biogeográficas levando em conta, principalmente, a distribuição da vegetação e da fauna.

Neste estudo, foram identificados 471 tipos climáticos na América do Sul, organizados em cinco hierarquias e apresentados em um mapa tamanho A2, anexado ao livro. As duas primeiras hierarquias (Zonas Climáticas e Climas Zonais) estão representadas em dois encartes menores, que ilustram a distribuição dessas unidades ao longo do continente. Os Domínios Climáticos são diferenciados por cores padronizadas, utilizadas globalmente para representar cada tipo: vermelho para o Equatorial; bordô (vermelho escuro) para o Equatorial Ameno; marrom para o Tropical; laranja para o Tropical Ameno; verde para o Subtropical; azul para o Temperado; roxo para o Temperado Frio; cinza para o Subglacial; amarelo claro para o Semiárido; amarelo para o Árido. Os Subdomínios Climáticos são representados por quatro variações de tons dentro de cada cor, indicando o grau de umidade: quanto mais claro o tom, mais seco o clima. Por fim, as Regiões Climáticas são indicadas por linhas tracejadas e identificadas por números, facilitando sua localização e distinção no mapa.

Os capítulos desta parte do livro apresentam um texto descritivo e analítico, juntamente com outras ferramentas que auxiliam na correta compreensão das regiões climáticas, como: um mapa dos domínios e subdomínios atuantes e as principais cidades abrangidas; um quadro que resume os principais aspectos geográficos da região; um climograma que mostra os valores mensais de temperatura do ar, precipitação e ETp (base da classificação climática); além de outro quadro com a tipologia e parâmetros climáticos da região, com valores dos elementos climáticos e a quantidade de meses secos.

Os dados mensais de temperatura média do ar, precipitação acumulada e ETp, apresentados nos climogramas e quadros, são do período entre 1989 e 2018 e foram coletados na versão 2.1 do CHELSA. Estes dados serviram de fonte secundária para os tipos climáticos, a qual gerou uma normal climatológica desse período. Quanto à ETp, seus valores foram conhecidos com a aplicação de um modelo cartográfico inserido no software Dinamica EGO, a partir do método de Penman-Monteith (1948).

Os dados qualitativos (área, altitude, relevo, vegetação, bacias hidrográficas, sistemas atmosféricos, principais cidades) têm como fonte QGis, IBGE (2025), Google Earth (2025), Ross (2019) e Reboita *et al.* (2010), além de outras citações descritas nos textos. As fotografias que estampam a página de cada região climática foram tiradas em diversas viagens e trabalhos de campo realizados no território sul-americano.

A Figura 1 apresenta, de forma integrada, a espacialização das 43 Regiões Climáticas da América do Sul e sua relação com grandes unidades ambientais, com ênfase especial na Floresta Amazônica. Essa imensa formação florestal, visível no núcleo verde central do mapa, ocupa papel-chave no sistema climático continental e global, funcionando como um gigantesco regulador térmico e hídrico. Sua vasta cobertura vegetal contribui para o aumento da umidade atmosférica por meio da evapotranspiração, retroalimentando sistemas como a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), além de influenciar o transporte de vapor d'água para o centro-sul do continente via Jato de Baixos Níveis.

Ainda na Figura 1, a disposição das regiões litorâneas, tanto no Atlântico Norte e Atlântico Sul quanto no Pacífico, em conjunto com a barreira orográfica da Cordilheira dos Andes e com áreas críticas como o Deserto do Atacama e a Patagônia, revela a importância dos contrastes entre ambientes úmidos e áridos no balanço hídrico continental. Esse mosaico climático resulta da interação entre fatores astronômicos (latitude e inclinação do eixo terrestre), geográficos (relevo, proximidade oceânica e cobertura vegetal) e atmosféricos (ventos alísios, correntes oceânicas, sistemas frontais e centros de alta e baixa pressão). Nesse contexto, a Floresta Amazônica emerge não apenas como um bioma singular, mas como um componente estrutural climático, interligando múltiplas regiões e contribuindo para a estabilidade e a resiliência climática de toda a América do Sul.

Enfim, o mapa-síntese apresentado, aliado aos dados do período 1989-2018 processados pelo CHELSA e modelados via Penman-Monteith no Dinamica EGO, consolida a robustez técnica do trabalho. Ele articula, em uma única peça cartográfica, informações sobre zonas climáticas, climas zonais, domínios, subdomínios e regiões, permitindo compreender tanto as macroestruturas de circulação atmosférica quanto as especificidades locais definidas por altitude, continentalidade e influência oceânica.

A incorporação de dados qualitativos e o registro fotográfico de campo enriquecem a dimensão interpretativa, reforçando o caráter aplicado do estudo para áreas como gestão ambiental, planejamento territorial e adaptação às mudanças climáticas. Assim, o conjunto metodológico e cartográfico oferecido por esta classificação constitui não apenas uma representação geográfica, mas um verdadeiro instrumento de análise integrada do clima sul-americano.

Figura 1 – Mapa físico e Regiões Climáticas sul-americanas.



Regiões Climáticas sul-americanas e suas siglas: 1) Amazônica Central – cam; 2) Amazônica Meridional – sam; 3) Amazônica Ocidental – wam; 4) Amazônica Oriental – eam; 5) Amazônica Setentrional – nam; 6) Andes Centrais – can; 7) Andes Meridionais – san; 8) Andes Patagônicos – ptg; 9) Andes Setentrionais – nan; 10) Atacama – atc; 11) Centro da América do Sul – csa; 12) Centro do Brasil – cbr; 14) Chaco – chc; 15) Cuyo – cuy; 16) Malvinas (Falklands) – mvn; 17) Litorânea Amazônica – oam; 18) Litorânea Central do Chile – occ; 19) Litorânea da Venezuela – ove; 20) Litorânea das Guianas – ogu; 21) Litorânea de Maracaibo – oma; 22) Litorânea do Equador – oeq; 23) Litorânea do Norte da Colômbia (Caribe Colombiano) – onc; 24) Litorânea do Peru – ope; 25) Litorânea do Rio da Prata – orp; 26) Litorânea Leste do Brasil – oeb; 27) Litorânea Norte do Brasil – onb; 28) Litorânea Oeste da Colômbia (Pacífico Colombiano) – opc; 29) Litorânea do Sudeste Argentino – osa; 30) Litorânea Sul do Brasil – osb; 31) Litorânea Sul do Chile – onc; 32) Llanos – lla; 33) Mantiqueira Oriental – ema; 34) Mesopotâmia Platina – mes; 35) Nordeste do Brasil – neb; 36) Pampas Argentinos – pam; 37) Pampas Gaúchos – pag; 38) Patagônia – ptg; 39) Planalto das Guianas – gup; 40) Planalto Meridional da Bacia do Rio Paraná – prp; 41) Terra do Fogo – tfg; 42) Tumucumaque – tum; 43) Vale do Rio Magdalena – mag.

Fonte: Autoria própria (2026).

1. AMAZÔNICA CENTRAL



Floresta Amazônica presente na reserva florestal Adolpho Ducke, Manaus-AM, Brasil (03°00'S , 59°56'W). Paisagem de *Clima Equatorial Semiúmido Amazônico Central* (Eq'cam).

Fonte: Giuliano Tostes Novais (dez/2019).

Região Climática Amazônica Central (cam)

Representando todos os domínios e subdomínios localizados no centro da maior floresta tropical do mundo, a Região Climática Amazônica Central (Figura 2) apresenta temperatura do ar bastante elevada na maior parte da área (TMMF acima de 22,5 °C, de clima zonal tórrido), com predominância dos domínios Equatorial e Equatorial Ameno nas terras mais altas. A grande evapotranspiração potencial (ETp) é superada por elevados índices pluviométricos em grande parte do ano, tornando os subdomínios Semiúmido e Úmido os mais dominantes.

A ETp faz ascender a umidade aprisionada pelos dosséis da cobertura florestal, criando nebulosidade suficiente para formar nuvens de chuva, reforçando os “rios voadores”, formados a partir dos ventos alísios, que trazem o ar úmido do Oceano Atlântico. Esta umidade carregada pelos alísios penetra pela floresta (sendo reciclada continuamente pela floresta), até ser bloqueada pela Cordilheira dos Andes, que força a corrente de ar a voltar para sudeste, levando o vapor d'água em parte para o sul/sudeste do Brasil e para Uruguai, Paraguai e nordeste da Argentina.

Tem influência da Massa Equatorial Continental (mEc), cujo centro localiza-se a noroeste da região climática, este leva grande quantidade de chuva para maior parte da área. A Linha do Equador atravessa a parte setentrional da região, o que demonstra predomínio de baixas pressões atmosféricas e elevação do ar úmido, provocando convergência de ventos e produção de nuvens de desenvolvimento vertical (cumulonimbus).

O verão e o outono são as estações mais chuvosas, apresentando decréscimo nos volumes de precipitação no inverno e início da primavera, caracterizando-a como “Clima de Monção” (Reboita *et al.*, 2010, 2012, 2024). A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) é considerada o sistema gerador de precipitação mais importante que atua sobre a região equatorial dos oceanos Atlântico, Pacífico e Índico, e sobre áreas continentais adjacentes a esses oceanos (Cavalcanti *et al.*, 2009), como é o caso desta região climática. A ZCIT é formada a partir da interação da confluência dos Ventos Alísios, do Cavado Equatorial, da máxima Temperatura da Superfície do Mar e da máxima cobertura de nuvens convectivas (Cavalcanti *et al.*, 2009). Além da ZCIT, também podem contribuir para a precipitação nesta área, os aglomerados convectivos, como as Linhas de Instabilidade (LIs) e as frentes frias oriundas do avanço da Alta Polar Atlântica (APA) que pode atingir a porção sudoeste da região.

Na Amazônia Central, o rio Amazonas, com sua imensa bacia hidrográfica, a maior do planeta, atravessa a área de leste a oeste, desde Tefé (rio Solimões) até Santarém (cidade paraense onde começa a região climática da Amazônia oriental) onde atinge a depressão topográfica regional. O transporte principal da Bacia Hidrográfica Amazônica é o barco, que conecta os ribeirinhos a milhares de quilômetros região afora. Muitos dos maiores afluentes do Amazonas estão presentes na região climática, na margem esquerda está a foz do rio Japurá e grande parte do rio Negro, e na margem direita temos o Juruá e o Madeira. Manaus é a principal cidade, uma aglomeração urbana que supera os 2,5 milhões de habitantes. Parintins, Tefé, Coari, Humaitá e Barcelos são outras cidades que também se destacam na região.

Conforme Fisch *et al.* (1998), a nebulosidade e o regime de precipitação determinam o clima amazônico, sendo que suas características são o resultado de um complexo sistema de interações de fenômenos meteorológicos, como a convecção diurna, as linhas de instabilidade originadas na costa N-NE do litoral do Atlântico e os aglomerados convectivos de meso e larga escala.

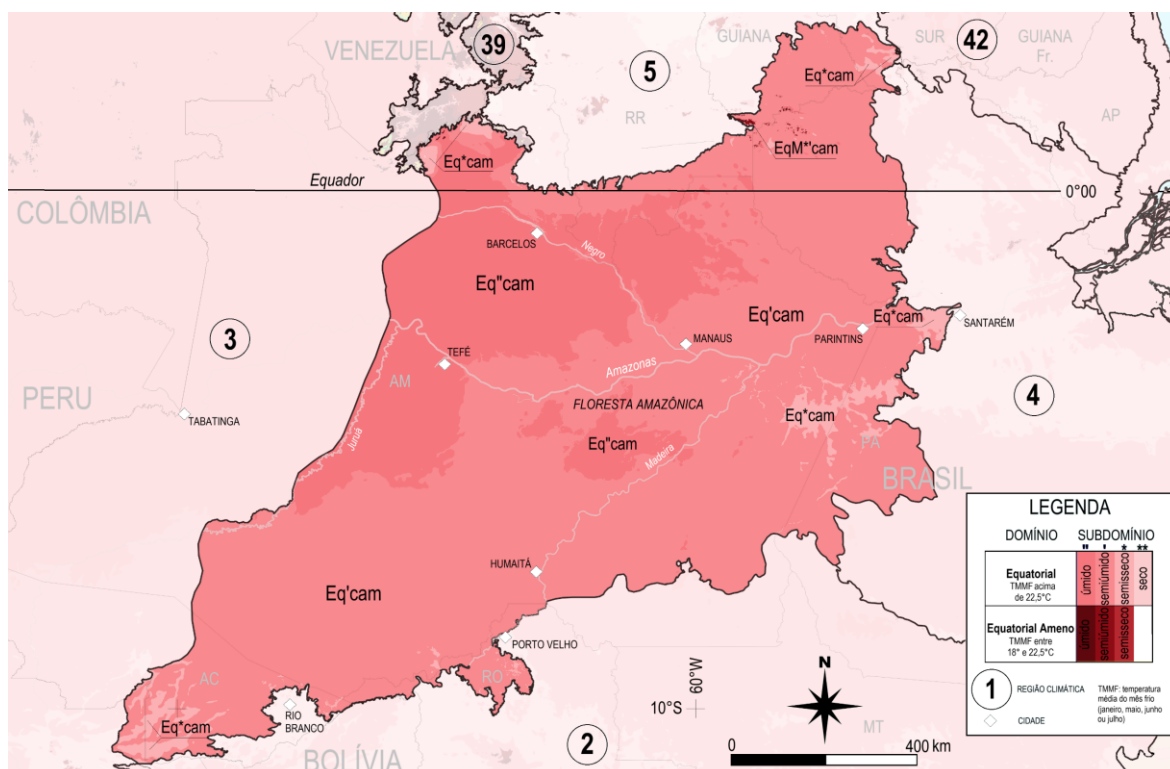
A região é dominada por terras baixas florestadas, segundo Ab'Saber (2003), com matas de igapós, matas de várzea e matas de terra firme. Trata-se de uma área de ocupação ribeirinha e de grande circulação fluvial através de rios, igarapés e furos.

A nomenclatura popular para os diferentes cursos d'água na Amazônia é muito rica e possui alta significância científica. Rio branco é aquele que transporta uma grande carga de sedimentos, ao contrário dos rios negros que nascem na floresta de terra firme sem sedimentos e com cores vindas da biogênese de produtos orgânicos oriundos do chão da floresta (Ab'Saber, 2003). Além desses, temos os igarapés, que são pequenos riachos que cruzam várzeas, correndo mansamente por um túnel quase fechado de vegetação florestal, e os furos, canais fluviais sem correnteza própria que interligam planícies de inundação.

Como mostrado no Quadro 1, a Região Climática Amazônica Central ocupa uma área superior a um milhão de km² com altitude média de 138 metros (de 30 a 1.326 m). As condições médias de temperatura, precipitação e ETp nos apresentam um clima tórrido e úmido.

A linha do Equador, que corta a porção norte da região climática, divide os regimes de cheias (verão/inverno). Portanto, a região é caracterizada por intensa radiação solar durante todo o ano, praticamente com 12 horas de dia e noite. A seguir (Figura 3) temos o climograma de Manaus, resumindo as condições climáticas desta região, onde os meses secos predominam no inverno/primavera (julho a outubro, no sul e janeiro a abril, no norte). Já a temperatura do ar não varia muito na capital amazonense, com média em torno de 27 °C o ano todo.

Figura 2 – Região Climática Amazônica Central.



Regiões climáticas adjacentes: 2) Amazônica Meridional; 3) Amazônica Ocidental; 4) Amazônica Oriental; 5) Amazônica Setentrional; 39) Planalto das Guianas; 42) Tumucumaque.

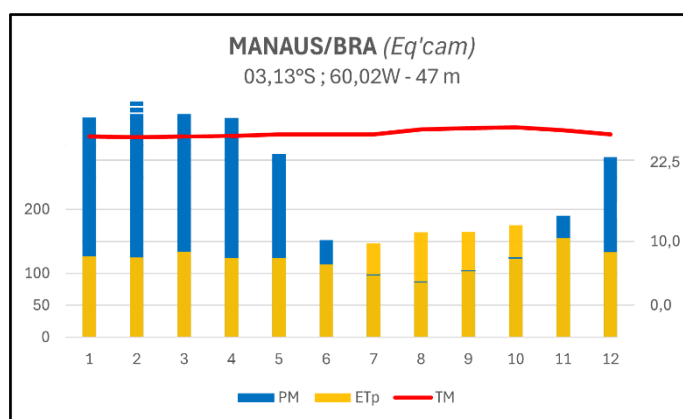
Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth, QGis – Pritzen.

Quadro 1 – Aspectos geográficos da Região Climática Amazônica Central.

Área da Região Climática (km ²)	1.345.516
Altitude média (m)	138
Bacias hidrográficas	Amazonas, Madeira, Negro, Juruá e Japurá
Vegetação natural predominante	Floresta equatorial (Amazônica)
Principais cidades	Manaus, Parintins, Manacapuru, Itacoatiara e Tefé (BRA)
Temperatura média anual (°C)	25,7
Temperatura média do mês mais frio – jul (°C)	24,9
Precipitação média anual (mm)	2.274
Evapotranspiração potencial (mm)	1.498
Principais sistemas atmosféricos atuantes	ZCIT, APA

Fonte: Cavalcanti *et al.* (2009), CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO; Google Earth; IBGE (2025), Reboita *et al.* (2010) e Ross (2019).

Figura 3 – Climograma de Manaus, Brasil.



Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth.

O Quadro 2 nos mostra a Temperatura Média do Mês mais Frio (TMMF) acima de 22,5 °C, característica de um Clima Zonal Tórrido na maior parte, tendo os maiores valores na calha dos principais rios, onde predominam os Subdomínios Semiúmido e Semisseco (22,5 a 26,8 °C) e os menores valores nas partes mais altas dos Relevos Residuais Norte-Amazônicos (20 a 22,4 °C). Os maiores acumulados de chuvas (ano) aparecem no nordeste da região climática com valores superiores a 4.000 mm. Já os menores valores médios (entre 1.342 e 1.870 mm) acontecem nas “sombras” de chuva localizadas a sotavento do Planalto das Guianas (Serra do Imeri), com valores abaixo de 1.800 mm. A grande ETp varia de 1.100 a 1.900 mm.

Quadro 2 – Tipologia e parâmetros climáticos da Região Amazônica Central.

Código Climático	Nome (5ª hierarquia)	Clima Zonal	TMMF (°C)	Precipitação Média Anual (mm)	ETp Média Anual (mm)	Meses secos (P<ETp)
Eq"cam	Equatorial úmido Amazônico Central	Tórrido	22,5 a 26,4	1.991 a 4.036	1.169 a 1.769	0 a 3
Eq'cam	Equatorial semiúmido Amazônico Central	Tórrido	22,5 a 26,8	1.594 a 3.146	1.259 a 1.904	4 a 5
Eq*cam	Equatorial semisseco Amazônico Central	Tórrido	22,5 a 26,8	1.720 a 2.610	1.380 a 1.673	6 a 7
Eq**cam	Equatorial Seco Amazônico Central	Tórrido	24,6 a 24,9	1.342 a 1.870	1.523 a 1.706	8
EqM"cam	Equatorial Ameno Úmido Amazônico Central	Quente	20,0 a 22,4	2.184 a 3.349	1.315 a 1.601	0 a 3
EqM'cam	Equatorial Ameno Semiúmido Amazônico Central	Quente	20,3 a 22,4	1.788 a 2.900	1.315 a 1.633	4 a 5
EqM*cam	Equatorial Ameno Semisseco Amazônico Central	Quente	21,4 a 22,4	1.720 a 2.611	1.380 a 1.673	6 a 7

Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth, QGis – Pritzen.

Portanto, na Região Climática Amazônica Central o Clima Zonal é Tórrido, com predominância do Domínio Equatorial, sendo que em pequenos pontos restritos as áreas mais elevadas, há existência de um Domínio Equatorial Ameno (de Clima Zonal Quente), principalmente próximo ao limite com o Planalto das Guianas e Amazônia Setentrional.

2. AMAZÔNICA MERIDIONAL



Desmatamento na Floresta Amazônica para abertura de estradas. Colniza-MT / Brasil
Paisagem de *Clima Equatorial Semiúmido Amazônico Meridional (Eq'sam)*.

(09°46'S , 59°09'W)

Fonte: Jurandyr Luciano Sanches Ross (out/2007).

Região Climática Amazônica Meridional (sam)

A região da Amazônia meridional detém grande diversidade climática provocada pela interação da Floresta Amazônica com o relevo (Cordilheira dos Andes e Planalto Brasileiro) e com sistemas atmosféricos adjacentes. Em julho, possui temperaturas amenizadas pela incursão de “friagens” (frentes frias), provocadas pelo deslocamento do Anticiclone Polar Sul (APS) até o norte da Linha do Subequador. Este deslocamento da APS é favorecido pelas baixas altitudes do centro do continente, principalmente entre a Bolívia e o Mato Grosso. Em média, a TMMF fica abaixo de 20 °C, representando um Clima Zonal Quente (mais frio que o Tórrido) na maior parte da região. A quantidade de meses secos varia muito dependendo da área, mas na maioria é inferior a seis meses secos, sendo eles os meses de inverno (no hemisfério sul).

A Linha do Subequador Meridional cruza o centro da região, estabelecendo um marco geoclimático entre as Zonas Tórrida e Quente, o que indica a diminuição gradual da inclinação dos raios solares à medida que se avança para o sul. Essa condição influencia diretamente o gradiente térmico e os regimes de umidade observados nos diferentes subdomínios climáticos.

O regime atmosférico local resulta da combinação de vários sistemas: além do corredor de umidade da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), destaca-se a atuação do APS, que ocasionalmente provoca episódios de friagem no inverno. Segundo Fisch *et al.* (1998), a dinâmica climática regional é também influenciada por convecção diurna intensa, pelas linhas de instabilidade formadas no litoral atlântico nordestino e por aglomerados convectivos de meso e larga escala, os quais se articulam com a penetração de sistemas frontais oriundos do sul do continente.

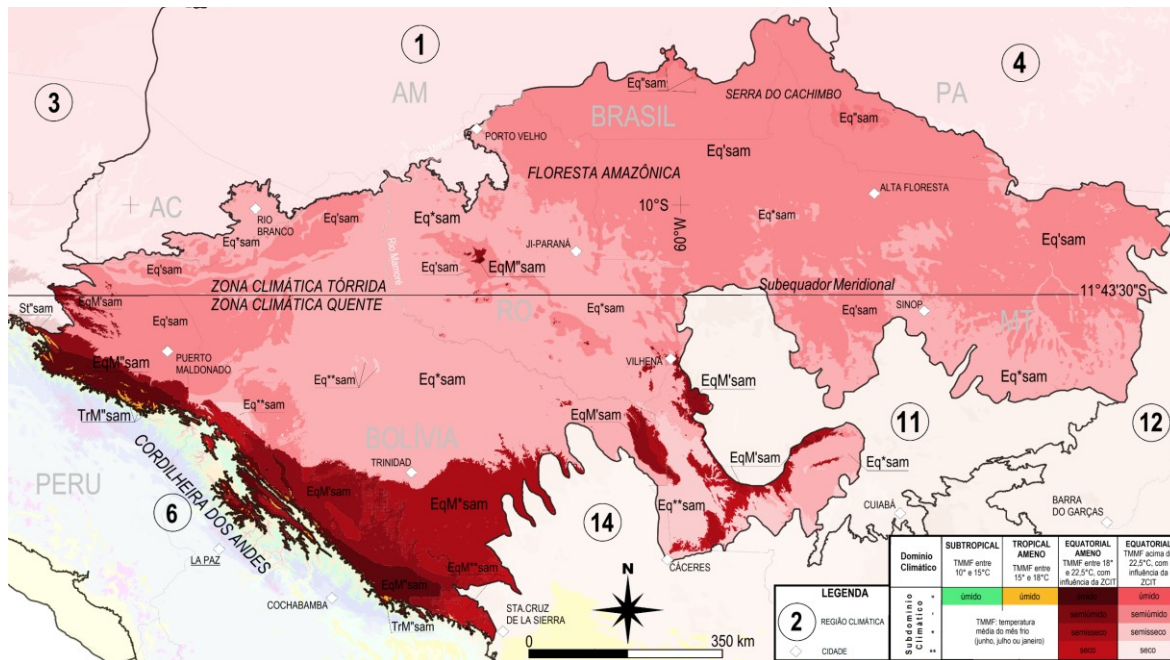
A extensa ETp, favorecida pelas altas temperaturas e pela vegetação densa, contribui para elevados índices de umidade nos Subdomínios Úmido e Semiúmido. Por outro lado, ao sul e sudoeste da região, surgem Subdomínios Semiseco e Seco, com déficit hídrico acentuado em parte do ano.

O relevo regional é dominado por colinas amplas, tabuleiros dissecados e chapadas residuais, compondo a transição entre a Bacia Sedimentar Amazônica e o Planalto do Parecis, com altitude média de 362 metros (Quadro 3). O sistema hidrográfico é formado pelos rios Madeira/Mamoré, Juruena/Teles Pires e Xingu, todos afluentes da Bacia Amazônica. Esses rios cumprem papel essencial na drenagem e abastecimento hídrico da região, sendo interligados por uma rede fluvial e lacustre de grande importância ecológica.

A cobertura vegetal é composta, em sua maior parte, por florestas equatoriais densas e abertas, que se estendem sobre latossolos e argissolos de variada profundidade. Nas áreas mais secas e de solos menos desenvolvidos, especialmente na borda leste e sul da região, ocorrem mosaicos de floresta estacional e formas de savana florestada, marcando a transição com o bioma Cerrado. As paisagens naturais expressam um gradiente claro entre ambientes de umidade contínua e áreas de seca sazonal, com vegetação adaptada à perda foliar e à alternância entre estações.

Conforme a Figura 4, as principais cidades da região incluem Porto Velho (RO) e Rio Branco (AC), capitais estaduais brasileiras estrategicamente localizadas ao longo de eixos hidroviários e rodoviários, além de Sinop (MT), polo de produção agrícola do norte mato-grossense, situada em área de floresta em transição com o Cerrado. As rotas de transporte são majoritariamente rodoviárias, destacando-se a BR-364, a Cuiabá-Santarém (BR-163) e a Rodovia Interoceânica, que conecta Rio Branco ao litoral do Peru. Cidades como Ji-Paraná (RO) e Puerto Maldonado (Peru) também se destacam como centros regionais.

Figura 4 – Região Climática Amazônica Meridional.



Regiões climáticas adjacentes: 1) Amazônica Central; 3) Amazônica Ocidental; 4) Amazônica Oriental; 6) dos Andes Centrais; 11) do Centro da América do Sul; 12) Central do Brasil; 14) do Chaco.

Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth, QGis – Pritzen.

A área total da região é de aproximadamente 1.314.000 km², abrangendo partes do Acre, de Rondônia, sul do Amazonas e do Pará, além do norte de Mato Grosso e áreas adjacentes da Bolívia e do Peru (Quadro 3).

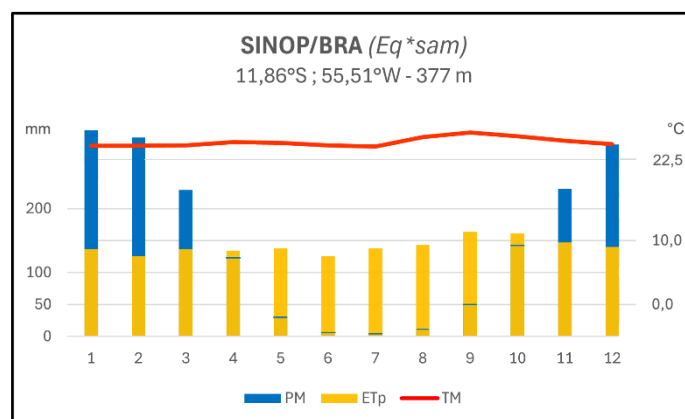
Quadro 3 – Aspectos geográficos da Região Climática Amazônica Meridional.

Área da Região Climática (km ²)	1.314.062
Altitude média (m)	362
Bacias hidrográficas	Madeira-Mamoré, Xingu, Juruena, Teles-Pires e Paraguai
Vegetação natural predominante	Floresta equatorial (Amazônica)
Principais cidades	Porto Velho, Rio Branco, Sinop, Ji-Paraná (BRA), P. Maldonado (PER))
Temperatura média anual (°C)	24,8
Temperatura média do mês mais frio – jul (°C)	19,3
Precipitação média anual (mm)	1.866
Evapotranspiração potencial (mm)	1.479
Principais sistemas atmosféricos atuantes	ZCAS, APA

Fonte: Cavalcanti *et al.* (2009), CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth; IBGE (2025), Reboita *et al.* (2010) e Ross (2019).

O climograma da cidade de Sinop (Figura 5), situada no Subdomínio Equatorial Semisseco (Eq**sam*) revela a forte sazonalidade das chuvas: volumes expressivos no verão, queda acentuada no outono e um longo período seco entre maio e setembro, sendo que a precipitação é inferior à ETp em sete meses. Apesar disso, a temperatura média mensal se mantém constante, com pequenas variações entre 24,5 °C e 26 °C, caracterizando uma tipologia térmica tórrida. O gráfico mostra, de forma clara, o predomínio da climatologia de monção, com acúmulos hídricos em uma época e evapotranspiração intensa durante todo ano.

Figura 5 – Climograma de Sinop, Brasil.



Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth.

O Quadro 4 evidencia que a maior parte da Região Amazônica Meridional apresenta temperatura média do mês mais frio (TMMF) superior a 22,5 °C, revelando o predomínio de um Clima Zonal Tórrido, especialmente nas áreas de menor altitude, ao longo das calhas dos rios Madeira, Xingu e Teles Pires, onde se concentram os Subdomínios Semiúmido e Semisseco. Em contrapartida, nas bordas ocidentais e meridionais da região, situadas em áreas mais elevadas ou próximas aos contrafortes andinos e ao Planalto do Parecis, os valores de TMMF se reduzem para faixas entre 18 °C e 22,4 °C, caracterizando os Domínios Equatoriais Amenos e Tropicais Amenos, de Clima Zonal Quente.

Os maiores acumulados de precipitação anual, com totais que ultrapassam 3.000 a 5.000 mm, concentram-se no setor sudoeste da região, influenciados pela orografia e pela convergência de umidade advinda da Amazônia Ocidental, como evidenciado nos subdomínios úmidos EqM^{''} sam e TrM^{''} sam. Por outro lado, os menores índices pluviométricos ocorrem nas porções leste e sudeste, particularmente nas áreas de transição com o Cerrado mato-grossense e sul de Rondônia, onde atuam os Subdomínios Semisseco e Seco (como Eq*^{''} sam e TrM*^{''} sam), com totais anuais variando entre 935 mm e 1.870 mm, refletindo a influência de sombras de chuva e maior continentalidade.

A evapotranspiração potencial (ETp) varia consideravelmente entre os subdomínios, com valores médios que vão de 946 mm a mais de 2.000 mm por ano, refletindo tanto as variações térmicas quanto o padrão de cobertura vegetal e insolação. Os subdomínios com ETp mais elevada concentram-se nas áreas mais quentes e menos chuvosas, acentuando os déficits hídricos sazonais, especialmente nos climas semisseco e seco, com até 11 meses do ano com precipitação inferior à ETp. Por outro lado, os Domínios Equatoriais Amenos, Tropicais Amenos e Subtropicais, de Subdomínio Úmido exibem equilíbrio ou superávit hídrico durante a maior parte do ano, com apenas 0 a 3 meses secos, sustentando a cobertura florestal densa e contínua.

Quadro 4 – Tipologia e parâmetros climáticos da Região Amazônica Meridional.

Código Climático	Nome (5ª hierarquia)	Clima Zonal	TMMF (°C)	Precipitação Média Anual (mm)	ETp Média Anual (mm)	Meses secos (P<ETp)
Eq ^{''} sam	Equatorial úmido Amazônico Meridional	Tórrido	22,5 a 25,5	2.242 a 3.297	1.375 a 1.684	3
Eq ['] sam	Equatorial semiúmido Amazônico Meridional	Tórrido	22,5 a 26,3	1.530 a 3.000	1.339 a 1.884	4 a 5
Eq* ^{''} sam	Equatorial semisseco Amazônico Meridional	Tórrido	22,5 a 26,2	1.274 a 2.193	1.394 a 2.074	6 a 7
Eq** ^{''} sam	Equatorial seco Amazônico Meridional	Tórrido	22,5 a 25,0	935 a 1.870	1.419 a 2.090	8 a 11
Eqm ^{''} sam	Equatorial Ameno úmido Amazônico Meridional	Quente	18,0 a 22,4	1.574 a 5.379	946 a 1.691	0 a 3
EqM ['] sam	Equatorial Ameno semiúmido Amazônico Meridional	Quente	18,0 a 22,4	1.426 a 2.995	1.151 a 1.858	4 a 5
EqM* ^{''} sam	Equatorial Ameno semisseco Amazônico Meridional	Quente	18,0 a 22,4	1.129 a 2.194	1.195 a 2.081	6 a 7
EqM** ^{''} sam	Equatorial Ameno seco Amazônico Meridional	Quente	18,0 a 22,4	1.030 a 1.864	1.260 a 2.075	8 a 11
TrM ^{''} sam	Tropical Ameno úmido Amazônico Meridional	Quente	15,0 a 17,9	1.747 a 5.224	957 a 1.450	0 a 3
TrM ['] sam	Tropical Ameno semiúmido Amazônico Meridional	Quente	15,0 a 17,9	1.490 a 2.820	1.163 a 1.499	4 a 5
TrM* ^{''} sam	Tropical Ameno semisseco Amazônico Meridional	Quente	15,6 a 17,9	1.272 a 1.838	1.256 a 1.872	6 a 7
TrM** ^{''} sam	Tropical Ameno seco Amazônico Meridional	Quente	17,1 a 17,9	1.123 a 1.523	1.434 a 1.901	8 a 9
St ['] sam	Subtropical semiúmido Amazônico Meridional (clima azonal)	Moderado	14,5 a 14,9	2.183 a 2.252	1.157 a 1.222	4

Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth, QGis – Pritzen.

A Região Amazônica Meridional configura-se como uma área de transição entre o núcleo úmido da Floresta Amazônica e os ambientes mais secos e sazonais do interior do continente. Sua variabilidade climática, marcada pela interação entre sistemas equatoriais, tropicais e subtropicais, gera uma diversidade de subdomínios que refletem os contrastes entre relevo, latitude e dinâmica atmosférica. A coexistência de regimes úmidos e secos, de climas tórridos e quentes, e de biomas florestais e savânicos, confere à região um caráter ecotonal singular e estratégico para o entendimento das interfaces climáticas e ecológicas da América do Sul.

3. AMAZÔNICA OCIDENTAL



Rio Solimões, na tríplice fronteira (Brasil – Colômbia - Peru). Tabatinga-AM / Brasil
Paisagem de *Clima Equatorial Úmido Amazônico Ocidental (Eq"wam)*.

(04°14'S , 69°57'W)

Fonte: Daniel Monteiro Huertas (jul/2017).

Região Climática Amazônica Ocidental (wam)

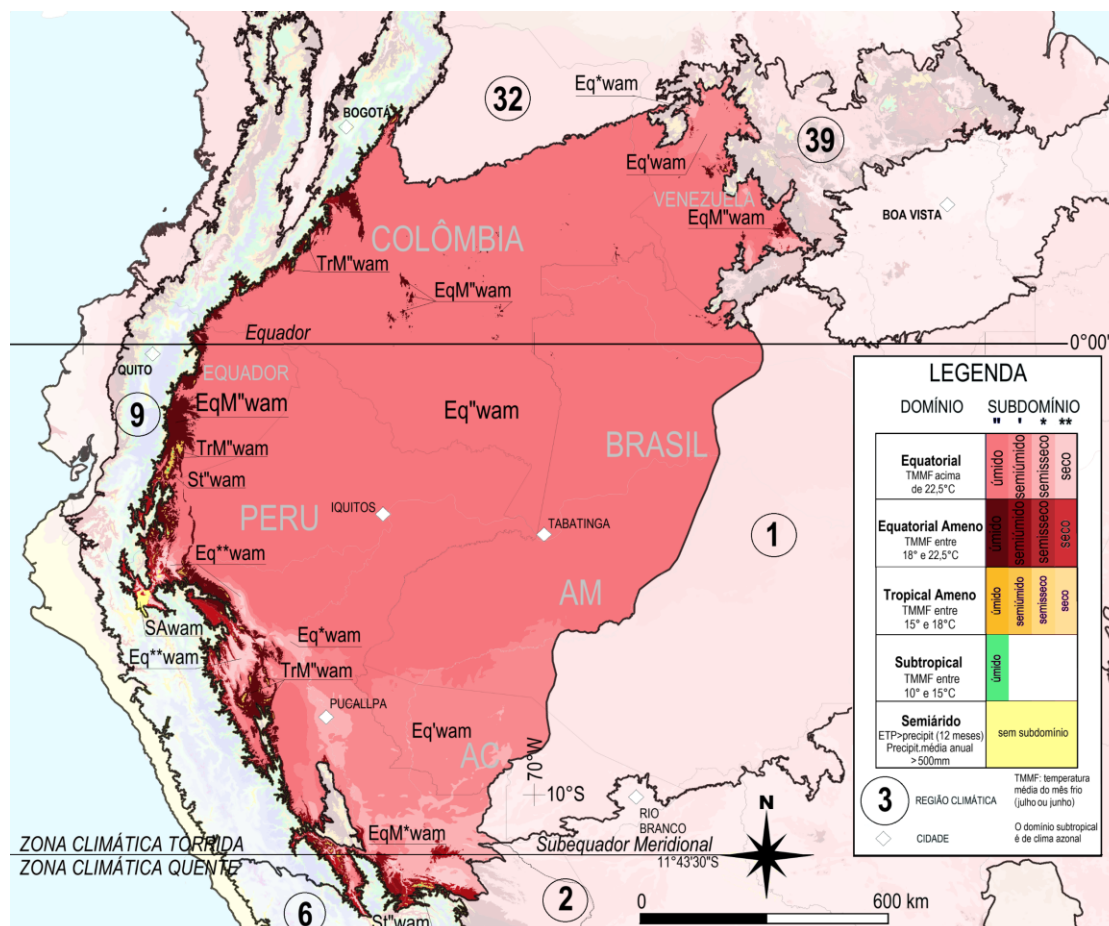
A Região Amazônica Ocidental compreende a porção mais a oeste da floresta equatorial sul-americana, abrangendo extensas áreas do oeste do Brasil (alto rio Solimões e Juruá), leste do Peru, sul da Colômbia, sul da Venezuela e leste do Equador. É uma das maiores Regiões Climáticas da CCN na América do Sul, com área superior a 1,87 milhão de km² e altitude média de 325 metros. Seu relevo é marcado por amplas planícies de inundação e áreas de baixos platôs amazônicos, interrompidos a oeste por faixas de serras residuais que prenunciam os contrafortes andinos.

A temperatura média anual é de 24,4 °C e a do mês mais frio (julho) gira em torno de 23,3 °C (Quadro 5), caracterizando uma região majoritariamente de Clima Zonal Tórrido. No entanto, áreas mais elevadas, principalmente nas transições com os Andes, exibem domínios de Clima Zonal Quente e Moderado, onde se desenvolvem Domínios Equatoriais, Tropicais Amenos e até Subtropicais, a depender da altitude. A vegetação natural predominante é a floresta equatorial densa, altamente adaptada à elevada umidade e à baixa sazonalidade térmica, com formações perenifólias e exuberante biodiversidade.

As principais drenagens da região pertencem à Bacia do rio Amazonas, incluindo os rios Solimões, Marañon e Ucayalli, além dos grandes afluentes da margem norte e sul, como os rios Negro, Japurá e Juruá. O transporte fluvial continua sendo o principal meio de deslocamento, conectando cidades estratégicas como Iquitos (PER), Pucallpa (PER), Tabatinga-Leticia (BRA-COL) e São Gabriel da

Cachoeira (BRA). A presença de rios caudalosos e navegáveis garante a integração regional e o suporte ao modo de vida ribeirinho, predominante em grande parte da população.

Figura 6 – Região Climática Amazônica Ocidental.



Regiões Climáticas adjacentes: 1) Amazônica Central; 2) Amazônica Meridional; 6) dos Andes Centrais; 9) dos Andes Setentrionais; 32) dos Llanos; 39) do Planalto das Guianas.

Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth, QGIS – Pritzen.

Quadro 5 – Aspectos geográficos da Região Climática Amazônica Ocidental.

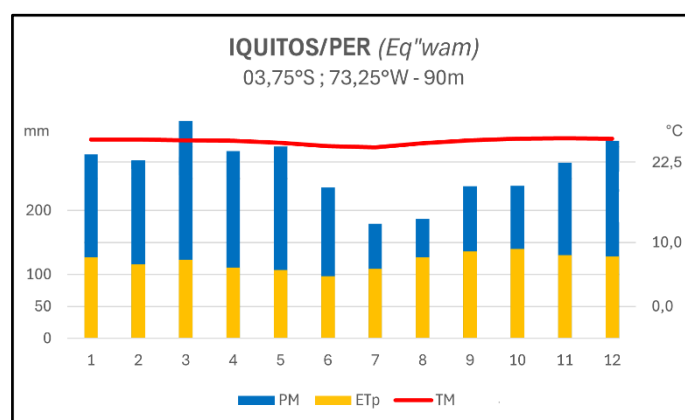
Área da Região Climática (km ²)	1.874.929
Altitude média (m)	325
Bacias hidrográficas	Amazonas (Solimões, Marañon, Ucayalli), Negro, Japurá e Juruá
Vegetação natural predominante	Floresta equatorial (Amazônica)
Principais cidades	Iquitos, Pucallpa (PER), Tabatinga-Letícia, S. Gabriel Cachoeira (BRA)
Temperatura média anual (°C)	24,4
Temperatura média do mês mais frio – jul (°C)	23,3
Precipitação média anual (mm)	2.851
Evapotranspiração potencial (mm)	1.430
Principais sistemas atmosféricos atuantes	ZCIT, APA

Fonte: Cavalcanti *et al.* (2009), CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth, IBGE (2025), Reboita *et al.* (2010) e Ross (2019).

Do ponto de vista atmosférico, a atuação da ZCIT é predominante, especialmente no norte da região, enquanto as incursões da APS podem ocasionar eventos de friagem no inverno. A influência direta dos ventos alísios vindos do Atlântico, somada à forte convecção diurna e à presença de aglomerados convectivos tropicais, contribui para um regime de chuvas frequente e bem distribuído, com destaque para a primavera e o outono como períodos mais úmidos.

O climograma da cidade de Iquitos (Eq^{wam}) revela baixa amplitude térmica e elevada regularidade das chuvas ao longo do ano (Figura 7). As precipitações mensais superam consistentemente a ETp, o que sustenta uma floresta perenifólia exuberante. As temperaturas se mantêm entre 24 °C e 26 °C durante todo o ano, e esse comportamento define o Domínio Equatorial com Subdomínio Úmido.

Figura 7 – Climograma de Iquitos, Peru.



Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth.

O Quadro 6 indica que grande parte da região apresenta TMMF acima de 22,5 °C, característica dos Climas Zonais Tórridos. Os valores mais elevados concentram-se nas planícies centrais e nas calhas dos rios Solimões e Ucayalli, com predominância dos Subdomínios Úmido, Semiúmido e Semiseco. Já os menores valores térmicos ocorrem nas franjas ocidentais, em áreas de relevo mais elevado junto à vertente amazônica dos Andes, onde surgem os Domínios Equatoriais Amenos, Tropicais Amenos e Subtropicais. A precipitação anual varia amplamente, com máximas superiores a 8.000 mm nas encostas voltadas para a umidade oceânica e mínimas próximas de 800 mm em zonas de sombra pluviométrica. A ETp média, por sua vez, oscila entre 900 mm e 2.000 mm, sendo geralmente superada pela precipitação nos Subdomínios Úmidos e equilibrada ou excedente nos Subdomínios mais secos. Os meses secos ($P < ETp$) variam de zero a onze, definindo uma ampla gama de regimes hídricos internos.

Com isso, a Região Amazônica Ocidental apresenta-se como o coração climático da floresta equatorial sul-americana, reunindo os maiores volumes de chuva, as menores amplitudes térmicas e uma complexa interação entre altitude, latitude e sistemas atmosféricos tropicais. Essa unidade climática abriga as formações mais antigas e conservadas da Floresta Amazônica, além de representar uma zona-chave na manutenção do balanço hídrico continental, do regime dos rios voadores e da estabilidade ecológica de ecossistemas vizinhos.

Quadro 6 – Tipologia e parâmetros climáticos da Região Amazônica Ocidental.

Código Climático	Nome (5ª hierarquia)	Clima Zonal	TMMF (°C)	Precipitação Média Anual (mm)	ETp Média Anual (mm)	Meses secos (P<ETp)
Eq''wam	Equatorial úmido Amazônico Ocidental	Tórrido	22,5 a 26,1	1.497 a 9.011	1.094 a 1.965	0 a 3
Eq'wam	Equatorial semiúmido Amazônico Ocidental	Tórrido	22,5 a 25,7	1.339 a 4.961	1.162 a 1.872	4 a 5
Eq*wam	Equatorial semisseco Amazônico Ocidental	Tórrido	22,5 a 25,8	1.169 a 2.709	1.233 a 1.830	6 a 7
Eq**wam	Equatorial seco Amazônico Ocidental	Tórrido	22,5 a 25,7	799 a 1.979	1.270 a 1.884	8 a 11
EqM''wam	Equatorial Ameno úmido Amazônico Ocidental	Quente	18,0 a 22,4	1.430 a 8.374	1.004 a 1.861	0 a 3
EqM'wam	Equatorial Ameno semiúmido Amazônico Ocidental	Quente	18,0 a 22,4	1.267 a 4.435	981 a 1.870	4 a 5
EqM*wam	Equatorial Ameno semisseco Amazônico Ocidental	Quente	18,0 a 22,4	1.083 a 2.509	1.066 a 1.841	6 a 7
EqM**wam	Equatorial Ameno seco Amazônico Ocidental	Quente	18,0 a 22,4	812 a 1.990	1.203 a 1.831	8 a 11
TrM''wam	Tropical Ameno úmido Amazônico Ocidental	Quente	15,0 a 17,9	1.489 a 7.789	937 a 1.565	0 a 3
TrM'wam	Tropical Ameno semiúmido Amazônico Ocidental	Quente	15,0 a 17,9	1.331 a 3.343	983 a 1.540	4 a 5
TrM*wam	Tropical Ameno semisseco Amazônico Ocidental	Quente	15,0 a 17,9	1.225 a 1.931	1.112 a 1.529	6 a 7
TrM**wam	Tropical Ameno seco Amazônico Ocidental	Quente	15,0 a 17,9	1.005 a 1.438	1.305 a 1.568	8 a 10
St''wam	Subtropical úmido Amazônico Ocidental	Moderado	11,2 a 14,9	2.146 a 6.979	912 a 1.292	0 a 3
St'wam	Subtropical semiúmido Amazônico Ocidental	Moderado	12,4 a 14,9	1.790 a 2.693	1.025 a 1.388	4 a 5

Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth, QGIS – Pritzen.

4. AMAZÔNICA ORIENTAL



Travessão (estrada) cortando a Floresta Amazônica. Altamira-PA / Brasil
Paisagem de *Clima Equatorial Semisseco Amazônico Oriental (Eq*eam)*.

(03°08'S , 51°44'W)

Fonte: Giuliano Tostes Novais (ago/2015).

Região Climática Amazônica Oriental (eam)

A Região Amazônica Oriental ocupa a porção leste da Bacia Amazônica, estendendo-se do baixo rio Amazonas até os interflúvios dos rios Tocantins, Xingu e Tapajós. Sua área total ultrapassa 1,36 milhão de km², com altitude média de 207 metros, abrangendo setores centrais e orientais do Pará, norte de Tocantins e Maranhão ocidental. Trata-se de uma área de transição climática importante entre os núcleos úmidos do oeste amazônico e os domínios sazonais da Amazônia meridional e do Brasil central.

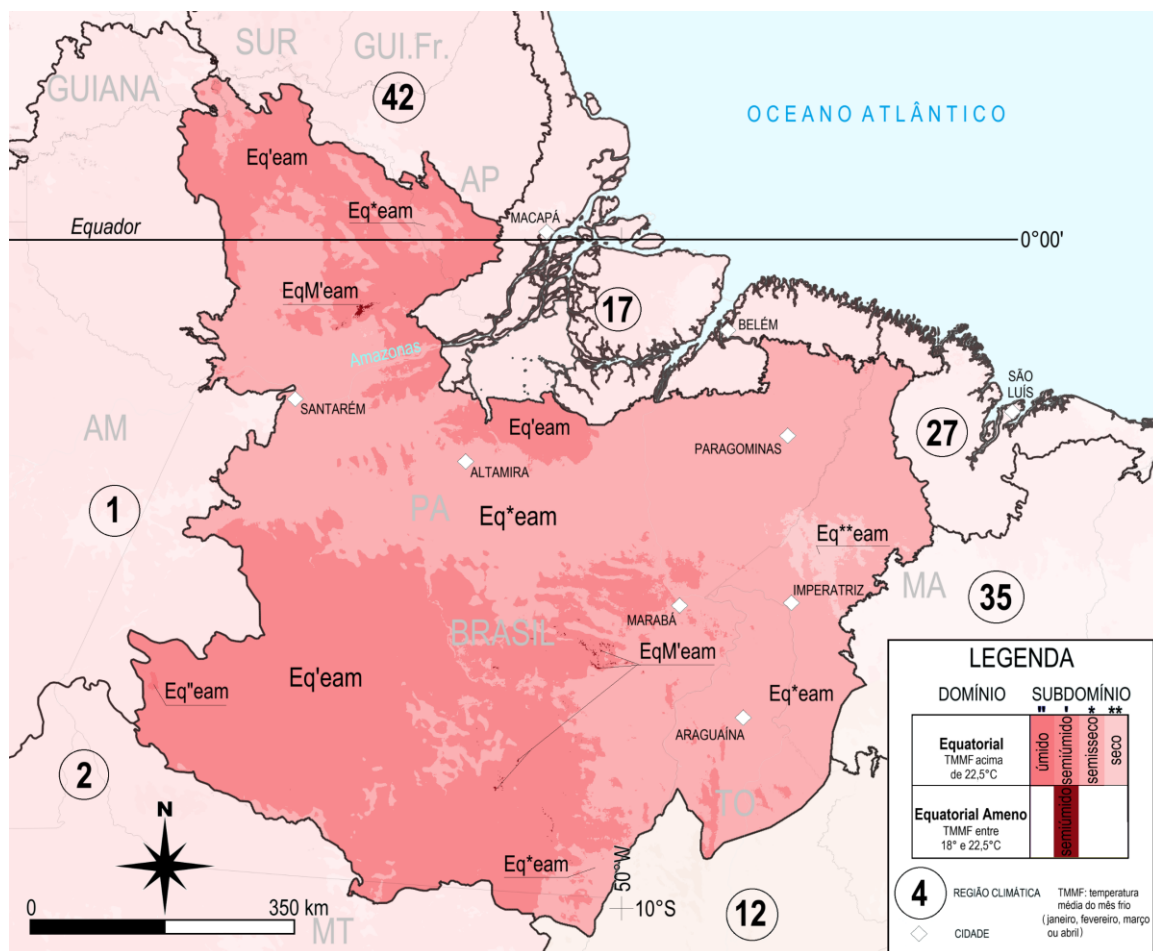
Conforme Ab'Saber (2003), a Amazônia Oriental corresponde à transição entre as depressões florestadas centrais e os planaltos residuais do sul e sudeste, com domínio de florestas, igapós e várzeas nas zonas baixas e presença de matas mais abertas nas áreas de maior continentalidade. A vegetação natural predominante é composta por Floresta Equatorial Úmida, com alternância entre formações densas, abertas e estacionais, dependendo da sazonalidade das chuvas e das condições de solo.

As temperaturas médias anuais são elevadas, em torno de 26 °C, com média do mês mais frio (fevereiro) próxima de 24,9 °C (Quadro 7), caracterizando um Clima Zonal Tórrido na maior parte da região. As precipitações anuais superam os 2.000 mm na média regional, embora haja significativa variabilidade espacial, com volumes superiores a 2.800 mm nos setores mais úmidos e totais abaixo

de 1.200 mm nas zonas mais secas. A ETp média anual é de 1.628 mm, favorecendo certo déficit hídrico estacional nas áreas de Subdomínio Semisseco e Seco.

Do ponto de vista atmosférico, a ZCIT é o principal sistema atuante na região, sendo responsável por grande parte das chuvas nos meses de verão e outono. A posição geográfica da região, próxima à linha do Equador, favorece a convecção intensa, especialmente em áreas próximas ao curso do rio Amazonas, além de facilitar a entrada de ventos alísios carregados de umidade vinda do Oceano Atlântico. A interação entre esses elementos atmosféricos e o relevo suavemente ondulado da região contribui para a diversidade pluviométrica observada.

Figura 8 – Região Climática Amazônica Oriental.



Regiões Climáticas adjacentes: 1) Amazônica Central; 2) Amazônica Meridional; 12) Central do Brasil; 17) Litorânea Amazônica; 27) Litorânea Norte do Brasil; 35) Nordestina do Brasil; 42) do Tumucumaque

Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth, QGis – Pritzen.

De acordo com o Quadro 7, a precipitação média anual de 2.005 mm supera a evapotranspiração potencial de 1.628 mm, embora com distribuição irregular ao longo do ano. Os meses mais secos concentram-se no inverno e início da primavera (junho a setembro), quando a ZCIT recua para o hemisfério norte. O número de meses secos varia entre 3 e 6 dependendo da localidade, o que permite a presença dos tipos Eq'eam, Eq'M'eam e Eq'eam, com áreas pontuais de Eq**eam (oito meses secos) em zonas de sotavento ou de continentalização mais acentuada.

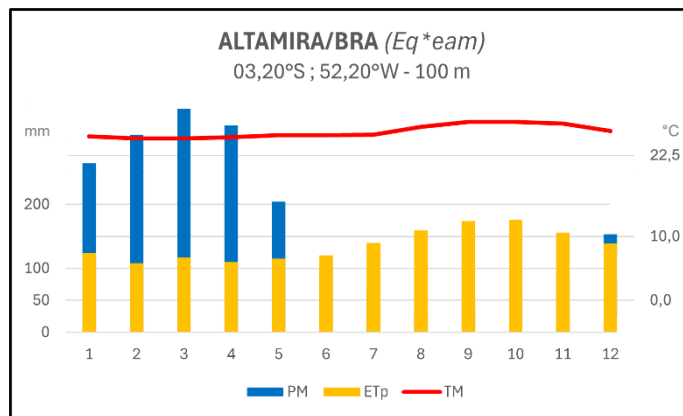
Quadro 7 – Aspectos geográficos da Região Climática Amazônica Oriental.

Área da Região Climática (km ²)	1.360.449
Altitude média (m)	207
Bacias hidrográficas	Amazonas, Tocantins, Xingu, Tapajós, Trombetas
Vegetação natural predominante	Floresta equatorial (Amazônica)
Principais cidades	Santarém, Marabá, Imperatriz, Altamira, Araguaína (BRA)
Temperatura média anual (°C)	26,0
Temperatura média do mês mais frio – fev (°C)	24,9
Precipitação média anual (mm)	2.005
Evapotranspiração potencial (mm)	1.628
Principais sistemas atmosféricos atuantes	ZCIT

Fonte: Cavalcanti *et al.* (2009), CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth, IBGE (2025), Reboita *et al.* (2010) e Ross (2019).

O climograma da cidade de Altamira (Eq*eam) evidencia um regime climático com acentuada sazonalidade das chuvas (Figura 9). Entre os meses de junho e novembro, os volumes de precipitação ficam abaixo da ETp, caracterizando um prolongado período seco de até seis meses. A temperatura média mensal varia pouco, oscilando entre 25 °C e 27 °C ao longo do ano, indicando elevada constância térmica. O padrão climático observado em Altamira corresponde ao Subdomínio Equatorial Semisseco, predominante nas áreas centrais da região.

Figura 9 – Climograma de Altamira, Brasil.



Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth.

O Quadro 8 revela que a maior parte da região possui TMMF acima de 22,5 °C, atributo típico de Clima Zonal Tórrido, com exceção de áreas pontuais mais elevadas, onde ocorrem Subdomínios Equatoriais Amenos (EqM'eam). As maiores precipitações ocorrem na porção sudoeste da região, onde predominam os subdomínios úmido e semiúmido, com totais entre 2.600 e 2.900 mm por ano. Já os menores índices pluviométricos, entre 1.178 e 1.720 mm, concentram-se nos subdomínios secos, particularmente nas áreas de transição para o Cerrado maranhense e tocantinense. A ETp acompanha essa variação, com valores entre 1.300 mm e 2.200 mm, o que intensifica a ocorrência de meses secos nas bordas da região.

Quadro 8 – Tipologia e parâmetros climáticos da Região Amazônica Oriental.

Código Climático	Nome (5ª hierarquia)	Clima Zonal	TMMF (°C)	Precipitação Média Anual (mm)	ETp Média Anual (mm)	Meses secos (P<ETp)
Eq''eam	Equatorial úmido Amazônico Oriental	Tórrido	23,9 a 24,9	2.639 a 2.875	1.441 a 1.499	3
Eq'eam	Equatorial semiúmido Amazônico Oriental	Tórrido	22,5 a 26,9	1.509 a 2.919	1.372 a 2.006	4 a 5
Eq*eam	Equatorial semisseco Amazônico Oriental	Tórrido	22,5 a 26,9	1.210 a 2.867	1.306 a 2.264	5 a 6
Eq**eam	Equatorial seco Amazônico Oriental	Tórrido	24,4 a 26,7	1.178 a 1.720	1.594 a 2.156	8
EqM'eam	Equatorial Ameno semiúmido Amazônico Oriental	Quente	21,5 a 22,5	1.826 a 2.805	1.397 a 1.806	4 a 5

Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth, QGis – Pritzen.

Assim, a Região Amazônica Oriental apresenta uma variedade de regimes climáticos equatoriais, com gradientes latitudinais e longitudinais bem definidos, onde a combinação entre elevada temperatura, sazonalidade das chuvas e relevo suavemente ondulado dá origem a uma das mais complexas interfaces ecológicas da Floresta Amazônica. Suas feições climáticas têm papel fundamental na estruturação da biodiversidade, nos padrões hidrológicos dos rios da vertente leste amazônica e na dinâmica das formações vegetais de transição.

5. AMAZÔNICA SETENTRIONAL



Ponte sobre o rio Branco, afluente da margem esquerda do Amazonas. Boa Vista-RR / Brasil (02°48'N , 60°40'W)
Paisagem de *Clima Equatorial Seco Amazônico Setentrional* (Eq**nam).

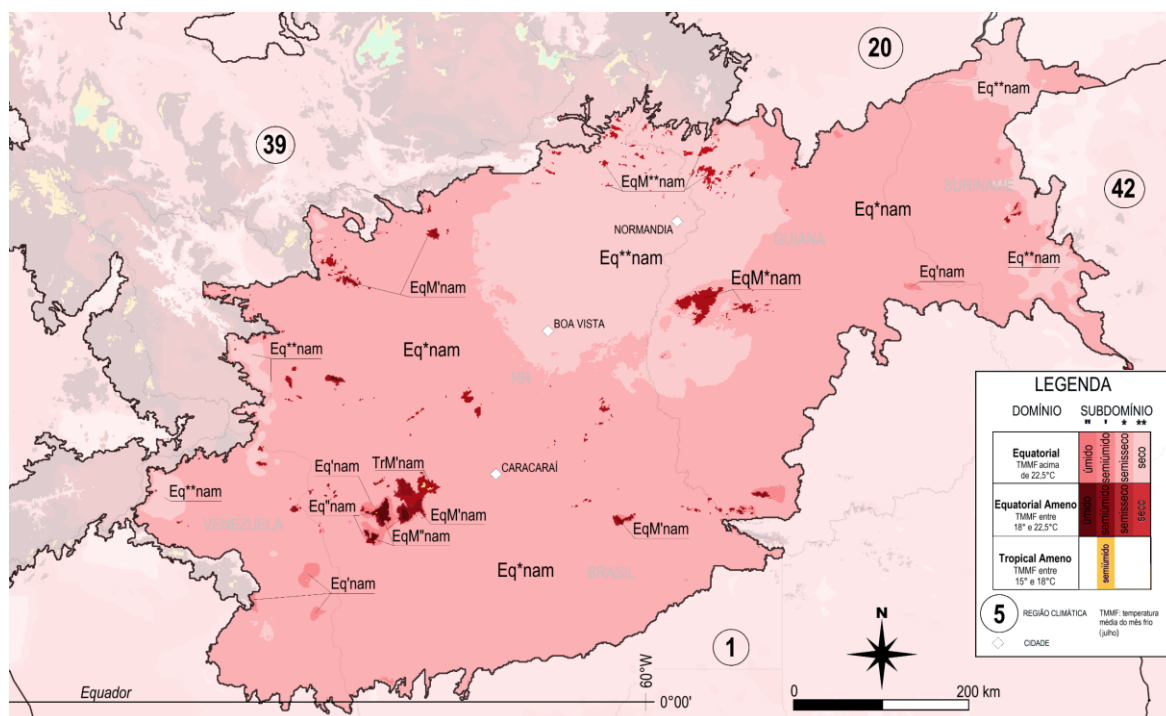
Fonte: Daniel Monteiro Huertas (ago/2015).

Região Climática Amazônica Setentrional (nam)

A Região Amazônica Setentrional compreende as terras ao norte do rio Amazonas, ocupando a porção mais setentrional da floresta equatorial sul-americana. Com uma área de aproximadamente 270 mil km² e altitude média de 223 metros, estende-se por Roraima, norte do Amazonas, porções da Guiana e Suriname e o extremo sudeste da Venezuela (Figura 10). Trata-se de uma região de contato entre os baixos platôs das Guianas e a Planície Amazônica, com relevo suavemente ondulado e presença de serras residuais. As principais drenagens incluem os rios Branco, Mapuera, Cuminá e os formadores do Essequibo.

A vegetação natural da região é composta por florestas equatoriais densas nas zonas mais úmidas, alternando-se com matas mais abertas e formações savânicas (como campos e cerrados) em áreas de maior continentalidade e déficit hídrico. Conforme Ab'Saber (2003), esta porção setentrional amazônica representa um dos grandes compartimentos morfoestruturais da América do Sul, onde se estabelecem feições transicionais entre as florestas de terra firme, igapós e cerradões. Nas áreas mais elevadas do estado de Roraima, as formações abertas ganham importância, especialmente nas bordas do Planalto das Guianas. Boa Vista, capital do estado de Roraima, é a principal cidade da região climática, fazendo ligação entre Manaus e a Venezuela.

Figura 10 – Região Climática Amazônica Setentrional.



Regiões Climáticas adjacentes: 1) Amazônica Central; 20) Litorânea das Guianas; 39) do Planalto das Guianas; 42) do Tumucumaque.

Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth, QGis – Pritzen.

A temperatura média anual é de 25,5 °C e a do mês mais frio (julho) atinge 24,8 °C, demonstrando elevada constância térmica e predominância do Clima Zonal Tórrido. A precipitação média anual, de cerca de 1.929 mm, é superada pela ETp em vários meses do ano, o que caracteriza esta região como a mais seca dentre as sub-regiões amazônicas (Quadro 9). A sazonalidade da precipitação está ligada ao regime da ZCIT, que atua principalmente entre abril e agosto. Durante os meses de atuação da ZCIT, as chuvas são intensas e persistentes, mas fora desse período, predominam condições de déficit hídrico.

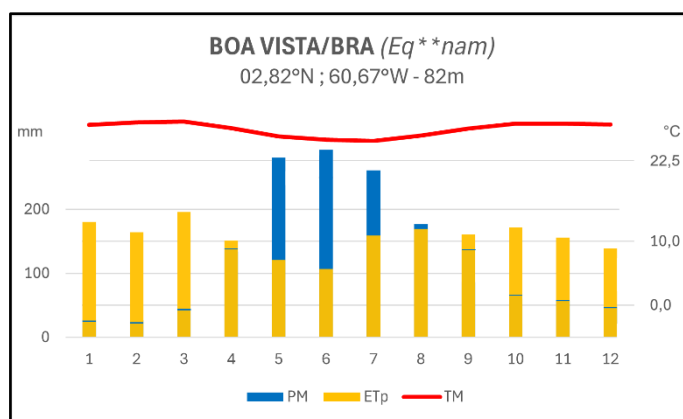
Quadro 9 – Aspectos geográficos da Região Climática Amazônica Setentrional.

Área da Região Climática (km ²)	269.827
Altitude média (m)	223
Bacias hidrográficas	Rio Branco, Cuminá, Mapuera, Essequibo
Vegetação natural predominante	Floresta equatorial (Amazônica) e Cerrado
Principais cidades	Rio Branco, Mucajaí, Caracará e Normandia (BRA)
Temperatura média anual (°C)	25,5
Temperatura média do mês mais frio – jul (°C)	24,8
Precipitação média anual (mm)	1.929
Evapotranspiração potencial (mm)	1.544
Principais sistemas atmosféricos atuantes	ZCIT

Fonte: Cavalcanti *et al.* (2009), CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth, IBGE (2025), Reboita *et al.* (2010) e Ross (2019).

A Figura 11 mostra o climograma de Boa Vista (Eq**nam), que evidencia essa forte sazonalidade: há acentuado déficit hídrico entre os meses de setembro e março, com precipitações muito abaixo da ETp. A estação chuvosa se concentra nos meses centrais do ano, principalmente entre maio e julho. Apesar das chuvas intensas nesse período, o total anual é insuficiente para compensar o prolongado período seco. A temperatura média mensal permanece elevada e constante ao longo do ano, entre 26 °C e 28 °C. Esse padrão climático é característico do clima Equatorial Seco Amazônico Setentrional.

Figura 11 – Climograma de Boa Vista, Brasil.



Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth.

O Quadro 10 mostra que, embora grande parte da região possua Clima Zonal Tórrido, há significativa presença de domínios amenos (EqM e TrM), localizados em áreas de maior altitude. Os subdomínios equatoriais Seco e Semisseco (Eq**nam e Eq*nam) predominam na área central, e em vertentes protegidas da influência direta da ZCIT, onde os volumes anuais de precipitação variam de 887 a 2.200 mm, com até nove meses secos. Em contraste, nas faixas orientais e ocidentais da região, os Subdomínios Úmido e Semiúmido apresentam maiores volumes anuais e melhor distribuição das chuvas, com predominância de florestas fechadas.

O mosaico climático mais seco da Amazônia brasileira (Região Climática Amazônica Setentrional) é marcado por uma combinação de altas temperaturas, longa estação seca e expressiva variabilidade pluviométrica. Essa configuração define o limite setentrional das florestas equatoriais densas, com transição progressiva para formações savânicas e de Cerrado. As condições climáticas extremas tornam esta região fundamental para a compreensão dos gradientes de umidade, das adaptações da vegetação e da fragilidade ambiental das paisagens naturais amazônicas.

Quadro 10 – Tipologia e parâmetros climáticos da Região Amazônica Setentrional.

Código Climático	Nome (5ª hierarquia)	Clima Zonal	TMMF (°C)	Precipitação Média Anual (mm)	ETp Média Anual (mm)	Meses secos (P<ETp)
Eq''nam	Equatorial úmido Amazônico Setentrional	Tórrido	22,5 a 24,7	2.080 a 3.296	1.291 a 1.572	0 a 3
Eq'nam	Equatorial semiúmido Amazônico Setentrional	Tórrido	22,5 a 25,5	1.665 a 3.109	1.299 a 1.667	4 a 5
Eq*nam	Equatorial semisseco Amazônico Setentrional	Tórrido	22,5 a 25,7	1.386 a 2.654	1.346 a 1.907	6 a 7
Eq**nam	Equatorial seco Amazônico Setentrional	Tórrido	22,5 a 26,3	887 a 2.188	1.378 a 2.513	8 a 9
EqM''nam	Equatorial Ameno úmido Amazônico Setentrional	Quente	18,3 a 22,5	2.221 a 3.400	1.252 a 1.539	0 a 3
EqM'nam	Equatorial Ameno semiúmido Amazônico Setentrional	Quente	18,0 a 22,5	1.827 a 2.934	1.236 a 1.659	4 a 5
EqM*nam	Equatorial Ameno semisseco Amazônico Setentrional	Quente	18,0 a 22,5	1.553 a 2.894	1.249 a 1.877	6 a 7
EqM**nam	Equatorial Ameno seco Amazônico Setentrional	Quente	20,3 a 22,5	998 a 1.827	1.463 a 2.393	8 a 9
TrM*nam	Tropical Ameno semisseco Setentrional	Quente	15,3 a 17,7	1.915 a 2.171	1.270 a 1.392	6 a 7

Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth, QGis – Pritzen.

6. ANDES CENTRAIS



Vulcão Misti, no altiplano andino. Arequipa / Peru

(16°24'S , 71°24'W)

Paisagem de *Clima Temperado Seco dos Andes Centrais* (Te**can).

Fonte: Daniel Monteiro Huertas (ago/2022).

Região Climática dos Andes Centrais (can)

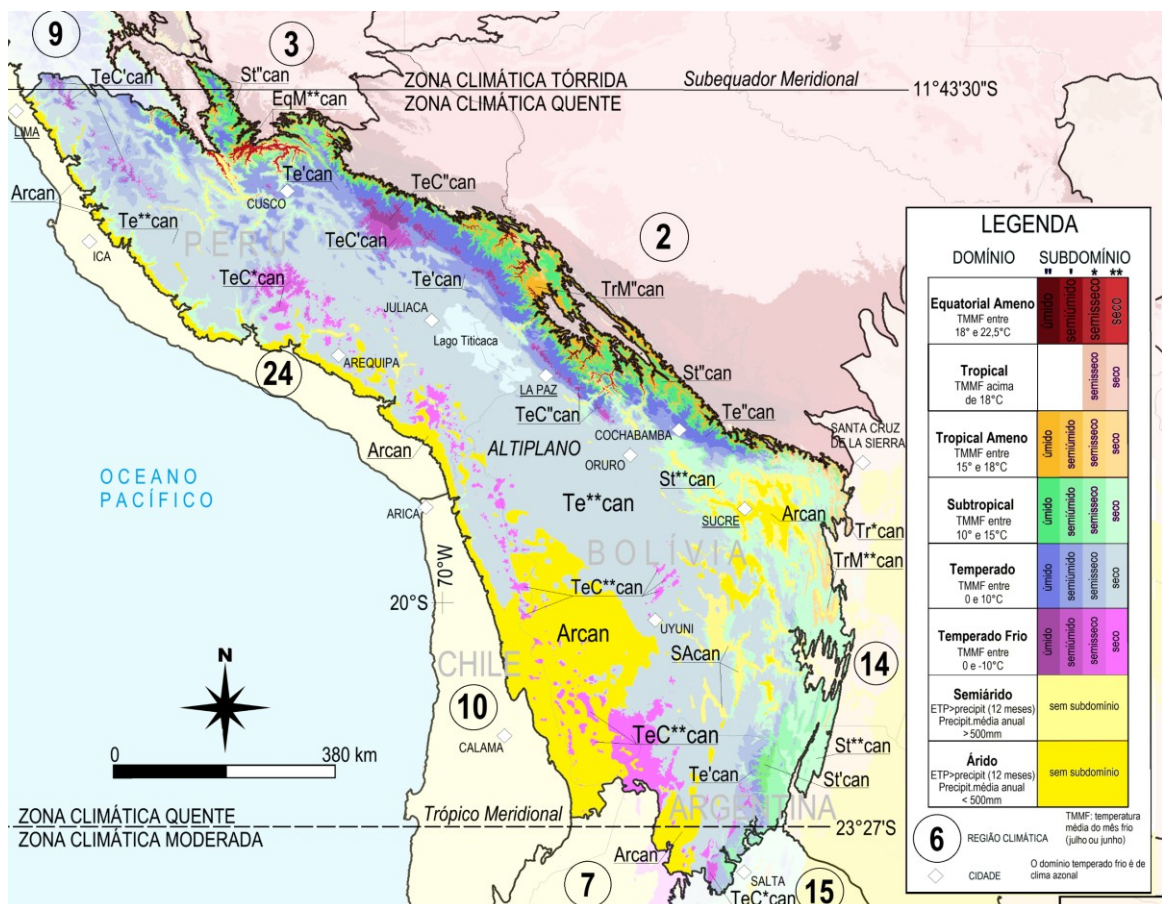
A Região Climática dos Andes Centrais (Figura 12) compreende uma vasta área situada no Altiplano da Cordilheira dos Andes com altitudes médias superiores a 3.200 metros e predominância de superfícies planas e altas, moldadas por processos tectônicos e vulcânicos. Conforme Ross (2019), o altiplano corresponde a uma grande superfície de erosão implantada em altitudes elevadas, entre as Cordilheiras Ocidental e Oriental. Essa configuração resulta de processos geológicos intensos, como o tectonismo andino e o vulcanismo fissural, os quais deram origem a grandes depressões internas, como a região do Lago Titicaca. A geomorfologia é marcada por extensos maciços vulcânicos e feições endorreicas, que contribuem para o isolamento da bacia do altiplano.

No que tange às paisagens naturais, predominam estepes de altitude e vegetação esparsa, adaptada às baixas temperaturas e à alta radiação solar. Os solos, em geral rasos e pedregosos, associam-se a vegetações herbáceas e arbustivas, com cobertura descontínua. Nas áreas mais secas, aparecem formações vegetais abertas, e em regiões de maiores altitudes surgem ambientes de tundra alpina e áreas glaciadas, especialmente nos trechos elevados do sul do Peru, oeste da Bolívia e norte do Chile e da Argentina. Essa paisagem é complementada por feições desérticas que indicam a aridez e o déficit hídrico típico da região.

A cultura e a história da região também exercem forte influência na dinâmica ambiental e social. O Altiplano foi berço da civilização incaica, com destaque para a cidade sagrada de Machu Picchu, situada a mais de 2.400 metros de altitude no atual Peru. O sítio, construído com precisão arquitetônica e profunda integração com a paisagem andina, revela o conhecimento dos incas sobre clima, relevo e agricultura em altitudes elevadas. A civilização inca desenvolveu técnicas de cultivo em terraços e complexos sistemas de irrigação adaptados às variações climáticas do território. Até hoje, a herança cultural permanece viva nas cidades de Cusco, La Paz, Sucre, Cochabamba e Arequipa, principais centros urbanos da região (Quadro 11), que preservam traços linguísticos, arquitetônicos e religiosos desse passado milenar.

Do ponto de vista atmosférico, destaca-se a forte atuação da monção sul-americana, com chuvas concentradas no verão (dezembro a março) e seca acentuada no inverno. A circulação atmosférica típica dessa região é fortemente influenciada pela Alta da Bolívia, sistema de alta pressão em altos níveis (200 hPa) que se forma durante o verão sobre o centro da Bolívia. Essa alta pressão se estabelece em resposta à convecção intensa na Amazônia, gerando divergência em altos níveis e facilitando a ascensão de ar úmido. Em baixos níveis (850 hPa), o Jato de Baixos Níveis (JBN) atua transportando umidade da Bacia Amazônica em direção à Cordilheira, especialmente para o sudeste do Peru e centro da Bolívia, aumentando a pluviosidade estival por efeito orográfico (Santos e Reboita, 2021).

Figura 12 – Região Climática dos Andes Centrais.



Regiões Climáticas adjacentes: 2) Amazônica Meridional; 3) Amazônica Ocidental; 7) Andes Meridionais; 9) Andes Setentrionais; 10) do Atacama; 14) do Chaco; 15) do Cuyo; 24) Litorânea Peruana.

Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth, QGis – Pritzen.

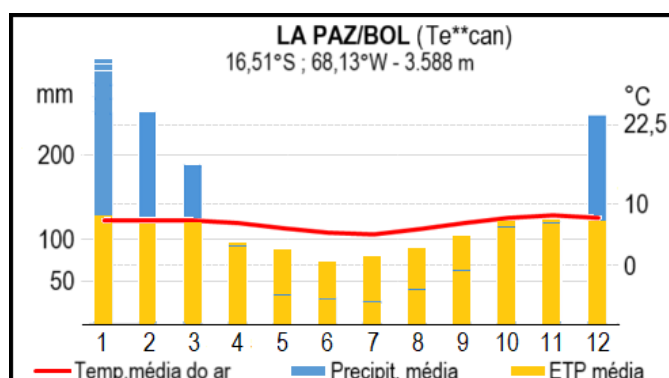
Quadro 11 – Aspectos geográficos da Região dos Andes Centrais.

Área da Região Climática (km ²)	751.801
Altitude média (m)	3.221
Bacias hidrográficas	Lago Titicaca, Amazonas (Ucayali), Beni, Mamoré, Pilcomayo
Vegetação natural predominante	Estepes
Principais cidades	La Paz, Cochabamba, Sucre (BOL), Arequipa, Cusco (PER)
Temperatura média anual (°C)	10,2
Temperatura média do mês mais frio – jul (°C)	7,2
Precipitação média anual (mm)	1.085
Evapotranspiração potencial (mm)	1.312
Principais sistemas atmosféricos atuantes	Alta da Bolívia, JBN

Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth, Reboita *et al.* (2010) e Ross (2019).

O climograma da cidade de La Paz (Figura 13), situada a 3.588 metros de altitude, revela a tipicidade climática do altiplano: as temperaturas médias permanecem em torno de 10 °C durante o ano todo, com leve queda no inverno. A precipitação é marcadamente sazonal, concentrada entre dezembro e março, enquanto o restante do ano é predominantemente seco. Os meses de junho e julho apresentam baixa pluviosidade e evapotranspiração superior às chuvas, confirmando o regime de deserto frio de altitude.

Figura 13 – Climograma de La Paz, Bolívia (Te**can).



Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth.

A região é dominada por Subdomínios Temperados Secos, com inverno seco e altas amplitudes térmicas diárias, especialmente no centro do altiplano boliviano-peruano, com destaque para o Domínio Temperado Frio, nas partes mais altas. No entanto, há também áreas com Domínios Áridos e Semiáridos (Arcan, SAcan), especialmente nas bordas sul e ocidental, com precipitação anual inferior a 500 mm e evapotranspiração potencial superior, caracterizando desertos de altitude. O Quadro 12 mostra a diversidade térmica e pluviométrica da região, com variações de temperatura média mensal do mês mais frio (TMMF) entre -12,0 °C e 19,4 °C, e regime seco prolongado com até 12 meses com precipitação inferior à evapotranspiração. A classificação indica a dominância de climas secos com diferentes intensidades e altitudes, reforçando o caráter climático extremo da região.

Quadro 12 – Tipologia e parâmetros climáticos da Região dos Andes Centrais.

Código Climático	Nome (5ª hierarquia)	Climas Zonais	TMMF (°C)	Precipitação Média Anual (mm)	ETp Média Anual (mm)	Meses secos (P<ETp)
Tr''can	Tropical úmido dos Andes centrais	Quente	18,0 a 19,4	2.760 a 3.040	1.091 a 1.210	0
Tr*can	Tropical semisseco dos Andes centrais	Quente	18,0 a 18,1	1.351 a 1.435	1.377 a 1.412	6 a 7
Tr**can	Tropical seco dos Andes centrais	Quente	18,0 a 19,2	326 a 1.402	1.180 a 1.942	8 a 11
TrM''can	Tropical Ameno úmido dos Andes centrais	Quente	15,0 a 17,9	1.427 a 5.744	818 a 1.573	0 a 3
TrM'can	Tropical Ameno semiúmido dos Andes centrais	Quente	15,0 a 17,9	1.259 a 3.362	876 a 1.606	4 a 5
TrM*can	Tropical Ameno semisseco dos Andes centrais	Quente	15,0 a 17,9	1.076 a 2.184	932 a 1.716	6 a 7
TrM**can	Tropical Ameno seco dos Andes centrais	Quente	15,0 a 17,9	317 a 1.676	954 a 1.984	8 a 11
St''can	Subtropical úmido dos Andes centrais	Moderado	10,0 a 14,9	1.277 a 6.086	782 a 1.465	0 a 3
St'can	Subtropical semiúmido dos Andes centrais	Moderado	10,0 a 14,9	1.087 a 3.192	717 a 1.565	4 a 5
St*can	Subtropical semisseco dos Andes centrais	Moderado	10,0 a 14,9	886 a 2.033	799 a 1.708	6 a 7
St**can	Subtropical seco dos Andes centrais	Moderado	10,0 a 14,9	292 a 1.714	822 a 2.011	8 a 11
Te''can	Temperado úmido dos Andes centrais	Azonal Moderado	0,0 a 9,9	1.094 a 6.034	636 a 1.374	0 a 3
Te'can	Temperado semiúmido dos Andes centrais	Azonal Moderado	0,0 a 9,9	1.087 a 3.192	726 a 1.436	4 a 5
Te*can	Temperado semisseco dos Andes centrais	Azonal Moderado	0,0 a 9,9	928 a 2.157	781 a 1.511	6 a 7
Te**can	Temperado seco dos Andes centrais	Azonal Moderado	0,0 a 9,9	277 a 1.812	819 a 1.744	8 a 11
TeC''can	Temperado Frio úmido dos Andes centrais	Azonal Frio	-7,2 a -0,1	1.415 a 5.810	723 a 1.179	0 a 3
TeC'can	Temperado Frio semiúmido dos Andes centrais	Azonal Frio	-7,6 a -0,1	1.151 a 3.012	805 a 1.301	4 a 5
TeC*can	Temperado Frio semisseco dos Andes centrais	Azonal Frio	-8,1 a -0,1	1.088 a 2.146	921 a 1.345	6 a 7
TeC**can	Temperado Frio seco dos Andes centrais	Azonal Frio	-9,9 a -0,1	308 a 1.559	859 a 1.620	8 a 11
Sg**can	Subglacial seco dos Andes centrais	Azonal Frio	-12,0 a -10,0	343 a 381	997 a 1.064	10 a 11
SACan	Semiárido dos Andes centrais	Tórrido / Quente / Moderado / Azonal Frio	-0,1 a 23,4	500 a 1.176	1.030 a 2.031	12
Arcan	Árido dos Andes centrais	Quente / Moderado / Azonal Frio	-13,5 a 20,9	132 a 499	837 a 2.064	12

Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth, QGis – Pritzen.

Em síntese, os Andes Centrais caracterizam-se por uma combinação singular de elevada altitude, aridez acentuada e influência tropical sazonal, representando um deserto de altitude com regime de monções. A atuação conjunta da Alta da Bolívia e do Jato de Baixos Níveis, somada ao relevo acidentado e às circulações atmosféricas tropicais, define um padrão climático complexo e marcadamente contrastante entre estações. Os desafios climáticos são compensados pela riqueza cultural, histórica e ecológica, o que faz do Altiplano uma das regiões mais emblemáticas da América do Sul.

7. ANDES MERIDIONAIS



Vista do Monte Aconcágua, desde o parque provincial. Mendoza / Argentina

(32°48'S , 69°56'W)

Paisagem de *Clima Temperado Frio Semisseco dos Andes Meridionais* (TeC*san). Obs.: o cume do Aconcágua possui clima subglacial semiúmido (Sg'san).

Fonte: Giuliano Tostes Novais (jan/2025).

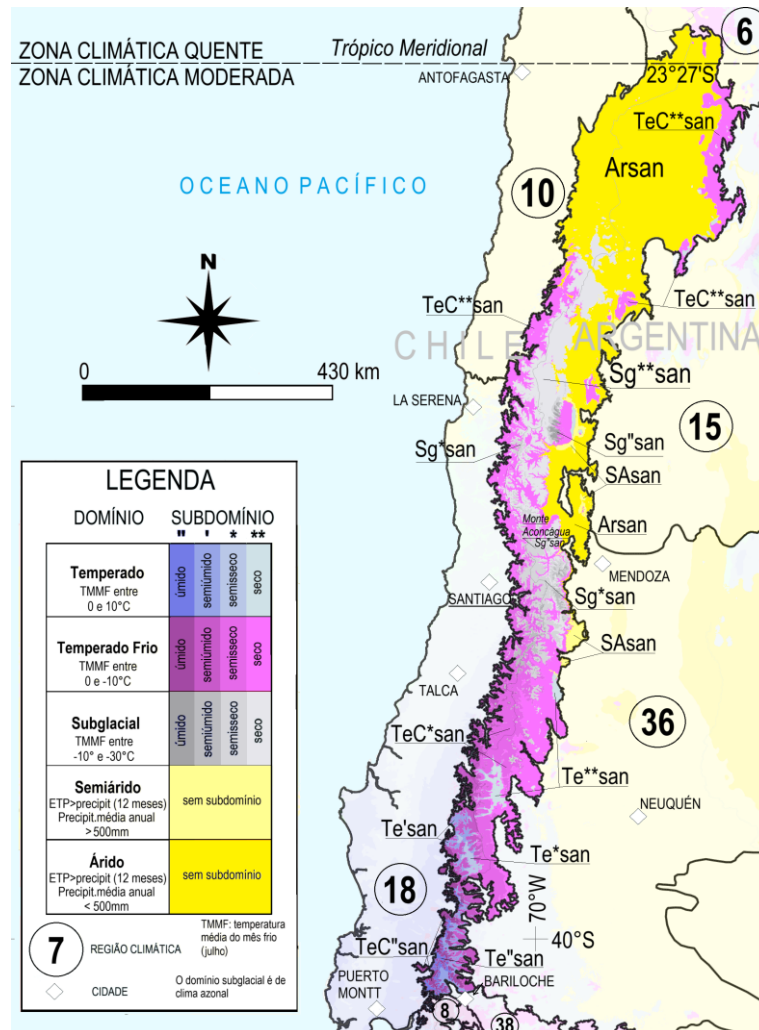
Região Climática dos Andes Meridionais (san)

A Região Climática dos Andes Meridionais (Figura 14), situada entre o centro-norte do Chile e o oeste da Argentina, representa uma das áreas mais elevadas e inóspitas da América do Sul, com média altitudinal superior a 4.200 metros (Quadro 13). Trata-se de uma extensa cadeia de montanhas, com presença de formações vulcânicas recentes e geleiras, o que lhe confere paisagens abruptas, glaciais e áridas. Essa macroforma do relevo corresponde a um sistema montanhoso recente e geologicamente ativo, estruturado a partir de dobramentos modernos, falhamentos e soerguimentos tectônicos, com cobertura de rochas sedimentares, metamórficas e ígneas. A presença de formações de tundra, campos de gelo e estepes de altitude denota a adaptação da vegetação às baixas temperaturas, à forte radiação solar e aos ventos intensos, como enfatiza Ross (2019) em sua análise das paisagens naturais andinas.

Entre os elementos naturais mais imponentes da região, destaca-se o Aconcágua, montanha localizada na Cordilheira dos Andes, na província de Mendoza, Argentina. Com seus 6.961 metros de altitude, é a montanha mais alta das Américas e de todo o Hemisfério Ocidental, configurando-se como um símbolo geográfico e climático da América do Sul. Sua presença domina a paisagem da região, interferindo nos padrões locais de circulação atmosférica e condicionando a formação de topoclimas nas encostas e vales ao redor. O Aconcágua é também um marco para o montanhismo internacional, atraindo expedições e estudos científicos sobre climatologia de alta montanha,

glaciologia e ecologia alpina. Sua grandiosidade resume bem o caráter severo e contrastante dos Andes Meridionais.

Figura 14 – Região Climática dos Andes Meridionais.



Regiões Climáticas adjacentes: 6) Andes Centrais; 8) dos Andes Patagônicos; 10) do Atacama; 15) do Cuyo; 18) Litorânea Central do Chile; 36) dos Pampas Argentinos; 38) Patagônica.

Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth, QGIS – Pritzen.

Do ponto de vista atmosférico, conforme Reboita *et al.* (2010), a atuação dominante do Anticiclone do Pacífico Sul (ASPS), somada ao bloqueio orográfico da Cordilheira dos Andes, restringe a entrada de umidade por quase todo o ano, resultando em baixíssimos índices pluviométricos na vertente oriental da cordilheira. As massas de ar frio provenientes das altas latitudes sulinas, em interação com sistemas frontais atlânticos, podem ocasionalmente atingir a região, mas seu impacto é limitado pela altitude. A localização da região a barlavento em relação à umidade do Pacífico favorece precipitações nas encostas voltadas para o oeste, enquanto o interior andino permanece sob regime de sombra orográfica, com predomínio da aridez e do frio extremo.

Apesar da escassez de grandes centros urbanos no interior da região, destacam-se importantes cidades nos arredores da unidade climática, como Santiago, La Serena, Mendoza, San Juan e San Carlos de Bariloche, que se beneficiam de climas específicos em vales ou planícies próximas à cordilheira. A porção argentina da região abriga importantes vinhedos nas zonas de menor altitude, enquanto a vertente chilena, mais úmida, abriga formações glaciais que alimentam bacias hidrográficas relevantes para o país.

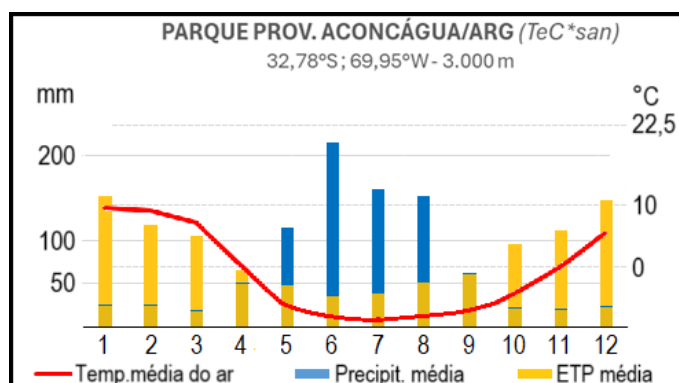
Quadro 13 – Aspectos geográficos da região dos Andes Meridionais.

Área da Região Climática (km ²)	299.203
Altitude média (m)	4.240
Bacias hidrográficas	Paraná (Bermejo, Salado), Colorado, Negro
Vegetação natural predominante	Estepes, floresta temperada, tundra, gelo
Principais cidades (nos arredores)	Santiago, La Serena (CHL), Mendoza, San Juan, S.C. Bariloche (ARG)
Temperatura média anual (°C)	2,8
Temperatura média do mês mais frio – jul (°C)	-2,6
Precipitação média anual (mm)	726
Evapotranspiração potencial (mm)	802
Principais sistemas atmosféricos atuantes	ASPS

Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth, Reboita *et al.* (2010) e Ross (2019).

O climograma (Figura 15) do Parque Provincial Aconcágua, mostra uma área acima de 3 mil metros de altitude, representando as condições típicas do Domínio Temperado Frio Semisseco, inserido na Zona Climática Moderada, de acordo com a CCN. Trata-se da unidade de conservação que abriga o Monte Aconcágua (6.961 m), mas os dados do climograma se referem a parte baixa, localizada próxima à Ruta 7. As temperaturas médias mensais variam acentuadamente, com valores negativos ou próximos de 0 °C entre abril e novembro, e médias abaixo de 10 °C no verão (dezembro a fevereiro), revelando amplitude térmica anual superior a 10 °C, acentuada pela altitude e pela continentalidade da vertente oriental dos Andes. A precipitação é fortemente sazonal, concentrando-se no outono e inverno, entre maio e agosto, com picos de até 200 mm, associada à penetração de frentes frias do Pacífico Sul e ao transporte orográfico de umidade nas encostas andinas. Nos meses de verão (dezembro a março), a pluviosidade cai acentuadamente, configurando um período seco em que a evapotranspiração potencial (ETp) supera amplamente as chuvas, marcando um balanço hídrico deficitário. Esse padrão define o tipo climático TeC*san, caracterizado por TMMF de -2,6 °C, precipitação anual de 400 a 900 mm, ETp de 980 a 1.340 mm e sete meses secos. O clima rigoroso, frio e seco de altitude limita a cobertura vegetal à estepe andina e a uma vegetação herbácea rala, com ocorrência de neve prolongada e forte amplitude térmica diária, refletindo o ambiente árido e gélido típico da das altas montanhas dos Andes.

Figura 15 – Climograma do Parque Provincial do Aconcágua, Argentina (TeC*san).



Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth.

A tipologia climática da região, organizada no Quadro 14, reforça o caráter severo e contrastante do clima local. Destacam-se todos os Subdomínios do Domínio Subglacial (Sg^{''}san, Sg[']san, Sg^{*}san, Sg^{**}san), com temperaturas médias anuais que variam de -29,9 °C a -10 °C e precipitações que podem ultrapassar os 3.000 mm nas porções mais úmidas. Ao mesmo tempo, o Subdomínio Temperado Frio Seco (Te^{**}Csan) e o Domínio Árido (Arsan) predominam nas áreas internas e elevadas, registrando baixa umidade e elevadas perdas por evapotranspiração. Essa variação térmica e hídrica demonstra a alta heterogeneidade climática da região, condicionada principalmente pela altitude, pela orientação das encostas e pela dinâmica dos sistemas atmosféricos de larga escala. Nas porções menos elevadas e abrigadas, surgem ainda Domínios Temperado e Temperado Frio de Subdomínio Semisseco, com variações sazonais mais marcadas.

Quadro 14 – Tipologia e parâmetros climáticos da Região dos Andes Meridionais.

Código Climático	Nome (5ª hierarquia)	Climas Zonais	TMMF (°C)	Precipitação Média Anual (mm)	ETp Média Anual (mm)	Meses secos (P<ETp)
Te ^{''} san	Temperado úmido dos Andes meridionais	Moderado	0,0 a 4,8	2.455 a 4.976	720 a 1.145	0 a 3
Te ['] san	Temperado semiúmido dos Andes meridionais	Moderado	0,0 a 5,1	1.558 a 3.369	702 a 1.374	4 a 5
Te [*] san	Temperado semisseco dos Andes meridionais	Moderado	0,0 a 4,6	749 a 2.455	989 a 1.397	6 a 7
Te ^{**} san	Temperado seco dos Andes meridionais	Moderado	0,0 a 2,8	282 a 1.196	1.082 a 1.564	8 a 11
TeC ^{''} san	Temperado Frio úmido dos Andes meridionais	Frio	-9,9 a -0,1	1.112 a 5.307	724 a 1.166	0 a 3
TeC ['] san	Temperado Frio semiúmido dos Andes meridionais	Frio	-9,9 a -0,1	878 a 3.377	683 a 1.354	4 a 5
TeC [*] san	Temperado Frio semisseco dos Andes meridionais	Frio	-9,9 a -0,1	461 a 2.539	724 a 1.434	6 a 7
TeC ^{**} san	Temperado Frio seco dos Andes meridionais	Frio	-9,9 a -0,1	184 a 1.309	794 a 1.679	8 a 11
Sg ^{''} san	Subglacial úmido dos Andes meridionais	Frio / Azonal Polar	-26,8 a -10,0	903 a 3.794	519 a 1.147	0 a 3
Sg ['] san	Subglacial semiúmido dos Andes meridionais	Frio / Azonal Polar	-29,9 a -10,0	817 a 3.129	356 a 1.186	4 a 5
Sg [*] san	Subglacial semisseco dos Andes meridionais	Frio / Azonal Polar	-29,0 a -10,0	444 a 2.317	425 a 1.203	6 a 7
Sg ^{**} san	Subglacial seco dos Andes meridionais	Frio / Azonal Polar	-25,8 a -10,0	184 a 1.198	588 a 1.313	8 a 11
SAsan	Semiárido dos Andes meridionais	Moderado / Frio / Azonal Polar	-16,8 a 3,5	500 a 813	940 a 1.510	12
Arsan	Árido dos Andes meridionais	Moderado / Frio / Azonal Polar	-20,9 a 6,5	57 a 499	771 a 1.907	12

Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth, QGis – Pritzen.

Em síntese, a Região dos Andes Meridionais apresenta um mosaico climático extremo, moldado por altitudes elevadas, regimes de precipitação muito variados e presença de massas de ar polares. A baixa densidade populacional e as paisagens inóspitas são compensadas por uma riqueza natural impressionante, que inclui glaciares, estepes de alta montanha e florestas frias, além de sistemas hidrológicos ligados a importantes bacias da América do Sul. A imponência da paisagem se materializa de forma grandiosa no Aconcágua, ponto culminante das Américas com 6.961 metros de altitude, que simboliza a força e os contrastes desta região andina. A sua magnitude física não apenas marca a geografia, mas também sintetiza os desafios ambientais e climáticos que caracterizam o setor meridional da cordilheira.

8. ANDES PATAGÔNICOS



Glaciar Spegazzini, no Parque Nacional Los Glaciares. El Calafate-Santa Cruz / Argentina (50°13'S , 73°17'W)
Paisagem de *Clima Temperado Frio Úmido dos Andes Patagônicos* (TeC^opta). Obs.: o glaciar possui *Clima Subglacial Úmido* (Sg^opta).

Fonte: Giuliano Tostes Novais (dez/2024).

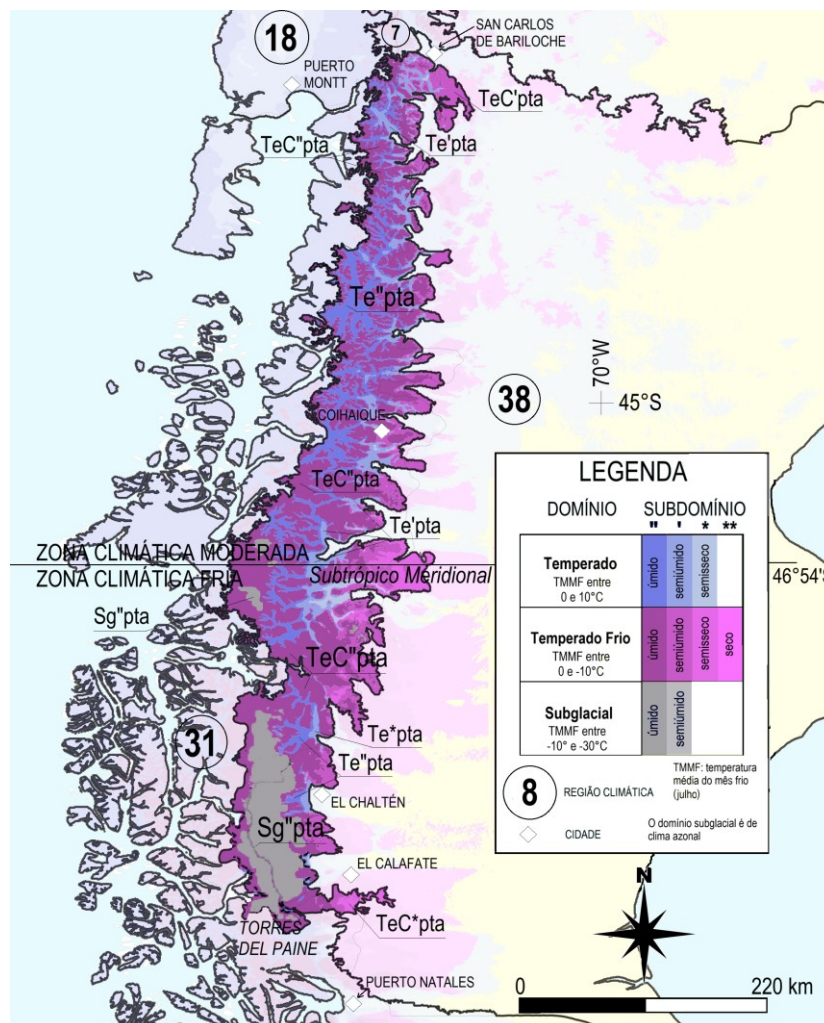
Região Climática dos Andes Patagônicos (pta)

A Região Climática dos Andes Patagônicos compreende áreas elevadas da porção austral da Cordilheira dos Andes, estendendo-se entre o centro-sul do Chile e sudoeste da Argentina, numa faixa montanhosa marcada por altitudes médias superiores a 1.300 metros. A região se destaca por apresentar paisagens impressionantes, com grandes extensões de florestas temperadas e formações estepeiras ao leste, compondo um mosaico de feições naturais associado à presença de geleiras como o campo de gelo patagônico sul e as proximidades dos Parques Nacionais Torres del Paine (Chile) e Los Glaciares (Argentina). Além de Coihaique, outras cidades do entorno têm destaque na região como San Carlos de Bariloche e El Calafate, na Argentina, e Puerto Montt e Puerto Natales, no Chile.

A região pertence à grande cadeia andina do sul da América (Figura 16), caracterizada por relevos escarpados, vales profundos e maciços elevados cobertos por neve e gelo, com forte modelado glacial. A paisagem natural é dominada por florestas pluviais temperadas (na vertente chilena), estepes frias (na Argentina) e áreas de tundra e permafrost nas maiores altitudes e latitudes. Do ponto de vista climático, a circulação atmosférica sobre os Andes austrais sofre a intensa influência dos ventos de oeste, que trazem grande umidade do Pacífico para as encostas ocidentais, onde se concentram os maiores volumes de precipitação. Ao contrário, o efeito de sombra orográfica acentua a aridez no lado argentino.

Entre os elementos mais marcantes dos Andes Patagônicos está o Campo de Gelo Patagônico Sul, o maior manto de gelo temperado da América do Sul e o principal remanescente glacial fora da Antártida no hemisfério sul. Representado no mapa pelo Domínio Subglacial (Sg"pta), esse extenso campo de gelo abrange mais de 12 mil km² na região austral da Cordilheira dos Andes, estendendo-se entre o Chile e a Argentina. Alimentado por elevadíssimos índices de precipitação orográfica (frequentemente superiores a 5.000 mm anuais) e mantido por baixíssimas taxas de ETp nas altitudes elevadas, esse sistema glacial é uma poderosa reserva hídrica e ecológica. Suas geleiras alimentam rios e lagos de origem glacial e moldam paisagens de grande imponência, como as vistas nas geleiras Perito Moreno e Viedma. A localização estratégica na rota dos ventos de oeste, combinada com o relevo abrupto andino, cria um ambiente propício à acumulação de neve e à manutenção do gelo, fazendo da região um verdadeiro bastião climático e paisagístico do extremo sul do continente.

Figura 16 – Região Climática dos Andes Patagônicos.



Regiões Climáticas adjacentes: 7) Andes Meridionais; 18) Litorânea Central do Chile; 31) Litorânea Sul do Chile; 38) Patagônica.

Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth, QGis – Pritzen.

De acordo com os dados do Quadro 15, a região apresenta uma área de 91.465 km², com altitude média de 740 metros e clima extremamente frio, com temperatura média anual de apenas 1,3 °C e valores negativos no mês mais frio (julho: -1,9 °C). A precipitação média anual é de 1.173 mm, concentrada principalmente no lado chileno, enquanto a ETp é baixa (527 mm), o que favorece o acúmulo de umidade e a manutenção de geleiras. As bacias hidrográficas não são extensas nem

integradas, mas há uma abundância de cursos d'água alimentados por degelo. Outro aspecto notável da região é o traçado da Linha do Subtrópico Meridional, que corta a porção média da área analisada e separa duas zonas climáticas distintas: a Moderada e a Fria.

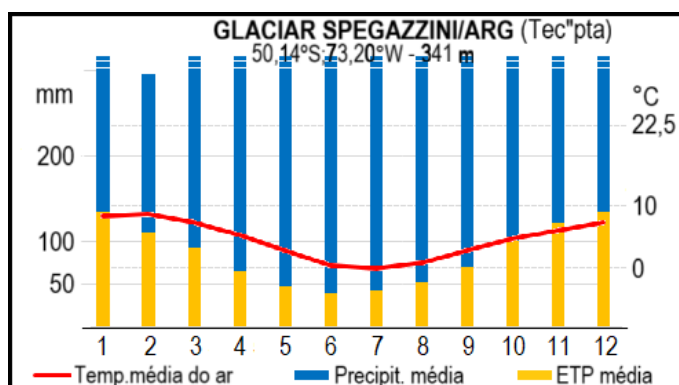
Quadro 15 – Aspectos geográficos da Região Climática dos Andes Patagônicos.

Área da Região Climática (km ²)	91.465
Altitude média (m)	1.330
Bacias hidrográficas	Deseado, Chubut, Baker, Aysén
Vegetação natural predominante	Floresta temperada, campo de gelo (geleiras), estepes
Principais cidades	S. C. Bariloche, El Calafate (ARG), Coinhaique, Puerto Natales (CHL)
Temperatura média anual (°C)	1,3
Temperatura média do mês mais frio – julho (°C)	-1,9
Precipitação média anual (mm)	1.173
Evapotranspiração potencial (mm)	527
Sistemas atmosféricos atuantes	ASPS, APP, APA

Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth, Reboita *et al.* (2010) e Ross (2019).

O climograma do Glaciar Spegazzini, no Parque Nacional Los Glaciares, em El Calafate (Argentina) representa as condições típicas do clima Temperado Frio Úmido Patagônico, inserido na Zona Climática Fria, segundo a CCN (Figura 17). A temperatura média anual situa-se em torno de 5 °C, com valores próximos a 0 °C nos meses mais frios (junho a agosto) e máximas de 9 °C a 10 °C no verão (dezembro a fevereiro), refletindo baixa amplitude térmica anual devido à forte influência oceânica e às massas de ar úmidas provenientes do Pacífico Sul. A precipitação é elevada e bem distribuída ao longo do ano, com totais mensais superiores a 300 mm, alcançando picos entre abril e setembro, quando o avanço das frentes frias de sudoeste e o efeito orográfico dos Andes intensificam as chuvas e as nevascas. A evapotranspiração potencial (ETp) mantém-se baixa, raramente superando 100 mm, o que garante balanço hídrico positivo em todos os meses, condição essencial para a manutenção dos glaciares patagônicos e das florestas temperadas úmidas que dominam as encostas ocidentais da cordilheira. Esses elementos definem o clima TeC^upta, com TMMF de -0,1 °C, precipitação anual superior a 3.700 mm e ausência de meses secos. O clima frio e úmido dessa região, moldado pela ação constante dos ventos de oeste e pela influência marítima, sustenta um dos ambientes mais úmidos e gelados da América do Sul, onde a combinação de neve, gelo e floresta constitui a paisagem característica dos Andes Patagônicos na Argentina.

Figura 17 – Climograma do Glaciar Spegazzini, Argentina (TeC^upta).



Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth.

A região apresenta uma variedade significativa de tipos climáticos conforme o Quadro 16. Os domínios predominantes são o Temperado Frio e o Subglacial, com subdomínios úmidos (TeC"pta e Sg"pta) ocorrendo nas maiores altitudes e latitudes. O subdomínio TeC"pta, com temperaturas médias mensais inferiores a 0 °C no inverno e chuvas superiores a 1.000 mm, é característico das áreas com florestas temperadas densas e geleiras ativas. Já o Sg"pta representa os climas subglaciais úmidos, com temperaturas extremamente baixas (até -18,5 °C) e alta precipitação associada à condensação orográfica. Há também zonas mais secas, com Subdomínios Semisseco e Seco, especialmente no lado argentino.

Quadro 16 – Tipologia e parâmetros climáticos da Região dos Andes Patagônicos.

Código Climático	Nome (5ª hierarquia)	Climas Zonais	TMMF (°C)	Precipitação Média Anual (mm)	ETp Média Anual (mm)	Meses secos (P<ETp)
Te"pta	Temperado úmido dos Andes patagônicos	Moderado	0,0 a 4,6	1.483 a 7.738	472 a 1.246	0 a 3
Te'pta	Temperado semiúmido dos Andes patagônicos	Moderado	0,0 a 5,0	685 a 2.613	610 a 1.257	4 a 5
Te*pta	Temperado semisseco dos Andes patagônicos	Moderado	0,0 a 3,3	559 a 1.832	784 a 1.181	6 a 7
TeC"pta	Temperado Frio úmido dos Andes patagônicos	Frio	-9,9 a -0,1	993 a 10.501	360 a 1.085	0 a 3
TeC'pta	Temperado Frio semiúmido dos Andes patagônico	Frio	-9,9 a -0,1	747 a 2.622	515 a 1.150	4 a 5
TeC*pta	Temperado Frio semisseco dos Andes patagônicos	Frio	-9,9 a -0,1	548 a 1.765	709 a 1.138	6 a 7
Sg"pta	Subglacial úmido dos Andes patagônicos	Frio / Polar	-18,5 a -10,0	1.209 a 9.160	351 a 764	0 a 3
Sg'pta	Subglacial semiúmido dos Andes patagônicos	Frio	-11,9 a -10,0	882 a 1.203	639 a 713	4 a 5
Sg*pta	Subglacial semisseco dos Andes patagônicos	Frio	-10,9 a -10,0	870 a 900	700 a 743	6

Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth, QGis – Pritzen.

Em síntese, os Andes Patagônicos apresentam um dos climas mais rigorosos da América do Sul, marcado por temperaturas permanentemente baixas, intensa pluviosidade no lado chileno e a ocorrência de grandes massas de gelo e neve. Trata-se de uma região pouco povoada, mas com alto valor ecológico e turístico, sendo protegida por parques nacionais e áreas próximas aos campos de gelo patagônicos. A diversidade de tipos climáticos, desde os temperados frios até os subglaciais, destaca a complexidade térmica e hídrica da região, resultado da combinação entre altitude, latitude, oceano e dinâmica atmosférica regional.

9. ANDES SETENTRIONAIS



Vista da cidade de Medellín-Antioquia / Colômbia

(06°15'N , 75°34'W)

Paisagem de *Clima Tropical Ameno Úmido dos Andes Setentrionais* (TrMⁿan).

Fonte: Daniel Monteiro Huertas (jan/2017).

Região Climática dos Andes Setentrionais (nan)

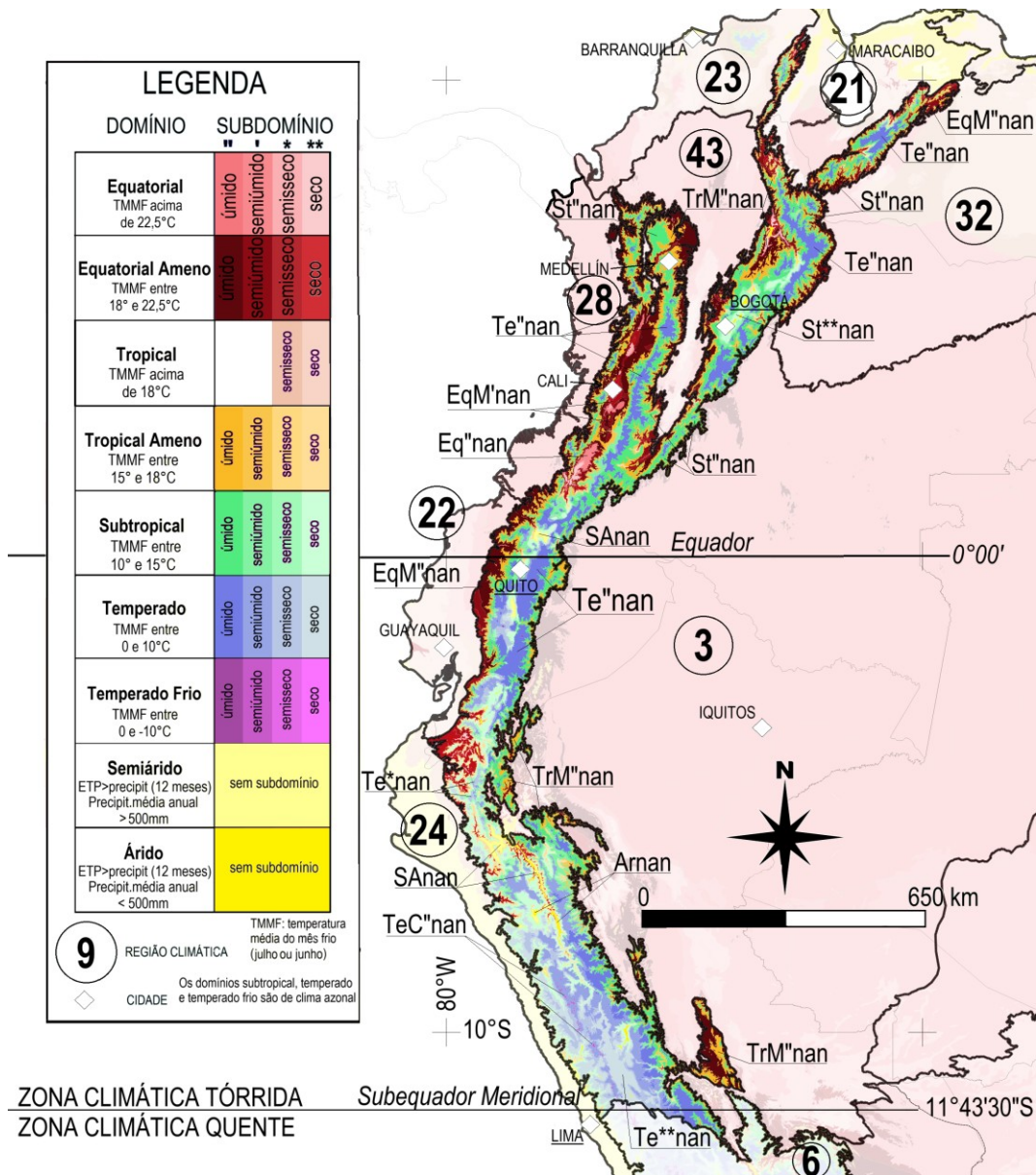
A Região dos Andes Setentrionais (Figura 18) abrange porções elevadas da Colômbia, do Equador e do norte do Peru, situando-se predominantemente entre 1.000 e 4.000 metros de altitude, com zonas ainda mais elevadas nos maciços vulcânicos equatorianos. O relevo andino nesta área é extremamente compartimentado, dominado por cordilheiras com cumes nevados e profundos vales intermontanos, onde se concentram importantes centros urbanos como Bogotá, Medellín, Cali, Quito e Cajamarca (Quadro 17).

A complexidade topográfica se expressa na formação de vertentes abruptas, desfiladeiros e altiplanos, resultantes do tectonismo ativo associado à convergência das placas de Nazca e Sul-Americana. Essa região faz parte do sistema de cordilheiras mais jovens da América do Sul, com intensa atividade sísmica e vulcânica, o que contribui para a variabilidade climática e paisagística.

Na fronteira entre Equador e Colômbia, os Andes se dividem em dois ramos, um ocidental e outro oriental, sendo que este último se subdivide mais ao norte, formando três cordilheiras na Colômbia: ocidental, central e oriental. Para Melatti (2020), a primeira bifurcação é conhecida como nó de Pasto, nome que homenageia os indígenas pastos, habitantes originais da região, e chamado de nó de Waka. Já a segunda divisão recebe diferentes nomes: nó Andino (termo considerado genérico), nó de Almaguer, Maciço Colombiano e Estrela Fluvial Colombiana. Essa estrutura geomorfológica determina o curso de importantes rios, como o Magdalena e o Cauca, e influencia diretamente os

padrões de ocupação humana e uso do solo, com cidades organizadas em corredores interandinos e zonas agrícolas intensivas nos vales e encostas mais suaves.

Figura 18 – Região Climática dos Andes Setentrionais.



Regiões Climáticas adjacentes: 3) Amazônica Ocidental; 6) Andes Centrais; 21) Litorânea de Maracaibo; 22) Litorânea do Equador; 23) Litorânea do Norte da Colômbia; 24) Litorânea do Peru; 28) Litorânea do Oeste da Colômbia (Pacífico Colombiano); 32) Llanos.

Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth, QGIS – Pritzen.

As paisagens naturais revelam uma rica variedade de formações vegetais, com destaque para as florestas tropicais de altitude, os páramos, as matas montanas e os bosques nublados. Conforme Ross (2019), as formações de páramos são típicas de altitudes superiores a 3.000 metros e apresentam grande importância hidrológica, agindo como esponjas naturais que armazenam e liberam água gradualmente. Essas formações convivem com áreas de estepes andinas e zonas de transição com florestas úmidas nas vertentes ocidentais, em especial nas encostas voltadas para a bacia amazônica e para o Pacífico equatorial. Essa heterogeneidade paisagística é reflexo direto da altimetria variada e das influências climáticas contrastantes.

A região é atravessada pela linha do Equador e pelo paralelo do Subequador Meridional, localiza-se majoritariamente na Zona Climática Tórrida, conforme a primeira hierarquia da CCN. Essa elevada radiação solar, aliada à orografia acentuada dos Andes (que gera um Clima Azonal), intensifica processos convectivos e orográficos, o que contribui para os altos índices de precipitação e a exuberância das florestas montanas. O cruzamento dessas linhas imaginárias torna a região não apenas privilegiada em termos de radiação solar, mas também fundamental para o entendimento dos contrastes climáticos que moldam a diversidade dos sistemas naturais e das ocupações humanas nas encostas e vales interandinos.

Do ponto de vista climático, a atuação da ZCIT ao norte, combinada com sistemas convectivos locais e a circulação meridional do ar, define um regime hídrico caracterizado por precipitações abundantes, sobretudo nas vertentes voltadas para a Floresta Amazônica e para o oceano Pacífico. Como destacado por Reboita *et al.* (2010), as chuvas são intensificadas pela orografia andina, gerando padrões complexos de distribuição espacial e sazonal da precipitação. Além disso, há influência de ventos de encosta, inversões térmicas e brisas de vale e montanha, especialmente nos altiplanos interandinos. A combinação de elevada altitude, alta umidade e insolação variável cria climas locais que favorecem a biodiversidade e a adaptação de culturas agrícolas específicas.

Quadro 17 – Aspectos geográficos da Região Climática dos Andes Setentrionais.

Área da Região Climática (km ²)	514.165
Altitude média (m)	2.277
Bacias hidrográficas	Amazonas, Magdalena
Vegetação natural predominante	Estepes, floresta tropical, floresta temperada
Principais cidades	Bogotá, Medellín e Cali (COL), Quito (ECU) e Cajamarca (PER)
Temperatura média anual (°C)	14,9
Temperatura média do mês mais frio – janeiro, julho (°C)	14,1
Precipitação média anual (mm)	2.295
Evapotranspiração potencial (mm)	1.281
Sistemas atmosféricos atuantes	ZCIT

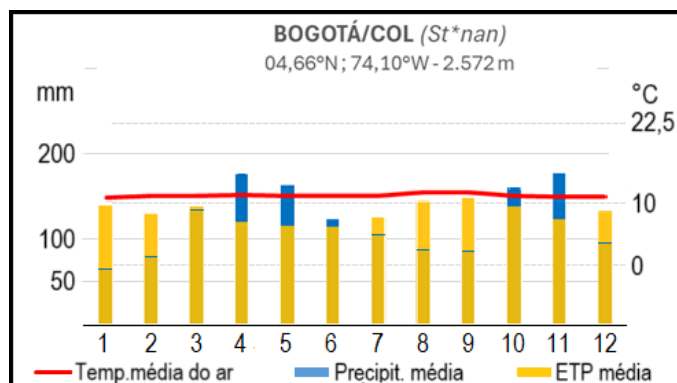
Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth, Reboita *et al.* (2010) e Ross (2019).

O climograma de Bogotá, na Colômbia (Figura 19), reflete as condições do Domínio subtropical Semisseco Andino, inserido na Zona Climática Tórrida (portanto de Clima Azonal), conforme a CCN. A temperatura média anual mantém-se em torno de 14 °C, com pequena amplitude térmica (variação inferior a 2 °C), resultado da altitude elevada (acima de 2,5 mil metros) e da proximidade da linha do Equador, que garantem incidência solar regular ao longo do ano. A precipitação apresenta distribuição bimodal, com máximos nos meses de abril-maio e outubro-novembro, quando ocorre a dupla passagem da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) pelo norte da América do Sul. Entre dezembro e fevereiro e de junho a agosto, há relativa redução das chuvas, configurando períodos de menor umidade, mas sem meses totalmente sem chuvas.

A evapotranspiração potencial (ETp), elevada em relação à precipitação na maior parte do ano, gera balanço hídrico deficitário moderado, compatível com o clima St*nan (Subtropical Semisseco dos Andes Setentrionais), caracterizado por TMMF de 13,2 °C (em janeiro), precipitação anual de 1.270 mm, ETp de 1.375 mm e sete meses secos. Esse regime climático, condicionado pela altitude e pela oscilação da ZCIT, define o ambiente de clima ameno e seco de montanha, onde predominam campos

e florestas de montanha, bem como as condições propícias à formação da savana andina que caracteriza a paisagem de Bogotá e seus arredores.

Figura 19 – Climograma de Bogotá, Colômbia (St*nan).



Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth.

Segundo os dados do Quadro 18, a região apresenta uma ampla gama de Domínios Climáticos, variando entre Equatorial, Equatorial Ameno, Tropical Ameno, Subtropical, Temperado, Temperado Frio, Semiárido e Árido. Os tipos climáticos mais úmidos, como Eq*nan, EqM*nan, TrM*nan e St*nan, apresentam precipitação superior a 3.000 mm anuais (chegando ao máximo registrado no continente, com 17.222 mm na borda ocidental da cordilheira, sob clima EqM*nan), enquanto as áreas mais secas, como Anan e SAnan, registram volumes inferiores a 500 mm anuais. A média anual de precipitação regional é de 2.295 mm, com evapotranspiração potencial de 1.281 mm. Há grande amplitude na quantidade de meses secos (de 0 a 12), o que reforça a diversidade climática da região. A temperatura média anual de 14,9 °C e o TMMF de 14,1 °C situam a região predominantemente nos Domínios Subtropical e Tropical Ameno, sendo as áreas com maior altitude apresentando o Temperado e o Temperado Frio nas maiores altitudes.

Enfim, a Região dos Andes Setentrionais se destaca como uma das mais complexas do ponto de vista climático, geográfico e humano da América do Sul. O relevo compartimentado, a elevada altitude e a diversidade de sistemas atmosféricos atuantes moldam uma paisagem vibrante e multifacetada. A combinação entre chuvas orográficas, topoclimas de altitude e contrastes térmicos entre vales e cumes cria condições ideais para o cultivo de produtos tropicais e de altitude, como o tradicional café colombiano. As grandes cidades situadas nas zonas intermontanas são testemunhas da adaptação histórica das populações a um ambiente desafiador e estratégico, cujos nós orográficos e divisores de águas fazem da região um verdadeiro mosaico climático e ecológico dos Andes.

Quadro 18 – Tipologia e parâmetros climáticos da Região dos Andes Setentrionais.

Código Climático	Nome (5ª hierarquia)	Climas Zonais	TMMF (°C)	Precipitação Média Anual (mm)	ETp Média Anual (mm)	Meses secos (P<ETp)
Eq''nan	Equatorial úmido dos Andes setentrionais	Tórrido	22,5 a 24,8	1.565 a 14.816	752 a 2.036	0 a 3
Eq'nan	Equatorial semiúmido dos Andes setentrionais	Tórrido	22,5 a 25,6	1.223 a 3.252	1.039 a 2.088	4 a 5
Eq*nan	Equatorial semisseco dos Andes setentrionais	Tórrido	22,5 a 25,6	1.136 a 2.835	1.074 a 2.107	6 a 7
Eq**nan	Equatorial seco dos Andes setentrionais	Tórrido	22,5 a 26,3	736 a 1.935	1.258 a 2.187	8 a 11
EqM''nan	Equatorial Ameno úmido dos Andes setentrionais	Quente	18,0 a 22,4	1.339 a 17.222	605 a 2.054	0 a 3
EqM'nan	Equatorial Ameno semiúmido dos Andes setentrionais	Quente	18,0 a 22,4	1.104 a 4.922	808 a 2.151	4 a 5
EqM*nan	Equatorial Ameno semisseco dos Andes setentrionais	Quente	18,0 a 22,4	1.047 a 3.298	890 a 2.272	6 a 7
EqM**nan	Equatorial Ameno seco dos Andes setentrionais	Quente	18,0 a 22,4	587 a 2.040	1.150 a 2.346	8 a 11
TrM''nan	Tropical Ameno úmido dos Andes setentrionais	Quente	15,0 a 17,9	1.362 a 16.158	595 a 1.851	0 a 3
TrM'nan	Tropical Ameno semiúmido dos Andes setentrionais	Quente	15,0 a 17,9	1.063 a 3.682	806 a 1.913	4 a 5
TrM*nan	Tropical Ameno semisseco dos Andes setentrionais	Quente	15,0 a 17,9	942 a 2.393	887 a 1.911	6 a 7
TrM**nan	Tropical Ameno seco dos Andes setentrionais	Quente	15,0 a 17,9	273 a 1.742	986 a 2.052	8 a 11
St''nan	Subtropical úmido dos Andes setentrionais	Azonal Moderado	10,0 a 14,9	1.268 a 16.050	597 a 1.711	0 a 3
St'nan	Subtropical semiúmido dos Andes setentrionais	Azonal Moderado	10,0 a 14,9	1.035 a 3.351	886 a 1.713	4 a 5
St*nan	Subtropical semisseco dos Andes setentrionais	Azonal Moderado	10,0 a 14,9	875 a 2.374	985 a 1.669	6 a 7
St**nan	Subtropical seco dos Andes setentrionais	Azonal Moderado	10,0 a 14,9	299 a 1.750	947 a 1.870	8 a 11
Te''nan	Temperado úmido dos Andes setentrionais	Azonal Moderado	0,0 a 9,9	1.114 a 9.124	619 a 1.500	0 a 3
Te'nan	Temperado semiúmido dos Andes setentrionais	Azonal Moderado	0,0 a 9,9	1.009 a 3.247	841 a 1.489	4 a 5
Te*nan	Temperado semisseco dos Andes setentrionais	Azonal Moderado	0,0 a 9,9	827 a 2.324	861 a 1.535	6 a 7
Te**nan	Temperado seco dos Andes setentrionais	Azonal Moderado	0,2 a 9,9	313 a 1.727	945 a 1.614	8 a 11
TeC''nan	Temperado Frio úmido dos Andes setentrionais	Azonal Frio	-5,9 a -0,1	1.492 a 4.969	790 a 1.064	0 a 3
TeC'nan	Temperado Frio semiúmido dos Andes setentrionais	Azonal Frio	-5,6 a -0,1	1.101 a 2.016	776 a 1.148	4 a 5
TeC*nan	Temperado Frio semisseco dos Andes setentrionais	Azonal Frio	-1,8 a -0,1	1.085 a 1.255	934 a 1.056	6
SAnan	Semiárido dos Andes setentrionais	Tórrido / Quente / Azonal Moderado	4,4 a 26,5	500 a 1.601	1.248 a 2.321	12
Anan	Árido dos Andes setentrionais	Quente / Azonal Moderado	7,9 a 21,4	207 a 499	1.049 a 1.760	12

Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth, QGis – Pritzen.

10. ATACAMA



Ruta 1, cruzando o deserto de Atacama. Antofagasta / Chile
Paisagem de *Clima Árido do Atacama (Aratc)*.

(23°13'S, 70°23'W)

Fonte: Daniel Monteiro Huertas (fev/2022).

Região Climática do Atacama (atc)

Localizada no norte do Chile, a Região Climática do Atacama representa uma das áreas mais áridas do planeta, abrangendo o deserto homônimo e seu entorno. Estende-se desde a costa do Pacífico até altitudes superiores a 4.000 metros nos Andes. O Trópico de Capricórnio corta o centro da região, dividindo-a em Zona Climática Quente e Moderada (Figura 20). O Domínio Climático predominante é o Árido (Aratc), que recobre quase toda a área, acompanhado por faixas pontuais de clima Temperado Seco (Te**atc), Temperado Frio Seco (TeC**atc) e Subtropical Seco (St**atc).

A ação da Alta Subtropical do Pacífico Sul (ASPS) é o principal fator climático da região, responsável pela subsidência atmosférica persistente, que inibe a formação de nuvens e gera uma forte estabilidade atmosférica ao longo do ano. A corrente fria de Humboldt também contribui para a manutenção da aridez na costa, com nevoeiros frequentes que não se convertem em precipitação. Esse conjunto de fatores torna a região extremamente seca, com pluviosidade média anual inferior a 100 mm na maior parte do território.

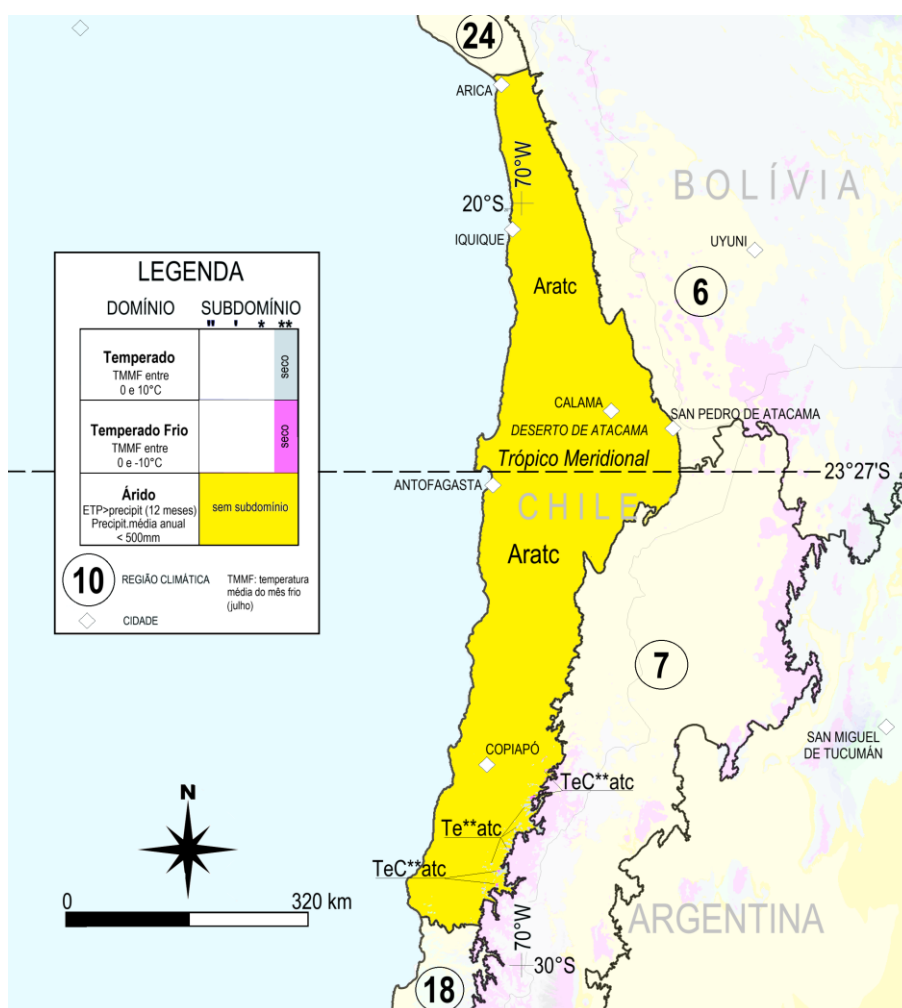
O relevo varia de planícies costeiras áridas, como as de Antofagasta e Iquique, até altiplanos e encostas andinas mais elevadas, como a área de Calama. A altitude média da região é elevada, com 1.804 metros, o que modula levemente as temperaturas, especialmente nas porções interiores. A vegetação natural é escassa, predominando formações desérticas e estepes de altitude com raras

espécies xerófilas. O regime hídrico é altamente deficitário, como evidenciado pela elevada ETP média anual de 1.525 mm (Quadro 19).

As cidades mais importantes da região são Antofagasta, Iquique, Arica, Copiapó e Calama. São núcleos urbanos que se desenvolveram em torno da mineração e dos portos, com população concentrada em áreas costeiras ou próximas a recursos hídricos subterrâneos. A Bacia Hidrográfica do Rio Copiapó é a mais relevante da região, embora sua vazão seja limitada e irregular.

A influência da corrente de Humboldt e do ASPS é marcante no norte da região, onde as temperaturas apresentam baixa oscilação e há presença recorrente de nevoeiros e nebulosidade baixa nas manhãs (Uribe *et al.*, 2012). Trata-se de uma das áreas com menor índice pluviométrico do planeta, com totais anuais entre 1 e 30 mm. Nessas condições, a agricultura só é viável por meio de irrigação, destacando-se culturas como trigo, milho, arroz, batata e frutas tropicais e subtropicais. Mais ao sul, próximo a Copiapó, predominam os céus limpos, intensa radiação solar e grande amplitude térmica diária, devido à atmosfera extremamente seca. A agricultura concentra-se nos vales interandinos irrigados por rios de degelo. Com o aumento da altitude, o deserto torna-se menos rigoroso: acima dos 3.000 metros, há incremento da nebulosidade e leve aumento da precipitação (até 50 mm), o que permite o crescimento de pastagens sazonais e arbustos esparsos, especialmente em ravinas e áreas baixas próximas aos vales transversais.

Figura 20 – Região Climática do Atacama.



Regiões Climáticas adjacentes: 6) dos Andes Centrais; 7) dos Andes Meridionais; 18) Litorânea Central do Chile; 24) Litorânea Peruana.

Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth, QGIS – Pritzen.

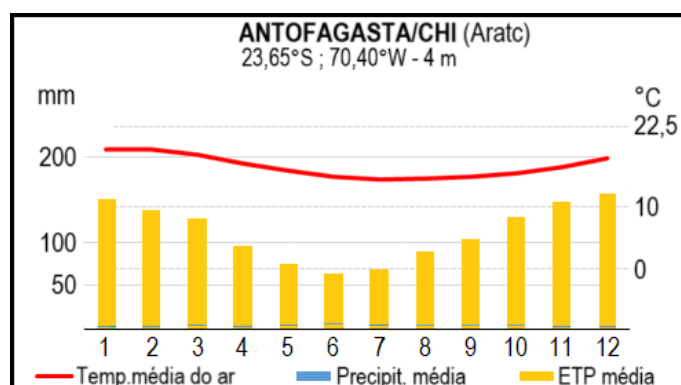
Quadro 19 – Aspectos geográficos da Região Climática do Atacama.

Área da Região Climática (km ²)	173.803
Altitude média (m)	1.804
Bacias hidrográficas	Copiapó
Vegetação natural predominante	Deserto, estepes
Principais cidades	Antofagasta, Iquique, Arica, Copiapó e Calama (CHL)
Temperatura média anual (°C)	15,5
Temperatura média do mês mais frio – jul (°C)	11,7
Precipitação média anual (mm)	55
Evapotranspiração potencial (mm)	1.525
Principais sistemas atmosféricos atuantes	ASPS

Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth, Reboita *et al.* (2010) e Ross (2019).

O climograma de Antofagasta, representativo do Domínio Aratc, evidencia o regime climático extremo da região. As temperaturas médias mensais possuem valores acima de 15 °C e alta amplitude térmica. A precipitação é praticamente nula em todos os meses, o que confirma a condição de aridez absoluta. Por outro lado, a ETp permanece alta durante o ano todo, em média ultrapassando 100 mm mensais, o que gera um severo e contínuo déficit hídrico. Essa combinação reforça a classificação da área como uma das mais secas da Terra.

Figura 21 – Climograma de Antofagasta, Chile (Aratc).



Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth.

Segundo os dados do Quadro 20, o Domínio árido (Aratc) ocupa a maior extensão da região, com TMMF variando amplamente entre -7,8 °C e 22,1 °C, dependendo da altitude. Este Domínio apresenta precipitação média anual baixíssima, entre 3 mm e 408 mm, e ETp que pode ultrapassar 2.000 mm. Os subdomínios Te**atc e TeC**atc, localizados em áreas andinas, apresentam temperaturas mais baixas e maior variação térmica sazonal, embora ainda mantenham forte déficit hídrico. O Subdomínio Subtropical Seco (St**atc) aparece marginalmente no leste da região.

Quadro 20 – Tipologia e parâmetros climáticos da Região do Atacama.

Código Climático	Nome (5ª hierarquia)	Climas Zonais	TMMF (°C)	Precipitação Média Anual (mm)	ETp Média Anual (mm)	Meses secos (P<ETp)
St**atc	Subtropical seco do Atacama	Moderado	10,1 a 11,6	93 a 121	1.055 a 1.210	11
Te**atc	Temperado seco do Atacama	Moderado	0,0 a 9,9	111 a 410	894 a 1.464	8 a 11
TeC**atc	Temperado Frio seco do Atacama	Frio	-4,1 a -0,0	196 a 374	1.085 a 1.378	9 a 11
Aratc	Árido do Atacama	Quente / Moderado / Frio	-7,8 a 22,1	3 a 408	945 a 2.020	12

Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth, QGis – Pritzen.

Por conseguinte, a Região Climática do Atacama destaca-se como a expressão máxima de aridez na América do Sul, resultado da combinação entre fatores atmosféricos, geográficos e oceânicos. Sua diversidade altitudinal cria nuances térmicas, mas o traço comum é a escassez de chuvas que molda paisagens desérticas, vegetação rarefeita e forte vulnerabilidade ambiental frente à ação antrópica.

11. CENTRO DA AMÉRICA DO SUL



Escarpas da Chapada dos Guimarães-MT / Brasil

(15°22'S , 55°51'W)

Paisagem de *Clima Tropical Semisseco do Centro da América do Sul* (Tr*csa).

Fonte: Daniel Monteiro Huertas (ago/2006).

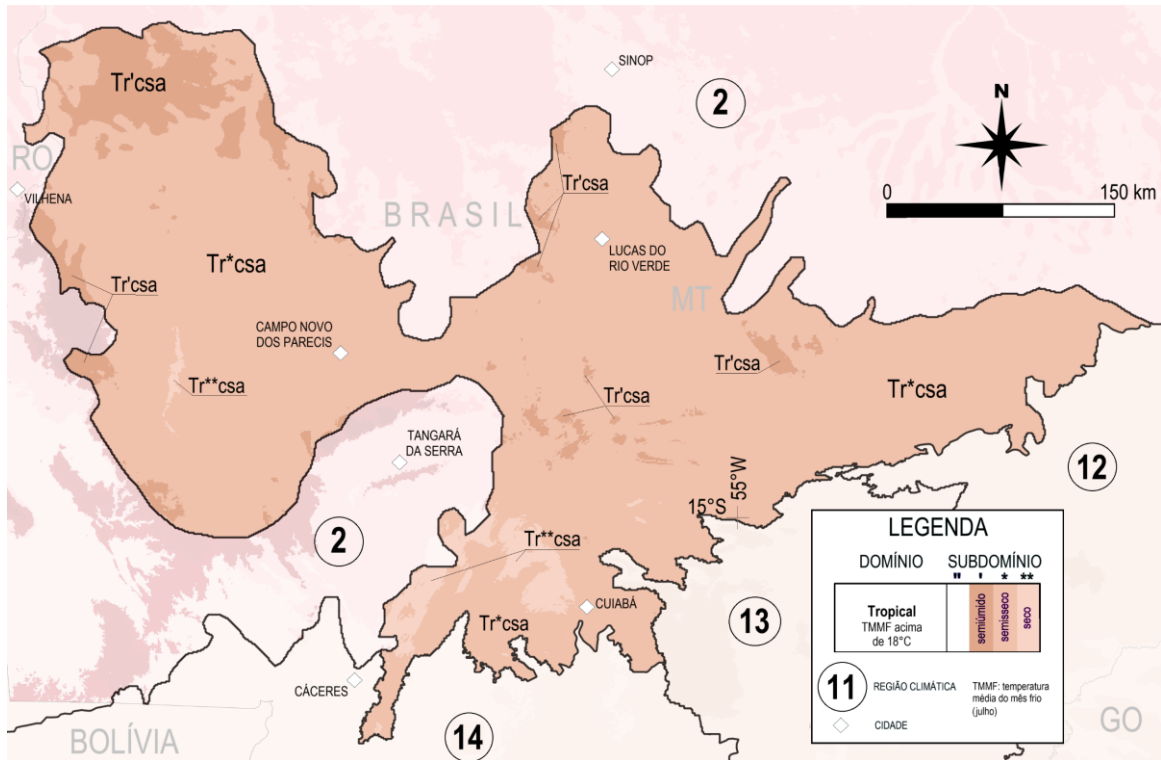
Região Climática do Centro da América do Sul (csa)

A Figura 22 mostra a Região Climática do Centro da América do Sul (csa), localizada no centro do estado de Mato Grosso e extremo leste de Rondônia (Brasil). Sua configuração corresponde a um grande planalto, intercalado por serras e chapadões cobertos por cerrados, com incursões de matas ciliares e manchas de floresta estacional, numa área de transição com a Floresta Amazônica e o Pantanal. Conforme Ab'Saber (2003), essa porção central do Brasil configura um interflúvio elevado de contato entre diferentes ecossistemas, reunindo formas vegetacionais de transição entre a floresta tropical úmida e os cerrados.

A importância econômica da região é notável. O centro-sul de Mato Grosso, particularmente nas áreas de Campo Novo dos Parecis e Lucas do Rio Verde, lidera a produção brasileira de soja, milho e algodão, em extensas áreas mecanizadas e com agricultura de precisão. Trata-se de uma das regiões mais produtivas do agronegócio mundial, com destaque para o cultivo de soja e milho.

Entre as cidades que se destacam, além de Campo Novo dos Parecis e Lucas do Rio Verde, merece destaque a capital mato-grossense, Cuiabá, que, situada próxima ao centro geodésico da América do Sul, é um polo urbano regional e centro logístico da produção agrícola. Cuiabá também é notável pelas suas elevadas temperaturas, sendo frequentemente mencionada entre as capitais mais quentes do Brasil, o que lhe confere um clima urbano bastante específico.

Figura 22 – Região Climática do Centro da América do Sul.



Regiões Climáticas adjacentes: 2) Amazônica Meridional; 12) Central do Brasil; 13) Centro-sul do Brasil; 14) do Chaco.

Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth, QGis – Pritzen.

Com área de 185.680 km², a região apresenta temperatura média anual de 24,8 °C e média de 23,3 °C no mês mais frio. A precipitação anual é de 1.712 mm, valor próximo à ETp, que é de 1.689 mm (Quadro 21). Essa característica hídrica próxima do equilíbrio mostra-se propícia para a sazonalidade do regime de chuvas, como revelam os três Subdomínios Climáticos: o Tropical Semiúmido (Tr'csa), o Tropical Semissecó (Tr*csa) e o Tropical Seco (Tr**csa). Todos eles se enquadram na Zona Climática Tórrida, com variações entre cinco e nove meses secos ao longo do ano. A atuação alternada da ASAS e da APS durante o inverno e da convergência de umidade da ZCAS no verão explica essa dinâmica.

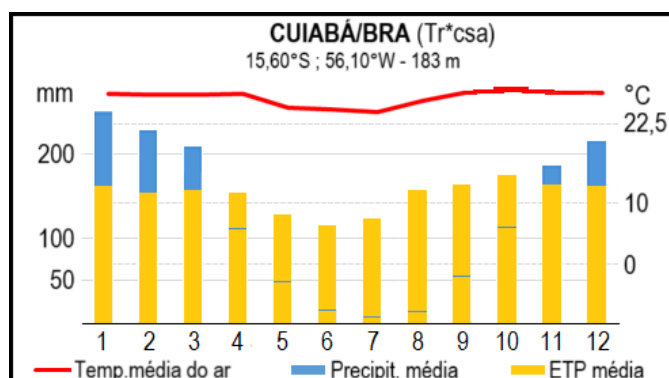
Quadro 21 – Aspectos geográficos da Região do Centro da América do Sul.

Área da Região Climática (km ²)	185.680
Altitude média (m)	400
Bacias hidrográficas	Paraguai, Xingu, Juruena, Teles-Pires
Vegetação natural predominante	Cerrado
Principais cidades	Cuiabá, Campo Novo Parecis, Lucas do Rio Verde (BRA)
Temperatura média anual (°C)	24,8
Temperatura média do mês mais frio – jul (°C)	23,3
Precipitação média anual (mm)	1.712
Evapotranspiração potencial (mm)	1.689
Principais sistemas atmosféricos atuantes	ASAS, ZCAS, APA

Fonte: Cavalcanti *et al.* (2009), CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth, IBGE (2025), Reboita *et al.* (2010) e Ross (2019).

Cuiabá, localizada no domínio Tr'csa, evidencia uma acentuada sazonalidade, como mostra o climograma da cidade (Figura 23). As chuvas concentram-se entre novembro e março, enquanto os meses de abril a outubro apresentam índices pluviométricos inferiores à ETp. A temperatura se mantém elevada ao longo do ano, com pequena queda em julho. Esse padrão é típico das áreas de cerrado sob influência direta da ASAS no inverno, e da ZCAS no verão, moldando a fisionomia da vegetação e os usos da terra na região.

Figura 23 – Climograma de Cuiabá, Brasil (Tr'csa).



Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth.

O Quadro 22 mostra que predominam três subdomínios: o Tropical Semiúmido (Tr'csa), o Tropical Semisseco (Tr*csa) e o Tropical Seco (Tr**csa). O primeiro apresenta temperaturas médias no mês mais frio entre 20,1 °C e 24,8 °C, com chuvas entre 1.633 e 2.218 mm e até cinco meses secos. O subdomínio Tr'csa, dominante nas áreas planálticas centrais, registra de seis a sete meses com precipitação inferior à ETp, configurando um regime climático de elevada sazonalidade. Já o Tr**csa representa áreas de maior déficit hídrico, com chuvas inferiores a 1.600 mm anuais e até nove meses secos, o que indica condições limítrofes entre o Tropical e o Semiárido.

Quadro 22 – Tipologia e parâmetros climáticos da Região do Centro da América do Sul.

Código Climático	Nome (5ª hierarquia)	Climas Zonais	TMMF (°C)	Precipitação Média Anual (mm)	ETp Média Anual (mm)	Meses secos (P<ETp)
Tr'csa	Tropical semiúmido do centro da América do Sul	Tórrido / Quente	20,1 a 24,8	1.633 a 2.218	1.448 a 1.853	5
Tr*csa	Tropical semisseco do centro da América do Sul	Tórrido / Quente	19,3 a 25,3	1.289 a 2.131	1.470 a 2.130	6 a 7
Tr**csa	Tropical seco do centro da América do Sul	Tórrido / Quente	20,1 a 24,6	1.188 a 1.593	1.585 a 2.096	8 a 9

Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth, QGis – Pritzen.

Assim, a Região Climática do Centro da América do Sul constitui uma transição entre os domínios úmidos da Amazônia e os mais secos do centro-sul do continente, marcada por forte sazonalidade das chuvas, temperaturas elevadas e expressiva atuação dos sistemas tropicais, configurando um espaço de tensão ecológica e elevada dinamicidade climática.

12. CENTRAL DO BRASIL



Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros. Alto Paraíso de Goiás-GO / Brasil
Paisagem de *Clima Tropical Ameno Semiúmido Central do Brasil (TrM'cbr)*.

(14°08'S , 47°41'W)

Fonte: Giuliano Tostes Novais (nov/2016).

Região Climática Central do Brasil (cbr)

A Região Central do Brasil (Figura 24) ocupa uma extensa área da porção centro-norte do continente sul-americano, abrangendo os estados de Goiás, Tocantins, norte de Minas Gerais, oeste da Bahia, porções do leste de Mato Grosso e o Distrito Federal. Com área superior a 616 mil km² e altitude média de 510 metros (Quadro 23), essa região se caracteriza por relevo planáltico com feições tabulares, como a Chapada dos Veadeiros. As principais bacias hidrográficas são: Tocantins-Araguaia, São Francisco, Parnaíba e Paranaíba (Paraná), que escoam de sul para norte (exceto a última).

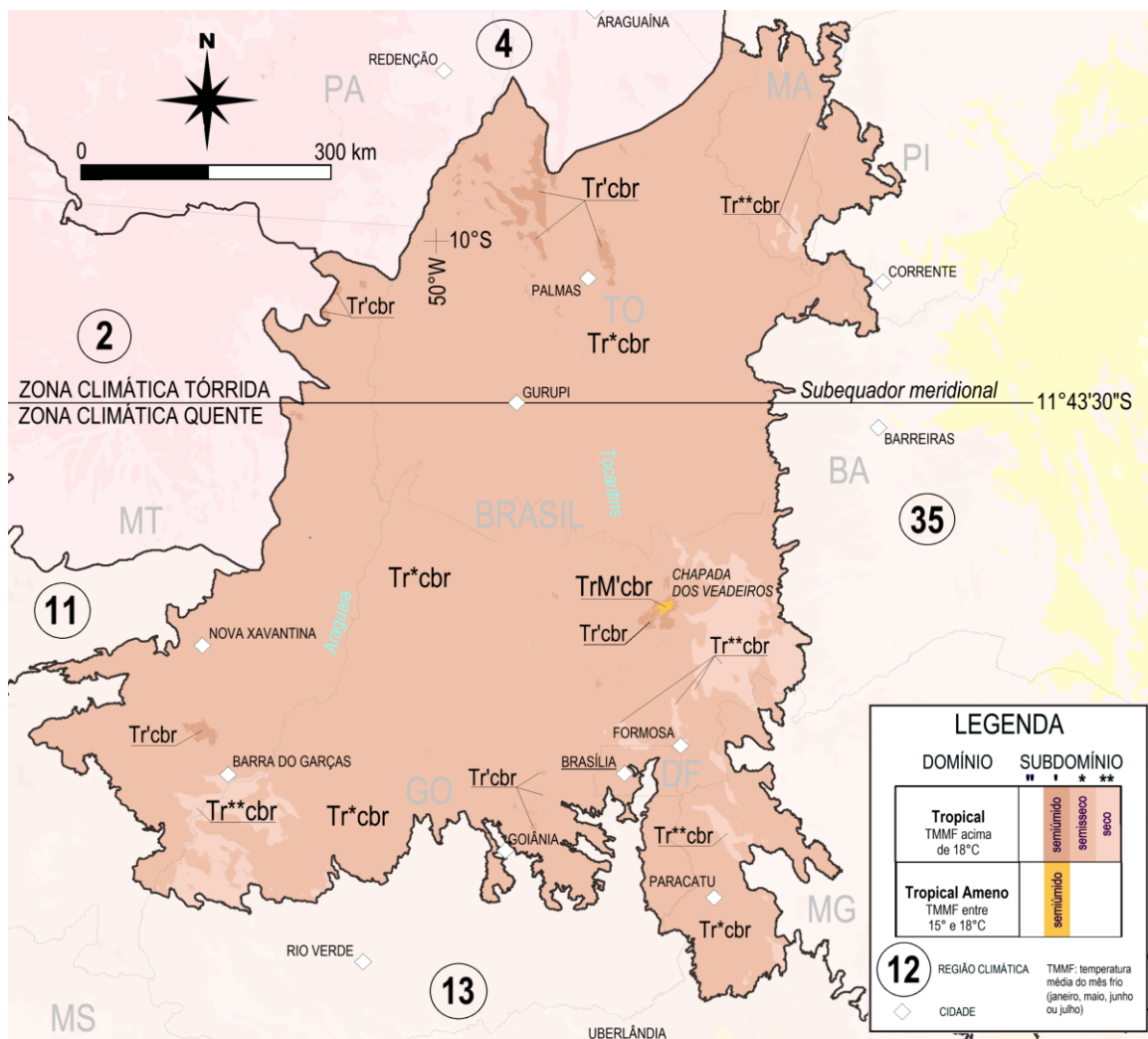
A vegetação predominante é o cerrado, com fitofisionomias que variam entre campos limpos e cerradões, intercalados por matas de galeria nos fundos de vale. Conforme Ab'Saber (2003), trata-se do grande domínio morfoclimático dos chapadões interiores tropicais, fortemente influenciado por climas com estação seca bem definida e solos laterizados. Essa paisagem é fortemente controlada pelos regimes climáticos sazonais, com alternância marcante entre estações chuvosas e secas.

A Bacia do Araguaia-Tocantins desempenha papel essencial na dinâmica hidrográfica regional. Formada pela junção de diversos afluentes que drenam áreas de Goiás, Mato Grosso, Maranhão e Tocantins, constitui uma das principais vias de escoamento da água em direção ao norte do país.

Brasília, capital do Brasil, destaca-se como a principal cidade da região, localizada no Planalto Central a mais de 1.000 metros de altitude. Essa posição confere à cidade temperaturas ligeiramente mais

amenas em relação a outras áreas do Cerrado, embora ainda marcadas por forte sazonalidade entre períodos úmidos e secos. Como centro político-administrativo do país, Brasília exerce intensa influência socioeconômica e urbanística sobre o entorno, sendo planejada para integrar-se ao relevo e à vegetação do Cerrado. Palmas, capital do Tocantins, é outra cidade relevante da região, situada em área de clima mais quente e baixa altitude, com maior exposição às secas prolongadas, reforçando a diversidade interna do espaço central do Brasil.

Figura 24 – Região Climática Central do Brasil.



Regiões Climáticas adjacentes: 2) Amazônica Meridional; 4) Amazônica Oriental; 11) do Centro da América do Sul; 13) do Centro-Sul do Brasil; 35) Nordeste do Brasil.

Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth, QGis – Pritzen.

O Subequador meridional cruza a região, dividindo-a em duas zonas climáticas: Tórrida (ao norte) e Quente (ao sul). A temperatura média anual é elevada (25,4 °C), e a TMMF mantém-se por volta de 24 °C em julho, caracterizando um Clima Zonal Tórrido na maior parte. A precipitação média anual é de 1.559 mm, com evapotranspiração potencial média de 1.805 mm, revelando déficit hídrico em boa parte do ano. Os principais sistemas atmosféricos atuantes são a ZCAS, as incursões da ASAS no inverno e, pontualmente, a atuação do APS.

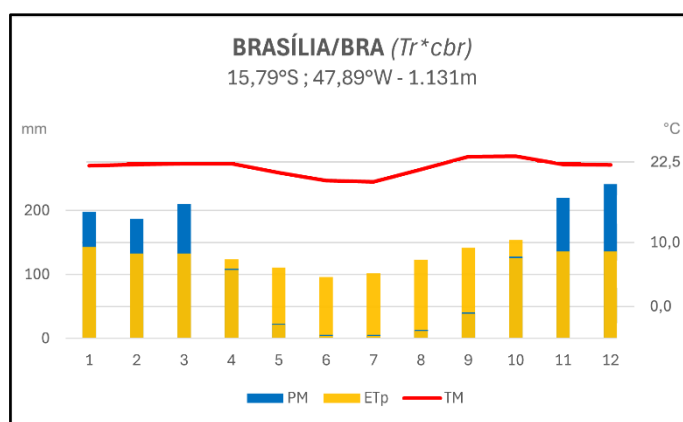
Quadro 23 – Aspectos geográficos da Região Climática Central do Brasil.

Área da Região Climática (km ²)	616.556
Altitude média (m)	510
Bacias hidrográficas	Tocantins-Araguaia, São Francisco, Parnaíba e Paranaíba
Vegetação natural predominante	Cerrado
Principais cidades	Brasília, Anápolis, Palmas, Formosa, Paracatu (BRA)
Temperatura média anual (°C)	25,4
Temperatura média do mês mais frio – jul (°C)	24,0
Precipitação média anual (mm)	1.559
Evapotranspiração potencial (mm)	1.805
Principais sistemas atmosféricos atuantes	ASAS, ZCAS, APA

Fonte: Cavalcanti *et al.* (2009), CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth, IBGE (2025), Reboita *et al.* (2010) e Ross (2019).

O climograma de Brasília (Figura 25), mostra um Subdomínio Tropical Semisseco (Tr^*cbr), o que evidencia essa distribuição sazonal: o regime pluviométrico concentra-se entre os meses de outubro e abril, mas com $P > ETp$ somente de novembro a março, enquanto os meses de abril a outubro apresentam déficit hídrico ($P < ETp$). As temperaturas médias mensais são elevadas em setembro e outubro e caem abaixo de 20 °C em junho e julho.

Figura 25 – Climograma de Brasília, Brasil.



Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth.

O Quadro 24 mostra que os Subdomínios Climáticos da região vão do Tropical Semiúmido ($Tr'cbr$) ao Tropical Seco ($Tr^{**}cbr$), com transição gradual conforme a altitude e latitude. Na Chapada dos Veadeiros (Goiás), as altitudes superiores a 1.500 metros, criam o único Domínio Tropical Ameno da região ($TrM'cbr$), com TMMF entre 16,6 °C e 17,9 °C. Os subdomínios secos, com até 11 meses de déficit hídrico, predominam no nordeste de Goiás, sul do Tocantins e no vale do Rio Araguaia (GO/MT), no sudoeste da região climática, revelando áreas críticas para a manutenção de sistemas agrícolas sem irrigação.

Quadro 24 – Tipologia e parâmetros climáticos da Região Central do Brasil.

Código Climático	Nome (5ª hierarquia)	Climas Zonais	TMMF (°C)	Precipitação Média Anual (mm)	ETp Média Anual (mm)	Meses secos (P<ETp)
Tr'cbr	Tropical semiúmido Central do Brasil	Tórrido / Quente	18,0 a 26,1	1.770 a 2.487	1.512 a 2.037	5
Tr*cbr	Tropical semisseco Central do Brasil	Tórrido / Quente	18,0 a 26,6	961 a 2.396	1.396 a 2.362	6 a 7
Tr**cbr	Tropical seco Central do Brasil	Tórrido / Quente	19,3 a 26,3	871 a 1.481	1.573 a 2.359	8 a 11
TrM'cbr	Tropical Ameno semiúmido Central do Brasil	Quente	16,6 a 17,9	2.003 a 2.487	1.567 a 1.989	5

Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth, QGis – Pritzen.

Com isso, a Região Central do Brasil expressa com clareza os contrastes sazonais do bioma Cerrado, com clima tropical de estação seca prolongada, temperatura elevada o ano todo e domínio de sistemas atmosféricos tropicais. Suas condições climáticas favorecem a expansão agrícola nas chapadas e vales intermontanos, ao custo da substituição da vegetação nativa. A presença de subdomínios secos no interior da região climática é uma das principais singularidades desta região, em que os aspectos climáticos moldam fortemente a paisagem, o uso do solo e a disponibilidade hídrica.

13. CENTRO-SUL DO BRASIL



Vista da serra da Mantiqueira. Itamonte-MG / Brasil

(22°21'S , 44°47'W)

Paisagem de *Clima Subtropical Semiúmido do Centro-Sul do Brasil (St'scb)*.

Fonte: Giuliano Tostes Novais (ago/2014).

Região Climática do Centro-Sul do Brasil (scb)

A Região Climática do Centro-Sul do Brasil abrange uma ampla faixa do Planalto Brasileiro, ocupando porções de Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, São Paulo e Rio de Janeiro. Trata-se de uma das áreas mais densamente povoadas e produtivas do país, com relevo variando entre chapadões, depressões interplanálticas e cuestras, a uma altitude média de 647 metros. Os principais rios da região (como o Paraná, o Paranaíba, o Grande e o São Francisco) organizam vastas bacias hidrográficas, essenciais para geração de energia hidrelétrica, irrigação e abastecimento urbano.

A vegetação natural combina grandes extensões de cerrado, com todas as suas fitofisionomias, e faixas de Mata Atlântica nas áreas mais úmidas e elevadas, especialmente nas escarpas das serras. Segundo Ab'Saber (2003), essas zonas de transição entre domínios morfoclimáticos do Cerrado e da Mata Atlântica configuram complexos ecotonais de alta diversidade ecológica. A interação entre clima e relevo, nesse caso, favorece também solos de boa fertilidade natural ou alta potencialidade após correções, o que impulsiona atividades agropecuárias intensivas.

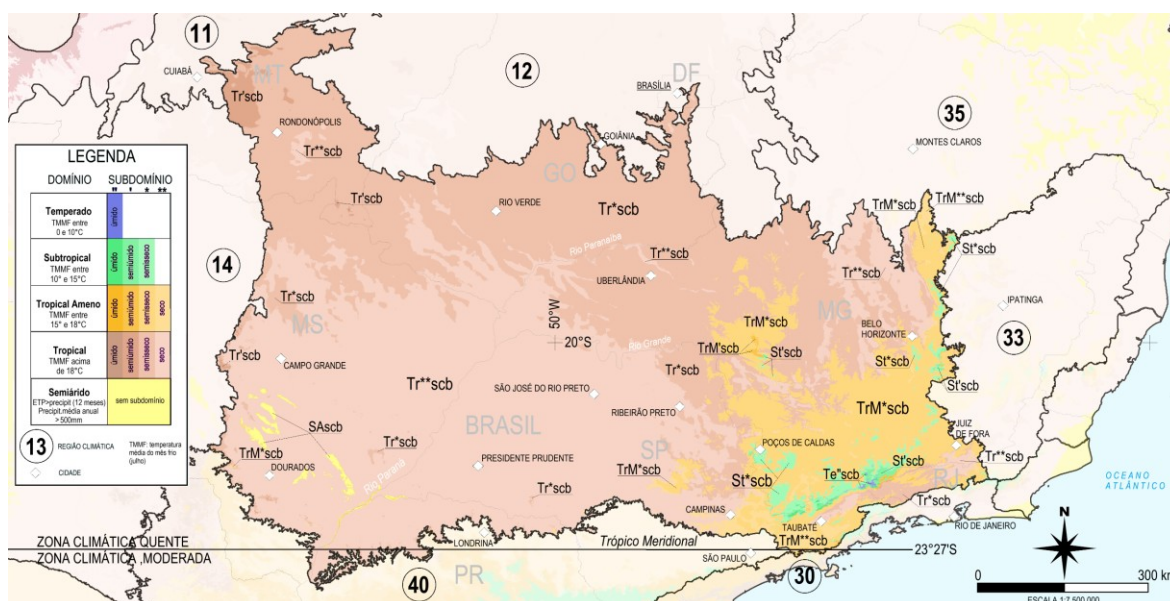
Entre as cidades de maior destaque dentro dessa região climática, estão Belo Horizonte, centro político e econômico de Minas Gerais; Campo Grande, importante polo do agronegócio no estado de Mato Grosso do Sul; Goiânia, capital de um dos estados mais produtivos do país; Campinas, o maior polo tecnológico e industrial do interior paulista, cujas principais aglomerações urbanas se inserem nessa região climática; e Uberlândia, cidade referência em logística e serviços no Cerrado mineiro.

Notavelmente, a produção agropecuária configura-se como a principal atividade econômica da região. Destaca-se a cultura do café, da soja, do milho, da cana-de-açúcar, de cítricos, além da pecuária de corte e leiteira, distribuída entre Goiás, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais e São Paulo. A integração entre rodovias, ferrovias e centros urbanos modernos sustenta uma diversidade econômica expressiva, que abrange desde a agricultura intensiva até os setores de tecnologia, serviços, biocombustíveis e agroindústrias.

A Região do Centro-Sul do Brasil (Figura 26) apresenta majoritariamente o Domínio Tropical, com o Tropical ameno, o Subtropical e o Temperado nas áreas mais elevadas. O Domínio Semiárido aparece no centro da bacia do rio Paraná, principalmente em Mato Grosso do Sul. Os subdomínios possuem todas as variações, desde úmido a seco. Essa diversidade climática foi essencial para a expansão da economia cafeeira desde o século XIX, iniciada no interior paulista, onde o Clima Tropical Ameno, com estação seca bem definida, favoreceu o cultivo do café. Sedyama *et al.* (2001) dizem que com o avanço da fronteira agrícola, a produção se expandiu para o sul de Minas Gerais e, mais recentemente, para o Alto Paranaíba, região que também apresenta condições climáticas e edafológicas favoráveis à cultura do café arábica. Essa expansão acompanhou a regionalização das áreas aptas ao cultivo, consolidando Minas Gerais como líder nacional na produção cafeeira.

A principal característica utilizada como critério para a delimitação dessa região climática é a ocorrência, ao longo do período climatológico de 30 anos de observações, de pelo menos um registro de temperatura mínima absoluta do ar inferior a 3,5 °C (condição que permite a formação de geada ao nível do solo). Esses dados serviram de limite com a Região Climática Central do Brasil, principalmente e foram coletados a partir de postos meteorológicos localizados nessa área (Novais, 2019).

Figura 26 – Região Climática do Centro-Sul do Brasil.



Regiões Climáticas adjacentes: 11) Centro da América do Sul; 12) Central do Brasil; 14) Chaco; 30) Litorâneo Sul do Brasil; 33) Mantiqueira oriental; 35) Nordeste do Brasil e 40) Planalto Meridional da Bacia do Rio Paraná.

Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth, QGIS – Pritzen.

Os dados climáticos revelam um predomínio do Domínio Tropical, e presença significativa de Tropicais Amenos e Subtropicais nos trechos serranos. De acordo com o Quadro 25, a temperatura média anual gira em torno de 21,9°C, com a média do mês mais frio (julho – majoritariamente) situando-se em 18,8°C. A precipitação média anual é de 1.582 mm, enquanto a ETp é de 1.623 mm, revelando um déficit hídrico sazonal, sobretudo no inverno.

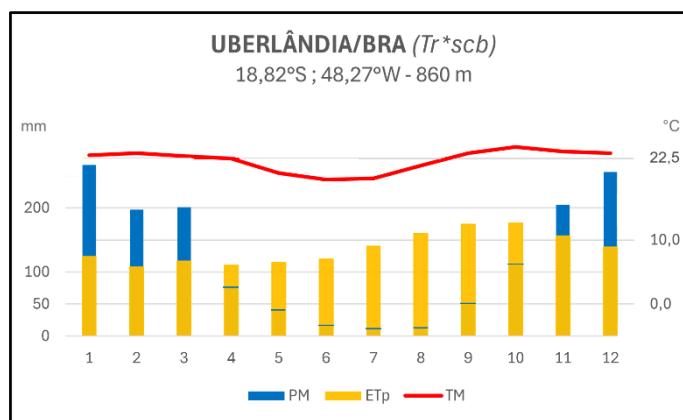
Quadro 25 – Aspectos geográficos da Região Centro-Sul do Brasil.

Área da Região Climática (km ²)	856.917
Altitude média (m)	647
Bacias hidrográficas	Paraná, Grande, Paranaíba, São Francisco, Paraíba do Sul
Vegetação natural predominante	Cerrado, Mata Atlântica
Principais cidades	Belo Horizonte, Goiânia, Campinas, Campo Grande, Uberlândia (BRA)
Temperatura média anual (°C)	21,9
Temperatura média do mês mais frio – jul, jun (°C)	18,8
Precipitação média anual (mm)	1.582
Evapotranspiração potencial (mm)	1.623
Principais sistemas atmosféricos atuantes	ASAS, ZCIT, APA

Fonte: Cavalcanti *et al.* (2009), CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth, IBGE (2025), Reboita *et al.* (2010) e Ross (2019).

A Figura 27 mostra o climograma de Uberlândia (Tr*scb), que evidencia bem essa dinâmica climática: há um verão chuvoso, entre novembro e março, com totais mensais de precipitação superando 200 mm, contrastando com o inverno seco, de abril a outubro, quando a precipitação fica abaixo da ETp. A TMMF fica em 19,4 °C, com média anual superior a 22 °C, o que reforça o predomínio do calor durante o ano, com uma leve queda térmica no início do inverno.

Figura 27 – Climograma de Uberlândia, Brasil (Tr*scb).



Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth.

O Quadro 26 destaca a variedade de Subdomínios Climáticos, que vão do Tropical Úmido (Tr*scb), com apenas dois a três meses secos, ao Tropical Seco (Tr**scb) e Semiárido (SAscb), com oito a doze meses de déficit hídrico. Regiões de Domínio Tropical Ameno e Subtropical, como nos arredores de Poços de Caldas, Belo Horizonte e São José dos Campos, aparecem nas porções mais elevadas. Já as áreas tropicais secas são típicas de planaltos baixos e depressões interiores, como no noroeste paulista e oeste mineiro.

Quadro 26 – Tipologia e parâmetros climáticos da Região do Centro-Sul do Brasil.

Código Climático	Nome (5ª hierarquia)	Climas Zonais	TMMF (°C)	Precipitação (mm) Média Anual	ETp Média Anual (mm)	Meses secos (P<ETp)
Tr''scb	Tropical úmido do Centro-Sul do Brasil	Quente	18,0 a 18,4	1.675 a 1.868	1.510 a 1.663	2 a 3
Tr'scb	Tropical semiúmido do Centro-Sul do Brasil	Tórrido / Quente	18,0 a 24,7	1.498 a 2.901	1.211 a 1.966	4 a 5
Tr*scb	Tropical semisseco do Centro-Sul do Brasil	Tórrido / Quente	18,0 a 24,4	1.094 a 2.278	1.248 a 2.139	6 a 7
Tr**scb	Tropical seco do Centro-Sul do Brasil	Tórrido / Quente	18,0 a 24,3	971 a 1.791	1.363 a 2.263	8 a 11
TrM''scb	Tropical Ameno úmido do Centro-Sul do Brasil	Quente	15,0 a 17,4	1.638 a 2.741	1.055 a 1.370	1 a 3
TrM'scb	Tropical Ameno semiúmido do Centro-Sul do Brasil	Quente	15,0 a 17,9	1.541 a 2.731	1.092 a 1.687	4 a 5
TrM*scb	Tropical Ameno semisseco do Centro-Sul do Brasil	Quente	15,0 a 17,9	1.149 a 2.316	1.135 a 2.184	6 a 7
TrM**scb	Tropical Ameno seco do Centro-Sul do Brasil	Quente	15,0 a 17,9	845 a 1.739	1.247 a 2.239	8 a 10
St''scb	Subtropical úmido do Centro-Sul do Brasil	Moderado	10,0 a 14,9	1.736 a 2.776	1.001 a 1.287	1 a 3
St'scb	Subtropical semiúmido do Centro-Sul do Brasil	Moderado	10,0 a 14,9	1.617 a 2.791	1.046 a 1.519	4 a 5
St*scb	Subtropical semisseco do Centro-Sul do Brasil	Moderado	10,1 a 14,9	1.180 a 2.453	1.103 a 1.884	6 a 7
Te''scb	Temperado úmido do centro-sul do Brasil	Moderado	7,9 a 9,9	2.018 a 2.720	1.019 a 1.143	2 a 3
Te'scb	Temperado semiúmido do Centro-Sul do Brasil	Moderado	5,7 a 9,9	1.938 a 2.757	1.085 a 1.346	4 a 5
Te*scb	Temperado semisseco do Centro-Sul do Brasil	Moderado	6,4 a 9,9	1.841 a 2.282	1.129 a 1.326	6
SAsc	Semiárido do Centro-Sul do Brasil	Quente	18,6 a 21,4	1.160 a 1.394	1.640 a 2.092	12

Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth, QGis – Pritzen.

Assim, a Região Climática do Centro-Sul do Brasil sintetiza com nitidez a força econômica da transição Cerrado-Mata Atlântica. A combinação de solos férteis, disponibilidade hídrica sazonal, infraestrutura e centros urbanos ativos faz dela uma das regiões-chave para o desenvolvimento do país, sob forte influência dos sistemas atmosféricos ASAS, ZCIT e APA.

14. CHACO



Rio Paraguai no Pantanal matogrossense. Corumbá-MS / Brasil
Paisagem de *Clima Tropical Seco do Chaco* (Tr**chc).

(19°00'S , 57°32'W)

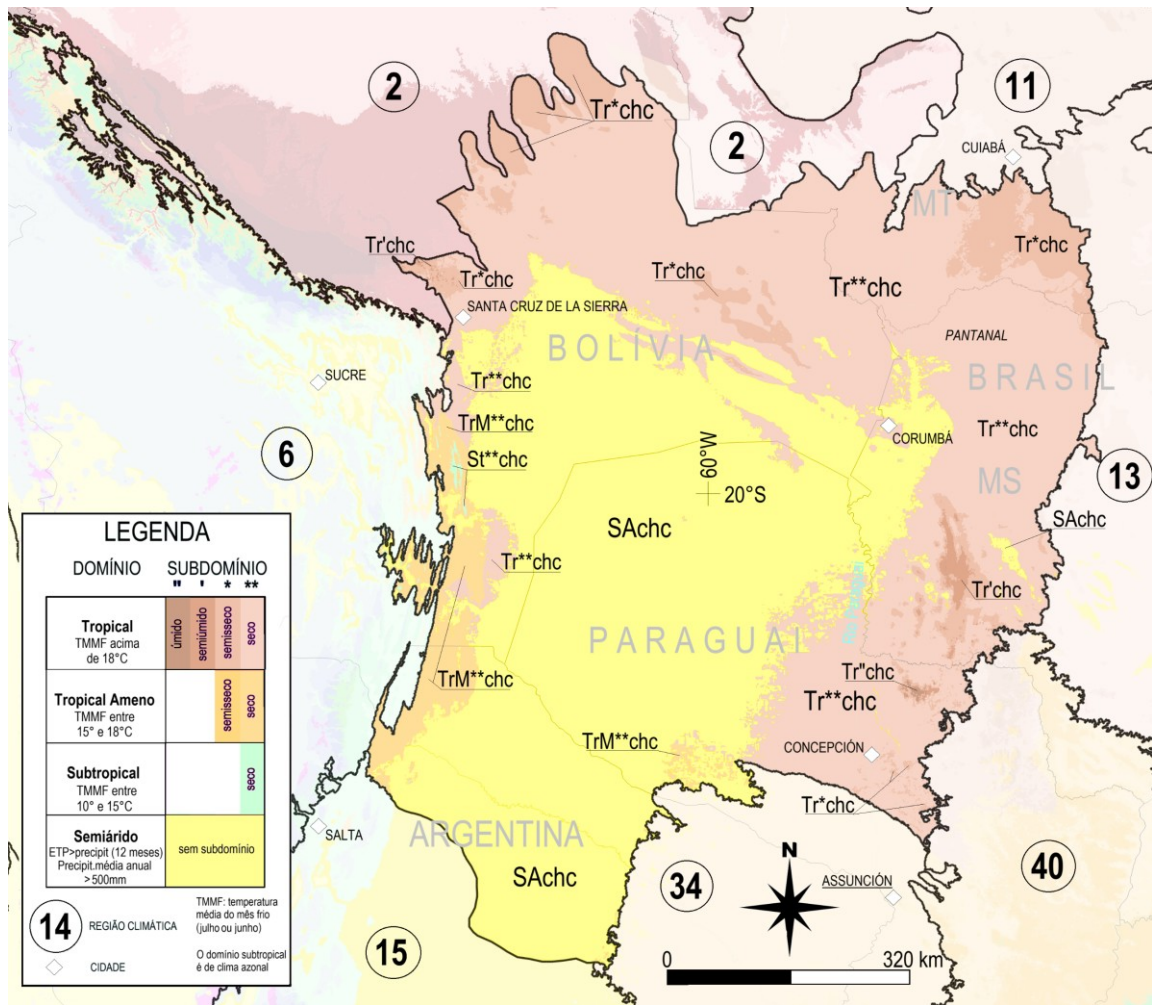
Fonte: Giuliano Tostes Novais (mai/2013).

Região Climática do Chaco (chc)

A Região Climática do Chaco (chc) ocupa uma extensa área no centro-sul da América do Sul, com 839.643 km² e altitude média de 253 metros. Estende-se por porções da Bolívia, Paraguai, Argentina e do Brasil (região do Pantanal), abrangendo predominantemente planícies sedimentares e depressões intermontanas. O relevo plano e a baixa declividade da Bacia do Rio Paraguai facilitam a formação de áreas alagadiças sazonais, como o Pantanal. A região está inserida na Zona Climática Quente, com Domínio Tropical em quase toda a sua extensão, sendo caracterizada por períodos prolongados de déficit hídrico. Apresenta também algumas faixas de Domínio Tropical Ameno e Subtropical no sudoeste boliviano e noroeste argentino, além de áreas de Domínio Semiárido em trechos do Paraguai, Argentina e Brasil (Figura 28).

O sistema atmosférico que mais influencia o regime climático da região é a Baixa do Chaco, que contribui para a atração de umidade proveniente da Amazônia e do Atlântico, especialmente durante o verão. A ZCAS atua sazonalmente, com maior influência no setor leste, enquanto a ASAS reforça as condições de estiagem no inverno. A distribuição da precipitação é bastante irregular: de maneira geral, ela diminui gradativamente de leste a oeste, à razão de aproximadamente 1 mm por quilômetro, enquanto as temperaturas aumentam no sentido sul-norte. Essa variação espacial do balanço hídrico acarreta ampla diversidade de Subdomínios Climáticos, de Semiúmidos a Secos, para um Domínio Semiárido. O índice médio de evapotranspiração potencial anual (1.697 mm) supera a precipitação média (1.127 mm), revelando um quadro de escassez hídrica em grande parte da região (Quadro 27).

Figura 28 – Região Climática do Chaco.



Regiões Climáticas adjacentes: 2) Amazônica Meridional; 6) dos Andes Centrais; 11) do Centro da América do Sul; 13) do Centro-Sul do Brasil; 15) do Cuyo; 34) da Mesopotâmia Platina; 40) do Planalto Meridional da Bacia do Rio Paraná.

Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth, QGis – Pritzen.

O bioma predominante é composto por estepes e vegetações adaptadas ao semiárido, com exceção das áreas de planície alagável do Pantanal, onde há presença de vegetação hígrófila sazonal. Contudo, conforme destaca Novais (2021), apesar da abundância hídrica superficial no Pantanal, a baixa pluviosidade da região do Chaco não gera excedente hídrico. A água acumulada na cheia pantaneira provém de planaltos periféricos, sendo canalizada pela declividade tênue da bacia. Nas demais áreas, há déficit hídrico acentuado, ausência de excedente anual e limitação na recarga do lençol freático. De acordo com Rolim (2020), essa limitação causa ressecamento do solo, impactando negativamente a vegetação e reduzindo a vazão da drenagem superficial e subsuperficial.

Segundo Ledesma (1992), o regime de chuvas é bimodal, com precipitações mais concentradas no verão (devido ao encontro de massas de ar úmidas do nordeste e sudeste) e mínima atuação no inverno e primavera. Em áreas do centro da região, onde a precipitação anual gira em torno de 600 mm e o déficit hídrico alcança até 1.200 mm, instala-se uma condição de semiaridez física clara. A dinâmica climática, altamente variável, interfere nos padrões de temperatura, pressão e vento, tornando o bioma vulnerável à ação humana, sobretudo às atividades agropecuárias e queimadas ilegais, que ameaçam esse ecossistema sensível.

Destacam-se, na região, cidades como Santa Cruz de la Sierra (BOL), que exerce papel estratégico como polo agroindustrial e logístico da Bolívia; Corumbá (BRA), porta de entrada do Pantanal brasileiro; e San Salvador de Jujuy (ARG), no setor subtropical da região. Essas cidades refletem a diversidade geográfica e climática do Chaco e são diretamente influenciadas pelo regime climático semiárido que caracteriza grande parte da região.

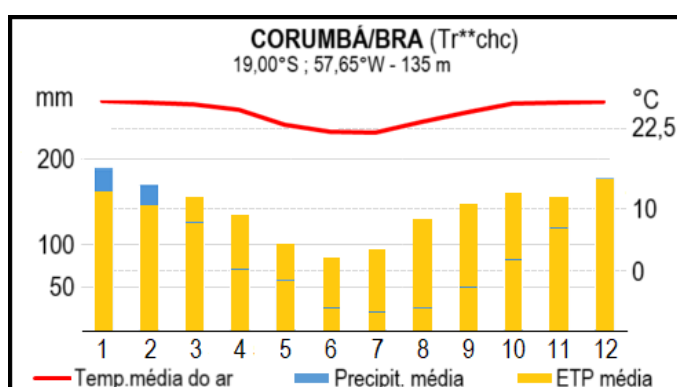
Quadro 27 – Aspectos geográficos da Região do Chaco.

Área da Região Climática (km ²)	839.643
Altitude média (m)	253
Bacias hidrográficas	Paraguai, Paraná
Vegetação natural predominante	Estepes, Pantanal
Principais cidades	Santa Cruz de la Sierra (BOL), Corumbá (BRA), S.Salvador Jujuy (ARG)
Temperatura média anual (°C)	24,5
Temperatura média do mês mais frio – jul (°C)	20,1
Precipitação média anual (mm)	1.127
Evapotranspiração potencial (mm)	1.697
Principais sistemas atmosféricos atuantes	Alta da Bolívia, Baixa do Chaco, ZCAS, ASAS

Fonte: Cavalcanti *et al.* (2009), CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth, IBGE (2025), Reboita *et al.* (2010) e Ross (2019).

O climograma (Figura 29) de Corumbá, no Brasil, exemplifica o padrão climático seco do Chaco: as temperaturas mantêm-se elevadas durante todo o ano, com valores médios mensais pouco inferiores a 22,5 °C. A precipitação concentra-se nos primeiros meses do ano (janeiro e fevereiro), sendo insuficiente para compensar a alta demanda hídrica, evidenciada pela evapotranspiração potencial superior à precipitação em praticamente todos os meses. De maio a outubro, o déficit hídrico é intenso, o que configura um regime de Subdomínio Tropical Seco (Tr**chc) com oito a onze meses secos.

Figura 29 – Climograma de Corumbá, Brasil (Tr**chc).



Fonte: CHELSA (1989-2018) e Dinamica EGO.

Os dados do Quadro 28 confirmam a acentuada variabilidade interna da Região do Chaco, marcada por climas tropicais e subtropicais que oscilam entre úmidos e secos, mas com prevalência dos Subdomínios Semiseco, Seco e Domínio Semiárido. Chama a atenção o expressivo número de meses com déficit hídrico, de 6 a 12, em grande parte da região, com evapotranspiração média anual frequentemente superior à precipitação. Os climas Tr**chc, TrM**chc e St**chc, por exemplo,

apresentam 8 a 11 meses de déficit, enquanto o Domínio Semiárido (SAchc) ultrapassa o limite, registrando deficiência em todos os meses do ano. Essa configuração climática, que alia elevada evapotranspiração a chuvas escassas, reforça o caráter de aridez fisiológica da região e explica os impactos sobre a vegetação e a produtividade agrícola, exigindo estratégias de manejo hídrico e conservação ambiental mais rigorosas.

Quadro 28 – Tipologia e parâmetros climáticos da Região do Chaco.

Código Climático	Nome (5ª hierarquia)	Climas Zonais	TMMF (°C)	Precipitação Média Anual (mm)	ETp Média Anual (mm)	Meses secos (P<ETp)
Tr''chc	Tropical úmido do Chaco	Quente	18,6 a 20,3	1.618 a 1.868	1.499 a 1.675	3
Tr'chc	Tropical semiúmido do Chaco	Tórrido / Quente	18,0 a 23,7	1.456 a 2.901	1.457 a 2.036	4 a 5
Tr*chc	Tropical semisseco do Chaco	Tórrido / Quente	18,0 a 24,6	1.240 a 2.326	1.423 a 2.049	6 a 7
Tr**chc	Tropical seco do Chaco	Tórrido/e Quente	18,0 a 24,2	757 a 1.795	1.372 a 2.205	8 a 11
TrM*chc	Tropical Ameno semisseco do Chaco	Quente	15,0 a 17,9	999 a 1.634	1.227 a 1.860	6 a 7
TrM**chc	Tropical Ameno seco do Chaco	Quente	15,0 a 17,9	702 a 1.552	1.186 a 2.051	8 a 11
St**chc	Subtropical seco do Chaco	Moderado	11,6 a 14,9	726 a 1.391	1.214 a 1.727	8 a 11
SAchc	Semiárido do Chaco	Tórrido / Quente / Moderado	13,1 a 22,9	632 a 1.405	1.273 a 2.217	12

Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth, QGis – Pritzen.

A Região do Chaco revela um espaço climático complexo e contrastante, onde a dominância de regimes secos e semiáridos, associada a altas temperaturas e à variabilidade das chuvas, impõe severas restrições hídricas e ecológicas. Essa realidade evidencia a necessidade de políticas ambientais específicas para proteção dos ecossistemas sensíveis da região, como o Pantanal, e um planejamento adequado do uso da terra, sobretudo frente à expansão agropecuária. A vulnerabilidade ambiental, aliada à irregularidade do regime hídrico, torna o Chaco uma das regiões mais delicadas da América do Sul do ponto de vista climático e ecológico.

15. CUYO



Descendo a cordilheira dos Andes, em Ingeniero Maury. Salta / Argentina
Paisagem de *Clima Subtropical Seco do Cuyo* (St**cuy).

(24°41'S , 65°46'W)

Fonte: Zelino Khalil de Queiroz (set/2024).

Região Climática do Cuyo (cuy)

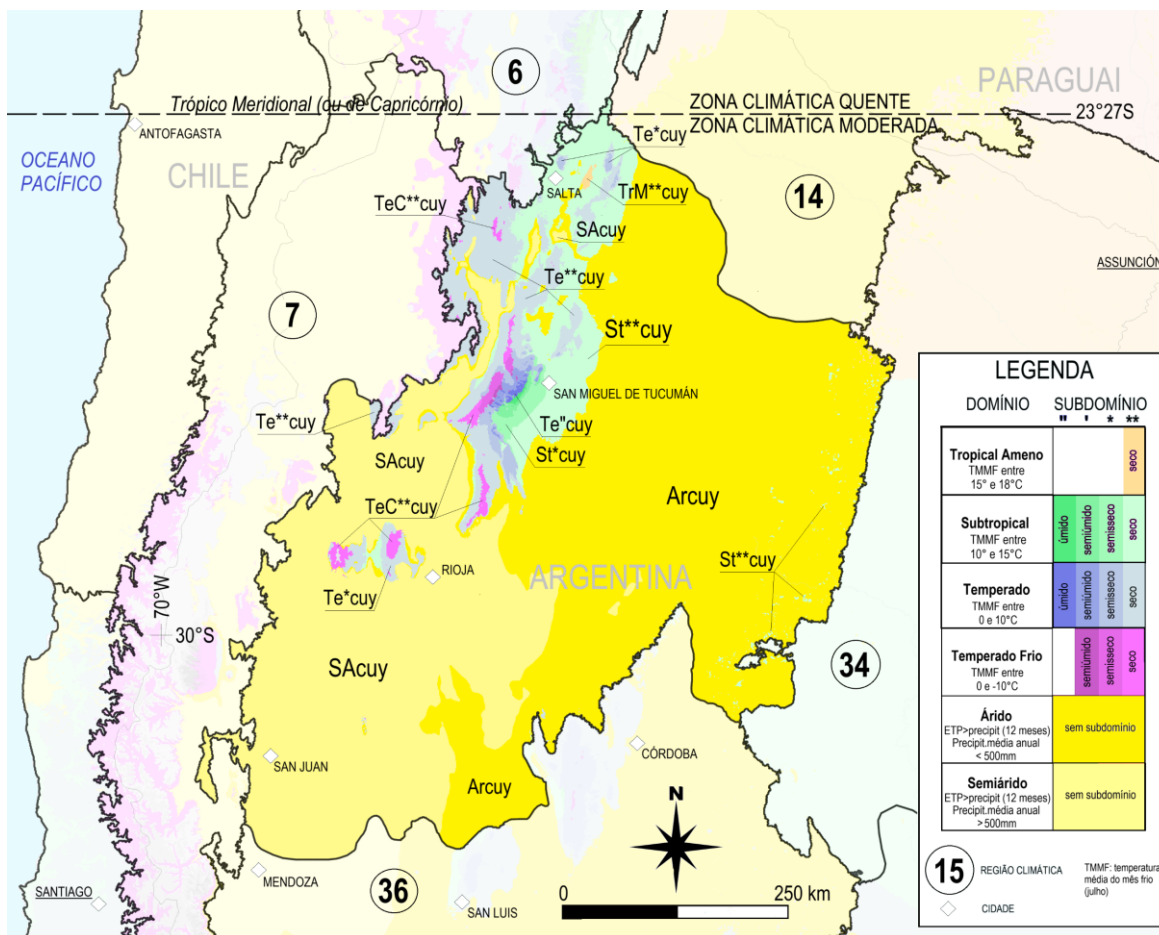
A Região Climática do Cuyo (cuy) está situada no setor ocidental da Argentina, englobando grande parte do noroeste argentino e áreas tradicionalmente associadas à região de mesmo nome (Figura 30). A morfologia da área é marcada pela presença das serras subandinas e pelo lado oriental da Cordilheira dos Andes, o que confere uma complexa variação altitudinal ao território. Essa heterogeneidade altimétrica favorece grandes contrastes de temperatura e precipitação, com áreas de clima árido nos vales e planícies baixas e climas frios e úmidos nas altitudes mais elevadas. As principais bacias hidrográficas são alimentadas por águas de degelo andino, especialmente do rio San Juan, cuja vazão depende diretamente da precipitação nival nas altas cordilheiras, como mostram estudos de Radicella (1982) e Minetti (1985). A vegetação predominante são as estepes, que, em combinação com a morfologia árida e semiárida, compõem paisagens de vegetação esparsa, adaptada às condições climáticas extremas.

As cidades mais expressivas da região são: San Juan, Salta, San Miguel de Tucumán e La Rioja, centros urbanos que se destacam por sua relevância econômica, histórica e cultural, bem como pelo papel na produção agrícola. A economia da região é bastante influenciada pelo clima. A vitivinicultura é a principal atividade agrícola, especialmente nas províncias de Mendoza, San Juan e La Rioja. A presença de rios de regime nival, alimentados por neve da alta cordilheira, permite a irrigação e o cultivo de vinhedos em áreas que, de outra forma, seriam impróprias para a agricultura. Além disso, há produção de frutas, pecuária, mineração e turismo, aproveitando as paisagens únicas dos Andes. Como destacado por Beck *et al.* (2018), a variabilidade altitudinal também contribui para a diversidade climática e de usos da terra.

Do ponto de vista climático, a região está inserida em uma zona de transição entre o Domínio Subtropical e o Domínio Árido. A influência da altitude e da barreira orográfica dos Andes gera importantes variações de precipitação: as áreas a barlavento, voltadas para o oeste, são

extremamente secas, enquanto as encostas orientais recebem maior umidade vinda de massas de ar atlânticas. Os sistemas atmosféricos atuantes variam conforme a posição e a altitude, com destaque para a ação do Anticiclone do Pacífico Sul (ASPS), de massas polares e dos ventos úmidos provenientes do Atlântico (Quadro 29).

Figura 30 – Região Climática do Cuyo.



Regiões Climáticas adjacentes: 6) dos Andes Centrais; 7) dos Andes Meridionais; 14) do Chaco; 34) Mesopotâmia Platina; 36) dos Pampas Argentinos.

Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth, QGis – Pritzen.

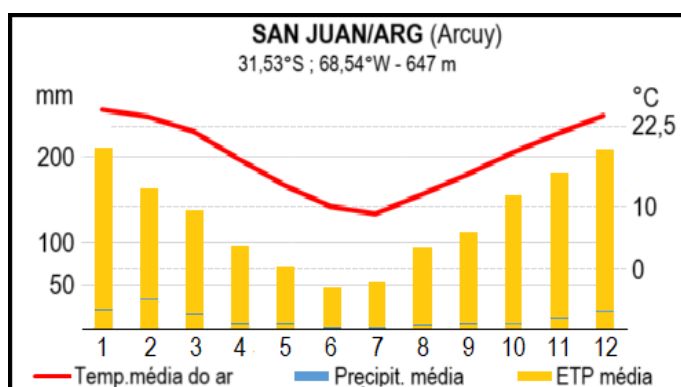
Quadro 29 – Aspectos geográficos da Região do Cuyo.

Área da Região Climática (km ²)	464.031
Altitude média (m)	891
Bacias hidrográficas	San Juan
Vegetação natural predominante	Estepes
Principais cidades	San Juan, San Miguel de Tucumán, Salta, Rioja (ARG)
Temperatura média anual (°C)	16,8
Temperatura média do mês mais frio – jul (°C)	9,5
Precipitação média anual (mm)	771
Evapotranspiração potencial (mm)	1.449
Principais sistemas atmosféricos atuantes	ASPS

Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth, Reboita *et al.* (2010) e Ross (2019).

O climograma da cidade de San Juan (Arcuy) confirma a condição de aridez dessa área, com precipitação mensal frequentemente abaixo de 10 mm e uma evapotranspiração muito superior ao volume de chuvas, acentuando o déficit hídrico ao longo de todo o ano. A temperatura média anual é de aproximadamente 16,8 °C, com mínimas no inverno em torno de 9 °C, o que denota um clima moderadamente temperado, porém seco. A distribuição térmica e hídrica reforça a classificação climática árida para essa parte do território (Figura 31).

Figura 31 – Climograma de San Juan, Argentina (Arcuy).



Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth.

O Quadro 30 revela a ampla diversidade climática da região, expressa na coexistência de domínios tropicais, subtropicais, temperados, temperado frios, áridos e subglaciais. A maior parte da área está classificada como Semiárido do Cuyo (SAcuy) e Árido do Cuyo (Arcuy), com precipitações inferiores a 1.000 mm anuais e ETP superior a 1.500 mm, o que caracteriza 12 meses com déficit hídrico. Nas porções mais elevadas da cordilheira, registram-se um Subdomínio Temperado Frio Seco (TeC**cuy) e até mesmo Subglacial Seco (Sg**cuy), com temperaturas extremamente baixas e invernos rigorosos. Também se destacam os climas subtropicais semissecos (St*cuy) e temperados semissecos (Te*cuy), onde ocorre alguma estacionalidade de chuvas, mas ainda com elevado déficit hídrico.

Em suma, a Região do Cuyo se caracteriza por sua ampla complexidade climática, resultado da interação entre fatores orográficos, latitudinais e atmosféricos. Essa diversidade se expressa em múltiplos subdomínios, que vão desde climas áridos e extremamente secos até climas temperados e subglaciais em altitudes elevadas. A economia regional está fortemente condicionada pelas limitações hídricas, sendo sustentada por sistemas de irrigação vinculados ao regime nival. Cidades como San Juan, Salta, Tucumán e La Rioja concentram as atividades econômicas mais relevantes da região, que se destaca por sua produção vinícola, variedade climática e importância ambiental.

Quadro 30 – Tipologia e parâmetros climáticos da Região do Cuyo.

Código Climático	Nome (5ª hierarquia)	Climas Zonais	TMMF (°C)	Precipitação Média Anual (mm)	ETp Média Anual (mm)	Meses secos (P<ETp)
TrM**cuy	Tropical Ameno seco do Cuyo	Quente	15,0 a 15,2	596 a 1.158	1.283 a 1.666	8 a 11
St''cuy	Subtropical úmido do Cuyo	Moderado	10,0 a 12,3	1.673 a 2.364	989 a 1.163	3
St'cuy	Subtropical semiúmido do Cuyo	Moderado	10,0 a 12,5	1.336 a 2.240	1.064 a 1.284	4 a 5
St*cuy	Subtropical semisseco do Cuyo	Moderado	10,0 a 14,1	986 a 1.802	1.045 a 1.388	6 a 7
St**cuy	Subtropical úmido do Cuyo	Moderado	10,0 a 14,9	494 a 1.568	1.046 a 1.744	8 a 11
Te''cuy	Temperado úmido do Cuyo	Moderado	0,0 a 9,9	1.510 a 2.700	896 a 1.147	2 a 3
Te'cuy	Temperado semiúmido do Cuyo	Moderado	0,0 a 9,9	1.287 a 2.697	928 a 1.305	4 a 5
Te*cuy	Temperado semisseco do Cuyo	Moderado	0,0 a 9,9	846 a 1.939	880 a 1.430	6 a 7
Te**cuy	Temperado seco do Cuyo	Moderado	0,0 a 9,9	370 a 1.608	870 a 1.613	8 a 11
TeC'cuy	Temperado Frio semiúmido do Cuyo	Frio	-7,6 a -0,1	1.614 a 2.757	883 a 1.275	4 a 5
TeC*cuy	Temperado Frio semisseco do Cuyo	Frio	-10,0 a -0,1	1.152 a 1.867	964 a 1.307	6 a 7
TeC**cuy	Temperado Frio seco do Cuyo	Frio	-10,0 a -0,1	428 a 1.332	861 a 1.432	8 a 11
Sg**cuy	Subglacial seco do Cuyo	Frio	-14,2 a -10,1	651 a 1.033	819 a 1.110	8 a 10
SAcuy	Semiárido do Cuyo	Quente / Moderado / Frio	-2,4 a 16,6	500 a 1.027	991 a 2.254	12
Arcuy	Árido do Cuyo	Quente / Moderado / Frio	-9,8 a 14,4	75 a 499	815 a 2.450	12

Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth, QGIS – Pritzen.

16. ILHAS MALVINAS (FALKLANDS)



Rios de pedra, na ilha Soledad. Stanley-Malvinas/Falklands / Grã-Bretanha
Paisagem de *Clima Temperado Úmido das Malvinas (Te^mmvn)*.

(51°67'S , 58°19'W)

Fonte: Coronato *et al.* (2017).

Região Climática das Ilhas Malvinas (mvn)

O arquipélago das Ilhas Malvinas/Falklands, ao sul da costa argentina e sob domínio britânico, tem sido objeto de disputas territoriais desde a era colonial, devido à sua posição estratégica entre os oceanos Atlântico e Pacífico. Segundo Camargo (2014), após a independência da Argentina, o Reino Unido consolidou sua posse, estabelecendo assentamentos na região. Com a abertura do Canal do Panamá, o interesse comercial declinou, dando lugar à relevância geopolítica e militar, especialmente durante conflitos como a Primeira Guerra Mundial e a Guerra Fria. No final do século XX, sua importância cresceu com a possível exploração de recursos energéticos.

As Ilhas Malvinas apresentam um relevo predominantemente plano, composto por montanhas erodidas e extensas planícies cobertas por estepes de gramíneas. As áreas mais baixas abrigam turfeiras e pântanos gramíneos. A presença constante dos ventos marítimos limita o crescimento de vegetação arbórea. A ocupação humana na região é majoritariamente rural, voltada à criação extensiva de ovelhas, com um núcleo urbano concentrado na ilha ocidental responsável pelo fornecimento de bens e serviços diversos (Coronato *et al.*, 2017).

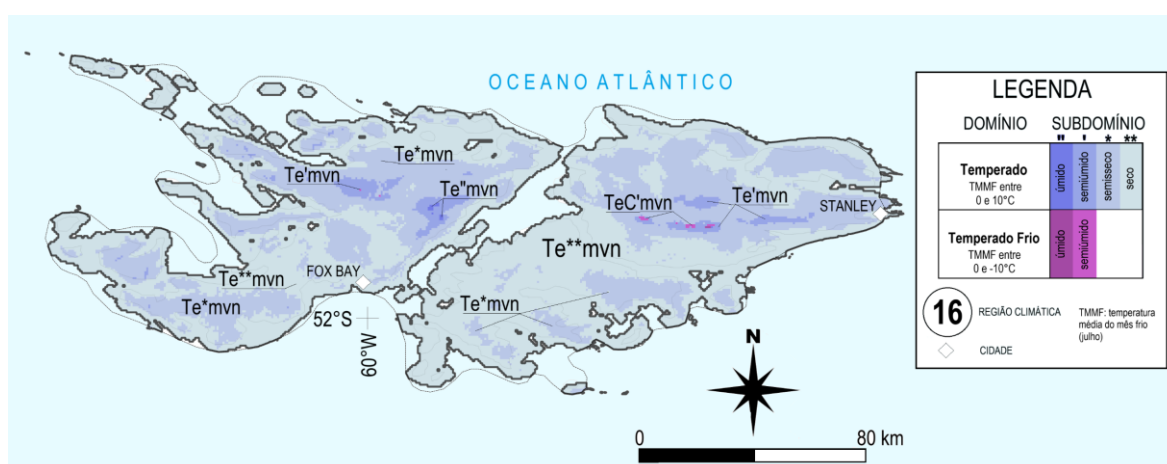
A cobertura vegetal natural das Malvinas é composta por estepes rasteiras, com gramíneas adaptadas ao frio e à seca relativa, uma vez que, apesar das temperaturas baixas e da umidade oceânica constante, a precipitação anual não é elevada e o vento forte potencializa a perda hídrica do solo. Segundo os dados climáticos (Quadro 31), a maior parte da área pertence aos Subdomínios Temperado Seco (Te^{**}mvn) e Temperado Semisseco (Te^{*}mvn), com registros de precipitação inferiores a 750 mm por ano e evapotranspiração média superior a 768 mm.

Em termos hidrográficos, destacam-se os pequenos rios de drenagem direta para o oceano, como o Fitzroy, o San Carlos e o Blackburn, que cortam as principais ilhas. As maiores cidades são Stanley, a capital, localizada na costa leste da Ilha Oriental, e Fox Bay, na Ilha Ocidental, com população reduzida e economia baseada na pesca, pecuária ovina e serviços.

A Região Climática homônima (Figura 32) está localizada em latitudes elevadas do Atlântico Sul, na Zona Climática Fria Meridional, sob influência marcante das massas de ar polares atlânticas. Apresenta Domínios Temperado e Temperado Frio, com predomínio de Subdomínios Seco, Semisseco e Semiúmido.

De modo geral, o clima é condicionado pelas baixas pressões do cinturão subpolar e pela instabilidade advinda das correntes oceânicas frias e do vento constante, especialmente do quadrante oeste. O relevo baixo e suavemente ondulado não oferece obstáculos significativos à circulação atmosférica, favorecendo a homogeneização térmica.

Figura 32 – Região Climática das Ilhas Malvinas.



Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth, QGis – Pritzen.

As ilhas apresentam uma distribuição térmica moderada, com temperaturas médias mensais do mês mais frio (TMMF) entre -0,6 °C e 5,2 °C, revelando forte influência da circulação atmosférica polar e oceânica. A temperatura média anual é de 6,7 °C e a precipitação média anual atinge apenas 622 mm, enquanto a evapotranspiração potencial é superior (901 mm), evidenciando o predomínio de subdomínios mais secos, apesar da elevada latitude.

Quadro 31 – Aspectos geográficos da Região Climática das Ilhas Malvinas.

Área da Região Climática (km ²)	18.275
Altitude média (m)	37
Bacias hidrográficas	Fitzroy, San Carlos, Blackburn
Vegetação natural predominante	Estepes
Principais cidades	Stanley, Fox Bay (GBR)
Temperatura média anual (°C)	6,7
Temperatura média do mês mais frio – jul (°C)	3,3
Precipitação média anual (mm)	622
Evapotranspiração potencial (mm)	901
Principais sistemas atmosféricos atuantes	APA

Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth, Reboita *et al.* (2010) e Ross (2019).

Os dados do climograma de Stanley não foram contabilizados devido a falha de dados do CHELSA para esta área.

Conforme os dados do Quadro 32, a distribuição dos subdomínios climáticos é dominada pelos Subdomínios Temperado Seco e Semisseco, com TMMF sempre abaixo de 5,2 °C. As menores médias de precipitação anual (495 a 747 mm) ocorrem nas porções centrais das ilhas, onde o subdomínio Te**mvn é predominante. Já os subdomínios mais úmidos (Te'mvn e Te"mvn) aparecem restritos a faixas litorâneas e áreas de relevo ligeiramente mais elevado. Os subdomínios do Temperado Frio (TeC'mvn e TeC"mvn), com TMMF negativas, também ocorrem pontualmente, sobretudo nas altitudes maiores e em encostas expostas a ventos oceânicos.

Quadro 32 – Tipologia e parâmetros climáticos da Região das Ilhas Malvinas.

Código Climático	Nome (5ª hierarquia)	Clima Zonal	TMMF (°C)	Precipitação Média Anual (mm)	ETp Média Anual (mm)	Meses secos (P<ETp)
Te"mvn	Temperado úmido das Ilhas Malvinas	Moderado	0,0 a 1,2	952 a 1.028	763 a 847	3
Te'mvn	Temperado semiúmido das Ilhas Malvinas	Moderado	0,0 a 4,4	664 a 993	675 a 905	4 a 5
Te*mvn	Temperado semisseco das Ilhas Malvinas	Moderado	0,0 a 4,8	529 a 924	686 a 1.001	6 a 7
Te**mvn	Temperado seco das Ilhas Malvinas	Moderado	1,6 a 5,2	495 a 747	768 a 1.053	8 a 11
TeC"mvn	Temperado Frio úmido das Ilhas Malvinas	Frio	-0,5 a -0,0	962 a 981	807 a 815	2 a 3
TeC'mvn	Temperado Frio semiúmido das Ilhas Malvinas	Frio	-0,6 a -0,0	843 a 968	745 a 846	4 a 5

Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth, QGis – Pritzen.

Dessa forma, a Região das Ilhas Malvinas apresenta um Clima Zonal Moderado, na sua maior parte, submetidos a forte influência oceânica e polar, ventos constantes e limitada disponibilidade hídrica, fatores que moldam uma paisagem de estepes frias, baixa densidade populacional e elevada fragilidade ambiental.

17. LITORÂNEA AMAZÔNICA



Navegação pelo furo de Breves, ligando o rio Amazonas ao rio Pará. Breves-PA / Brasil
Paisagem de *Clima Equatorial Semiúmido Litorâneo Amazônico* (Eq'oam).

(01°07'S , 50°57'W)

Fonte: Giuliano Tostes Novais (jan/2020).

Região Climática Litorânea Amazônica (oam)

As regiões litorâneas são marcadas pela interação direta com os oceanos Atlântico e Pacífico, e sua codificação na CCN é precedida pela letra "o", de *oceanic*. Elas acompanham as planícies marinhas e os tabuleiros costeiros, limitando-se com planaltos e sistemas montanhosos. A influência oceânica, nesse sentido, é crucial para manter os altos índices de umidade e as temperaturas estáveis.

A Figura 33 mostra a Região Oceânica Amazônica (oam) que abrange o litoral setentrional da Amazônia brasileira, estendendo-se desde a costa do Amapá até a região de Bragança, no Pará, e acompanhando os contornos da baía do Marajó e a foz do rio Amazonas. Trata-se de uma planície costeira de baixa altitude (média de 20 m), amplamente recortada por estuários, manguezais e canais fluviais. O relevo caracteriza-se por áreas alagáveis, planícies sedimentares recentes e paleoterras fluviais, associadas à dinâmica dos grandes rios amazônicos, especialmente o Amazonas e seus afluentes do estuário (Ross, 2019). A paisagem natural predominante é a floresta equatorial úmida, com variações regionais influenciadas por áreas de várzea e manguezal.

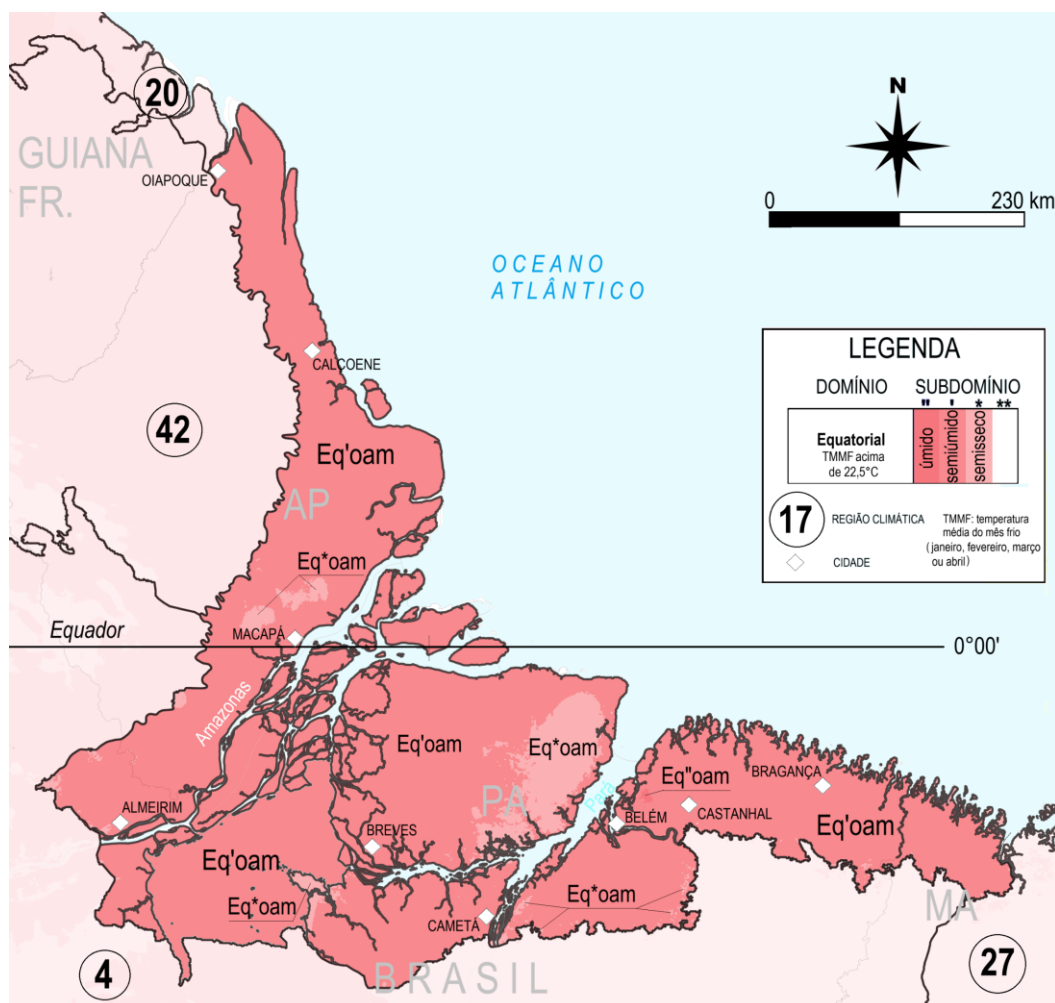
A vegetação amazônica litorânea, embora compartilhe a exuberância da floresta equatorial, é moldada por fatores hidrológicos e salinos. Nas porções costeiras da Ilha do Marajó, por exemplo, há a coexistência de florestas de terra firme, igapós, campos naturais e extensos manguezais. A influência das marés atlânticas e o regime flúvio-marinho tornam essa região única em biodiversidade e processos ecológicos.

A foz do rio Amazonas, uma das maiores e mais complexas do mundo, tem papel vital na configuração climática e ecológica da região. A descarga hídrica colossal do rio interage com as correntes oceânicas, influenciando o clima costeiro, os padrões de salinidade e a dinâmica de sedimentos em áreas como o Marajó e o litoral paraense. Além disso, a região é estratégica para o transporte fluvial, a pesca, o extrativismo, o turismo ecológico e, agora, como potencial energético, pois abriga a mais nova bacia petrolífera brasileira.

Entre os principais centros urbanos da região destacam-se Belém e Macapá (Quadro 33). A capital paraense, encravada entre o estuário amazônico e a baía do Guajará, é um centro de referência histórico, portuário e cultural da Amazônia. Já Macapá, às margens do Amazonas e exatamente sobre a linha do Equador, destaca-se por sua posição geográfica simbólica e seu papel regional. A Ilha de Marajó, por sua vez, é a maior ilha fluviomarinha do mundo e apresenta grande diversidade ecológica, cultural e climática, abrigando paisagens que vão desde campos naturais e florestas até regiões de savana estuarina.

A linha do Equador corta esta região climática, dividindo-a entre os hemisférios Norte e Sul. Segundo Novais (2019; 2023a), trata-se da zona de maior incidência solar do planeta, com padrão de iluminação favorecido por elevadas temperaturas, o que contribui para a intensa atividade convectiva que mantém o regime climático equatorial típico da região.

Figura 33 – Região Climática Litorânea Amazônica.



Regiões Climáticas adjacentes: 4) Amazônica Oriental; 20) Litorânea das Guianas; 27) Litorânea Norte do Brasil; 42) do Tumucumaque.

Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth, QGis – Pritzen.

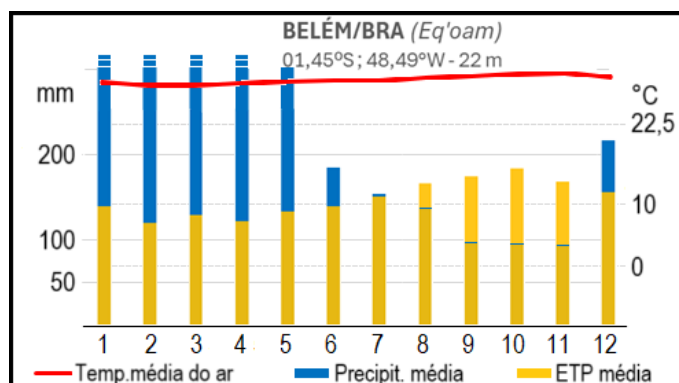
Quadro 33 – Aspectos geográficos da Região Climática Litorânea Amazônica.

Área da Região Climática (km ²)	171.735
Altitude média (m)	20
Bacias hidrográficas	Amazonas, Tocantins
Vegetação natural predominante	Floresta equatorial (Amazônica)
Principais cidades	Belém, Macapá, Castanhal, Breves, Soure (BRA)
Temperatura média anual (°C)	26,8
Temperatura média do mês mais frio – julho (°C)	25,7
Precipitação média anual (mm)	2.640
Evapotranspiração potencial (mm)	1.710
Sistemas atmosféricos atuantes	ZCIT

Fonte: Cavalcanti *et al.* (2009), CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth, IBGE (2025), Reboita *et al.* (2010) e Ross (2019).

Na Figura 34, o climograma de Belém do Pará (Brasil) representa com clareza o regime do Domínio Equatorial Semiúmido Amazônico, inserido na Zona Climática Tórrida. As temperaturas médias mantêm-se elevadas e praticamente constantes ao longo do ano, em torno de 27 °C, com amplitude térmica anual inferior a 1,5 °C, reflexo da posição próxima à linha do Equador e da forte insolação. A precipitação apresenta totais anuais superiores a 2.800 mm, com nítido predomínio das chuvas de janeiro a maio, quando a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) atinge sua posição mais austral e intensifica a convecção sobre o norte do Brasil. Entre agosto e novembro, observa-se um período menos chuvoso, mas com precipitação mensal superior a 100 mm. A evapotranspiração potencial (ETp), elevada durante todo o ano, é amplamente superada pela precipitação em quase todos os meses, resultando em balanço hídrico positivo contínuo. Esse comportamento define o clima Eq'oom, caracterizado por TMMF de 26,2 °C em março, alta umidade, precipitação acima de 2.800 mm e quatro meses secos ($P < ETp$). O clima quente e úmido de Belém sustenta a Floresta Ombrófila Densa Amazônica, marcada por alta evapotranspiração real, intensa reciclagem de umidade e elevada produtividade biológica, refletindo o equilíbrio atmosférico e ecológico típico da faixa equatorial atlântica da Amazônia brasileira.

Figura 34 – Climograma de Belém, Brasil (Eq'oom).



Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth.

Nesta Região Climática há uma predominância de tipos Equatoriais Úmido (Eq''oam), Semiúmido (Eq'oam) e Semisseco (Eq*oam), todos de Clima Zonal Tórrido, com temperatura média do mês mais frio acima de 22,5 °C. A pluviosidade anual é elevada, variando de 1.576 a 4.183 mm, e a evapotranspiração potencial (ETp) oscila entre 1.451 e 2.284 mm, com 3 a 7 meses secos ($P < ETp$), dependendo do subdomínio (Quadro 34).

Quadro 34 – Tipologia e parâmetros climáticos da Região Litorânea Amazônica.

Código Climático	Nome (5ª hierarquia)	Clima Zonal	TMMF (°C)	Precipitação Média Anual (mm)	ETp Média Anual (mm)	Meses secos ($P < ETp$)
Eq''oam	Equatorial úmido Litorâneo Amazônico	Tórrido	25,9 a 26,0	3.118 a 3.216	1.716 a 1,783	3
Eq'oam	Equatorial semiúmido Litorâneo Amazônico	Tórrido	23,1 a 26,4	1.590 a 4.183	1.451 a 2.197	4 a 5
Eq*oam	Equatorial semisseco Litorâneo Amazônico	Tórrido	25,0 a 26,4	1.576 a 2.925	1.559 a 2.284	6 a 7

Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth, QGis – Pritzen.

Desse modo, a Região Oceânica (Litorânea) Amazônica representa uma das áreas mais úmidas e climaticamente estáveis da América do Sul, com intensas trocas entre o continente e o oceano, rica biodiversidade e expressiva relevância urbana, ecológica e cultural para a Amazônia brasileira.

18. LITORÂNEA CENTRAL DO CHILE



Rochas sedimentares na praia de Reñaca. Viña del Mar / Chile

(32°58'S , 71°33'W)

Paisagem de *Clima Subtropical Seco Litorâneo Central do Chile (St**occ)*.

Fonte: Giuliano Tostes Novais (jan/2025).

Região Climática Litorânea Central do Chile

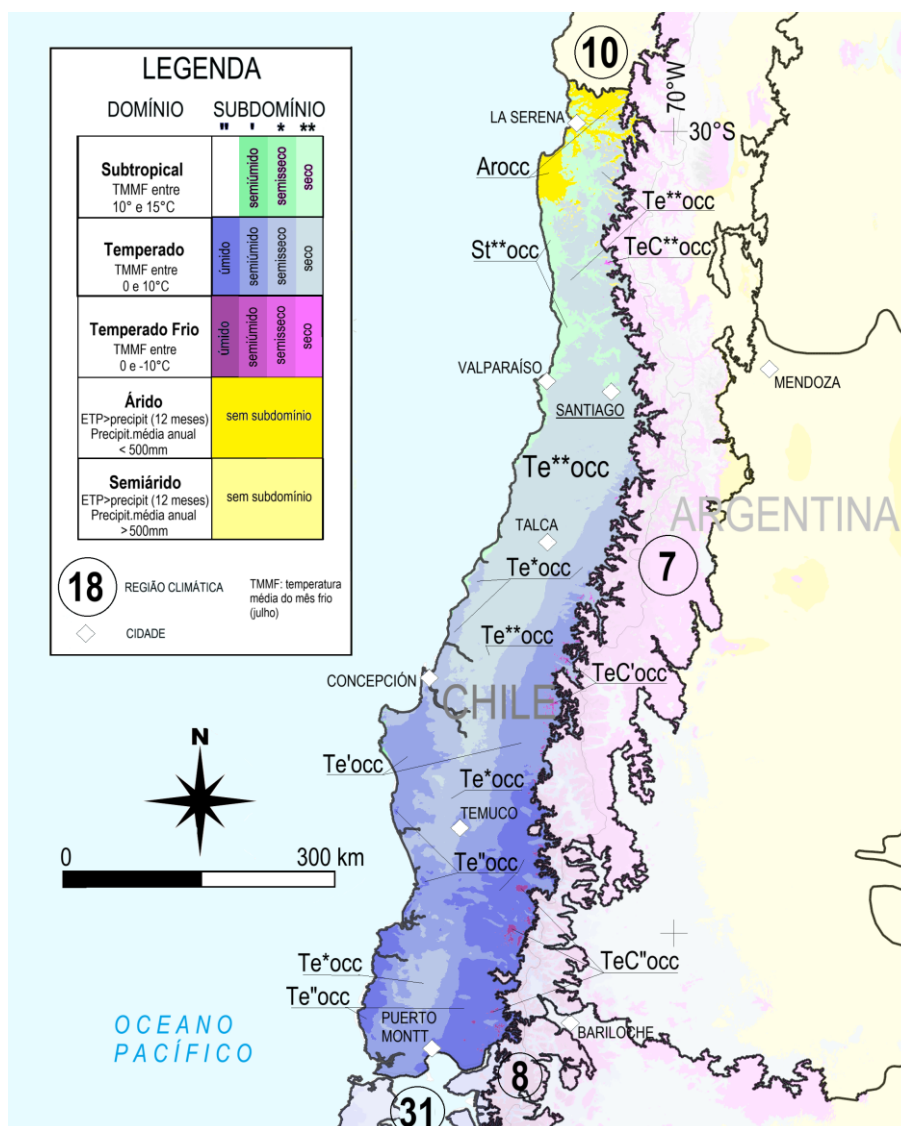
A Região Oceânica Central do Chile (Figura 35) possui uma configuração estreita e longitudinal entre o Oceano Pacífico e a Cordilheira dos Andes. Com uma área de 177.345 km² e altitude média de 753 metros, sua geografia é marcada por vales férteis, relevos costeiros, serras interiores e depressões intermediárias, que propiciam uma diversidade de climas locais. A rede hidrográfica é formada por cursos d'água que descem dos Andes em direção ao Pacífico. O domínio vegetal original é composto por florestas temperadas e vegetação mediterrânea, bastante modificadas pelas atividades humanas. O clima ameno e os solos férteis da região favorecem a agricultura, especialmente vinhedos, frutas e hortaliças.

Entre os sistemas geográficos e atmosféricos atuantes, destacam-se a Alta Subtropical do Pacífico Sul (ASPS), a Corrente Fria de Humboldt, o jato subtropical e, eventualmente, sistemas frontais vindos do sul. Essas dinâmicas são responsáveis por um padrão climático em que predomina a concentração das chuvas no outono e inverno e verões mais secos (Clima Mediterrâneo de Strahler). A temperatura média anual é de 11,4 °C, e a média do mês mais frio (julho) é de 6,2 °C, o que revela o predomínio de climas temperados. A precipitação média anual é elevada, com 1.680 mm, enquanto a evapotranspiração potencial (ETp) anual é de 1.124 mm (Quadro 35).

Ao longo da costa, nota-se uma transição gradual do deserto à estepe ao sul de Coquimbo, com elevada frequência de neblina e vegetação estépica que floresce durante a estação úmida. Mais ao sul, consolida-se o clima mediterrâneo, marcado por forte sazonalidade das chuvas, que vêm se tornando mais concentradas e escassas. A calmaria atmosférica nessa região contribui para a estagnação de poluentes na baixa troposfera. Após a Cordilheira de Nahuelbuta, configura-se uma

“ilha climática” na região de Angol: o lado de barlavento registra até 3.000 mm anuais, com florestas densas, enquanto o lado de sotavento, mais seco, apresenta precipitações abaixo de 1.200 mm e substituição das florestas por pastagens.

Figura 35 – Região Climática Litorânea Central do Chile.



Regiões Climáticas adjacentes: 7) dos Andes Meridionais; 8) dos Andes Patagônicos; 10) do Atacama; 31) Litorânea Sul do Chile.

Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth, QGis – Pritzen.

Entre as principais cidades da região destacam-se Santiago, capital do Chile, Valparaíso e Viña del Mar, na costa central, além de Concepción, Temuco e Puerto Montt, mais ao sul. Esses centros urbanos concentram a maior parte da população e das atividades econômicas do país, formando o eixo econômico e político do Chile. A configuração climática amena, aliada à localização entre montanhas e mar, também favorece o turismo e a produção agrícola de alto valor agregado, como os vinhos reconhecidos mundialmente.

A cidade de Santiago é situada em um vale cercado pelas cordilheiras dos Andes e da Costa, e concentra grande parte da população, da economia e das instituições do país. A oeste, o porto de Valparaíso se destaca como o mais importante do Chile, onde a corrente fria de Humboldt gera nevoeiros frequentes e temperaturas amenas, que, junto com Viña del Mar, integra um eixo urbano

estratégico que conecta o litoral ao centro administrativo de Santiago, consolidando a relevância econômica e cultural desta faixa litorânea do Chile central.

Esta região encontra-se integralmente na Zona Climática Moderada, entre os paralelos do Trópico de Capricórnio e do Subtrópico Meridional (46°54'S), a faixa moderada é caracterizada por receber alta incidência solar somente no verão, sem que o Sol fique a pino (zênite) em nenhum momento do ano. A altura mínima do Sol no horizonte durante o inverno é de 19°39', o que implica em diferenças expressivas na duração dos dias entre os solstícios. Essa sazonalidade é claramente refletida nos padrões climáticos da região, com invernos chuvosos e verões relativamente secos, sendo uma das áreas mais representativas na América do Sul do chamado clima Mediterrâneo.

Quadro 35 – Aspectos geográficos da Região Climática Litorânea Central do Chile.

Área da Região Climática (km ²)	177.345
Altitude média (m)	753
Bacias hidrográficas	Maipo, Maule, Bióbio
Vegetação natural predominante	Estepes e florestas subtropicais
Principais cidades	Santiago, Valparaíso, Viña del Mar, Concepción, Puerto Montt (CHL)
Temperatura média anual (°C)	11,4
Temperatura média do mês mais frio – julho (°C)	6,2
Precipitação média anual (mm)	1.680
Evapotranspiração potencial (mm)	1.124
Sistemas atmosféricos atuantes	ASPS

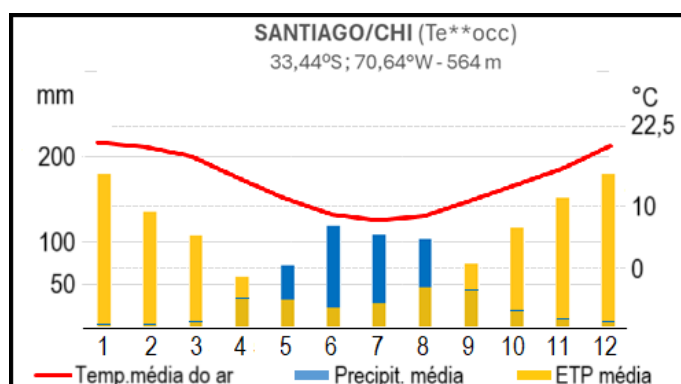
Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth, Reboita *et al.* (2010) e Ross (2019).

O climograma de Santiago do Chile (Figura 36) expressa o comportamento típico do Domínio Temperado Seco Litorâneo Central do Chile, situado na Zona Climática Moderada. A temperatura média anual aproxima-se de 14 °C, com médias acima de 20 °C no verão (dezembro a fevereiro) e em torno de 8 °C no inverno (junho a agosto), configurando amplitude térmica anual moderada e marcante sazonalidade térmica. O regime pluviométrico é nitidamente concentrado no inverno, com precipitações expressivas entre maio e agosto, associadas à passagem de frentes frias do Pacífico Sul, enquanto de setembro a abril predomina um longo período de estiagem, com valores mensais inferiores a 50 mm. A evapotranspiração potencial (ETp) apresenta o comportamento inverso, atingindo picos no verão, quando a precipitação é mínima, o que resulta em um balanço hídrico amplamente deficitário por oito meses do ano. Esse padrão climático, característico de transição entre o temperado e o semiárido, define o clima Temperado Seco Litorâneo Central do Chile (Te**occ), com TMMF de 8 °C, precipitação anual de 450 mm e ETp com mais de 1.000 mm. O clima seco e ensolarado de Santiago é condicionado pela Corrente Fria de Humboldt e pela estabilidade atmosférica subtropical, fatores que limitam a umidade e determinam um ambiente seco, com vegetação de estepes mediterrâneas e arbustos xerófitos, típico do vale central chileno.

O Quadro 36 revela uma complexa gradação climática ao longo da costa. No Domínio Subtropical, encontram-se os Subdomínios St'occ (Semiúmido, 5 meses secos), St*occ (Semisseco, 6 a 7 meses secos) e St**occ (Seco, com 8 a 11 meses secos), situados nas porções mais ao norte, como na região de La Serena. À medida que se avança para o sul, predominam os climas Temperados, como o Te"occ (Úmido, até 3 meses secos) e o Te'occ (Semiúmido, 4 a 5 meses), com ocorrências em áreas como Talca, Concepción e Temuco. Nas faixas mais frias e úmidas do sul da região, como Puerto Montt, surgem os climas TeC"occ (Temperado Frio Úmido) e TeC'occ (Temperado Frio Semiúmido), com temperaturas do mês mais frio abaixo de 0 °C e elevada pluviosidade, superando

os 5.000 mm anuais em alguns trechos. Ainda há ocorrência de subdomínios mais secos, como Te*occ, Te**occ, TeC*occ e TeC**occ, além de áreas classificadas como semiáridas (SAocc) e áridas (Arocc), nos limites setentrionais.

Figura 36 – Climograma de Santiago, Chile (Te**occ).



Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth.

Quadro 36 – Tipologia e parâmetros climáticos da Região Litorânea Central do Chile.

Código Climático	Nome (5ª hierarquia)	Climas Zonais	TMMF (°C)	Precipitação Média Anual (mm)	ETp Média Anual (mm)	Meses secos (P<ETp)
St'occ	Subtropical semiúmido Litorâneo Central do Chile	Moderado	10,0 a 10,4	1.589 a 1.910	1.029 a 1.203	5
St*occ	Subtropical semisseco Litorâneo Central do Chile	Moderado	10,0 a 10,7	1.058 a 1.795	1.044 a 1.335	6 a 7
St**occ	Subtropical seco Litorâneo Central do Chile	Moderado	10,0 a 12,9	117 a 1.249	1.023 a 1.689	8 a 11
Te"occ	Temperado úmido Litorâneo Central do Chile	Moderado	0,0 a 9,5	1.776 a 5.331	577 a 1.275	0 a 3
Te'occ	Temperado semiúmido Litorâneo Central do Chile	Moderado	0,0 a 9,9	1.157 a 3.436	764 a 1.383	4 a 5
Te*occ	Temperado semisseco Litorâneo Central do Chile	Moderado	0,0 a 9,9	392 a 2.568	806 a 1.494	6 a 7
Te**occ	Temperado seco Litorâneo Central do Chile	Moderado	0,0 a 9,9	147 a 1.294	822 a 1.748	8 a 11
TeC"occ	Temperado Frio úmido Litorâneo Central do Chile	Frio	-5,9 a -0,1	2.757 a 5.977	642 a 1.154	0 a 3
TeC'occ	Temperado Frio semiúmido Litorâneo Central do Chile	Frio	-3,6 a -0,1	2.111 a 3.423	936 a 1.291	4 a 5
TeC*occ	Temperado Frio semisseco Litorâneo Central do Chile	Frio	-2,7 a -0,1	894 a 2.410	984 a 1.342	6 a 7
TeC**occ	Temperado Frio seco litorâneo central do Chile	Frio	-3,3 a -0,1	328 a 938	934 a 1.405	8 a 11
SAocc	Semiárido Litorâneo Central do Chile	Moderado / Frio	-1,7 a 1,0	502 a 553	1.389 a 1.537	12
Arocc	Árido Litorâneo Central do Chile	Moderado / Frio	-4,5 a 13,0	97 a 491	1.169 a 1.760	12

Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth, QGis – Pritzen.

Em suma, a Região Oceânica Central do Chile distingue-se por sua notável diversidade climática, determinada tanto pela latitude quanto pela complexa interação entre relevo, Corrente de Humboldt e sistemas atmosféricos subtropicais e polares. A presença de climas subtropicais, temperados e até áridos ao longo de sua estreita faixa litorânea revela a importância dos fatores geográficos e atmosféricos locais. A combinação entre alta pluviosidade invernal, verões secos e temperaturas amenas favorece a presença de grandes centros urbanos e agrícolas, como Santiago e Valparaíso, inseridos em paisagens que vão da estepe costeira ao denso manto florestal mais ao sul. Situada inteiramente na Zona Climática Moderada, a região apresenta uma marcada sazonalidade solar, que acentua a diferença entre as estações e contribui para o dinamismo ambiental e socioeconômico dessa importante faixa do território chileno.

19. LITORÂNEA DA VENEZUELA



Vista do Parque Nacional Waraira Repano. Caracas / Venezuela

(10°30'N , 66°52'W)

Paisagem de *Clima Tropical Ameno Semissecos Litorâneo da Venezuela (TrM*ove)*.

Fonte: Dimaris Gomez (ago/2020).

Região Climática Litorânea da Venezuela (ove)

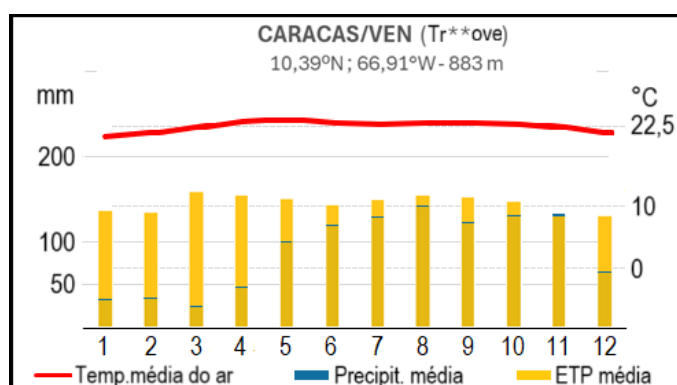
A Região Climática Litorânea da Venezuela (Figura 37) abrange uma faixa litorânea extensa e irregular do norte venezuelano, delimitada ao norte pelo Mar do Caribe e ao sul por transições de relevo que incluem serras, depressões e vales intermontanos. Com área de 88.176 km² e altitude média de 323 metros (Quadro 37), essa região se caracteriza por paisagens variadas, marcadas por serras costeiras, planícies fluviais e terrenos colinosos, como os que cercam a Cordilheira de la Costa. A localização estratégica próxima ao Subequador Setentrional garante elevada incidência solar ao longo do ano.

A vegetação natural predominante varia de florestas tropicais úmidas no leste, particularmente no entorno do delta do Orinoco, até formações xerófilas e estepes no setor ocidental, próximo à península de Paraguaná e à região de Coro. Esse contraste ecológico reflete os gradientes climáticos internos da região, que também impactam a disponibilidade hídrica nas diferentes bacias hidrográficas. As paisagens naturais são moldadas por essa diversidade climática, com presença de manguezais, savanas costeiras, matas tropicais e áreas semiáridas, representando diferentes biomas sob influência marítima.

Destaca-se na região a cidade de Caracas, capital da Venezuela, localizada em um vale intramontano com características de clima Tropical Ameno Semiúmido, fortemente influenciado pela altitude. Outros centros urbanos relevantes incluem Maracay, Barcelona, Cumaná e La Guaira, este último fundamental para o comércio internacional por meio do porto de maior movimentação do país. A economia local é bastante heterogênea, integrando turismo litorâneo, agricultura, pesca, indústria petroquímica e atividade portuária. A presença de zonas de sequeiro e o contraste climático entre litoral e interior exigem planejamento hídrico criterioso para a sustentabilidade das atividades humanas.

e constantes durante todo o ano, em torno de 22,5 °C, com amplitude térmica inferior a 2 °C, reflexo da baixa latitude e da altitude moderada que suaviza o calor típico das áreas costeiras. A precipitação anual é baixa e irregular, em torno de 1.100 mm, com leve aumento entre junho e novembro, quando a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) alcança sua posição mais setentrional. Durante a maior parte do ano, especialmente de dezembro a abril, predomina forte déficit hídrico, com a evapotranspiração potencial (ETp) superando amplamente as chuvas, evidência de um balanço hídrico negativo persistente. O clima correspondente é Tr**ove, caracterizado por TMMF de 21,3 °C em janeiro, precipitação média anual de 1.105 mm, ETp anual acima de 1.750 mm e onze meses secos (P < ETp). Esse regime climático, condicionado pela influência dos Alísios de Nordeste e pelo relevo das cordilheiras costeiras, favorece paisagens de savana seca e vegetação caducifólia, além de solos suscetíveis à erosão e à escassez hídrica.

Figura 38 – Climograma de Caracas, Venezuela (Tr**ove).



Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth.

O Quadro 38 mostra uma tipologia climática que revela a presença de Climas Zonais predominantemente Tórridos e Quentes, com algumas áreas azonais em cotas mais elevadas. A região abriga uma das maiores diversidades de tipos litorâneos da América do Sul, totalizando 22 códigos distintos, incluindo todos os subdomínios equatoriais e tropicais (úmido a seco), bem como Domínios Tropicais Amenos, Subtropicais, Áridos e Semiáridos. O Domínio Equatorial aparece em variações desde o Eq"ove até o Eq**ove, refletindo diferentes balanços hídricos e sazonalidade. O Domínio Tropical também se apresenta em gradações completas (Tr"ove a Tr**ove), com domínio Tropical Ameno nas encostas da Cordilheira de la Costa (TrM"ove a TrM**ove). Destaca-se, ainda, a ocorrência de climas azonais subtropicais secos (Stove), associados a efeitos adiabáticos e orográficos.

Assim, a Região Oceânica da Venezuela se configura como uma unidade climática litorânea extremamente complexa, onde se combinam influências astronômicas, marinhas, orográficas e atmosféricas, justificando plenamente a divisão em múltiplos códigos climáticos. A coexistência de domínios equatoriais, tropicais, semiáridos, áridos e azonais, dentro de um espaço relativamente reduzido, evidencia o sucesso da abordagem hierárquica e multiescalar da CCN, demonstrando como a integração entre dados climáticos, relevo e localização continental permite uma representação climática coerente e detalhada para fins acadêmicos, ambientais e de planejamento territorial.

Quadro 38 – Tipologia e parâmetros climáticos da Região Litorânea da Venezuela.

Código Climático	Nome (5ª hierarquia)	Climas Zonais	TMMF (°C)	Precipitação Média Anual (mm)	ETp Média Anual (mm)	Meses secos (P<ETp)
Eq''ove	Equatorial Úmido Litorâneo da Venezuela	Tórrido	22,5 a 25,3	2.040 a 2.593	1.475 a 1.777	2 a 3
Eq'ove	Equatorial Semiúmido Litorâneo da Venezuela	Tórrido	22,5 a 25,7	1.370 a 2.541	1.490 a 2.105	4 a 5
Eq*ove	Equatorial Semisseco Litorâneo da Venezuela	Tórrido	22,5 a 25,9	1.203 a 2.232	1.535 a 2.205	6 a 7
Eq**ove	Equatorial Seco Litorâneo da Venezuela	Tórrido	22,5 a 25,9	1.044 a 1.649	1.561 a 2.255	8 a 11
EqM''ove	Equatorial Ameno úmido Litorâneo da Venezuela	Quente	21,0 a 22,4	2.276 a 2.527	1.466 a 1.574	3
EqM'ove	Equatorial Ameno semiúmido Litorâneo da Venezuela	Quente	20,8 a 22,4	1.359 a 2.364	1.514 a 1.802	4 a 5
EqM*ove	Equatorial Ameno semisseco Litorâneo da Venezuela	Quente	19,4 a 22,4	1.212 a 1.732	1.532 a 1.875	6 a 7
EqM**ove	Equatorial Ameno seco Litorâneo da Venezuela	Quente	20,2 a 22,4	1.141 a 1.645	1.546 a 1.922	8 a 11
Tr''ove	Tropical úmido Litorâneo da Venezuela	Tórrido / Quente	18,0 a 24,6	1.952 a 2.520	1.369 a 1.667	3
Tr'ove	Tropical semiúmido Litorâneo da Venezuela	Tórrido / Quente	18,0 a 25,4	1.101 a 2.495	1.286 a 1.978	4 a 5
Tr*ove	Tropical semisseco Litorâneo da Venezuela	Tórrido / Quente	18,0 a 25,8	1.060 a 2.296	1.329 a 2.181	6 a 7
Tr**ove	Tropical seco Litorâneo da Venezuela	Tórrido / Quente	18,0 a 27,2	690 a 1.689	1.374 a 2.329	8 a 11
TrM''ove	Tropical Ameno úmido Litorâneo da Venezuela	Quente	16,8 a 17,9	2.025 a 2.308	1.388 a 1.538	3
TrM'ove	Tropical Ameno semiúmido Litorâneo da Venezuela	Quente	15,0 a 17,9	1.148 a 2.251	1.286 a 1.978	4 a 5
TrM*ove	Tropical Ameno semisseco Litorâneo da Venezuela	Quente	15,0 a 17,9	1.135 a 2.099	1.363 a 1.805	6 a 7
TrM**ove	Tropical Ameno seco Litorâneo da Venezuela	Quente	15,0 a 17,9	1.138 a 1.697	1.521 a 1.804	8 a 10
St'ove	Subtropical semiúmido Litorâneo da Venezuela	Azonal Moderado	13,1 a 14,9	1.250 a 2.017	1.356 a 1.599	4 a 5
St*ove	Subtropical semisseco Litorâneo da Venezuela	Azonal Moderado	11,6 a 14,9	1.215 a 2.016	1.369 a 1.709	6 a 7
St**ove	Subtropical seco Litorâneo da Venezuela	Azonal Moderado	13,4 a 14,9	1.233 a 1.316	1.568 a 1.697	8 a 9
SAove	Semiárido Litorâneo da Venezuela	Tórrido / Quente	19,5 a 26,8	500 a 1.340	1.520 a 2.485	12
Arove	Árido Litorâneo da Venezuela	Tórrido	24,1 a 25,1	309 a 499	1.743 a 2.194	12

Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth, QGIS – Pritzen.

20. LITORÂNEA DAS GUIANAS



Arquitetura colonial da capital surinamesa. Paramaribo / Suriname
Paisagem de *Clima Equatorial Úmido Litorâneo das Guianas* (Eq^ogu).

(05°49'N , 55°14'W)

Fonte: R. Appels (2009).

Região Climática Litorânea das Guianas (ogu)

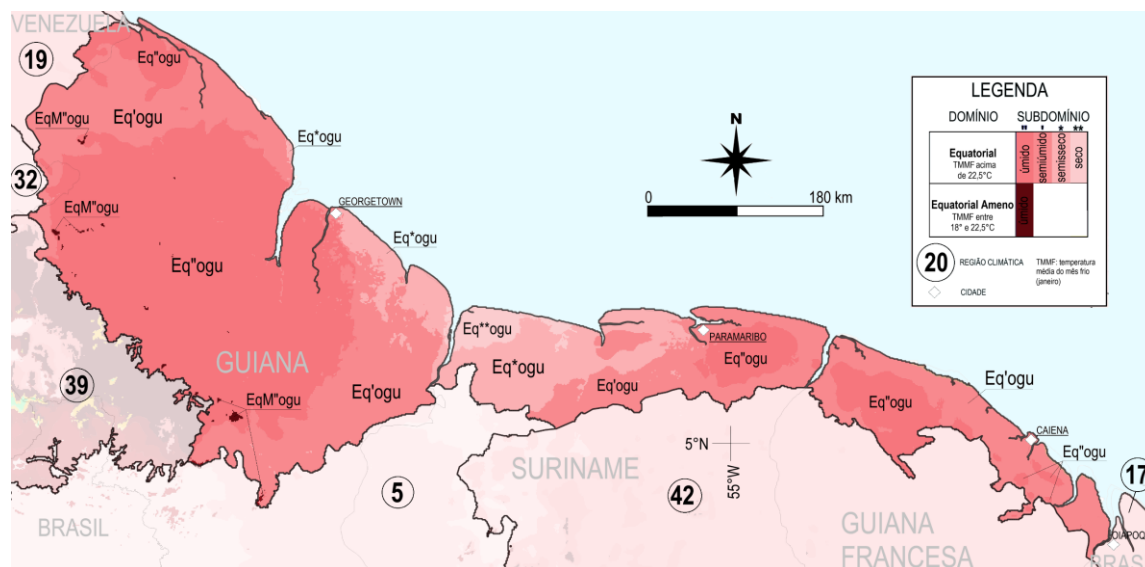
A Figura 39 mostra a Região Climática Litorânea das Guianas que se estende por uma estreita faixa costeira dos países da Guiana, Suriname e Guiana Francesa, totalizando uma área de 139.023 km². Seu relevo é baixo, com altitude média de apenas 115 metros, predominando planícies costeiras úmidas recobertas por florestas tropicais densas. A região é drenada por rios de médio porte que desembocam diretamente no Oceano Atlântico, como o Essequibo (Guiana), o Suriname e o Maroni (fronteira entre Suriname e Guiana Francesa), sendo todos influenciados pelas chuvas constantes e pela dinâmica das marés. A vegetação natural é dominada pela Floresta Amazônica, com trechos de manguezais nos estuários e restingas nas faixas mais próximas ao litoral. Dentre os principais centros urbanos situados nesta região destacam-se Georgetown (capital da Guiana), Paramaribo (capital do Suriname) e Caiena (capital da Guiana Francesa), todas com portos históricos e concentração populacional (Quadro 39).

Do ponto de vista atmosférico, a atuação da ZCIT ao longo de praticamente todo o ano é o principal fator regulador do clima da região. Durante seu deslocamento meridional e setentrional, a ZCIT determina dois períodos chuvosos bem definidos (o maior entre maio e julho, e o menor entre dezembro e janeiro), intercalados por dois breves veranicos, com predomínio de tempo seco, especialmente entre os meses de setembro e outubro. Essa alternância sazonal da precipitação configura o regime climático típico do litoral norte da América do Sul, com elevado total pluviométrico anual e reduzidas variações térmicas. A temperatura média anual é de 25,6 °C, com mínima em julho

(24,6 °C), enquanto a precipitação média anual atinge 2.384 mm. A ETp média anual, por sua vez, alcança 1.580 mm, o que confere saldo hídrico positivo para a maior parte da região.

A região está integralmente inserida na Zona Climática Tórrida, onde a altura solar atinge valores elevados ao longo do ano. A intensidade da radiação solar, aliada à umidade constante proveniente da ZCIT, favorece a manutenção de um clima quente e úmido, ainda que com sazonalidade hídrica variável. A atuação de sistemas atmosféricos regionais, como as brisas litorâneas e a subsidência intertropical em certos períodos do ano, contribui para a formação de subdomínios climáticos secos e semissecos, mesmo em uma faixa equatorial.

Figura 39 – Região Climática Litorânea das Guianas.



Regiões Climáticas adjacentes: 5) Amazônica Setentrional; 17) Litorânea Amazônica; 19) Litorânea da Venezuela; 32) dos Llanos; 39) do Planalto das Guianas; 42) do Tumucumaque.

Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth, QGis – Pritzen.

Quadro 39 – Aspectos geográficos da Região Climática Litorânea das Guianas.

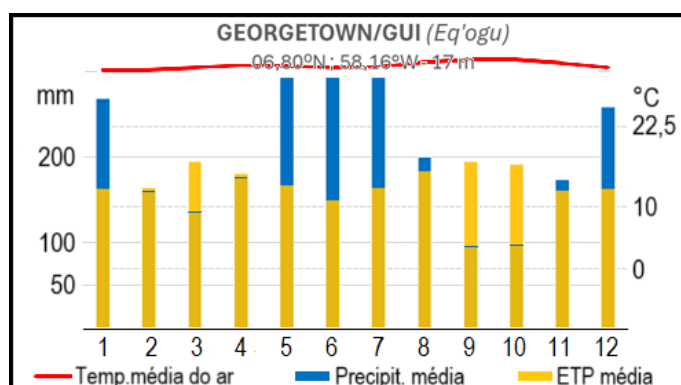
Área da Região Climática (km²)	139.023
Altitude média (m)	115
Bacias hidrográficas	Essequibo, Coppename, Suriname, Maroni
Vegetação natural predominante	Floresta equatorial (Amazônica), mangues
Principais cidades	Georgetown (GUY), Paramaribo (SUR), Caiena (GFR)
Temperatura média anual (°C)	25,6
Temperatura média do mês mais frio – julho (°C)	24,6
Precipitação média anual (mm)	2.384
Evapotranspiração potencial (mm)	1.580
Sistemas atmosféricos atuantes	ZCIT

Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth, Reboita *et al.* (2010) e Ross (2019).

O climograma de Georgetown (Figura 40), capital da Guiana, expressa as condições típicas do clima Equatorial Semiúmido Litorâneo das Guianas, inserido na Zona Climática Tórrida. As temperaturas médias permanecem elevadas e estáveis ao longo do ano, em torno de 26 °C, com amplitude térmica inferior a 2 °C, reflexo da proximidade da linha do Equador e da influência marítima do Oceano

Atlântico Tropical. A precipitação é abundante e apresenta duas estações chuvosas bem definidas: a principal, entre maio e julho, e uma secundária, de novembro a janeiro, relacionadas às migrações sazonais da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT). O clima é Eq'ogu, caracterizado por TMMF de superior a 25,5 °C em janeiro, precipitação anual de 2.190 mm, ETp de 1.780 mm e quatro meses secos (P < ETp). O clima quente, úmido e com dupla estação chuvosa sustenta a floresta tropical litorânea e as planícies aluviais do litoral guianense, favorecendo solos argilosos, drenagem densa e vegetação exuberante, típicos da faixa costeira amazônico-atlântica do norte da América do Sul.

Figura 40 – Climograma de Georgetown, Guiana (Eq'ogu).



Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth.

A classificação climática detalhada evidencia o predomínio dos domínios Equatorial e Equatorial Ameno, ambos com Clima Zonal Tórrido ou Quente, e grande variação na quantidade de meses secos. O tipo climático mais representativo é o Equatorial semiúmido litorâneo das Guianas (Eq'ogu), caracterizado por TMMF entre 22,5 °C e 25,8 °C, precipitação entre 1.558 mm e 3.959 mm e ETp entre 1.421 mm e 2.258 mm, com quatro a cinco meses secos no ano. Observam-se também extensas áreas classificadas como Equatorial Úmido (Eq''ogu), com até três meses secos, e faixas menores com os tipos Eq*ogu e Eq**ogu, onde o número de meses com déficit hídrico chega a sete ou até nove. Nos segmentos com influência altitudinal mais significativa, aparecem os tipos EqM''ogu e EqM'ogu, com Clima Zonal Quente, temperaturas mais amenas (20,6 °C a 22,4 °C de TMMF) e padrão de precipitação igualmente elevado, porém com variações térmicas mais marcantes (Quadro 57).

Quadro 40 – Tipologia e parâmetros climáticos da Região Litorânea das Guianas.

Código Climático	Nome (5ª hierarquia)	Clima Zonal	TMMF (°C)	Precipitação Média Anual (mm)	ETp Média Anual (mm)	Meses secos (P<ETp)
Eq''ogu	Equatorial úmido Litorâneo das Guianas	Tórrido	22,5 a 25,6	1.778 a 4.287	1.325 a 1.829	0 a 3
Eq'ogu	Equatorial semiúmido Litorâneo das Guianas	Tórrido	22,5 a 25,8	1.558 a 3.959	1.421 a 2.258	4 a 5
Eq*ogu	Equatorial semisseco Litorâneo das Guianas	Tórrido	24,3 a 25,8	1.530 a 2.374	1.498 a 2.182	6 a 7
Eq**ogu	Equatorial seco Litorâneo das Guianas	Tórrido	25,1 a 25,8	1.537 a 1.929	1.602 a 2.294	8 a 9
EqM''ogu	Equatorial Ameno úmido Litorâneo das Guianas	Quente	20,6 a 22,4	2.038 a 3.406	1.351 a 1.559	2 a 3
EqM'ogu	Equatorial Ameno semiúmido Litorâneo das Guianas	Quente	20,8 a 22,4	1.741 a 2.537	1.421 a 1.610	4 a 5

Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth, QGIS – Pritzen.

Em síntese, a Região Climática Litorânea das Guianas apresenta uma notável complexidade climática, resultado da interação entre fatores astronômicos, atmosféricos e fisiográficos. Embora majoritariamente equatorial, a região abriga uma diversidade de subdomínios que refletem variações na latitude, na precipitação e na altitude. A presença de cidades costeiras historicamente relevantes, uma cobertura vegetal exuberante e um regime hídrico favorável reforçam sua importância tanto do ponto de vista ambiental quanto geoeconômico para o norte do continente sul-americano.

21. LITORÂNEA DE MARACAIBO



Caño Neima. Goajira / Venezuela

Paisagem de *Clima Semiárido Litorâneo de Maracaibo (SAoma)*.

(11°33'N , 71°59'W)

Fonte: Clarette Terrasi (jan/2011).

Região Climática Litorânea de Maracaibo (oma)

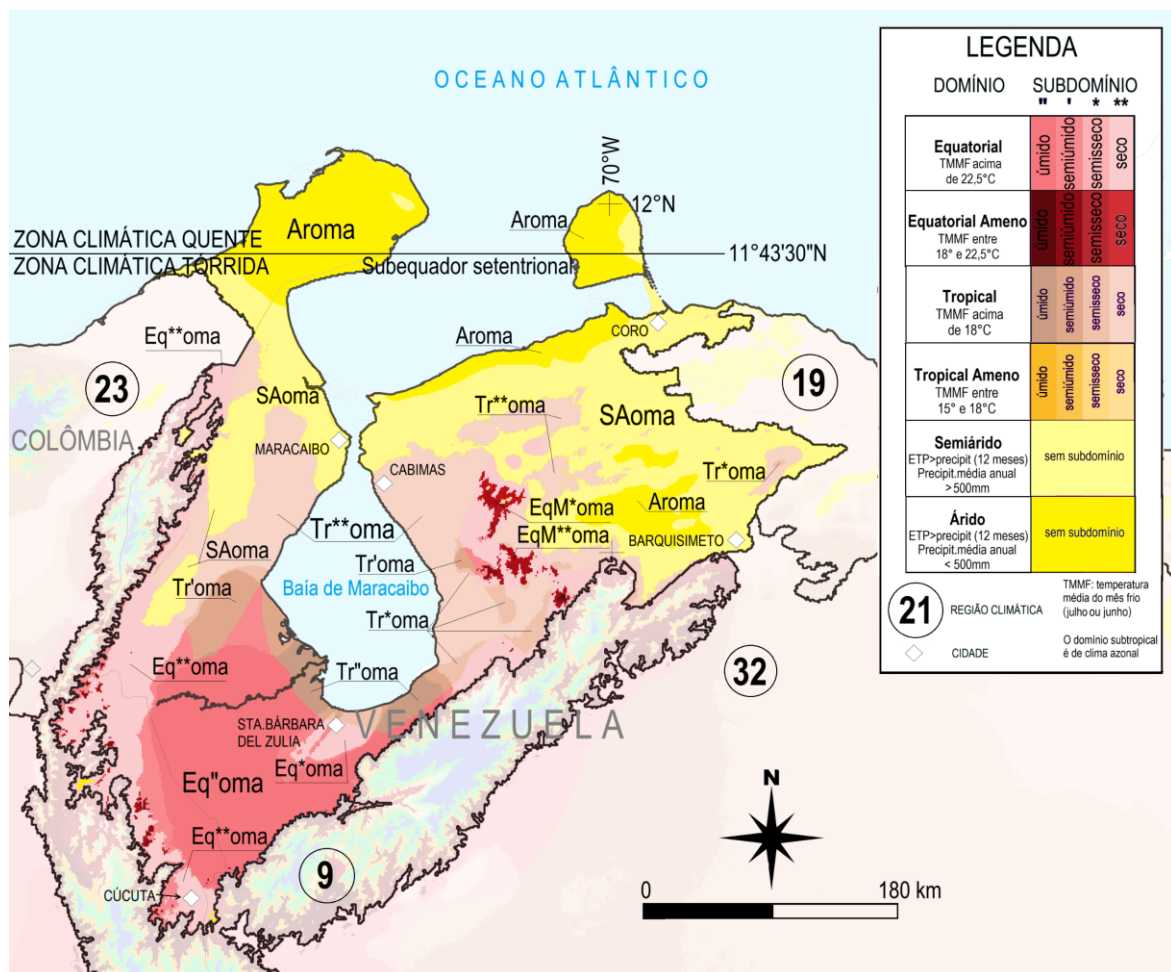
A Região Climática Litorânea de Maracaibo (oma) estende-se por uma área de 98.361 km², abrangendo parte significativa do norte e noroeste do território venezuelano, desde a costa caribenha até os contrafortes da Cordilheira de Mérida, alcançando também a cidade colombiana de Cúcuta (Figura 41). Apresenta altitude média de 348 metros e é marcada por uma ampla diversidade de formas de relevo e paisagens, que combinam planícies costeiras, depressões associadas à Bacia de Maracaibo, colinas secas e vales interiores. A Baía de Maracaibo se destaca como uma feição central da região, em torno da qual se organizam as principais cidades e as variações climáticas. A vegetação natural predominante inclui formações de savanas secas e florestas tropicais em transição, alternando-se com paisagens mais áridas nas zonas costeiras e interiores.

Entre os centros urbanos que se destacam na região estão Maracaibo, principal metrópole da Venezuela ocidental e polo econômico vinculado à indústria petrolífera; Barquisimeto, importante centro cultural e comercial dos vales interiores; Coro, cidade colonial com forte expressão histórica no Caribe Venezuelano; e Santa Bárbara del Zulia e Cúcuta, que integram o corredor transfronteiriço colombo-venezuelano. Essas cidades enfrentam desafios distintos quanto à disponibilidade hídrica, planejamento urbano e impactos climáticos sazonais.

Do ponto de vista atmosférico, a região é influenciada por uma conjugação de fatores: a ZCIT atua nos meses mais chuvosos, promovendo um regime de chuvas tropicais nos setores setentrionais; em contrapartida, a subsidência provocada pelo Anticiclone do Atlântico Norte e a atuação de ventos alísios de leste contribuem para a ocorrência de longos períodos secos em diversas partes da região. A influência das correntes oceânicas frias e o efeito de sombra de chuva promovido pelas cadeias montanhosas acentuam a aridez em setores costeiros e interiorizados. A combinação desses fatores torna a região especialmente heterogênea no que tange ao regime hídrico.

É cortada ao norte pelo Subequador Setentrional, que divide a Zona Climática Tórrida da Quente. Essa localização reforça a predominância de climas com elevada temperatura mesmo nos meses mais frios, mas com expressiva variabilidade hídrica sazonal, justificada pela oscilação da ZCIT e das massas de ar tropicais. As variações de umidade registradas nos códigos climáticos evidenciam a importância do número de meses secos como critério determinante na diferenciação dos domínios climáticos. A temperatura média anual da região é de 26,2 °C, e a temperatura média do mês mais frio (julho) é de 25,1 °C, indicando baixa amplitude térmica anual. A precipitação média anual, de 1.277 mm, é inferior à ETp (1.855 mm), o que reflete um acentuado déficit hídrico em muitas localidades (Quadro 58). Esse desequilíbrio é responsável pela presença de diversos subdomínios climáticos secos e domínios semiáridos e áridos.

Figura 41 – Região Climática Litorânea de Maracaibo.



Regiões Climáticas adjacentes: 9) dos Andes Setentrionais; 19) Litorânea da Venezuela; 23) Litorânea do Norte da Colômbia (Caribe Colombiano); 32) dos Llanos.

Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth, QGis – Pritzen.

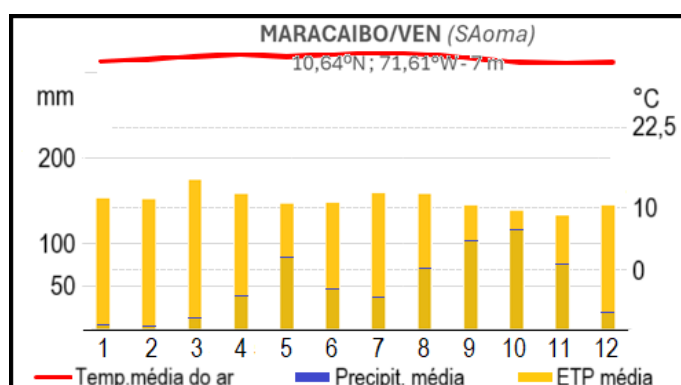
Quadro 41 – Aspectos geográficos da Região Climática Litorânea de Maracaibo.

Área da Região Climática (km ²)	98.361
Altitude média (m)	348
Bacias hidrográficas	Catatumbo, Chama, Limón
Vegetação natural predominante	Cerrado com xeromorfismo
Principais cidades	Maracaibo, Barquisimeto, Coro, Sta B.del Zulia (VEN), Cúcuta (COL)
Temperatura média anual (°C)	26,2
Temperatura média do mês mais frio – julho (°C)	25,1
Precipitação média anual (mm)	1.277
Evapotranspiração potencial (mm)	1.855
Sistemas atmosféricos atuantes	ASAN, ZCIT

Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth, Reboita *et al.* (2010) e Ross (2019).

O climograma de Maracaibo, na Venezuela (Figura 42), evidencia as condições do Domínio Semiárido litorâneo, localizado na Zona Climática Tórrida. As temperaturas médias mantêm-se elevadas durante todo o ano, em torno de 29 °C, com variações mensais inferiores a 2 °C, o que reflete uma das áreas mais quentes da América do Sul. A precipitação é muito escassa e irregular, não ultrapassando 620 mm anuais, concentrando-se entre maio e novembro, período de ligeira influência da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT). Durante todo o ano, a evapotranspiração potencial (ETp) supera amplamente a precipitação, configurando balanço hídrico fortemente deficitário. Esses elementos caracterizam o clima Semiárido Litorâneo de Maracaibo (SAoma), definido por TMMF de 28,2 °C (novembro), precipitação média de 618 mm, ETp anual superior a 1.800 mm e 12 meses secos ($P < ETp$). O clima extremamente quente e seco resulta da barreira orográfica da Cordilheira de Mérida, que impede a penetração de umidade proveniente do Caribe, além da atuação constante dos Alísios de Nordeste, que reforçam a aridez. Esse conjunto de fatores determina uma paisagem de vegetação xerófito, solos salinizados e escassa cobertura arbórea, típica das margens do lago de Maracaibo, um dos ambientes mais áridos e quentes do norte da América do Sul.

Figura 42 – Climograma de Maracaibo, Venezuela (SAoma).



Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth.

A diversidade climática da região se expressa em uma gama de códigos climáticos: destacam-se os tipos equatoriais, com níveis variáveis de umidade, os equatoriais amenos (EqM^ooma a EqM^{**}oma),

presentes em altitudes intermediárias, e os tropicais e tropicais amenos (Tr^ooma a TrM^{**}oma), que ocupam áreas mais elevadas ou de transição. Adicionalmente, os Domínios Semiárido (SAoma) e Árido (Aroma) estão amplamente representados, especialmente nas franjas costeiras e ao redor da baía de Maracaibo, onde há predomínio de clima seco com 12 meses com precipitação inferior à evapotranspiração ($P < ETp$). As temperaturas médias do mês mais frio para esses domínios oscilam entre 21,8 °C e 28,2 °C, com pluviosidade inferior a 500 mm nas áreas mais áridas (Quadro 59).

Quadro 42 – Tipologia e parâmetros climáticos da Região Litorânea de Maracaibo.

Código Climático	Nome (5ª hierarquia)	Climas Zonais	TMMF (°C)	Precipitação Média Anual (mm)	ETp Média Anual (mm)	Meses secos (P<ETp)
Eq^ooma	Equatorial úmido Litorâneo de Maracaibo	Tórrido	22,5 a 27,2	1.743 a 4.906	1.142 a 1.906	0 a 3
Eq^ooma	Equatorial semiúmido Litorâneo de Maracaibo	Tórrido	22,5 a 27,3	1.402 a 2.469	1.171 a 1.948	4 a 5
Eq[*]oma	Equatorial semisseco Litorâneo de Maracaibo	Tórrido	22,5 a 27,6	1.141 a 2.479	1.294 a 2.041	6 a 7
Eq^{**}oma	Equatorial seco Litorâneo de Maracaibo	Tórrido	22,5 a 27,8	757 a 1.751	1.357 a 2.302	8 a 11
EqM^ooma	Equatorial Ameno úmido Litorâneo de Maracaibo	Quente	18,9 a 22,4	2.092 a 3.968	1.366 a 1.705	0 a 3
EqM^ooma	Equatorial Ameno semiúmido Litorâneo de Maracaibo	Quente	19,2 a 22,4	1.510 a 2.419	1.313 a 1.725	4 a 5
EqM[*]oma	Equatorial Ameno semisseco Litorâneo de Maracaibo	Quente	18,0 a 22,4	1.179 a 2.331	1.346 a 1.836	6 a 7
EqM^{**}oma	Equatorial Ameno seco Litorâneo de Maracaibo	Quente	18,1 a 22,4	878 a 1.496	1.395 a 2.021	8 a 11
Tr^ooma	Tropical úmido Litorâneo de Maracaibo	Tórrido	25,0 a 26,8	1.813 a 2.485	1.302 a 2.001	0 a 3
Tr^ooma	Tropical semiúmido Litorâneo de Maracaibo	Tórrido / Quente	18,3 a 27,5	1.329 a 2.165	1.352 a 1.980	4 a 5
Tr[*]oma	Tropical semisseco Litorâneo de Maracaibo	Tórrido / Quente	18,1 a 27,8	1.103 a 1.982	1.375 a 2.030	6 a 7
Tr^{**}oma	Tropical seco Litorâneo de Maracaibo	Tórrido / Quente	18,7 a 27,9	606 a 1.685	1.383 a 2.468	8 a 11
TrM^ooma	Tropical Ameno semisseco Litorâneo de Maracaibo	Quente	16,4 a 17,9	1.197 a 1.349	1.454 a 1.576	6 a 7
TrM^{**}oma	Tropical Ameno seco Litorâneo de Maracaibo	Quente	16,3 a 17,9	1.144 a 1.291	1.483 a 1.622	8 a 11
SAoma	Semiárido Litorâneo de Maracaibo	Tórrido / Quente	20,3 a <u>28,2</u>	500 a 1.404	1.459 a 2.835	12
Aroma	Árido Litorâneo de Maracaibo	Tórrido / Quente	21,8 a 28,0	257 a 499	1.491 a 2.891	12

Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth, QGis – Pritzen.

Em suma, a Região Litorânea de Maracaibo (oma) apresenta uma significativa heterogeneidade climática, com zonas úmidas associadas a áreas de atuação sazonal da ZCIT, contrastando com domínios secos e áridos que sofrem influência de subsidência atmosférica e da continentalidade

relativa. Essa complexidade reforça a adequação da metodologia de Novais, ao integrar elementos da geografia física, sistemas atmosféricos regionais e critérios termopluviométricos refinados.

22. LITORÂNEA DO EQUADOR



Rio Guayas, na principal cidade litorânea do Equador. Guayaquil / Equador
Paisagem de *Clima Equatorial Seco Litorâneo do Equador (Eq**oeq)*.

(02°12'S , 79°53'W)

Fonte: Daniel Monteiro Huertas (mar/2019).

Região Climática Litorânea do Equador (oeq)

A região litorânea do Equador ocupa 64.247 km², com altitude média de 230 metros (Quadro 43), conformada por uma extensa planície costeira que se estende da fronteira com a Colômbia até o norte do Peru. De acordo com Ross (2019), trata-se de uma faixa sedimentar recente, marcada por planícies, vales fluviais e áreas de manguezais, que funciona como zona de transição entre o Oceano Pacífico e a Cordilheira dos Andes. Essa configuração do relevo favorece o escoamento das bacias hidrográficas diretamente para o mar, com rios de cursos relativamente curtos. Entre os principais centros urbanos, destacam-se Guayaquil, maior cidade do país e importante polo econômico, além de Machala, Esmeraldas, Manta e Salinas, que exercem papéis estratégicos na economia portuária e turística.

Um fenômeno importante que ocorre nas costas equatorianas é a presença contínua da Corrente de Humboldt, que tem a particularidade de registrar tendências de baixa temperatura da água em regiões intertropicais. Além disso, os Ventos Alísios empurram as águas quentes superficiais do Pacífico, criando as correntes equatoriais norte e sul, que são parcialmente compensadas por uma contracorrente equatorial (López, 2010).

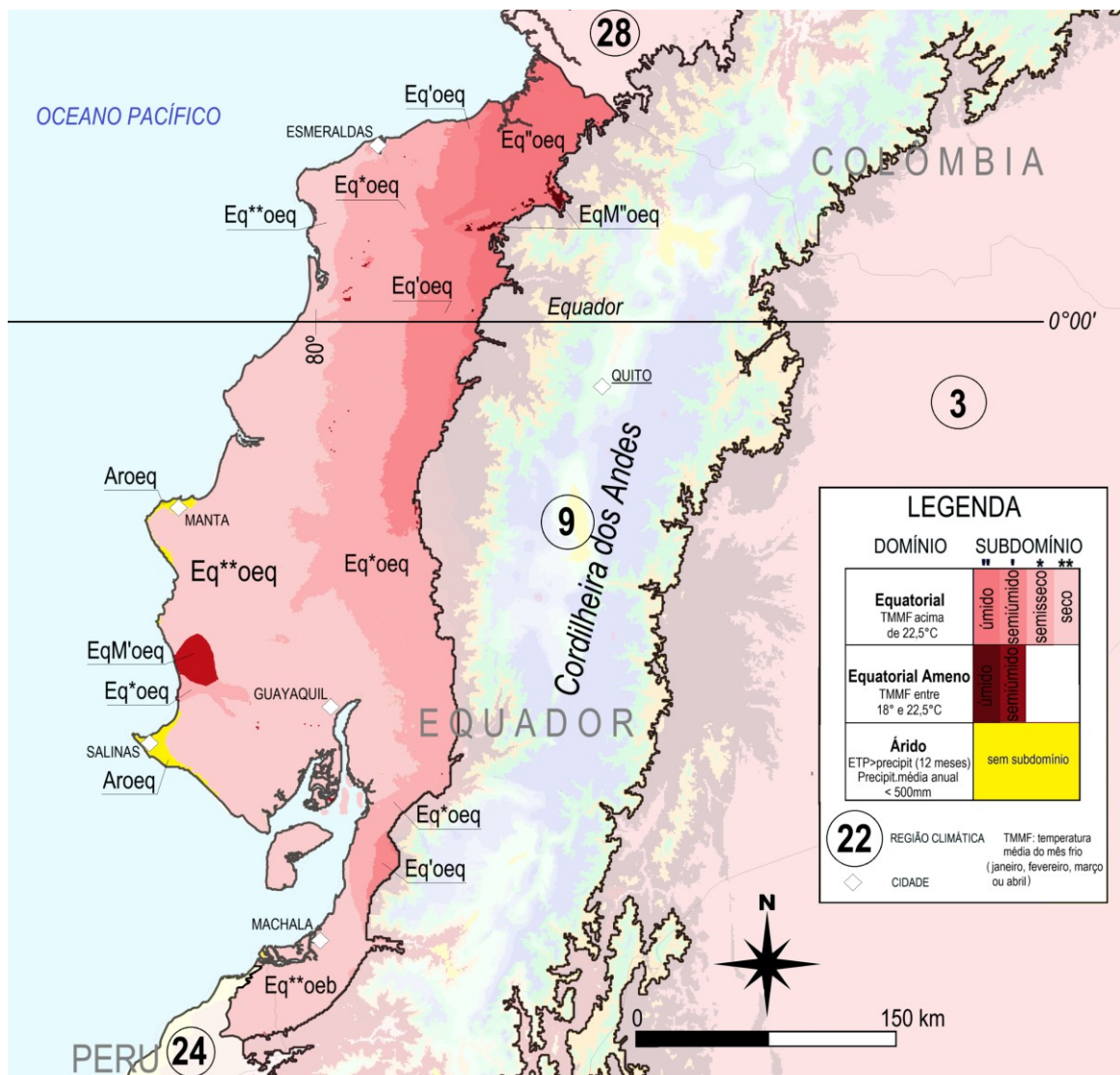
Segundo Ab'Saber (2003), a paisagem natural da faixa costeira equatoriana revela uma justaposição de ambientes: florestas tropicais úmidas ao norte, áreas de savanas e vegetação caducifolia no setor central, e formações xeromórficas no sul, marcadas por cactáceas e arbustos espinhosos. Essa

heterogeneidade decorre da interação entre a umidade atmosférica proveniente da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e as condições áridas geradas pela atuação da Corrente Fria de Humboldt e da subsidência associada ao Anticiclone do Pacífico Sul (Reboita *et al.*, 2010).

Os elementos climáticos médios confirmam a dominância de condições térmicas elevadas, mas com contrastes significativos de balanço hídrico. Isso se reflete no uso da terra: áreas úmidas favorecem agricultura intensiva (arroz, banana, cacau), enquanto setores áridos dependem de irrigação para a produção agrícola. Guayaquil, maior núcleo urbano da região, concentra atividades portuárias, industriais e comerciais, mas enfrenta problemas recorrentes de vulnerabilidade climática, sobretudo durante eventos de El Niño.

A Região Litorânea do Equador (Figura 43) encontra-se integralmente na Zona Climática Tórrida, atravessada pela linha do Equador (0°). Essa posição garante alta incidência solar ao longo de todo o ano e reduzida amplitude térmica sazonal. Entretanto, a interação entre a latitude equatorial e a circulação atmosférica do Pacífico resulta em variações expressivas de precipitação, moldando subdomínios que vão do úmido ao árido em um espaço relativamente restrito.

Figura 43 – Região Climática Litorânea do Equador.



Regiões Climáticas adjacentes: 3) da Amazônia Ocidental; 9) dos Andes Setentrionais; 24) Litorânea do Peru; 28) Litorânea do Pacífico Colombiano.

Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth, QGIS – Pritzen.

Do ponto de vista climático (Quadro 43), a precipitação média anual é de 1.525 mm, porém distribuída de forma desigual: há áreas extremamente úmidas no norte (Esmeraldas) e setores áridos ao sul (Manta e Salinas). A temperatura média anual é de 24,2 °C, com pequena variação sazonal, já que o mês mais frio (julho) registra 23,2 °C. O fenômeno El Niño – Oscilação Sul (ENOS) exerce papel decisivo nessa variabilidade, provocando anos de chuvas torrenciais e inundações em Guayaquil e em outras cidades costeiras, contrastando com períodos de seca associados à La Niña (Reboita *et al.*, 2010).

Quadro 43 – Aspectos geográficos da Região Climática Litorânea do Equador.

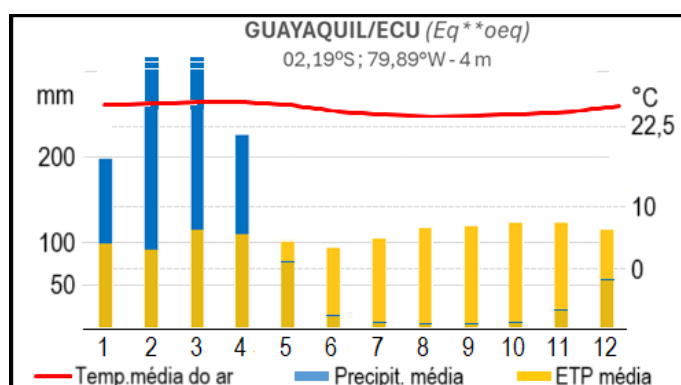
Área da Região Climática (km ²)	64.247
Altitude média (m)	230
Bacias hidrográficas	Guayas, Babahayo, Daule
Vegetação natural predominante	Florestas tropicais, savanas e estepes
Principais cidades	Guayaquil, Salinas, La Libertad, Manta (ECU)
Temperatura média anual (°C)	24,2
Temperatura média do mês mais frio – julho (°C)	23,2
Precipitação média anual (mm)	1.525
Evapotranspiração potencial (mm)	1.291
Sistemas atmosféricos atuantes	ZCIT, alísios

Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth, Reboita *et al.* (2010) e Ross (2019).

A Figura 44 mostra o climograma de Guayaquil, que representa as condições do Subdomínio Equatorial Seco no litoral do Equador, situado na Zona Climática Tórrida. As temperaturas médias permanecem elevadas durante todo o ano, em torno de 25 °C, com amplitude térmica inferior a 2 °C, típica das áreas próximas à linha do Equador. A precipitação é altamente concentrada entre janeiro e abril, com máximos em fevereiro e março, período em que a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) favorece a convecção e o aumento das chuvas. Nos demais meses, especialmente de junho a novembro, a atuação combinada da Corrente Fria de Humboldt e dos Ventos Alísios de Sudeste reduz drasticamente a umidade, resultando em uma longa estação seca, quando a evapotranspiração potencial (ETp) supera amplamente as precipitações. Esse regime define um balanço hídrico fortemente deficitário, com oito meses secos, caracterizando o clima Eq**oeq, com TMMF de 23,5 °C (em agosto), precipitação anual de 1.300 mm e ETp de 1.275 mm. O clima quente e seco de Guayaquil reflete o predomínio da influência da corrente marítima fria, que limita o desenvolvimento de nuvens e condicionam paisagens de vegetação xerófila e savanas tropicais costeiras, típicas da planície litorânea equatoriana.

A classificação climática detalhada (Quadro 44) reflete essa diversidade: embora o Subdomínio Seco (Eq**oeq) predomine, os demais subdomínios também se destacam de maneira equilibrada (Eq'oeq, Eq'oeq, Eq*oeq), todos pertencentes ao Clima Tórrido, com variação de 0 a 11 meses secos anuais. Em áreas de altitude ligeiramente superior, aparecem o Domínio Equatorial Ameno (úmido a seco), associados ao Clima Quente. Além disso, há dois núcleos de Domínio Árido no litoral, especialmente em suas principais penínsulas, caracterizado por 12 meses secos e precipitações inferiores a 500 mm anuais, concentrado sobretudo no entorno de Manta e Salinas. Essa organização espacial evidencia a complexidade do litoral equatoriano, onde ambientes úmidos e áridos coexistem em um mesmo recorte regional.

Figura 44 – Climograma de Guayaquil, Equador (Eq**oeq).



Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth.

Quadro 44 – Tipologia e parâmetros climáticos da região litorânea do Equador.

Código Climático	Nome (5ª hierarquia)	Climas Zonais	TMMF (°C)	Precipitação Média Anual (mm)	ETp Média Anual (mm)	Meses secos (P<ETp)
Eq''oeq	Equatorial úmido Litorâneo do Equador	Tórrido	22,5 a 25,2	2.194 a 7.711	836 a 1.509	0 a 3
Eq'oeq	Equatorial semiúmido Litorâneo do Equador	Tórrido	22,5 a 25,1	1.723 a 3.744	915 a 1.584	4 a 5
Eq*oeq	Equatorial semisseco Litorâneo do Equador	Tórrido	22,5 a 25,1	1.043 a 2.900	917 a 1.606	6 a 7
Eq**oeq	Equatorial seco Litorâneo do Equador	Tórrido	22,5 a 24,9	407 a 1.787	1.009 a 1.932	8 a 11
EqM''oeq	Equatorial Ameno úmido Litorâneo do Equador	Quente	19,3 a 22,4	3.144 a 7.369	854 a 1.091	0 a 3
EqM'oeq	Equatorial Ameno semiúmido Litorâneo do Equador	Quente	22,3 a 22,4	1.795 a 3.649	1.031 a 1.116	4 a 5
EqM*oeq	Equatorial Ameno semisseco Litorâneo do Equador	Quente	21,9 a 22,4	1.414 a 1.829	1.021 a 1.224	6 a 7
EqM**oeq	Equatorial Ameno seco Litorâneo do Equador	Quente	21,6 a 22,4	466 a 1.622	1.224 a 1.695	8 a 11
Aroeq	Árido Litorâneo do Equador	Tórrido / Quente	20,8 a 23,7	331 a 489	1.553 a 1.985	12

Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth, QGis – Pritzen.

Em síntese, a Região Litorânea do Equador constitui um espaço de transição climática e ambiental entre a Floresta Amazônica Úmida e as áreas áridas costeiras do Pacífico, caracterizada por grande diversidade interna e forte sensibilidade a fenômenos oceânico-atmosféricos globais. Essa complexidade torna a região estratégica para a compreensão dos vínculos entre relevo, sistemas atmosféricos e paisagens naturais no contexto sul-americano.

23. LITORÂNEA DO NORTE DA COLÔMBIA (CARIBE COLOMBIANO)



Praia no Parque Nacional Natural Tayrona. Santa Marta-Magdalena / Colômbia
Paisagem de *Clima Tropical Seco Litorâneo Norte da Colômbia (Tr**onc)*.

(11°19'N , 74°04'W)

Fonte: Daniel Monteiro Huertas (jan/2017).

Região Litorânea do Norte da Colômbia (onc)

A Figura 45 mostra a Região Climática Litorânea do Norte da Colômbia (onc) que abrange uma área de 80.364 km², com altitude média de 667 metros (Quadro 45) e clima marcado pela proximidade com o mar do Caribe. A região compreende a planície litorânea caribenha e as encostas da Sierra Nevada de Santa Marta (de Clima Azonal), inserida na Cordilheira dos Andes. A bacia hidrográfica dominante é a do rio Magdalena, que percorre parte do interior da região. As principais cidades são Barranquilla, Cartagena, Santa Marta e Valledupar, centros urbanos dinâmicos e com intensa atividade econômica, portuária e turística. A vegetação natural varia de florestas tropicais úmidas nas encostas a savanas e formações secas nas áreas costeiras e interiores.

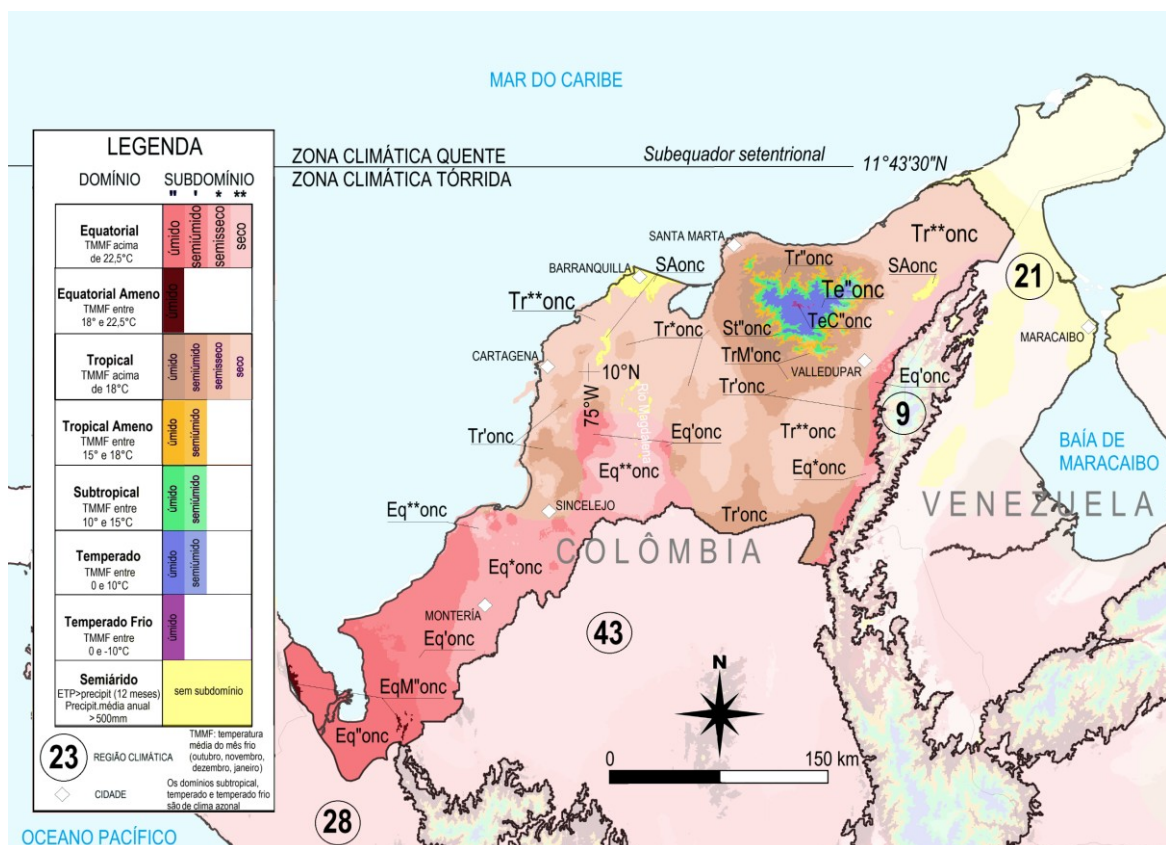
Entre os principais centros urbanos da região, destacam-se Cartagena e Barranquilla, cidades situadas no litoral caribenho colombiano. Cartagena, fundada no século XVI, é Patrimônio Mundial da UNESCO e possui grande relevância histórica, destacando-se por seu centro colonial fortificado, que expressa a importância estratégica da cidade durante o período colonial espanhol (UNESCO, 1984). Além disso, sua localização junto ao mar e a presença de sistemas lagunares costeiros favorecem uma diversidade de microambientes climáticos, com maior umidade relativa em áreas baixas. Já Barranquilla, situada entre o rio Magdalena e o Mar do Caribe, destaca-se como polo industrial e logístico do norte colombiano, com elevado adensamento urbano e expansão recente sobre áreas originalmente mais secas. A sua localização em uma zona de transição entre os climas tropicais

semiúmidos e semissecos, combinada com a atuação dos Ventos Alísios do Nordeste, condiciona uma dinâmica térmica constante e maior vulnerabilidade a episódios de estiagem durante os meses mais secos. Ambas as cidades exercem forte influência antrópica sobre o ambiente climático regional, inclusive no que se refere ao surgimento de ilhas de calor urbanas e à modificação do escoamento superficial em função da impermeabilização do solo (IDEAM, 2020).

O relevo da região combina terras baixas costeiras com áreas de relevo montanhoso, especialmente a Sierra Nevada de Santa Marta (a mais alta montanha costeira tropical do mundo), com picos nevados acima de 5.000 metros. Esse contraste altitudinal influencia fortemente os padrões climáticos locais. A diversidade de paisagens naturais inclui florestas equatoriais úmidas, savanas tropicais e fragmentos de vegetação xerófila, moldadas pelo gradiente de umidade e pelas variações altitudinais. Os sistemas atmosféricos incluem a ZCIT, cuja oscilação anual é responsável pelos períodos chuvosos e pela elevada umidade nas porções setentrionais, além da influência dos ventos alísios do nordeste, que transportam umidade do Oceano Atlântico.

A posição da região entre o Equador e o Subequador Setentrional (11°43'30"N) insere-a integralmente na Zona Climática Tórrida, com temperaturas médias do mês mais frio acima de 22,5 °C, com exceção de trechos mais altos da Sierra Nevada que exibem Climas Zonais Quente, Moderado e até Frio, caracterizando sua condição azonal. A forte insolação anual e a pequena amplitude térmica resultam de sua localização intertropical e da incidência quase vertical dos raios solares durante boa parte do ano.

Figura 45 – Região Climática Litorânea do Norte da Colômbia.



Regiões Climáticas adjacentes: 9) dos Andes Setentrionais; 21) Litorânea de Maracaibo; 28) Litorânea do Pacífico Colombiano; 43) do Vale do Rio Magdalena.

Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth, QGIS – Pritzen.

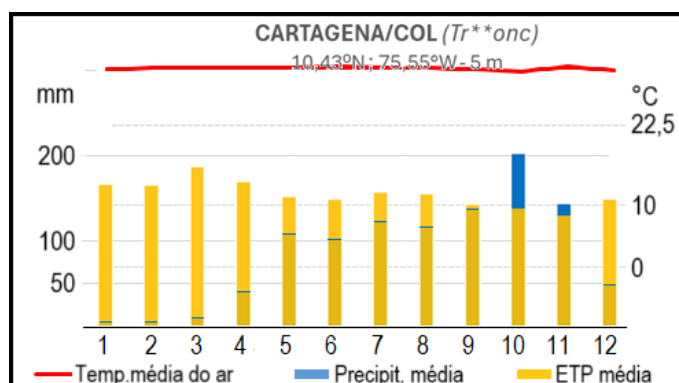
Quadro 45 – Aspectos geográficos da região climática litorânea do norte da Colômbia.

Área da Região Climática (km ²)	80.364
Altitude média (m)	667
Bacias hidrográficas	Magdalena
Vegetação natural predominante	Savanas, florestas equatoriais e subtropicais
Principais cidades	Barranquilla, Cartagena, Santa Marta (COL)
Temperatura média anual (°C)	25,2
Temperatura média do mês mais frio – julho (°C)	24,3
Precipitação média anual (mm)	1.865
Evapotranspiração potencial (mm)	1.693
Sistemas atmosféricos atuantes	ZCIT

Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth, Reboita *et al.* (2010) e Ross (2019).

O climograma de Cartagena (Figura 64) expressa as condições típicas do Subdomínio Tropical Seco no litoral norte da Colômbia, inserido na Zona Climática Tórrida. As temperaturas médias anuais mantêm-se elevadas e estáveis, em torno de 27,5 °C, com amplitude térmica inferior a 2 °C, resultado da baixa latitude e da influência marítima do Caribe. A precipitação é escassa e fortemente sazonal: as chuvas se concentram entre setembro e novembro, com um pico em outubro, período de máxima influência da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) sobre o norte da Colômbia. A evapotranspiração potencial (ETp) é elevada em todos os meses, superando amplamente a precipitação, o que produz balanço hídrico deficitário por dez meses. Essas condições definem o clima Tr**onc, com TMMF de 27 °C em outubro, precipitação anual inferior a 1.050 mm, ETp acima de 1.800 mm e déficit hídrico acentuado. O clima quente e seco de Cartagena condiciona a presença de vegetação xerófito, arbustos espinhosos e cactáceas, compondo um ambiente de savana seca litorânea típico da costa caribenha colombiana, onde a influência oceânica atenua as temperaturas, mas não reduz a forte aridez regional.

Figura 46 – Climograma de Cartagena, Colômbia (Tr**onc).



Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth.

A classificação climática detalhada no Quadro 46 revela uma ampla diversidade de tipos climáticos. O Domínio predominante é o Equatorial, com variações de umidade. O tipo Eq**onc (Equatorial Úmido) apresenta entre 0 e 3 meses secos e precipitações anuais acima de 1.990 mm. Por outro lado, os subtipos Eq*onc e Eqonc** indicam a progressiva redução da umidade e aumento da aridez, com até 11 meses secos. A presença dos tipos Tr**onc, Tr*onc, Tr*onc e Tr**onc (Tropicais Úmido a Seco) mostra áreas de transição entre o Domínio Equatorial e Tropical. Os tipos TrM*onc e EqM*onc,

amenos ocorrem em altitudes intermediárias. Destacam-se ainda os Climas Azonais, provocados pela altitude, como St^{onc} e Te^{onc}, associados à Sierra Nevada, onde a combinação de altitudes elevadas e alta pluviosidade confere características típicas de Subdomínio Temperado Úmido e até de Subdomínio Temperado Frio Úmido (TeC^{onc}). Por fim, as áreas de menor precipitação e maior déficit hídrico, como no entorno de La Guajira e do vale de Riohacha, apresentam o Domínio Semiárido (SA^{onc}), com 12 meses secos, onde a ETp supera amplamente a precipitação.

Quadro 46 – Tipologia e parâmetros climáticos da Região Litorânea do Norte da Colômbia.

Código Climático	Nome (5ª hierarquia)	Climas Zonais	TMMF (°C)	Precipitação Média Anual (mm)	ETp Média Anual (mm)	Meses secos (P<ETp)
Eq ^{onc}	Equatorial úmido Litorâneo do Norte da Colômbia	Tórrido	22,5 a 26,9	1.990 a 4.751	1.130 a 2.016	0 a 3
Eq ^{onc}	Equatorial semiúmido Litorâneo do Norte da Colômbia	Tórrido	22,5 a 27,4	1.312 a 3.172	1.259 a 2.182	4 a 5
Eq ^{*onc}	Equatorial semisseco Litorâneo do Norte da Colômbia	Tórrido	22,5 a 27,5	1.188 a 2.271	1.452 a 2.204	6 a 7
Eq ^{**onc}	Equatorial seco Litorâneo do Norte da Colômbia	Tórrido	22,5 a 27,5	878 a 1.821	1.411 a 2.118	8 a 11
EqM ^{onc}	Equatorial Ameno úmido Litorâneo do Norte da Colômbia	Quente	18,0 a 22,4	2.707 a 4.592	1.174 a 1.560	0 a 3
EqM ^{onc}	Equatorial Ameno semiúmido Litorâneo do Norte da Colômbia	Quente	21,7 a 22,4	1.685 a 2.683	1.501 a 2.038	4 a 5
Tr ^{onc}	Tropical úmido Litorâneo do Norte da Colômbia	Tórrido / Quente	18,0 a 27,3	2.037 a 4.428	917 a 1.781	0 a 3
Tr ^{onc}	Tropical semiúmido Litorâneo do Norte da Colômbia	Tórrido / Quente	18,0 a 27,4	1.296 a 3.103	1.142 a 2.207	4 a 5
Tr ^{*onc}	Tropical semisseco Litorâneo do Norte da Colômbia	Tórrido / Quente	18,1 a 27,5	1.137 a 2.080	1.380 a 2.093	6 a 7
Tr ^{**onc}	Tropical seco Litorâneo do Norte da Colômbia	Tórrido / Quente	19,3 a 27,7	578 a 1.818	1.416 a 2.430	8 a 11
TrM ^{onc}	Tropical Ameno úmido Litorâneo do Norte da Colômbia	Quente	15,0 a 17,9	2.291 a 4.773	822 a 1.487	0 a 3
TrM ^{onc}	Tropical Ameno semiúmido Litorâneo do Norte da Colômbia	Quente	15,0 a 17,9	1.642 a 3.130	1.128 a 1.685	4 a 5
St ^{onc}	Subtropical úmido Litorâneo do Norte da Colômbia	Azonal Moderado	10,0 a 14,9	2.199 a 5.022	807 a 1.459	0 a 3
St ^{onc}	Subtropical semiúmido Litorâneo do Norte da Colômbia	Azonal Moderado	10,1 a 14,9	2.070 a 3.184	1.129 a 1.527	4 a 5
Te ^{onc}	Temperado úmido Litorâneo do Norte da Colômbia	Azonal Moderado	0,0 a 9,9	2.257 a 5.529	838 a 1.328	0 a 3
Te ^{onc}	Temperado semiúmido Litorâneo do Norte da Colômbia	Azonal Moderado	3,3 a 9,9	2.184 a 3.062	1.215 a 1.364	4
TeC ^{onc}	Temperado Frio úmido Litorâneo do Norte da Colômbia	Azonal Frio	-3,5 a -0,1	4.199 a 5.701	830 a 1.071	1 a 2
SA ^{onc}	Semiárido Litorâneo do Norte da Colômbia	Tórrido	24,2 a 27,5	659 a 1.060	1.807 a 2.531	12

Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth, QGis – Pritzen.

Em síntese, a Região Climática do Norte da Colômbia destaca-se por sua elevada diversidade climática, fortemente influenciada pela presença do mar do Caribe, pela ZCIT e pelo relevo acidentado da Sierra Nevada. Essa diversidade se reflete nos padrões de uso do solo, nas atividades econômicas (turismo, agricultura irrigada e pesca) e nos contrastes ecológicos entre as faixas litorâneas áridas e as áreas montanhosas úmidas. Cartagena e Barranquilla concentram grande parte da população e da infraestrutura, consolidando-se como polos logísticos e turísticos do Caribe colombiano. A conjugação entre fatores geográficos, astronômicos e climáticos torna esta região uma síntese complexa das dinâmicas ambientais da América do Sul tropical setentrional.

24. LITORÂNEA DO PERU



Litoral de Barranco. Lima / Peru
Paisagem de *Clima Árido Litorâneo do Peru* (Arope).

(11°58'S , 77°08'W)

Fonte: Daniel Monteiro Huertas (ago/2022).

Região Climática Litorânea do Peru (ope)

A faixa litorânea árida do Peru estende-se de forma estreita ao longo da costa do Oceano Pacífico, estendendo-se desde a fronteira com o Equador até o norte do Chile (Figura 47). Com área de 143.633 km² e altitude média de 1.109 metros (Quadro 47), caracteriza-se por um relevo marcado pela proximidade entre a Cordilheira dos Andes e o Oceano Pacífico, configurando um patamar entre a planície costeira estreita e as altas montanhas, interrompido por vales fluviais que descem a cordilheira. Esses vales, como os rios Rímac e Ica, constituem verdadeiros oásis agrícolas em meio ao deserto costeiro, desempenhando papel vital para a ocupação humana e para a atividade econômica regional.

A vegetação natural predominante é escassa e adaptada a condições áridas e semiáridas, com predominância de formações herbáceas e arbustivas xerófitas. Em grande parte da região, a paisagem é desértica, marcada por extensos campos de areia, dunas e solos pedregosos, com destaque para os desertos de Sechura e de Nazca. Nos vales úmidos irrigados pelos rios andinos, desenvolvem-se áreas cultivadas e vegetação ripária, em forte contraste com a aridez circundante. Conforme Ross (2019), trata-se de uma faixa litorânea singular, onde o contato entre a cordilheira e o oceano define um mosaico ambiental de grande complexidade, com formações desérticas e áridas dominando o cenário natural.

Figura 47 – Região Climática Litorânea do Peru.



Regiões Climáticas adjacentes: 6) dos Andes Centrais; 9) dos Andes Setentrionais; 10) do Atacama; 22) Litorânea do Equador.

Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth, QGis – Pritzen.

As principais cidades da região são Lima, capital do Peru e maior centro urbano do país, Trujillo e Chiclayo. Lima, situada no vale do rio Rímac, é o principal polo político, econômico e cultural do Peru, abrigando mais de 10 milhões de habitantes em uma área com sérias restrições hídricas. Trujillo, importante centro histórico e agrícola, destaca-se pela produção irrigada de arroz, cana-de-açúcar e hortaliças, enquanto Chiclayo é reconhecida por sua relevância comercial e logística. A economia da região está fortemente vinculada à pesca, beneficiada pela riqueza ictiológica do mar peruano proporcionada pela Corrente de Humboldt, além da agricultura irrigada nos vales costeiros e do desenvolvimento urbano-industrial concentrado em Lima.

Do ponto de vista climático, a região é fortemente influenciada pelos sistemas atmosféricos descritos por Reboita *et al.* (2010), como o Anticiclone Subtropical do Pacífico Sul (ASPS), responsável por ventos persistentes de sudeste que estabilizam a atmosfera, mantendo-a seca e dificultando a

formação de nuvens convectivas. Associado a isso, a atuação da Corrente Fria de Humboldt contribui para a formação de nebulosidade na costa oeste da América do Sul, principalmente entre as latitudes de 15° e 25°S, mas sem possibilidade de precipitação. A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) influencia apenas o extremo norte do litoral, provocando chuvas ocasionais, enquanto o fenômeno El Niño representa uma exceção, trazendo anomalias pluviométricas e episódios de enchentes e deslizamentos em setores da costa.

No que se refere à incidência solar, o setor norte da Região Litorânea do Peru encontra-se sob a Zona Climática Tórrida, caracterizada pela forte entrada de energia solar ao longo de todo o ano, o que acentua a aridez dos desertos costeiros de Chiclayo e Trujillo. A partir do paralelo dos Subequador Meridional (11°43'30" S), situado próximo a Lima, inicia-se a Zona Climática Quente, que abrange o setor sul. Nessa faixa, a radiação solar é ligeiramente menos intensa durante o inverno austral, mas ainda suficiente para manter elevadas taxas de evapotranspiração e condições de aridez extrema. Essa transição entre zonas reforça o contraste ambiental e climático que caracteriza toda a região.

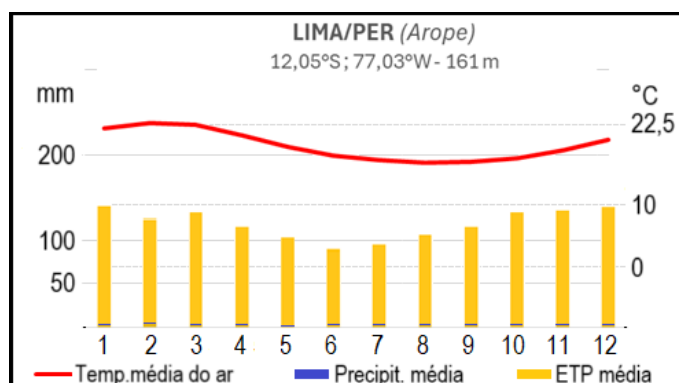
Quadro 47 – Aspectos geográficos da Região Climática Litorânea do Peru.

Área da Região Climática (km ²)	143.633
Altitude média (m)	1.109
Bacias hidrográficas	Ica, Rímac, Piúra e Chira
Vegetação natural predominante	Estepes e desértica
Principais cidades	Lima, Trujillo, Chiclayo, Ica (PER)
Temperatura média anual (°C)	19,9
Temperatura média do mês mais frio – julho (°C)	18,0
Precipitação média anual (mm)	172
Evapotranspiração potencial (mm)	1.586
Sistemas atmosféricos atuantes	ASPS, ZCIT

Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth, QGis – Pritzen, Reboita *et al.* (2010) e Ross (2019).

O climograma de Lima, capital do Peru (Figura 48), exemplifica o comportamento do Domínio Árido no litoral peruano, pertencente à Zona Climática Quente. As temperaturas médias anuais situam-se próximas de 19 °C, com mínimas moderadas no inverno austral (junho a setembro) e máximas discretas no verão (dezembro a março), resultando em baixa amplitude térmica, suavizada pela intensa influência marítima da fria Corrente de Humboldt. A precipitação é praticamente inexistente, com valores inferiores a 40 mm anuais, restrita a garoas e nevoeiros costeiros (garúas), típicos do inverno, quando a camada de inversão térmica bloqueia a convecção. Durante todo o ano, a evapotranspiração potencial (ETp) supera amplamente as chuvas, configurando déficit hídrico permanente, condição que define o balanço hídrico negativo absoluto característico dos climas áridos. O clima identificado é Arope, com TMMF de 16,1 °C em agosto, precipitação de 37 mm, ETp anual superior a 1.300 mm e 12 meses secos (P < ETp). O clima de Lima é controlado por fatores oceanográficos e atmosféricos singulares: Corrente de Humboldt, subsidência subtropical e estabilidade atmosférica persistente, que inibem chuvas convectivas e favorecem baixa nebulosidade alta e elevada umidade relativa. Essa combinação gera um ambiente árido e estável, dominado por paisagens desérticas costeiras, escassa vegetação e solos salinos, tornando Lima uma das capitais mais secas do mundo.

Figura 48 – Climograma de Lima, Peru (Arope).



Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth.

Segundo o Quadro 48, a região apresenta uma diversidade de Subdomínios Climáticos Secos, marcados pela escassez hídrica. Encontram-se o Equatorial Seco (Eq**ope) e o Equatorial Ameno Seco (EqM**ope), de caráter mais quente, com precipitações anuais variando entre 319 e 1.680 mm, mas distribuídas em 8 a 11 meses secos. Em seguida, destacam-se os Subdomínios Tropical Seco (Tr**ope) e Tropical Ameno Seco (TrM**ope), com TMMF entre 15,0 °C e 24,6 °C e predominância de 8 a 11 meses secos. Já nas áreas mais extremas, predominam os Domínios Semiárido (SAope) e Árido (Arope), este último com precipitação média anual variando de apenas 6 a 499 mm e ETP que pode ultrapassar os 2.700 mm. Essa configuração evidencia a dominância do clima árido no litoral peruano, marcado por desertos costeiros que se estendem ao longo de quase toda a região.

Quadro 48 – Tipologia e parâmetros climáticos da Região Litorânea do Peru.

Código Climático	Nome (5ª hierarquia)	Climas Zonais	TMMF (°C)	Precipitação Média Anual (mm)	ETp Média Anual (mm)	Meses secos (P<ETp)
Eq**ope	Equatorial seco Litorâneo do Peru	Tórrido	22,5 a 24,7	319 a 1.680	1.160 a 1.935	8 a 11
EqM**ope	Equatorial Ameno seco Litorâneo do Peru	Quente	20,6 a 22,4	581 a 1.202	1.419 a 1.739	9 a 10
Tr**ope	Tropical seco Litorâneo do Peru	Tórrido / Quente	18,0 a 24,6	309 a 944	981 a 1.861	8 a 11
TrM**ope	Tropical Ameno seco Litorâneo do Peru	Quente	15,0 a 17,9	280 a 1.560	1.001 a 1.645	8 a 11
SAope	Semiárido litorâneo do Peru	Tórrido / Quente / Moderado	13,4 a 24,0	500 a 735	1.081 a 1.933	12
Arope	Árido litorâneo do Peru	Tórrido / Quente / Moderado	7,5 a 27,0	6 a 499	968 a 2.717	12

Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth, QGis – Pritzen.

Em síntese, a Região Climática Litorânea do Peru configura um espaço costeiro árido de grande singularidade geográfica, onde desertos se combinam com vales férteis irrigados, e grandes centros urbanos convivem com a escassez hídrica estrutural. A influência da Corrente de Humboldt e do Anticiclone Subtropical do Pacífico Sul molda um dos climas mais secos do planeta, ao mesmo tempo em que sustenta a atividade pesqueira de relevância mundial. A sobreposição entre insolação intensa e baixa pluviosidade, modulada pela passagem da zona tórrida para a quente, explica a especificidade climática e ambiental desta região, que se torna estratégica e vulnerável frente aos impactos de eventos de oscilação climática como El Niño.

25. LITORÂNEA DO RIO DA PRATA



Paseo de San Gabriel, às margens do rio de la Plata. Colonia del Sacramento / Uruguai
Paisagem de *Clima Subtropical Semisseco Litorâneo do Rio da Prata (St*orp)*.

(34°28'S , 57°57'W)

Fonte: Giuliano Tostes Novais (jan/2025).

Região Climática Litorânea do Rio da Prata (orp)

A Região Litorânea do Rio da Prata possui 206.571 km² e altitude média de 38 metros (Quadro 49), abrangendo as porções costeiras da Argentina e do Uruguai (Figura 49). Seu limite natural é o grande estuário formado pela confluência dos rios Paraná e Uruguai, que origina o Rio de la Plata, elemento fundamental na organização espacial e econômica do Cone Sul. Trata-se de uma extensa planície sedimentar de origem fluvial e marinha (Ross, 2019), que favoreceu a instalação de grandes centros urbanos, como Buenos Aires, La Plata, Rosário, Mar del Plata e Montevideú, mas que também aumenta a vulnerabilidade a enchentes e inundações.

O relevo predominante corresponde a planícies fluviais e costeiras, com depósitos sedimentares recentes associados às bacias do Paraná, do Uruguai e do próprio Rio de la Plata (Ross, 2019). A topografia suavemente ondulada e a baixa altimetria tornam a região propícia à ocupação urbana e à agricultura intensiva, ao mesmo tempo em que ampliam a suscetibilidade a alagamentos, especialmente durante os episódios de sudestadas, quando ventos oceânicos empurram as águas para o interior.

Do ponto de vista das paisagens naturais, a área se insere no domínio dos pampas úmidos, originalmente recobertos por gramíneas e herbáceas. Contudo, a urbanização acelerada e a agropecuária mecanizada transformaram radicalmente essa cobertura vegetal, restando apenas

fragmentos preservados em banhados e marismas, que funcionam como áreas de regulação ecológica e refúgios de biodiversidade (Ross, 2019).

Trata-se de uma região de alta relevância socioeconômica. Além da agropecuária intensiva, baseada na produção de soja, milho e pecuária de corte, destaca-se o papel dos grandes portos de Buenos Aires e Montevidéu, que fazem do Rio de la Plata um eixo estratégico de comércio internacional. A importância cultural e turística de cidades como Montevidéu e Mar del Plata reforça ainda mais o dinamismo regional. Buenos Aires, em particular, consolida-se como uma das maiores metrópoles da América do Sul, reunindo funções políticas, econômicas e culturais de alcance continental. Sua área metropolitana concentra mais de 10 milhões de habitantes, abriga o principal centro financeiro da Argentina e mantém intensa vida cultural, marcada por universidades, museus, teatros e tradições como o tango. Montevidéu, por sua vez, soma-se a esse dinamismo como capital nacional e porto estratégico, sendo reconhecida pela qualidade de vida e pela forte integração regional no Cone Sul. Juntas, essas cidades exercem papel de liderança e referência na bacia do Rio da Prata, constituindo centros urbanos de grande projeção internacional.

A dinâmica atmosférica é marcada pela interação entre massas polares e tropicais e pela frequência de frentes frias oriundas do sul. A variabilidade sazonal é reforçada pela influência de fenômenos de grande escala, como El Niño e La Niña, que respectivamente intensificam ou reduzem as chuvas. Essa circulação explica a elevada variabilidade interanual de precipitações e a ocorrência de eventos extremos.

Na hierarquia das Zonas Climáticas da CCN, esta Região está posicionada na Zona Moderada. Essa posição implica forte diferenciação estacional: verões com insolação significativa e temperaturas elevadas, contrastando com invernos frios, de dias curtos e frequentes incursões de ar polar (Novais, 2019; 2023a).

Figura 49 – Região Climática Litorânea do Rio da Prata.



Regiões Climáticas adjacentes: 29) Litorânea do Sudeste Argentino; 30) Litorânea Sul do Brasil; 34) Mesopotâmia Platina; 36) dos Pampas Argentinos; 37) dos Pampas Gaúchos.

Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth, QGIS – Pritzen.

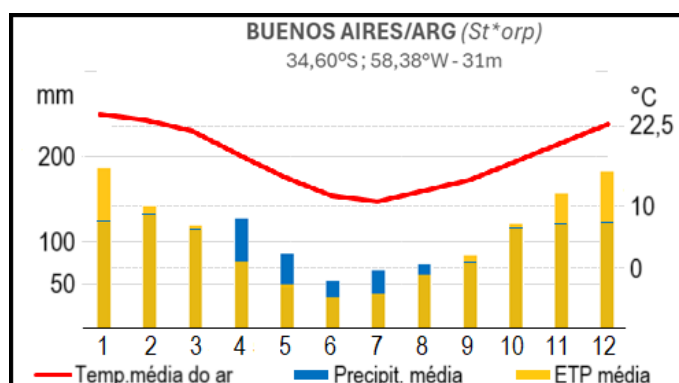
Quadro 49 – Aspectos geográficos da Região Climática Litorânea do Rio de Prata.

Área da Região Climática (km ²)	206.571
Altitude média (m)	38
Bacias hidrográficas	Rio de la Plata, Rio Paraná, Rio Uruguai
Vegetação natural predominante	Pradarias, pantanal, estepes
Principais cidades	Buenos Aires, La Plata, Rosário, Mar del Plata (ARG), Montevideo (URY)
Temperatura média anual (°C)	16,4
Temperatura média do mês mais frio – julho (°C)	9,4
Precipitação média anual (mm)	1.084
Evapotranspiração potencial (mm)	1.390
Sistemas atmosféricos atuantes	APS e ASAS

Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth, QGis – Pritzen, Reboita *et al.* (2010) e Ross (2019).

O climograma de Buenos Aires, capital da Argentina (Figura 50), traduz as condições do Subdomínio Subtropical Semisseco no estuário platino, inserido na Zona Climática Moderada. As temperaturas médias anuais situam-se próximas de 17 °C, com amplitude térmica anual moderada e clara diferenciação sazonal. A precipitação apresenta distribuição irregular, com maior frequência de chuvas entre abril e agosto. No verão e início do outono, a aproximação de sistemas frontais do Atlântico Sul e de linhas de instabilidade subtropicais favorece episódios de chuva intensa, mas de curta duração. A evapotranspiração potencial (ETp) mantém-se elevada em quase todo o ano, especialmente entre novembro e janeiro, quando excede muito a precipitação. Essas características definem o clima St*orp, com TMMF de 10,4 °C em julho, precipitação anual de 1.200 mm, ETp média superior a 1.200 mm e sete meses secos (P < ETp). O clima de Buenos Aires apresenta, portanto, verões quentes e invernos frescos, expressando o caráter de transição entre o Subtropical Úmido Brasileiro e o Temperado Úmido Pampeano, com predomínio de campos gramíneos e vegetação de pradaria sob forte influência oceânica e urbana.

Figura 50 – Climograma de Buenos Aires, Argentina (St*orp).



Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth.

O Quadro 50 mostra os indicadores climáticos da região platina que confirmam um ambiente de transição de Domínios (Subtropical–Temperado), com temperatura média anual de 16,4 °C, temperatura média de julho, o mês mais frio, de 9,4 °C, precipitação anual de 1.084 mm e evapotranspiração potencial de 1.390 mm. O Quadro 2 da classificação detalhada mostra a diversidade interna de Subdomínios Climáticos. Esses códigos evidenciam o gradiente de umidade

leste–oeste, com maior pluviosidade nas áreas costeiras e progressiva aridização em direção ao interior, em função da redução da influência oceânica (Novais, 2023a).

Quadro 50 – Tipologia e parâmetros climáticos da Região Litorânea do Rio da Prata.

Código Climático	Nome (5ª hierarquia)	Clima Zonal	TMMF (°C)	Precipitação Média Anual (mm)	ETp Média Anual (mm)	Meses secos (P<ETp)
St'orp	Subtropical semiúmido Litorâneo do Rio da Prata	Moderado	10,0 a 11,7	1.143 a 1.389	1.147 a 1.433	4 a 5
St*orp	Subtropical semisseco Litorâneo do Rio da Prata	Moderado	10,0 a 11,8	1.019 a 1.358	1.137 a 1.594	6 a 7
St**orp	Subtropical seco Litorâneo do Rio da Prata	Moderado	10,0 a 11,6	985 a 1.336	1.291 a 1.793	8 a 11
Te'orp	Temperado semiúmido Litorâneo do Rio do Prata	Moderado	9,7 a 9,9	1.175 a 1.273	1.238 a 1.303	5
Te*orp	Temperado semisseco Litorâneo do Rio da Prata	Moderado	7,1 a 9,9	915 a 1.318	1.149 a 1.526	6 a 7
Te**orp	Temperado seco Litorâneo do Rio da Prata	Moderado	7,1 a 9,9	917 a 1.319	1.232 a 1.667	8 a 11
SAorp	Semiárido Litorâneo do Rio da Prata	Moderado	7,6 a 11,4	932 a 1.067	1.378 a 1.790	12

Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth, QGis – Pritzen.

Desse modo, a Região Litorânea do estuário do Rio da Prata sintetiza a interação entre fatores naturais – planície sedimentar, variabilidade atmosférica, gradiente úmido–seco e fatores humanos, urbanização densa, agricultura e portos de grande escala. A coexistência de subdomínios úmidos, secos e semiáridos em uma mesma região, associada ao peso econômico e urbano do estuário, torna o território um espaço estratégico para compreender a integração física e socioeconômica da América do Sul.

26. LITORÂNEA LESTE DO BRASIL



Coqueiral na praia do Patacho. São Miguel dos Milagres-AL / Brasil
Paisagem de *Clima Tropical Semisseco Litorâneo Leste do Brasil (Tr*oeb)*.

(09°11'S , 35°18'W)

Fonte: Giuliano Tostes Novais (jan/2014).

Região Climática Litorânea Leste do Brasil (oeb)

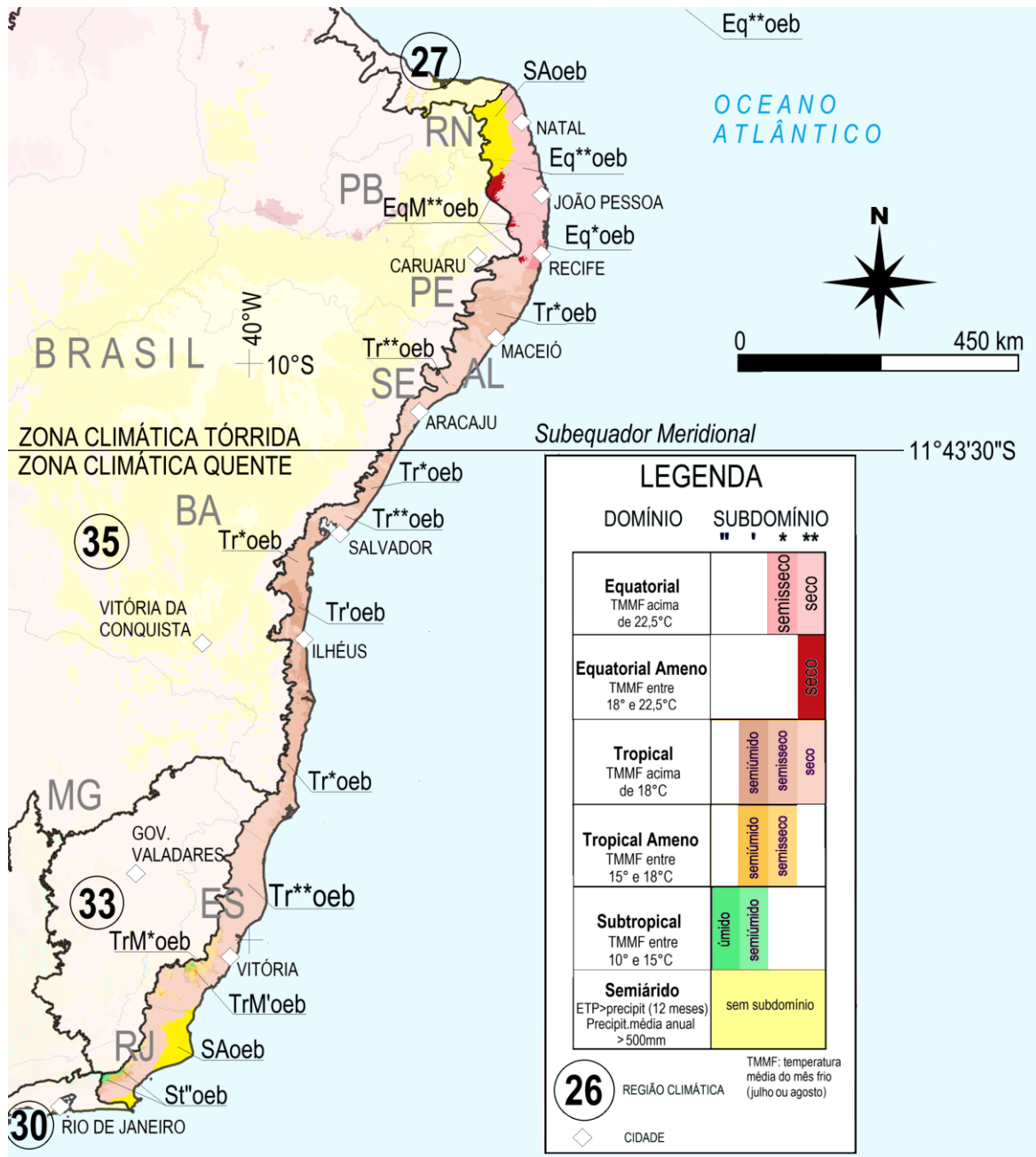
A Região Climática Litorânea Leste do Brasil (oeb) cobre uma área de 128.068 km², com altitude média de 153 metros (Quadro 51). Seu relevo é marcado por planícies costeiras, tabuleiros sedimentares e estuários que abrigam importantes bacias hidrográficas, como as dos rios São Francisco, Doce, Paraguaçu e Paraíba do Sul. Em diversos pontos, as escarpas da Serra do Mar e da Serra da Borborema aproximam-se da faixa litorânea, reforçando a diversidade de formas e condicionando a dinâmica climática e hidrológica da região.

A vegetação natural predominante é a Mata Atlântica, que recobre trechos mais úmidos e se apresenta bastante fragmentada em função da urbanização e da agropecuária. Também são relevantes as restingas, adaptadas a solos arenosos e salinos, e os manguezais, que se desenvolvem em estuários e áreas alagáveis, funcionando como ecossistemas de grande relevância ecológica e socioeconômica (Ab'Saber, 2003). A combinação de floresta tropical úmida, vegetação litorânea e ambientes estuarinos faz da região um espaço de elevada biodiversidade, mas também de grande vulnerabilidade ambiental.

Entre os principais centros urbanos destacam-se Salvador, Recife, Maceió, Natal e Vitória, além de cidades médias como Aracaju, Ilhéus e Porto Seguro, que exercem funções regionais (Figura 71). Essa faixa litorânea é uma das áreas mais densamente povoadas do Brasil, com forte presença de atividades econômicas ligadas ao turismo, logística portuária, indústria e exploração de petróleo e gás.

Astronomicamente, a região encontra-se nas Zonas Climáticas Tórrida e Quente, atravessada pelo paralelo do Subequador Meridional (11°43'30" S). A elevada incidência solar, com dois momentos anuais de zênite, garante estabilidade térmica e reforça os contrastes pluviométricos ao longo da costa (Novais, 2019; 2023a), que tem seus maiores valores acumulados de chuva na estação de inverno.

Figura 51 – Região Climática Litorânea Leste do Brasil.



Regiões Climáticas adjacentes: 27) Litorânea Norte do Brasil; 30) Litorânea Sul do Brasil; 33) Mantiqueira Oriental; 35) Nordeste do Brasil.

Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth, QGis – Pritzen.

De acordo com o Quadro 70, a região apresenta temperatura média anual de 23,5 °C, com valores em torno de 21,1 °C em julho e agosto (meses mais frios). A precipitação média anual é de 1.422 mm, porém a evapotranspiração potencial atinge 1.650 mm, o que explica a ocorrência de meses secos e de Subdomínios que vão do Úmido ao Seco. Os principais sistemas atmosféricos atuantes

são a ASAS, que influencia a estabilidade e a circulação dos Ventos Alísios; a ZCIT, que traz chuvas intensas ao norte da região entre abril e julho; e a APS, que ocasionalmente contribui com instabilidades e frentes frias no setor sul.

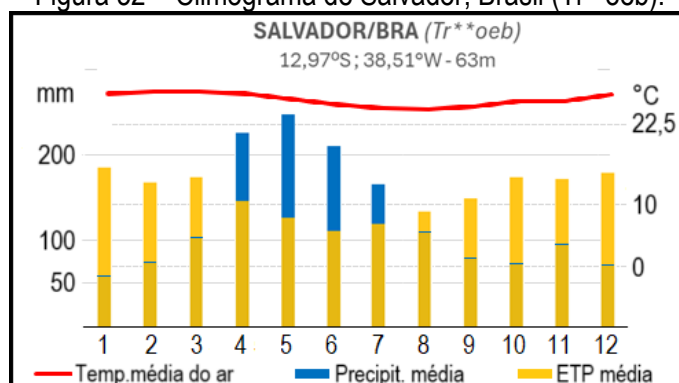
Quadro 51 – Aspectos geográficos da Região Climática Litorânea Leste do Brasil.

Área da Região Climática (km ²)	128.068
Altitude média (m)	153
Bacias hidrográficas	Rio São Francisco, Rio Doce, Rio Paraíba do Sul, Rio Paraguaçu
Vegetação natural predominante	Mata Atlântica, Restinga e Manguezal
Principais cidades	Salvador, Recife, Maceió, Natal, Vitória (BRA)
Temperatura média anual (°C)	23,5
Temperatura média do mês mais frio – julho e agosto (°C)	21,1
Precipitação média anual (mm)	1.422
Evapotranspiração potencial (mm)	1.650
Sistemas atmosféricos atuantes	ASAS, APS, ZCIT

Fonte: Cavalcanti *et al.* (2009), CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth, IBGE (2025), QGis – Pritzen, Reboita *et al.* (2010) e Ross (2019).

O climograma de Salvador, na Bahia (Figura 52), representa o regime típico do Tropical Seco do Litoral Oriental Brasileiro, inserido na Zona Climática Quente. As temperaturas médias anuais se mantêm elevadas, próximas de 25 °C, com variações reduzidas ao longo do ano (amplitude inferior a 2 °C), em virtude da latitude baixa e da influência direta do Oceano Atlântico, que atua como moderador térmico. A precipitação apresenta concentração entre abril e julho, associada à penetração das frentes frias atlânticas e aos ventos úmidos de leste, que provocam chuvas ao longo do litoral. No restante do ano, as chuvas diminuem gradualmente, configurando prolongado período de estiagem relativa, especialmente de setembro a fevereiro, quando a evapotranspiração potencial (ETp) supera amplamente as precipitações, ocasionando déficit hídrico expressivo. Esses elementos definem o clima Tr**oeb, caracterizado por TMMF de 23,6°C em agosto, precipitação média anual de 1.590 mm, ETp 1.800 mm, e oito meses com P < ETp. O clima quente e com alternância de fases úmidas e secas reflete o predomínio das massas tropicais marítimas e dos ventos alísios, favorecendo paisagens de Mata Atlântica Litorânea e restingas, além de forte influência urbana e marítima sobre o recôncavo baiano.

Figura 52 – Climograma de Salvador, Brasil (Tr**oeb).



Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth.

Segundo o Quadro 52, a Região Litorânea Leste do Brasil apresenta uma notável diversidade climática, que se expressa em 17 códigos distintos distribuídos entre diferentes Domínios. Nos setores setentrionais, predomina o Domínio Equatorial, tanto com Subdomínio Semisseco (Eq*oeb) quanto Seco (Eq**oeb), refletindo a influência da ZCIT e a sazonalidade das chuvas. Já em áreas de maior altitude, surgem as variações do Domínio Equatorial Ameno, também subdividido em Semisseco (EqM*oeb) e Seco (EqM**oeb), ajustando-se às condições intermediárias de temperatura e precipitação. No conjunto mais representativo da região, o Domínio Tropical abrange desde o Subdomínio Úmido (Tr'oeb), caracterizado por menores déficits hídricos, até as formas Semiúmida (Tr'oeb), Semisseca (Tr*oeb) e Seca (Tr**oeb), que expressam o gradiente de aumento da ETp em relação à pluviosidade. Acompanhando essa transição, o Domínio Tropical Ameno repete a mesma lógica de subdivisões, indo do úmido (TrM'oeb) ao seco (TrM**oeb), mas em contextos de temperaturas médias mais baixas, próprias das latitudes e altitudes intermediárias. No setor meridional, a influência do Domínio Subtropical introduz variações que vão do Úmido (St'oeb) ao Seco (St**oeb), sempre com menor amplitude térmica anual, mas mantendo o padrão de diferenciação pela disponibilidade hídrica. Por fim, destaca-se ainda a ocorrência do Semiárido Litorâneo (SAoeb), expressão das condições de maior déficit de umidade, com 12 meses secos e baixa precipitação anual, que aparece em faixas restritas da região, tanto ao norte quanto ao sul.

Quadro 52 – Tipologia e parâmetros climáticos da Região Litorânea Leste do Brasil.

Código Climático	Nome (5ª hierarquia)	Climas Zonais	TMMF (°C)	Precipitação Média Anual (mm)	ETp Média Anual (mm)	Meses secos (P<ETp)
Eq*oeb	Equatorial semisseco Litorâneo Leste do Brasil	Tórrido	22,7 a 24,9	1.363 a 1.984	1.647 a 2.113	6 a 7
Eq**oeb	Equatorial seco Litorâneo Leste do Brasil	Tórrido	22,5 a 27,8	565 a 1.768	1.579 a 2.410	8 a 11
EqM*oeb	Equatorial Ameno semisseco Litorâneo Leste do Brasil	Quente	22,3 a 22,4	1.562 a 1.574	1.736 a 1.789	7
EqM**oeb	Equatorial Ameno seco Litorâneo Leste do Brasil	Quente	20,8 a 22,4	765 a 1.601	1.518 a 2.074	8 a 11
Tr'oeb	Tropical úmido Litorâneo Leste do Brasil	Quente	18,0 a 21,1	1.411 a 2.099	1.230 a 1.436	2 a 3
Tr'oeb	Tropical semiúmido Litorâneo Leste do Brasil	Tórrido / Quente	18,0 a 23,1	1.305 a 2.135	1.114 a 1.767	4 a 5
Tr*oeb	Tropical semisseco Litorâneo Leste do Brasil	Tórrido / Quente	18,0 a 24,4	1.110 a 1.984	1.209 a 2.067	6 a 7
Tr**oeb	Tropical seco Litorâneo Leste do Brasil	Tórrido / Quente	18,0 a 24,9	752 a 1.813	1.235 a 2.314	8 a 11
TrM'oeb	Tropical Ameno úmido Litorâneo Leste do Brasil	Quente	15,1 a 17,9	1.543 a 2.274	1.116 a 1.397	1 a 3
TrM'oeb	Tropical Ameno semiúmido Litorâneo Leste do Brasil	Quente	15,0 a 17,9	1.441 a 2.313	1.109 a 1.700	4 a 5
TrM*oeb	Tropical Ameno semisseco Litorâneo Leste do Brasil	Quente	15,0 a 17,9	1.215 a 2.016	1.208 a 1.738	6 a 7
TrM**oeb	Tropical Ameno seco Litorâneo Leste do Brasil	Quente	15,0 a 17,9	1.098 a 1.725	1.199 a 1.825	8 a 11
St'oeb	Subtropical úmido Litorâneo Leste do Brasil	Moderado	12,6 a 14,8	1.822 a 2.312	1.145 a 1.316	2 a 3
St'oeb	Subtropical semiúmido Litorâneo Leste do Brasil	Moderado	11,2 a 14,9	1.554 a 2.338	1.197 a 1.559	4 a 5
St*oeb	Subtropical semisseco Litorâneo Leste do Brasil	Moderado	12,8 a 14,9	1.403 a 1.795	1.193 a 1.579	6 a 7
St**oeb	Subtropical seco Litorâneo Leste do Brasil	Moderado	13,6 a 14,9	1.282 a 1.640	1.312 a 1.595	8
SAoeb	Semiárido Litorâneo Leste do Brasil	Tórrido / Quente	20,0 a 25,1	500 a 1.247	1.555 a 2.323	12

Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth, QGIS – Pritzen.

Dessa forma, a Região Litorânea Leste do Brasil constitui um mosaico climático de elevada complexidade, onde coexistem desde climas úmidos tropicais e subtropicais até condições semiáridas em setores específicos. A interação entre maritimidade, relevo e circulação atmosférica, aliada à forte incidência solar, explica a diversidade de paisagens e ecossistemas. Trata-se de um espaço vital para a dinâmica econômica e social do Brasil, mas também marcado por intensa pressão antrópica e desafios de conservação ambiental.

27. LITORÂNEA NORTE DO BRASIL



Praia da Pedra Furada, no Parque Nacional de Jericoacoara. Jijoca-CE / Brasil
Paisagem de *Clima Equatorial Seco Litorâneo Norte do Brasil* (Eq**onb).

(02°47'S , 40°29'W)

Fonte: Giuliano Tostes Novais (mai/2021).

Região Climática Litorânea Norte do Brasil (onb)

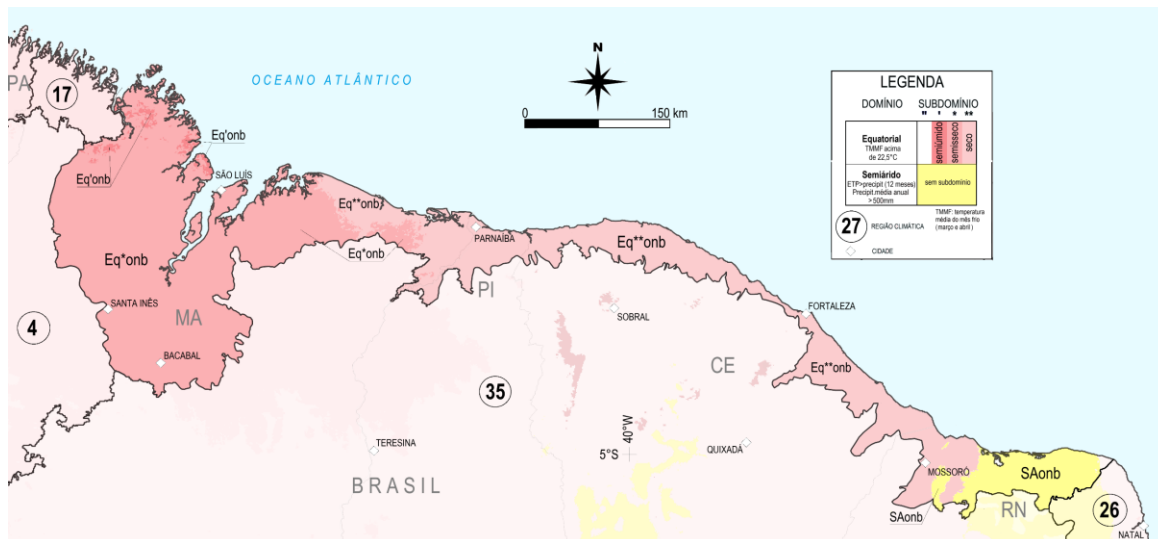
A Região Litorânea Norte do Brasil ocupa cerca de 93.901 km², com altitude média de 31 metros, estendendo-se desde as Reentrâncias Maranhenses até o litoral do Rio Grande do Norte (Figura 53). Seu relevo é dominado por planícies costeiras baixas, estuários e deltas, como o do rio Parnaíba, e por campos de dunas móveis, que formam algumas das paisagens mais emblemáticas do litoral brasileiro. Entre elas destacam-se os Lençóis Maranhenses, um vasto conjunto de dunas que abriga lagoas sazonais alimentadas pelas chuvas, e o Parque Nacional de Jericoacoara, no Ceará, conhecido por dunas móveis e restingas associadas à maritimidade. Essas formações eólicas expressam a forte interação entre Ventos Alísios e o regime pluviométrico, compondo paisagens únicas em escala mundial.

Do ponto de vista das paisagens naturais, a região representa um corredor de transição entre a Floresta Amazônica e o semiárido nordestino. No Maranhão ainda predominam formações de floresta ombrófila densa e matas de várzea, que gradativamente cedem lugar a vegetações mais abertas, como cerrados, campos úmidos e restingas. Em direção ao Ceará e ao Rio Grande do Norte, sob condições de maior déficit hídrico, dominam as formações de caatinga litorânea, adaptadas à escassez de chuvas e à sazonalidade climática. Ab'Saber (2003) destaca que esta faixa de transição é uma das mais expressivas da América do Sul, reunindo mosaicos ecológicos que integram o domínio amazônico e o semiárido.

Entre os principais centros urbanos estão São Luís, marcada pela forte herança cultural luso-afró-indígena e pela importância de seu porto; Parnaíba, no delta do rio homônimo, que combina funções turísticas e comerciais; e Fortaleza, a maior metrópole nordestina, que integra turismo, indústria e serviços. Destaca-se, ainda, a região de Mossoró e Assu (RN), responsável pela maior produção de sal marinho do país, fundamental para a economia regional e para o abastecimento nacional. Esses núcleos urbanos reforçam o papel estratégico da região como eixo de articulação entre o litoral e o interior.

No que se refere à incidência solar, toda a região está situada na Zona Tórrida. Isso garante alta insolação durante o ano inteiro, o que, aliado à elevada umidade relativa, resulta em condições de calor constante e favorece tanto a exuberância dos ecossistemas úmidos quanto a vulnerabilidade das áreas semiáridas.

Figura 53 – Região Climática Litorânea Norte do Brasil.



Regiões Climáticas adjacentes: 4) Amazônica Oriental; 17) Litorânea Amazônica; 26) Litorânea Leste do Brasil; 35) Nordeste do Brasil.

Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth, QGis – Pritzen.

O clima regional é fortemente condicionado pela ZCIT, responsável pela estação chuvosa concentrada no primeiro semestre. O volume pluviométrico é elevado no Maranhão e no Piauí (superior a 1.800 mm), mas diminui em direção ao leste, chegando a menos de 1.000 mm no Ceará e no Rio Grande do Norte. Assim, a região funciona como gradiente climático, onde o Subdomínio Equatorial Semiúmido perde força diante do avanço do Semiárido Nordestino. No Quadro 53 temos as médias térmicas anuais que se mantêm elevadas (27,3 °C) com pequena variação sazonal, mas a ETp (1.917 mm) frequentemente supera a precipitação (1.503 mm), explicando a maior ocorrência de déficit hídrico em áreas orientais.

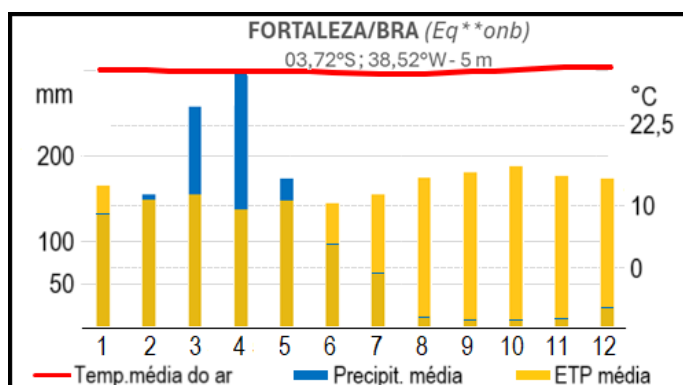
Quadro 53 – Aspectos geográficos da Região Climática Litorânea Norte do Brasil.

Área da Região Climática (km ²)	93.901
Altitude média (m)	31
Bacias hidrográficas	Parnaíba, Mearim, Jaguaribe
Vegetação natural predominante	Cerrado, caatinga, campos de dunas
Principais cidades	Fortaleza, São Luís, Mossoró, Parnaíba (BRA)
Temperatura média anual (°C)	27,3
Temperatura média do mês mais frio – julho (°C)	26,4
Precipitação média anual (mm)	1.503
Evapotranspiração potencial (mm)	1.917
Sistemas atmosféricos atuantes	ZCIT

Fonte: Cavalcanti *et al.* (2009), CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth, IBGE (2025), QGis – Pritzen, Reboita *et al.* (2009) e Ross (2019).

O climograma de Fortaleza, capital do Ceará (Figura 54), ilustra o comportamento do clima Equatorial Seco do litoral Norte do Brasil, pertencente à Zona Climática Tórrida, conforme a Classificação Climática de Novais. As temperaturas médias permanecem elevadas e homogêneas ao longo do ano, situando-se em torno de 27 °C, com amplitude térmica inferior a 1,5 °C, evidenciando a constância térmica típica das áreas equatoriais. A precipitação apresenta acentuada sazonalidade, com chuvas concentradas entre fevereiro e maio, atingindo seu ápice em março e abril, quando a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) migra para o sul e intensifica a convecção atmosférica. De junho a janeiro, as chuvas tornam-se escassas e a evapotranspiração potencial (ETp), impulsionada pelas altas temperaturas e pela insolação constante, supera amplamente os volumes pluviométricos, configurando um balanço hídrico negativo prolongado. Esse padrão define o clima Eq**onb, caracterizado por TMMF superior a 26 °C, precipitação anual acima de 1.100 mm, ETp média anual acima de 1.800 mm e oito meses com P < ETp. O regime climático de Fortaleza reflete a influência dominante dos Ventos Alísios e da posição latitudinal variável da ZCIT, resultando em um ambiente quente e seco litorâneo, com vegetação de transição entre caatinga e formações costeiras, além de forte impacto da urbanização e das brisas marítimas sobre o clima local.

Figura 54 – Climograma de Fortaleza, Brasil (Eq**onb).



Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth.

Segundo o Quadro 54, que apresenta a tipologia climática da Região, a mesma abriga quatro tipos climáticos distintos: o Equatorial Semiúmido (Eq'onb), predominante no Maranhão, com até cinco meses secos; o Equatorial Semissecos (Eq*onb), típico do Piauí e do oeste do Ceará, com seis a sete meses secos; o Equatorial Seco (Eq**onb), que caracteriza o litoral cearense, com longas estiagens de oito a onze meses; e o Semiárido Litorâneo (SAonb), restrito ao Rio Grande do Norte, com até doze meses de déficit. Essa diversidade evidencia a função de “zona de transição” climática e ecológica.

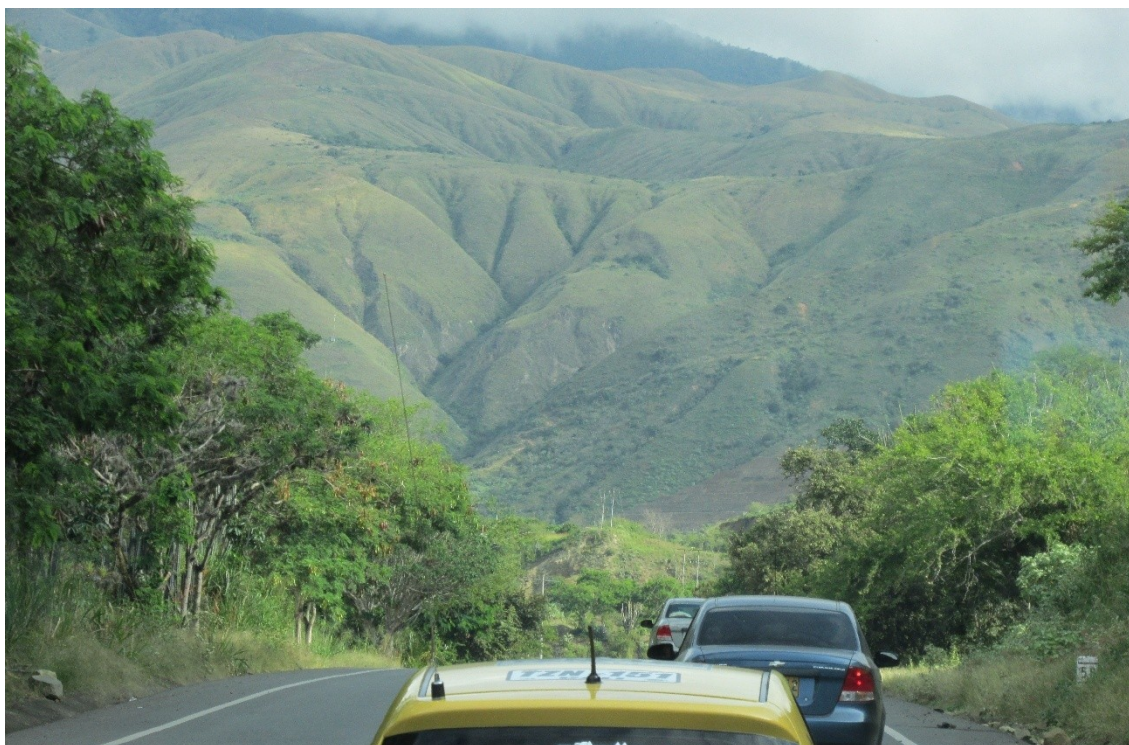
Quadro 54 – Tipologia e parâmetros climáticos da Região Litorânea Norte do Brasil.

Código Climático	Nome (5ª hierarquia)	Climas Zonais	TMMF (°C)	Precipitação Média Anual (mm)	ETp Média Anual (mm)	Meses secos (P<ETp)
Eq'onb	Equatorial semiúmido Litorâneo Norte do Brasil	Tórrido	25,7 a 27,2	1.896 a 2.238	1.608 a 1.989	5
Eq*onb	Equatorial semissecos Litorâneo Norte do Brasil	Tórrido	25,6 a 27,1	1.162 a 2.237	1.613 a 2.330	6 a 7
Eq**onb	Equatorial seco Litorâneo Norte do Brasil	Tórrido	24,9 a 28,1	582 a 1.796	1.742 a 2.618	8 a 11
SAonb	Semiárido Litorâneo Norte do Brasil	Tórrido	24,0 a 27,9	500 a 945	1.855 a 2.568	12

Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth, QGis – Pritzen.

Em síntese, a Região Litorânea Norte do Brasil expressa um espaço de contrastes climáticos e ecológicos, unindo a umidade amazônica ao avanço do semiárido. Os manguezais, as matas de transição, as caatingas costeiras e os campos de dunas (como os Lençóis Maranhenses e Jericoacoara) fazem da região um laboratório natural para compreender processos de transição climática, dinâmica costeira e adaptação ecológica, ao mesmo tempo em que concentra centros urbanos estratégicos para a economia e a cultura do Nordeste brasileiro.

28. LITORÂNEA DO PACÍFICO COLOMBIANO (DO OESTE DA COLÔMBIA)



Descida para o litoral do Pacífico. San Cipriano-Valle del Cauca / Colômbia
Paisagem de *Clima Equatorial Úmido do Pacífico Colombiano (Eq"opc)*.

(03°52'N , 76°49'W)

Fonte: Daniel Monteiro Huertas (jan/2017).

Região Climática Litorânea do Pacífico Colombiano (opc)

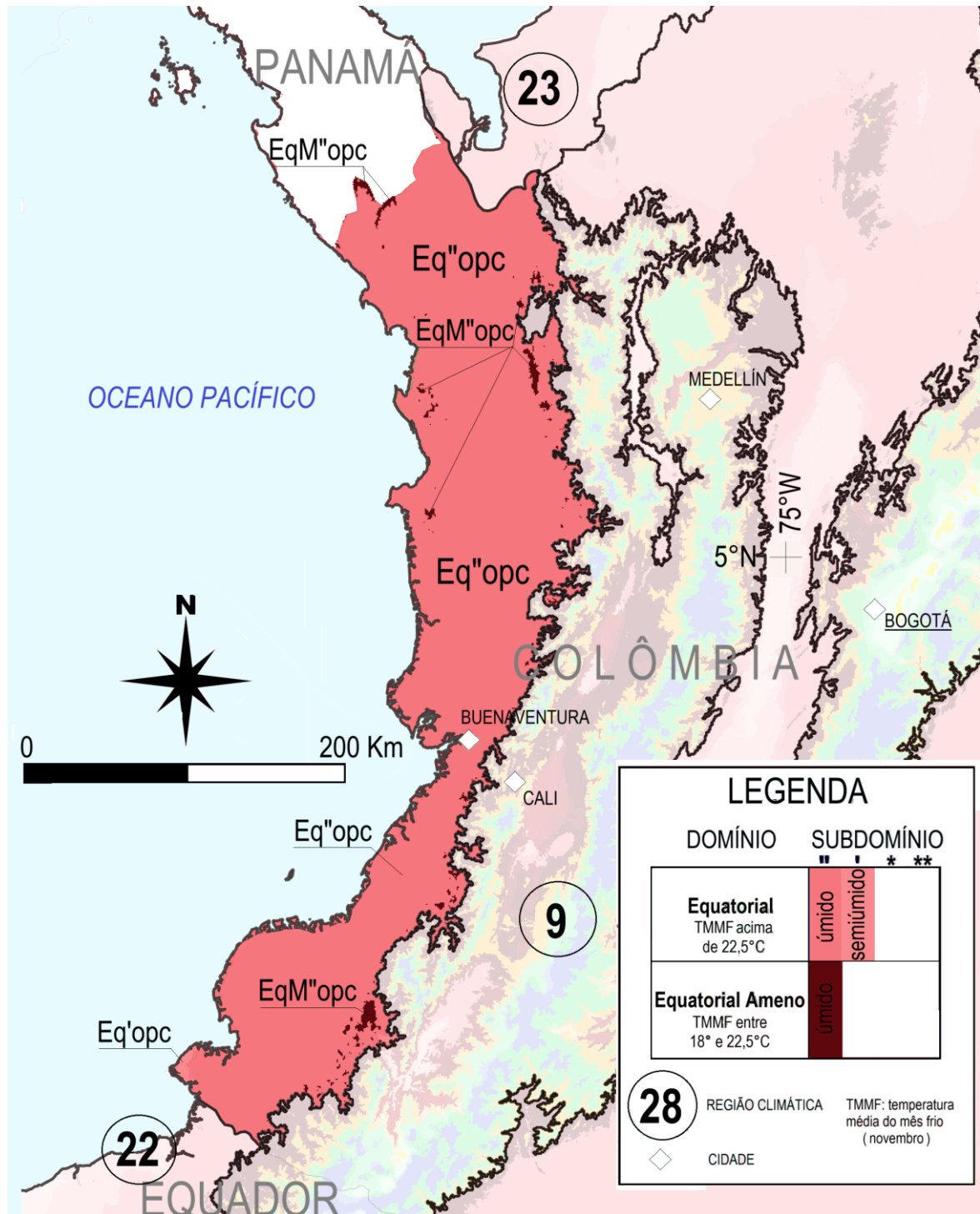
A Região Litorânea do Pacífico Colombiano (Figura 55) possui área de 105.980 km², com altitude média de 379 metros, abrangendo uma das faixas costeiras mais úmidas do planeta. Conforme Ross (2019), trata-se de uma ampla planície litorânea formada por depósitos sedimentares recentes, rios de curso curto e caudaloso que descem da Cordilheira dos Andes e extensas áreas de manguezais. Essa conformação geomorfológica favorece a acumulação de água, enchentes e ambientes pantanosos, reforçando o caráter de hiper mobilidade hídrica da paisagem. As cidades de Buenaventura, principal porto da Colômbia no Pacífico, e Quibdó, capital do departamento de Chocó, destacam-se como núcleos urbanos de relevância econômica e social.

Na região predominam florestas tropicais úmidas sempre verdes, de alta densidade arbórea e grande biodiversidade, que se estendem até a base da cordilheira. A presença de manguezais, restingas e matas aluviais reforça o caráter litorâneo e a interação entre marés e rios. Essa vegetação exuberante é diretamente condicionada pela alta pluviosidade, que mantém os ecossistemas constantemente encharcados e sustentados por solos hidromórficos.

Os sistemas atmosféricos atuantes são dominados pela ZCIT, que permanece ativa sobre a faixa equatorial durante boa parte do ano, alimentada pelos Ventos Alísios de Nordeste que transportam grandes quantidades de umidade oceânica. A barreira da Cordilheira Ocidental intensifica a ascensão do ar úmido, gerando chuvas orográficas de alta intensidade. Essa dinâmica resulta em uma precipitação média anual de 5.903 mm, com registros locais que podem ultrapassar 10.000 mm,

especialmente em Chocó. O fenômeno ENOS também influencia a região, modulando os extremos de chuva, embora o padrão geral permaneça úmido.

Figura 55 – Região climática Litorânea do Pacífico Colombiano.



Regiões Climáticas adjacentes: 9) dos Andes Setentrionais; 22) Litorânea do Equador; 23) Litorânea do Caribe Colombiano.

Fonte: CHLSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth, QGis – Pritzen.

Os dados médios da região evidenciam o predomínio de condições térmicas elevadas, típicas da latitude equatorial, e um balanço hídrico amplamente positivo, já que a precipitação excede largamente a demanda atmosférica (Quadro 64). Essa abundância de chuvas, além de manter a floresta tropical sempre verde, gera também desafios socioeconômicos, como enchentes urbanas, deslizamentos de encostas e dificuldades de infraestrutura. Ao mesmo tempo, a posição geográfica estratégica confere importância geopolítica à região, sobretudo pelo porto de Buenaventura.

A região insere-se integralmente na Zona Climática Tórrida, marcada por alta incidência solar durante todo o ano e pequena amplitude térmica sazonal. Essa combinação de insolação constante, temperaturas elevadas e extrema umidade atmosférica faz do litoral pacífico colombiano um dos ambientes mais característicos de Subdomínio Equatorial Úmido, sem mês seco.

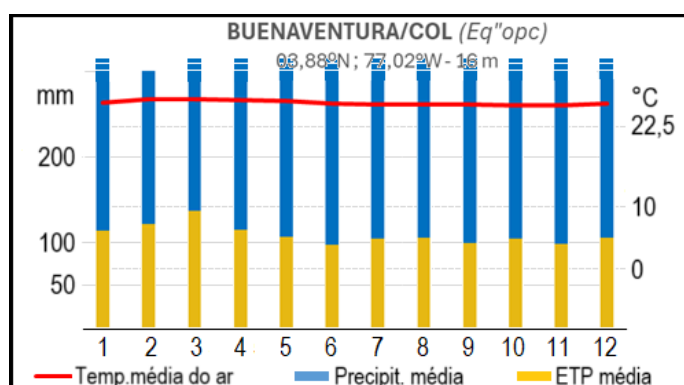
Quadro 55 – Aspectos geográficos da Região Climática Litorânea do Pacífico Colombiano.

Área da Região Climática (km ²)	105.980
Altitude média (m)	379
Bacias hidrográficas	Cauca, Danubio, Atrato
Vegetação natural predominante	Floresta tropical, mangue
Principais cidades	Buenaventura, Quibdó (COL)
Temperatura média anual (°C)	25,4
Temperatura média do mês mais frio – julho (°C)	25,0
Precipitação média anual (mm)	5.903
Evapotranspiração potencial (mm)	1.272
Sistemas atmosféricos atuantes	ZCIT

Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth, QGis – Pritzen, Reboita *et al.* (2010) e Ross (2019).

O climograma de Buenaventura (Figura 56) reflete o comportamento típico do Subdomínio Equatorial Úmido do litoral pacífico colombiano, inserido na Zona Climática Tórrida. As temperaturas médias permanecem elevadas e homogêneas ao longo do ano, em torno de 26 °C, evidenciando amplitude térmica mínima, típica de áreas próximas à linha equatorial. A precipitação é extremamente abundante e bem distribuída, com totais mensais superiores a 250 mm e picos que ultrapassam 600 mm, o que resulta em acumulados anuais acima de 6.000 mm, um dos índices mais altos do continente sul-americano. Essa intensa pluviosidade decorre da atuação constante da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), dos ventos de oeste e da ascensão orográfica das massas úmidas do Pacífico ao encontrar a vertente ocidental da Cordilheira dos Andes. A evapotranspiração potencial (ETp), embora alta devido às temperaturas elevadas, é superada de modo contínuo pela precipitação, assegurando balanço hídrico permanentemente positivo e ausência total de meses secos. O clima identificado é Eq^{opc}, caracterizado por TMMF de 25,4 °C, em novembro, precipitação anual de 6.450 mm, ETp de 1.090 mm e zero meses com P < ETp. Esse regime hídrico excepcional sustenta a Floresta Ombrófila Densa do Chocó, uma das regiões de maior pluviosidade e biodiversidade do planeta, marcada por solos encharcados, elevada umidade atmosférica e persistente nebulosidade ao longo do ano.

Figura 56 – Climograma de Buenaventura, Colômbia (Eq"opc).



Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth.

A classificação climática detalhada (Quadro 56) confirma a predominância do Equatorial Úmido (Eq"opc), com temperaturas médias acima de 22,5 °C e ausência de meses secos (0 a 3 no máximo). Há ocorrência pontual do Equatorial Semiúmido (Eq'opc), ainda no Clima Zonal Tórrido, mas com até 4 meses de déficit hídrico. Nas porções de maior altitude da faixa costeira aparecem áreas de Equatorial Ameno Úmido (EqM"opc), ligadas ao Clima Zonal Quente, com temperaturas médias entre 18 e 22 °C. Essa combinação confere à região uma das mais altas taxas de precipitação contínua da América do Sul, com pouca ou nenhuma sazonalidade.

Quadro 56 – Tipologia e parâmetros climáticos da Região Litorânea do Pacífico Colombiano.

Código Climático	Nome (5ª hierarquia)	Clima Zonal	TMMF (°C)	Precipitação Média Anual (mm)	ETp Média Anual (mm)	Meses secos (P<ETp)
Eq"opc	Equatorial úmido Litorâneo do Pacífico Colombiano	Tórrido	22,5 a 26,8	1.931 a 16.618	696 a 2.167	0 a 3
Eq'opc	Equatorial úmido Litorâneo do Pacífico Colombiano	Tórrido	22,5 a 25,3	1.821 a 2.578	1.276 a 1.826	4
EqM"opc	Equatorial Ameno úmido Litorâneo do Pacífico Colombiano	Quente	18,1 a 22,4	2.172 a 16.354	739 a 1.550	0 a 3

Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth, QGis – Pritzen.

Em suma, a Região Litorânea do Pacífico Colombiano constitui um espaço singular na América do Sul, onde se combinam a influência direta do Oceano Pacífico, a barreira andina e a ação contínua da ZCIT. O resultado é uma região de precipitações excepcionais, elevada biodiversidade e intensa vulnerabilidade ambiental, tornando-se um dos exemplos mais expressivos da interação entre fatores atmosféricos e geográficos na escala continental.

29. LITORÂNEA DO SUDESTE ARGENTINO



Ruta 3, em Santo Antônio Oeste. Rio Negro / Argentina
Paisagem de *Clima Árido Litorâneo do Sudeste Argentino* (Arosa).

(40°42'S , 64°26'W)

Fonte: Lilian Aline Machado (ago/2023).

Região Litorânea do Sudeste Argentino (osa)

A Região Litorânea do Sudeste Argentino compreende 184.541 km², com altitude média de 109 metros, abrangendo a foz do rio Negro e as planícies costeiras atlânticas entre a área de Mar del Plata e os limites setentrionais da Patagônia (Figura 69). Conforme Ross (2019), trata-se de uma faixa de transição entre a Bacia Hidrográfica Platina e a Patagônia, marcada por terrenos sedimentares recentes, dunas costeiras e extensas planícies associadas ao rio Negro. As principais cidades são Bahía Blanca, polo econômico e portuário regional, Viedma, próxima à desembocadura do rio Negro, e Tres Arroyos, inserida no setor setentrional.

Do ponto de vista das paisagens naturais, Ab'Saber (2003) descreve essa área como integrante dos domínios das estepes argentinas, caracterizadas por vegetação herbácea e arbustiva adaptada à aridez, alternando campos abertos com manchas de vegetação mais densa em vales fluviais. Essa condição, apresentada no Quadro 68, é diretamente associada ao déficit hídrico permanente, já que a precipitação média anual (573 mm) é muito inferior à evapotranspiração potencial (1.435 mm). O rio Negro constitui o principal eixo hidrográfico, irrigando áreas agrícolas e funcionando como elemento vital para a ocupação humana e econômica.

Os sistemas atmosféricos atuantes são dominados pela ASAS, que favorece a subsidência e a estabilidade atmosférica, reduzindo a pluviosidade, e pela circulação de oeste, cujas frentes frias polares alcançam a região principalmente no inverno, trazendo quedas acentuadas de temperatura

(Reboita *et al.*, 2010). O contraste entre massas de ar frio e quente pode gerar chuvas frontais, mas insuficientes para compensar a alta evapotranspiração. Assim, os dados climáticos médios demonstram um clima moderado, com invernos frios e verões secos e quentes.

As atividades econômicas da região refletem essa realidade climática: a agricultura depende da irrigação, sobretudo no vale do rio Negro, enquanto a pecuária extensiva é predominante nas áreas mais secas, aproveitando a vegetação de estepes. Bahía Blanca, principal centro urbano, abriga um porto estratégico e concentra atividades industriais, comerciais e logísticas, exercendo papel articulador entre a região pampeana e a patagônica.

A região está situada na Zona Climática Moderada, ao sul do Trópico de Capricórnio, em torno do paralelo 40°S. Essa posição explica a forte influência da circulação de oeste e dos anticiclones subtropicais, além da incidência solar reduzida no inverno, responsável pela acentuada sazonalidade térmica. A conjugação de baixa precipitação, elevada evapotranspiração e variação térmica sazonal confere à região um perfil climático de transição entre os ambientes úmidos platinos e os áridos patagônicos.

Figura 57 – Região Climática Litorânea do Sudeste Argentino.



Regiões Climáticas adjacentes: 25) Litorânea do Rio da Prata; 36) dos Pampas Argentinos; 38) Patagônica.

Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinâmica EGO, Google Earth, QGis – Pritzen.

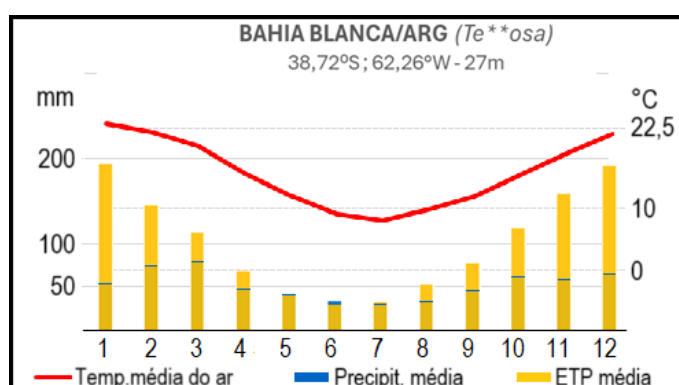
Quadro 57 – Aspectos geográficos da Região Climática Litorânea do Sudeste Argentino.

Área da Região Climática (km ²)	184.541
Altitude média (m)	109
Bacias hidrográficas	Rio Negro
Vegetação natural predominante	Estepes
Principais cidades	Bahía Blanca, Viedma (ARG)
Temperatura média anual (°C)	15,1
Temperatura média do mês mais frio – julho (°C)	7,3
Precipitação média anual (mm)	573
Evapotranspiração potencial (mm)	1.435
Sistemas atmosféricos atuantes	ASAS, APS

Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinâmica EGO, Google Earth, QGis – Pritzen, Reboita *et al.* (2010) e Ross (2019).

O climograma de Bahía Blanca (Figura 58) caracteriza o regime Temperado Seco do Litoral Sudeste Argentino, situado na Zona Climática Moderada. As temperaturas médias anuais giram em torno de 17 °C, com verões quentes e invernos frios, refletindo amplitude térmica anual elevada, típica das latitudes médias interiores da Argentina. A precipitação é escassa e mal distribuída, com totais anuais inferiores a 600 mm e o verão, sob influência dos ventos secos do oeste, mantém condições de forte aridez. A evapotranspiração potencial (ETp), expressiva durante quase todo o ano, supera amplamente a precipitação de agosto a abril, resultando em balanço hídrico deficitário prolongado, com nove meses secos. O clima correspondente é Te**osa, definido por TMMF de 7 °C, precipitação anual de 600 mm e ETp de 1.200 mm. Esse regime climático é condicionado pela continentalidade, pelos ventos persistentes de oeste e pela influência limitada do Atlântico Sul, fatores que conferem ao ambiente caráter semiárido e alta amplitude térmica diária, predominando paisagens de estepes herbáceas e arbustos esparsos que marcam a transição entre os Pampas e a Patagônia.

Figura 58 – Climograma de Bahia Blanca, Argentina (Te**osa).



Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth.

A classificação climática detalhada (Quadro 58) confirma o predomínio de climas secos e áridos. O Temperado Semisseco (Te*osa) apresenta até 7 meses secos, com precipitação entre 887 e 1.102 mm anuais, enquanto o Temperado Seco (Te**osa) possui até 11 meses secos, com totais entre 414 e 1.085 mm. Em condições mais extremas, surgem os Domínios Semiárido (SAosa) e Árido (Arosa), ambos com 12 meses de déficit hídrico e chuvas inferiores a 500 mm em grande parte do território. Essa variação demonstra o predomínio de climas deficitários em termos de balanço hídrico, que condicionam tanto a vegetação quanto as atividades agropecuárias.

Quadro 58 – Tipologia e parâmetros climáticos da Região Litorânea do Sudeste Argentino.

Código Climático	Nome (5ª hierarquia)	Clima Zonal	TMMF (°C)	Precipitação Média Anual (mm)	ETp Média Anual (mm)	Meses secos (P<ETp)
Te*osa	Temperado semisseco Litorâneo do Sudeste Argentino	Moderado	5,1 a 9,3	887 a 1.102	1.150 a 1.360	7
Te**osa	Temperado seco Litorâneo do Sudeste Argentino	Moderado	4,4 a 9,2	414 a 1.085	1.176 a 1.470	8 a 11
SAosa	Semiárido Litorâneo do Sudeste Argentino	Moderado	3,7 a 8,9	500 a 1.037	1.260 a 1.725	12
Arosa	Árido Litorâneo do Sudeste Argentino	Moderado	5,0 a 9,4	232 a 499	1.189 a 1.743	12

Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth, QGIS – Pritzen.

Em síntese, a Região Litorânea do Sudeste Argentino caracteriza-se pela escassez de chuvas, vegetação estépica e importância estratégica de seus centros urbanos, sobretudo Bahía Blanca. Constitui uma zona de transição geográfica e climática fundamental para compreender a passagem gradual da Argentina úmida para a Argentina árida, onde o rio Negro se destaca como eixo vital de ocupação humana e econômica.

30. LITORÂNEA SUL DO BRASIL



Vista da exuberante paisagem carioca, desde o Pão de Açúcar. Rio de Janeiro-RJ / Brasil (22°57'S , 43°09'W)
Paisagem de *Clima Tropical Seco Litorâneo Sul do Brasil* (Tr**osb).

Fonte: Giuliano Tostes Novais (mai/2010).

Região Climática Litorânea Sul do Brasil (osb)

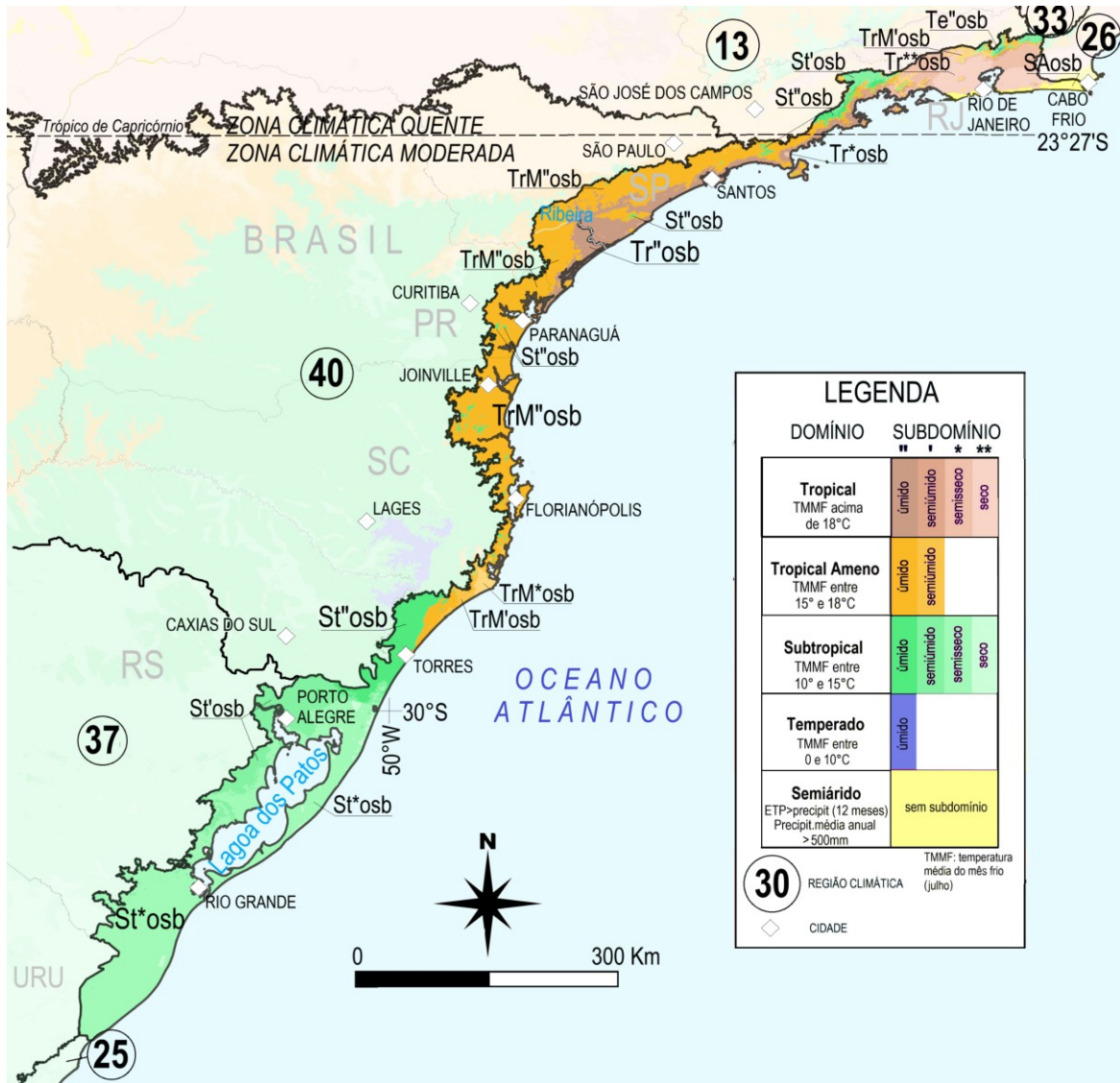
A Região do Sul do Brasil ocupa 86.234 km² de área, com altitude média de 151 metros, abrangendo uma faixa contínua do litoral atlântico que se estende desde o Rio de Janeiro até o Rio Grande do Sul (Figura 59). O relevo é composto por planícies costeiras, serras e escarpas voltadas para o mar, como a Serra do Mar e a Serra Geral, e depressões associadas às bacias hidrográficas do Ribeira, do Itajaí-Açu e da Lagoa (Laguna) dos Patos. Trata-se de uma região onde a transição entre planaltos e planícies costeiras é marcada por escarpamentos e tabuleiros que descem abruptamente até o oceano, condicionando a rede de drenagem e a ocupação urbana. Ab'Saber (2003) destacou o litoral sudeste e sul brasileiro como áreas de importância ecológica, com relevos costeiros singulares e forte influência das massas de ar atlânticas.

As paisagens naturais são dominadas pela Mata Atlântica, um dos biomas mais biodiversos do planeta, que originalmente recobria quase toda a faixa litorânea. Além das florestas densas ombrófilas, encontram-se restingas e manguezais em áreas de planície costeira, sobretudo no Rio de Janeiro, São Paulo, Santa Catarina e no Rio Grande do Sul. A floresta, em diferentes formações, acompanha as encostas da Serra do Mar e da Serra Geral, protegendo solos frágeis e desempenhando papel essencial na regulação hídrica. Como lembra Ab'Saber (2003), a Mata Atlântica é o grande domínio morfoclimático da fachada leste brasileira. Embora hoje se encontre fortemente fragmentada pela urbanização e pela expansão agropecuária, parte relevante de seus remanescentes está protegida em unidades de conservação, principalmente no estado de São Paulo.

Entre os centros urbanos, destacam-se Rio de Janeiro, Santos, Florianópolis, Joinville e Porto Alegre (Quadro 59). O Rio de Janeiro, situado no litoral sul-sudeste do Brasil, é um dos maiores centros urbanos e turísticos do país, marcado por um Domínio Tropical, elevada densidade demográfica e

forte influência da topografia serrana, com maciços e monólitos graníticos. O litoral paulista, cujo principal polo portuário é Santos, caracteriza-se por estreitas planícies costeiras comprimidas pela Serra do Mar, abrigando remanescentes preservados de Mata Atlântica e praias de grande beleza cênica. Além disso, apresenta um estuário de destaque, o de Iguape, cujos manguezais se estendem até o estado do Paraná. O litoral catarinense, de Joinville a Florianópolis, destaca-se pelo dinamismo econômico ligado à indústria têxtil, cerâmica, metalomecânica e ao turismo, com balneários famosos e intensa urbanização costeira. Já o litoral gaúcho, associado a Porto Alegre e à região da Lagoa dos Patos, apresenta economia diversificada, com forte presença de serviços, agroindústria e logística portuária, além de turismo balneário em cidades como Torres, Tramandaí e Rio Grande.

Figura 59 – Região Climática Litorânea Sul do Brasil.



Regiões Climáticas adjacentes: 13) do Centro-Sul do Brasil; 25) Litorânea do Rio da Prata; 26) Litorânea Leste do Brasil; 33) da Mantiqueira Oriental; 37) dos Pampas Gaúchos; 40) do Planalto Meridional da Bacia do Rio Paraná.

Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth, QGIS – Pritzen.

A interação dos sistemas atmosféricos FPA, ZCAS e ASAS, determina um regime climático caracterizado por grande variabilidade interanual de temperatura e chuva, mas também pela ocorrência de eventos extremos, como ciclones extratropicais e ressacas no litoral. A incidência solar evidencia a importância das linhas climáticas: o Trópico de Capricórnio, que corta o norte da região, marca a transição entre as Zonas Climáticas Quente e Moderada. Já ao sul, próximo ao paralelo

30°S, intensifica-se o padrão atmosférico extratropical que atinge o sul do Brasil. Essa transição explica a coexistência de Domínios Climáticos Tropicais, Tropicais Amenos e Subtropicais em uma faixa litorânea relativamente restrita.

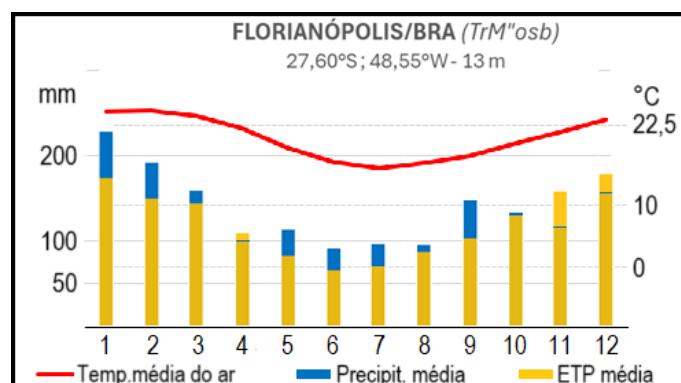
Quadro 59 – Aspectos geográficos da Região Climática Litorânea Sul do Brasil.

Área da Região Climática (km ²)	86.234
Altitude média (m)	151
Bacias hidrográficas	Ribeira, Itajaí-Açu, Lagoa dos Patos
Vegetação natural predominante	Mata Atlântica, restingas e mangues
Principais cidades	Rio de Janeiro, Porto Alegre, Santos, Florianópolis, Joinville (BRA)
Temperatura média anual (°C)	19,7
Temperatura média do mês mais frio – julho (°C)	15,2
Precipitação média anual (mm)	1.729
Evapotranspiração potencial (mm)	1.358
Sistemas atmosféricos atuantes	FPA, ZCAS, ASAS

Fonte: Cavalcanti *et al.* (2009), CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth, IBGE (2025), QGis – Pritzen, Reboita *et al.* (2010) e Ross (2019).

O climograma de Florianópolis (Figura 60) ilustra o comportamento do Subdomínio Tropical Ameno Úmido, no litoral catarinense, enquadrado na Zona Climática Moderada. As temperaturas médias anuais giram em torno de 20 °C, com máximas de verão superiores a 24 °C e mínimas de inverno próximas de 16 °C, configurando amplitude térmica moderada e ausência de frio rigoroso devido à influência marítima do Atlântico Sul. A precipitação é elevada e bem distribuída ao longo do ano, ultrapassando 1.500 mm anuais, com discretos picos entre janeiro e março e eventuais reforços em setembro, associados à atuação das frentes frias, da umidade oceânica e de sistemas convectivos subtropicais. A evapotranspiração potencial (ETp) acompanha a variação térmica, atingindo valores mais altos no verão e menores no inverno, mas sem gerar déficit significativo, garantindo balanço hídrico positivo quase contínuo. Esse regime define o clima TrM^oosb, caracterizado por TMMF de 16 °C, precipitação de 1.560 mm e ETp próxima de 1.400 mm, com no máximo três meses secos. O clima de Florianópolis é determinado pela influência marítima constante, que regula a temperatura e assegura a umidade atmosférica, sustentando paisagens de floresta atlântica densa, restingas e manguezais, além de notável conforto térmico e elevada estabilidade hídrica típica do litoral subtropical brasileiro.

Figura 60 – Climograma de Florianópolis, Brasil (TrM^oosb).



Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth.

De acordo com o Quadro 60, a Região apresenta ampla diversidade de tipos climáticos, reflexo da transição latitudinal e do relevo. No Domínio Tropical, aparecem desde o Subdomínio Úmido (Tr^uosb), com ausência de estação seca, até o Seco (Tr^sosb), com até 11 meses secos. A influência altitudinal introduz os Domínios Tropicais Amenos (TrM^uosb a TrM^sosb), presentes em áreas serranas, com temperaturas mais baixas e variações na umidade. Já ao sul, predomina o Domínio Subtropical (St^uosb a St^sosb), caracterizados por temperaturas médias do mês mais frio entre 10 e 15 °C. Em áreas restritas, ocorrem ainda o Domínio Temperado (Te^uosb e Te^sosb), associados a altitudes elevadas do planalto sulino, além de manchas de Semiárido (SAosb), indicativas de forte déficit hídrico em segmentos litorâneos. Essa diversidade mostra como a combinação de latitude, relevo e sistemas atmosféricos produz um mosaico climático singular.

Quadro 60 – Tipologia e parâmetros climáticos da Região Litorânea Sul do Brasil.

Código Climático	Nome (5ª hierarquia)	Clima Zonal	TMMF (°C)	Precipitação Média Anual (mm)	ETp Média Anual (mm)	Meses secos (P<ETp)
Tr^uosb	Tropical úmido Litorâneo Sul do Brasil	Quente	18,0 a 21,4	1.499 a 2.960	1.042 a 1.618	0 a 3
Tr^u'osb	Tropical semiúmido Litorâneo Sul do Brasil	Quente	18,0 a 21,5	1.322 a 2.360	1.227 a 1.646	4 a 5
Tr^u*osb	Tropical semisseco Litorâneo Sul do Brasil	Quente	18,0 a 21,4	1.120 a 1.984	1.228 a 1.727	6 a 7
Tr^u**osb	Tropical seco Litorâneo Sul do Brasil	Quente	18,0 a 21,5	1.073 a 1.636	1.299 a 1.906	8 a 11
TrM^uosb	Tropical Ameno úmido Litorâneo Sul do Brasil	Quente	15,0 a 17,9	1.446 a 3.114	915 a 1.663	0 a 3
TrM^u'osb	Tropical Ameno semiúmido Litorâneo Sul do Brasil	Quente	15,0 a 17,9	1.378 a 2.330	1.187 a 1.669	4 a 5
TrM^u*osb	Tropical Ameno semisseco Litorâneo Sul do Brasil	Quente	15,0 a 17,9	1.264 a 1.980	1.234 a 1.775	6 a 7
TrM^u**osb	Tropical Ameno seco Litorâneo Sul do Brasil	Quente	15,0 a 17,9	1.211 a 1.559	1.368 a 1.782	8 a 10
St^uosb	Subtropical úmido Litorâneo Sul do Brasil	Moderado	10,0 a 14,9	1.458 a 3.042	958 a 1.624	0 a 3
St^u'osb	Subtropical semiúmido Litorâneo Sul do Brasil	Moderado	10,0 a 14,9	1.298 a 2.420	1.153 a 1.641	4 a 5
St^u*osb	Subtropical semisseco Litorâneo Sul do Brasil	Moderado	11,3 a 14,9	1.147 a 1.833	1.210 a 1.766	6 a 7
St^u**osb	Subtropical seco Litorâneo Sul do Brasil	Moderado	12,7 a 14,9	1.149 a 1.490	1.580 a 1.813	8 a 9
Te^uosb	Temperado úmido Litorâneo Sul do Brasil	Moderado	8,5 a 9,8	2.047 a 2.333	1.214 a 1.405	3
Te^u'osb	Temperado semiúmido Litorâneo Sul do Brasil	Moderado	8,8 a 9,9	2.007 a 2.218	1.262 a 1.456	4 a 5
SAosb	Semiárido Litorâneo Sul do Brasil	Quente	18,7 a 21,5	813 a 1.276	1.347 a 1.946	12

Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth, QGis – Pritzen.

Assim, a Região Litorânea do Sul do Brasil, apresenta-se como um espaço de enorme diversidade climática, paisagística e socioeconômica. A presença de grandes cidades, polos industriais, portuários e de serviços, associada à riqueza natural da Mata Atlântica e de ecossistemas costeiros, reforça a relevância estratégica da região. O mosaico de climas e paisagens reflete a interação entre fatores latitudinais, oceânicos e orográficos, conferindo à região um papel singular na tipologia climática da América do Sul.

31. LITORÂNEA SUL DO CHILE



Golfo de Ancud, no trajeto de balsa da Carreteira Austral. Caleta Gonzalo-Los Lagos / Chile (42°33'S , 72°33'W)
Paisagem de *Clima Temperado Úmido Litorâneo Sul do Chile* (Te^{osc}).

Fonte: Lilian Aline Machado (out/2023).

Região Climática Litorânea Sul do Chile (osc)

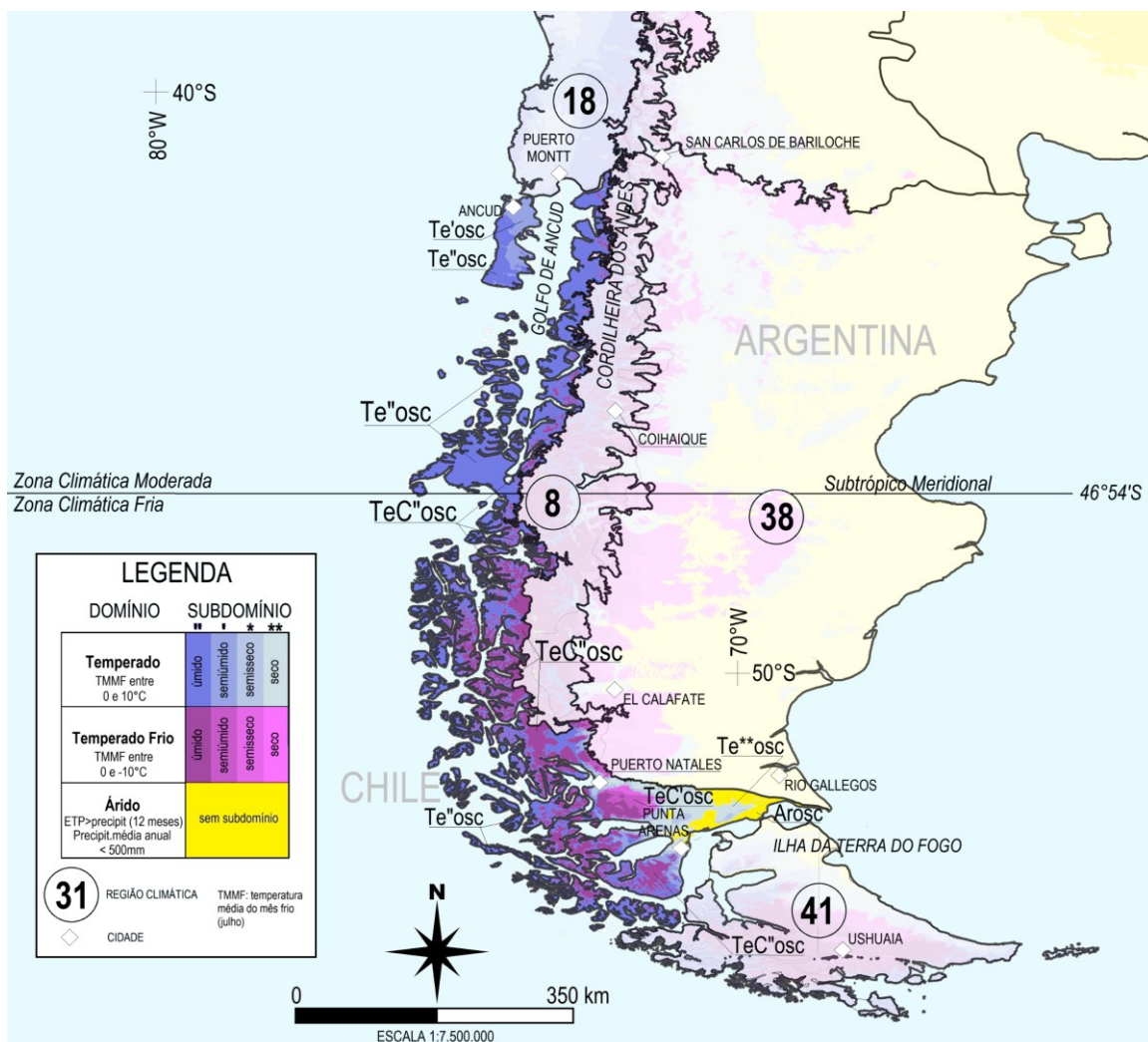
A Região Climática Litorânea Sul do Chile (Figura 61), com área de 134.331 km² e altitude média de 365 metros, estende-se ao sul de Puerto Montt até os confins da Patagônia chilena, incluindo cidades como Punta Arenas, Puerto Natales e Ancud. A temperatura média anual é de 5,7 °C, e a do mês mais frio (julho) é de apenas 1,6 °C, o que evidencia a predominância de condições térmicas rigorosas. A precipitação média anual é elevada, alcançando 4.246 mm, enquanto a ETp é de apenas 706 mm (Quadro 61), o que favorece a manutenção de uma vegetação natural exuberante, composta por florestas sempre-verdes temperadas e temperado-frias, além de estepes arbustivas nas áreas mais secas do interior.

O relevo regional é amplamente estruturado pela Cordilheira dos Andes, cuja expressão paisagística é exemplarmente representada em unidades de conservação, como o Parque Nacional Torres del Paine. Os arquipélagos costeiros altamente recortados também conferem uma complexa compartimentação climática. Os sistemas atmosféricos predominantes são a Alta Polar Antártica (APA) e a Alta do Pacífico Sul (APP), que atuam em conjunto com os ventos de oeste, transportando massas de ar úmidas do Oceano Pacífico para o continente. Ao se depararem com as vertentes a barlavento da cordilheira, essas massas provocam precipitações orográficas intensas, superiores a 3.000 mm anuais em boa parte da faixa litorânea. Segundo Xercavins (1984), essa interação entre relevo, circulação atmosférica e maritimidade explica a distribuição homogênea das chuvas ao longo do ano e as baixas amplitudes térmicas características da região.

Punta Arenas e Puerto Natales, os principais centros urbanos meridionais da região, apresentam temperaturas ligeiramente superiores à média regional, mas com índices de precipitação mais baixos. Ainda assim, a distribuição regular das chuvas ao longo do ano favorece o desenvolvimento contínuo das florestas temperadas. A influência da maritimidade, do relevo e dos sistemas atmosféricos

garante o predomínio de climas frios e úmidos, formando paisagens de elevada beleza cênica, com vales glaciares, fiordes e cobertura vegetal densa e adaptada ao frio e à umidade persistente.

Figura 61 – Região Climática Litorânea Sul do Chile.



Regiões Climáticas adjacentes: 8) Andes Patagônicos; 18) Litorânea Central do Chile; 38) Patagônica; 41) Terra do Fogo.

Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth, QGis – Pritzen.

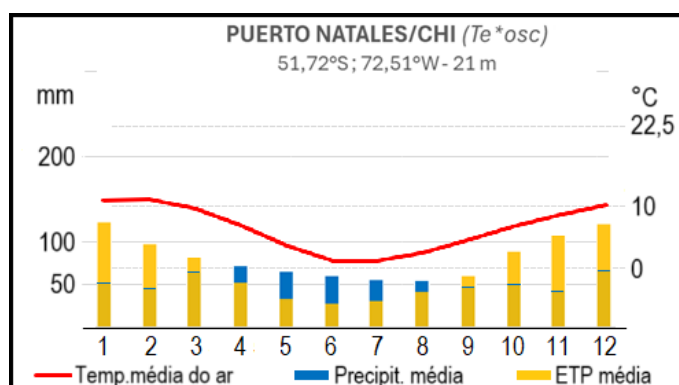
Quadro 61 – Aspectos geográficos da Região Climática Litorânea Sul do Chile.

Área da Região Climática (km ²)	134.331
Variação de altitude (m)	365
Bacias hidrográficas	Aysén, Palena
Vegetação natural predominante	Floresta temperada e estepes
Principais cidades	Punta Arenas, Puerto Natales, Ancud (CHL)
Temperatura média anual (°C)	5,7
Temperatura média do mês mais frio – julho (°C)	1,6
Precipitação média anual (mm)	4.246
Evapotranspiração potencial (mm)	706
Sistemas atmosféricos atuantes	APP, APA

Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth, QGis – Pritzen, Reboita *et al.* (2010) e Ross (2019).

A Figura 62 mostra o climograma de Puerto Natales, na região de Magallanes (Chile), que traduz o regime do Subdomínio Temperado Semiseco, situado na Zona Climática Fria. As temperaturas médias anuais oscilam em torno de 7 °C, com mínimas de inverno que frequentemente se aproximam de 0 °C e máximas de verão próximas de 12 °C, revelando amplitude térmica anual moderada e forte sazonalidade térmica típica das latitudes austrais. A precipitação média é relativamente baixa, não ultrapassando 700 mm anuais, com leve concentração nos meses frios, entre abril e agosto, quando a atuação das frentes polares do Pacífico Sul intensifica os episódios de chuva e neve. Nos demais meses, predomina a influência dos ventos de oeste e da Corrente Circumpolar Antártica, que mantém a atmosfera estável e a umidade restrita. A evapotranspiração potencial (ETp) acompanha as variações térmicas, sendo mais alta no verão e reduzida no inverno, mas quase sempre superior à precipitação, o que gera balanço hídrico deficitário por grande parte do ano. Essas condições definem o clima Te*osc, com TMMF de 1 °C em julho, precipitação anual de 660 mm, ETp de 850 mm e sete meses secos. O clima frio, ventoso e seco de Puerto Natales caracteriza a transição entre os Domínios Temperado (litoral sul do Chile), Temperado (Cordilheira dos Andes) e o Árido (Patagônia), favorecendo paisagens de estepes frias e campos abertos, com vegetação herbácea adaptada à escassez de umidade e às baixas temperaturas constantes.

Figura 62 – Climograma de Puerto Natales, Chile (Te*osc).



Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth.

O Quadro 62 indica que predominam os Climas Zonais Moderado (Domínio Temperado) e Frio (Domínio Temperado Frio), em que a temperatura média do mês mais frio (TMMF) varia entre -9,5 °C e 9,4 °C, com ampla predominância de Subdomínios Úmidos e Semiúmidos. As tipologias climáticas mais comuns são o TeC*osc (Temperado Frio Úmido), com precipitações elevadas, baixa ETp (338 a 1.030 mm) e nenhum mês seco, e o Te*osc (Temperado Úmido), que também apresenta elevados índices pluviométricos, variando de 859 a 12.922 mm. Em altitudes elevadas da cordilheira, surgem climas de gelo, onde a temperatura média do mês mais quente não ultrapassa 0 °C, impossibilitando atividades agrícolas. Em contraste, áreas situadas a sotavento da cordilheira, como o extremo oriental do Estreito de Magalhães, possuem Subdomínios mais secos (inclusive Domínio Árido), com vegetação predominantemente arbustiva (Arosc), e maior número de meses com déficit hídrico.

A região situa-se entre as Zonas Climáticas Moderada e Fria, com a Linha do Subtrópico Meridional (46°54'S) cruzando o centro da região climática. Isso reforça a influência de fatores astronômicos, como a inclinação do eixo terrestre, na distribuição das temperaturas médias mensais e na configuração dos Climas Zonais. Ao sul do Subtrópico Meridional, prevalecem climas com TMMF abaixo de 2 °C, precipitação constante e baixa ETp, compondo um dos cenários climáticos mais frios e úmidos da América do Sul. Tais condições reforçam o papel da radiação solar incidente e da dinâmica atmosférica na estruturação dos domínios e subdomínios climáticos da região, alinhando-se perfeitamente à proposta hierárquica e multiescalar da CCN.

Quadro 62 – Tipologia e parâmetros climáticos da Região Litorânea Sul do Chile.

Código Climático	Nome (5ª hierarquia)	Climas Zonais	TMMF (°C)	Precipitação Média Anual (mm)	ETp Média Anual (mm)	Meses secos (P<ETp)
Te''osc	Temperado úmido Litorâneo Sul do Chile	Moderado	0,0 a 8,8	859 a 12.922	378 a 1.269	0 a 3
Te'osc	Temperado semiúmido Litorâneo Sul do Chile	Moderado	0,0 a 9,4	559 a 2.306	563 a 1.242	4 a 5
Te*osc	Temperado semisseco Litorâneo Sul do Chile	Moderado	0,0 a 8,7	356 a 1.569	641 a 1.160	6 a 7
Te**osc	Temperado seco Litorâneo Sul do Chile	Moderado	0,0 a 3,1	292 a 573	726 a 965	8 a 11
TeC''osc	Temperado Frio úmido Litorâneo Sul do Chile	Frio	-9,5 a -0,1	878 a 13.877	<u>338</u> a 1.030	0 a 3
TeC'osc	Temperado Frio semiúmido Litorâneo Sul do Chile	Frio	-5,8 a -0,1	617 a 1.446	534 a 968	4 a 5
TeC*osc	Temperado Frio semisseco Litorâneo Sul do Chile	Frio	-1,4 a -0,1	447 a 913	647 a 946	6 a 7
TeC**osc	Temperado Frio seco Litorâneo Sul do Chile	Frio	-0,3 a -0,1	443 a 467	772 a 790	8 a 11
Arosc	Árido Litorâneo Sul do Chile	Moderado	0,5 a 3,8	250 a 464	809 a 1.053	12

Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth, QGis – Pritzen.

32. LLANOS



Vista de Ciudad Bolívar, às margens do rio Orinoco / Venezuela
Paisagem de *Clima Tropical Seco dos Llanos* (Tr**IIa).

(08°14'N , 63°34'W)

Fonte: JKaynama (2017).

Região Climática dos Llanos (IIa)

A Região Climática dos Llanos (Figura 63) abrange uma extensa planície sedimentar situada ao norte da América do Sul, estendendo-se majoritariamente pela Venezuela e Colômbia, com uma área total de 570.235 km² e altitude média de apenas 172 metros (Quadro 63). O relevo plano, dominado por planícies aluviais e colinas suaves, está inserido na macroforma das planícies e depressões interiores. Do ponto de vista das paisagens naturais, os Llanos correspondem a uma região de transição entre a Floresta Amazônica, a leste, e as savanas do norte da América do Sul, com predominância de formações abertas e campos naturais, pontuados por manchas de florestas ciliares e matas de galeria. Como ressalta Ross (2019), essas áreas formam biomas de savana tropical, adaptados à sazonalidade hídrica e a solos com baixa fertilidade natural.

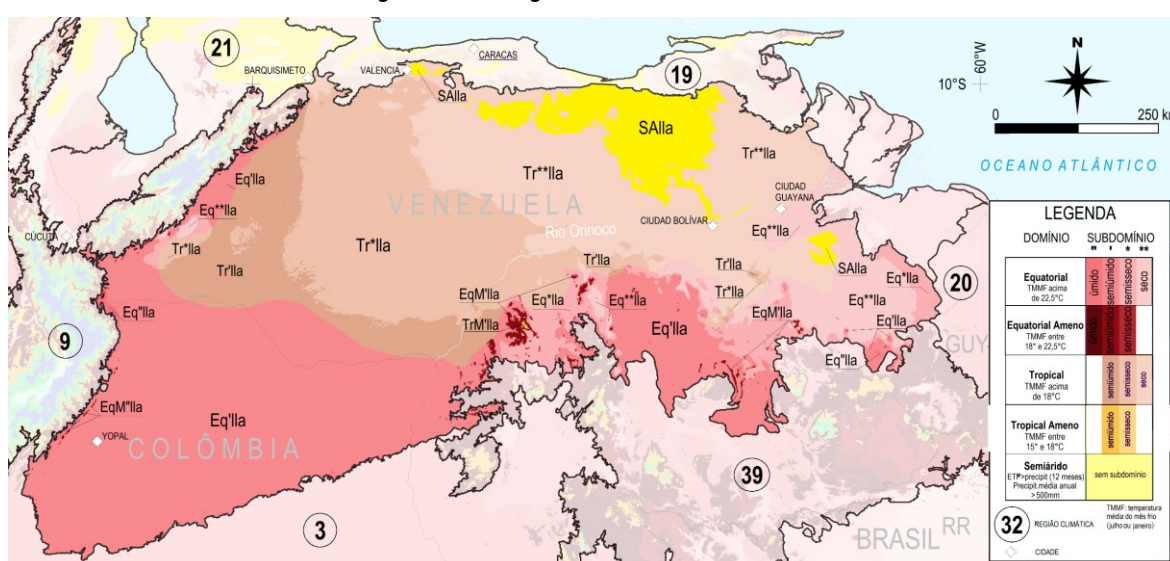
Do ponto de vista atmosférico, a região é intensamente influenciada pela atuação sazonal da ZCIT, que determina um padrão marcado por chuvas de convecção nos meses de verão e uma estação seca prolongada durante o inverno, com aumento da subsidência do ar. Essa dinâmica é reforçada pela ausência de barreiras orográficas relevantes, o que permite ampla circulação dos ventos alísios vindos do Atlântico. Nas porções mais setentrionais da região, próximas ao Caribe, há também influência ocasional de perturbações tropicais (ondas de leste), que podem gerar chuvas intensas e localizadas.

A região está inserida totalmente na Zona Climática Tórrida que é caracterizada por duas passagens anuais do Sol a pino e pequena diferença entre a duração dos dias e noites nos solstícios, o que intensifica os processos convectivos e mantém elevadas temperaturas médias, mesmo nos meses mais secos. Essa configuração climática tem implicações diretas sobre as atividades produtivas. A região representa o coração da produção agrícola da Venezuela, com destaque para as culturas de milho, arroz e sorgo, base da alimentação popular. Na Colômbia, a umidade favorece a transição ecológica para sistemas mais biodiversos. Contudo, a ausência de irrigação eficiente expõe os cultivos aos impactos das secas sazonais, conforme Paredes *et al.* (2008), afetando a segurança alimentar e o abastecimento das agroindústrias locais. A vegetação natural varia desde bosques

sempre-verdes e brevidamente caducifólios nos Llanos Ocidentais, até arbustos espinhosos e cactáceas nas porções centrais e orientais venezuelanas, como observado nas áreas de Tr**lla e SAlla.

Outro elemento fundamental da dinâmica climática e ecológica da região é o rio Orinoco, um dos maiores sistemas fluviais da América do Sul. Com nascentes no sul da Venezuela, esse rio percorre mais de 2.000 km até desaguar no Oceano Atlântico, regulando a drenagem da região e alimentando importantes planícies de inundação. Seus afluentes contribuem para manter extensas zonas alagadas e savanas inundáveis nos meses chuvosos, que sustentam uma rica biodiversidade, além de servir como rota fluvial para transporte e abastecimento das populações ribeirinhas e áreas urbanas da costa caribenha. Principais cidades como Ciudad Bolívar, Ciudad Guayana e Valência, na Venezuela, e Yopal, na Colômbia, destacam-se como centros urbanos estratégicos para a economia agrícola, a logística e o abastecimento da região.

Figura 63 – Região Climática dos Llanos.



Regiões Climáticas adjacentes: 3) Amazônica Ocidental; 9) dos Andes Setentrionais; 19) Litorânea da Venezuela; 20) Litorânea das Guianas; 21) Litorânea de Maracaibo; 39) do Planalto das Guianas.

Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth, QGis – Pritzen.

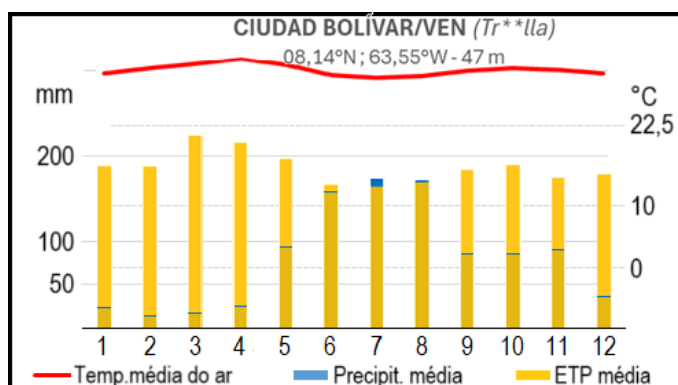
Quadro 63 – Aspectos geográficos da Região Climática dos Llanos.

Área da Região Climática (km ²)	570.235
Altitude média (m)	172
Bacias hidrográficas	Orinoco,
Vegetação natural predominante	Floresta tropical, cerrado, estepes
Principais cidades	Ciudad Bolívar, Ciudad Guayana, Valência, Yopal (VEN)
Temperatura média anual (°C)	24,4
Temperatura média do mês mais frio – julho (°C)	23,2
Precipitação média anual (mm)	2.454
Evapotranspiração potencial (mm)	1.659
Sistemas atmosféricos atuantes	ZCIT

Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth, Reboita *et al.* (2009) e Ross (2019).

O climograma de Ciudad Bolívar (Figura 64), às margens do rio Orinoco, na Venezuela, expressa as condições do clima Tropical Seco dos Llanos, localizado na Zona Climática Tórrida. As temperaturas médias permanecem elevadas ao longo do ano, variando entre 27 °C e 29 °C, com amplitude térmica inferior a 2 °C, o que revela forte constância térmica associada à baixa latitude. O regime pluviométrico é marcadamente sazonal, com chuvas concentradas entre junho e agosto, coincidindo com o avanço máximo da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) sobre o norte da América do Sul. Durante a maior parte do ano, especialmente de setembro a maio, ocorre deficiência hídrica acentuada, quando a evapotranspiração potencial (ETp) supera amplamente a precipitação, evidenciando um balanço hídrico negativo e caracterizando uma estação seca prolongada. A precipitação anual situa-se abaixo de 1.000 mm, e o predomínio de meses com $P < ETp$ (dez meses) define o tipo climático Tropical Seco dos Llanos ($Tr^{**}Ila$), com TMMF de 27 °C e ETp elevada. O clima quente e seco condiciona a presença de paisagens de savana, bosques caducifólios e cactáceas, além de intensa evaporação superficial que influencia os rios da bacia do Orinoco. Essas características tornam Ciudad Bolívar representativa do ambiente tórrido e estacionalmente seco dos Llanos venezuelanos, um dos setores mais vulneráveis à escassez hídrica da América do Sul tropical.

Figura 64 – Climograma de Ciudad Bolívar, Venezuela ($Tr^{**}Ila$).



Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth.

O Quadro 64 evidencia uma ampla predominância do Domínio Equatorial, com variações que vão do subdomínio úmido ($Eq^{II}a$) ao seco ($Eq^{**}Ila$), com transição para domínios tropicais ($Tr^{II}a$ a $Tr^{**}Ila$), além de ocorrências de climas amenos (EqM' e TrM'), subtropicais (St') e até mesmo semiáridos ($SAla$), notadamente no norte da Venezuela. Os valores de temperatura média anual variam de 18,0 °C a 27,8 °C, com destaque para os subdomínios mais secos da Venezuela, que apresentam evapotranspiração superior à precipitação durante a maior parte do ano, indicando um grave déficit hídrico. Esse contraste define com precisão os padrões sazonais da região: enquanto os Llanos colombianos, mais úmidos, possuem vegetação densa e transição com a Floresta Amazônica, os Llanos venezuelanos exibem fisionomias abertas, com vegetação espinhosa, cactáceas e bosques caducifólios.

A Região Climática dos Llanos apresenta notável diversidade interna, expressa nos distintos subdomínios climáticos que oscilam entre o úmido e o seco, refletindo a influência direta da ZCIT e da sazonalidade típica das regiões tropicais continentais. A interação entre fatores atmosféricos, hidrológicos e ecológicos molda paisagens que variam de savanas alagáveis a áreas semiáridas pontuadas por vegetação xerófila. A presença do rio Orinoco e a forte incidência solar reforçam a dinâmica energética e hídrica da região, garantindo vitalidade aos sistemas naturais e à produção agropecuária. Esse conjunto de características posiciona os Llanos como uma das áreas mais importantes do norte da América do Sul, tanto do ponto de vista ambiental quanto econômico.

Quadro 64 – Tipologia e parâmetros climáticos da região dos Llanos.

Código Climático	Nome (5ª hierarquia)	Climas Zonais	TMMF (°C)	Precipitação Média Anual (mm)	ETp Média Anual (mm)	Meses secos (P<ETp)
Eq''IIa	Equatorial úmido dos Llanos	Tórrido	22,5 a 25,4	1.901 a 5.093	1.181 a 1.843	1 a 3
Eq'Ia	Equatorial semiúmido dos Llanos	Tórrido	22,5 a 26,0	1.356 a 4.980	1.239 a 2.042	4 a 5
Eq*Ia	Equatorial semisseco dos Llanos	Tórrido	22,5 a 26,0	1.308 a 3.070	1.301 a 2.214	6 a 7
Eq**IIa	Equatorial seco dos Llanos	Tórrido	22,5 a 26,9	930 a 2.074	1.442 a 2.284	8 a 11
EqM''IIa	Equatorial Ameno úmido dos Llanos	Quente	20,0 a 22,4	2.092 a 4.549	1.203 a 1.854	2 a 3
EqM'Ia	Equatorial Ameno semiúmido dos Llanos	Quente	18,0 a 22,4	1.443 a 4.763	1.254 a 1.953	4 a 5
EqM*Ia	Equatorial Ameno semisseco dos Llanos	Quente	18,7 a 22,4	1.443 a 3.280	1.349 a 2.097	6 a 7
Tr''IIa	Tropical úmido dos Llanos	Tórrido / Quente	22,3 a 24,4	3.232 a 3.544	1.470 a 1.520	3
Tr'Ia	Tropical semiúmido dos Llanos	Tórrido / Quente	19,1 a 26,2	1.532 a 3.967	1.372 a 2.091	4 a 5
Tr*Ia	Tropical semisseco dos Llanos	Tórrido / Quente	18,2 a 26,7	1.124 a 3.046	1.418 a 2.320	6 a 7
Tr**IIa	Tropical seco dos Llanos	Tórrido / Quente	19,5 a 27,4	829 a 2.042	1.439 a 2.483	8 a 11
TrM''IIa	Tropical Ameno semiúmido dos Llanos	Quente	15,0 a 17,9	2.765 a 3.529	1.266 a 1.523	4
TrM'Ia	Tropical Ameno semisseco dos Llanos	Quente	16,5 a 17,9	1.590 a 1.709	1.378 a 1.487	6
St'Ia	Subtropical semiúmido dos Llanos	Azonal Moderado	13,4 a 14,9	3.035 a 3.176	1.301 a 1.399	4
SAIIa	Semiárido dos Llanos	Tórrido / Quente	21,4 a 27,8	570 a 1.211	1.544 a 2.512	12

Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth, QGIS – Pritzen.

33. MANTIQUEIRA ORIENTAL



Parque Nacional do Caparaó, acima de 2 mil metros de altitude. Alto Caparaó-MG / Brasil (20°25'S , 41°50'W)
Paisagem de *Clima Temperado Semisseco da Mantiqueira Oriental (Te*ema)*.

Fonte: Giuliano Tostes Novais (ago/2024).

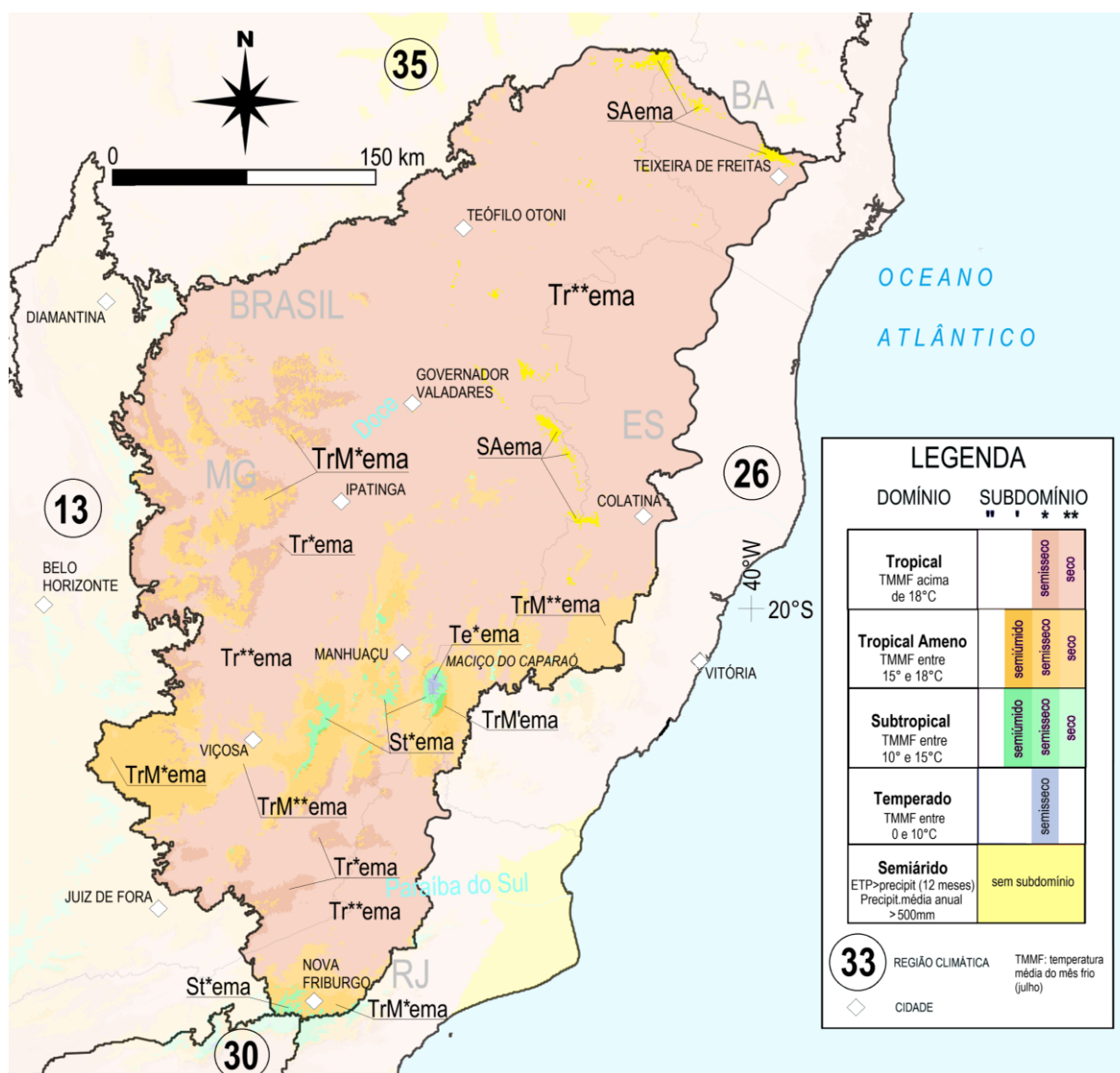
Região Climática da Mantiqueira Oriental (ema)

Localizada numa faixa de transição entre regiões climáticas mais secas (Nordestina do Brasil), de influência marinha (Litorânea Leste do Brasil) e com possibilidade de geada (Centro-Sul do Brasil), a Região Climática da Mantiqueira Oriental é uma das mais variadas do Brasil em termos de Domínios (Tropical, Tropical Ameno, Subtropical, Temperado e Semiárido) e Subdomínios Climáticos (Úmido, Semiúmido, Semisseco e Seco), e sua vegetação predominante é a Mata Atlântica.

Ocupa uma faixa montanhosa e de planaltos elevados do sudeste brasileiro (Figura 65), abrangendo porções dos estados de Minas Gerais, Espírito Santo, Rio de Janeiro e sul da Bahia. Com área de aproximadamente 135 mil km² e altitude média superior a 600 metros, essa região se destaca pela complexidade geomorfológica de serras escarpadas, chapadas e vales encaixados, onde se originam importantes bacias hidrográficas como as do rio Doce, Mucuri e Paraíba do Sul. Essa morfologia provoca variações climáticas regionais marcantes e influencia diretamente os padrões de circulação atmosférica local.

A vegetação natural predominante é a Mata Atlântica, em diferentes estágios de conservação e diversidade florística, desde as florestas densas montanas e submontanas até formações mais abertas nos interflúvios e escarpas. Conforme Ab'Saber (2003), essa região se insere no Domínio Morfoclimático Atlântico, cuja característica principal são os mares de morros, que definem a relação entre o relevo acidentado, a umidade oceânica e a vegetação florestal perene. Essa interdependência se rompe em áreas de continentalidade elevada e chuvas escassas, onde surgem enclaves de Domínio Semiárido com vegetação mais aberta e de Cerrado.

Figura 65 – Região Climática da Mantiqueira Oriental.



Regiões Climáticas adjacentes: 13) do Centro-Sul do Brasil; 26) Litorânea Leste do Brasil; 30) Litorânea Sul do Brasil; 35) Nordeste do Brasil.

Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth, QGis – Pritzen.

De acordo com o Quadro 13, a região climática apresenta uma temperatura média anual de 22 °C, com TMMF em torno de 19 °C, o que confere à região o predomínio dos Domínios Tropical, Tropical Ameno e Subtropical, com inserções pontuais de clima temperado em áreas de elevada altitude, como no Maciço do Caparaó. A precipitação média anual, de 1.170 mm, é inferior à ETp, que atinge 1.541 mm, o que reforça a tendência de déficit hídrico prolongado em muitos subdomínios. Os sistemas atmosféricos atuantes são a ASAS, a ZCAS no verão, e a atuação do APS que, ocasionalmente, provoca quedas acentuadas de temperatura nas áreas mais elevadas.

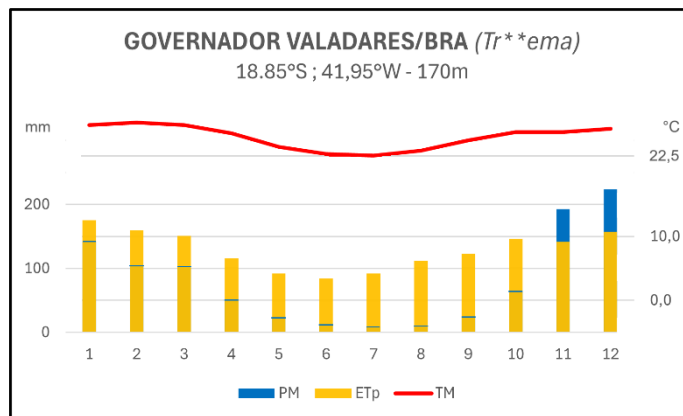
Quadro 65 – Aspectos geográficos da Região Climática da Mantiqueira Oriental.

Área da Região Climática (km ²)	135.777
Altitude média (m)	612
Bacias hidrográficas	Doce, Mucuri, Paraíba do Sul
Vegetação natural predominante	Mata Atlântica
Principais cidades	Gov. Valadares, Ipatinga, N. Friburgo, Teixeira Freitas, Colatina (BRA)
Temperatura média anual (°C)	22,0
Temperatura média do mês mais frio – jul (°C)	19,0
Precipitação média anual (mm)	1.170
Evapotranspiração potencial (mm)	1.541
Principais sistemas atmosféricos atuantes	ASAS, ZCAS, APA

Fonte: Cavalcanti *et al.* (2009), CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth, IBGE (2025), Reboita *et al.* (2010) e Ross (2019).

O climograma de Governador Valadares (Figura 66), inserido no Subdomínio Tropical Seco (Tr**ema), revela um longo período de meses secos que se estende de janeiro a outubro, quando a ETp supera amplamente a precipitação mensal (PM). Apesar da redução nos volumes de chuva, a temperatura média do ar permanece elevada ao longo do ano, reforçando a persistência do estresse hídrico. A sazonalidade climática é um dos principais fatores condicionantes da produtividade agrícola e da disponibilidade hídrica da região, afetando diretamente cultivos e reservatórios.

Figura 66 – Climograma de Governador Valadares, Brasil.



Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth.

O Quadro 66 demonstra a grande variedade climática desta região: desde o Tropical Ameno (TrM^eema) presente em áreas como Manhuaçu, até as condições semiáridas registradas em Teixeira de Freitas e parte do leste mineiro, classificadas como SAema, com 12 meses secos. Áreas subtropicais e temperadas também se destacam, como em Nova Friburgo e no Maciço do Caparaó, com TMMF inferior a 15 °C. A combinação entre latitude moderada e altitude acentuada confere a esses setores um clima singular no contexto brasileiro.

Quadro 66 – Tipologia e parâmetros climáticos da Região da Mantiqueira Oriental.

Código Climático	Nome (5ª hierarquia)	Climas Zonais	TMMF (°C)	Precipitação Média Anual (mm)	ETp Média Anual (mm)	Meses secos (P<ETp)
Tr*ema	Tropical semisseco da Mantiqueira Oriental	Quente	18,0 a 21,6	1.170 a 2.143	1.272 a 1.712	6 a 7
Tr**ema	Tropical seco da Mantiqueira Oriental	Tórrido / Quente	18,0 a 23,0	732 a 1.656	1.142 a 2.090	8 a 11
TrM'ema	Tropical Ameno semiúmido da Mantiqueira Oriental	Quente	15,0 a 17,7	1.568 a 2.036	1.202 a 1.442	5
TrM*ema	Tropical Ameno semisseco da Mantiqueira Oriental	Quente	15,0 a 17,9	1.239 a 2.001	1.212 a 1.666	6 a 7
TrM**ema	Tropical Ameno seco da Mantiqueira Oriental	Quente	15,0 a 17,9	836 a 1.637	1.208 a 1.870	8 a 10
St'ema	Subtropical semiúmido da Mantiqueira Oriental	Moderado	10,0 a 14,9	1.521 a 1.864	1.149 a 1.347	5
St*ema	Subtropical semisseco da Mantiqueira Oriental	Moderado	10,0 a 14,9	1.333 a 1.925	1.178 a 1.620	6 a 7
St**ema	Subtropical seco da Mantiqueira Oriental	Moderado	13,0 a 14,9	1.131 a 1.506	1.223 a 1.616	8 a 9
Te*ema	Temperado semisseco da Mantiqueira Oriental	Moderado	5,8 a 9,9	1.452 a 1.685	1.181 a 1.347	6 a 7
SAema	Semiárido da Mantiqueira Oriental	Quente	18,8 a 22,4	730 a 1.117	1.546 a 2.145	12

Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth, QGis – Pritzen.

Dessa forma, a Região da Mantiqueira Oriental representa um verdadeiro mosaico climático, esculpido pela interação entre relevo, latitude, continentalidade e dinâmica atmosférica. Os contrastes entre zonas úmidas e secas, quentes e moderadas, conferem à região alta complexidade ecológica e climática, sendo uma das mais heterogêneas de toda a América do Sul. Essa diversidade se reflete na distribuição da vegetação, nos padrões de ocupação humana e no potencial agrícola diferenciado entre suas distintas unidades ambientais.

34. MESOPOTÂMIA PLATINA



Rio Uruguai, um dos formadores do Rio de La Plata. Uruguiana-RS / Brasil
Paisagem de *Clima Subtropical Seco da Mesopotâmia Platina (St**mes)*.

(29°45'S , 57°06'W)

Fonte: Daniel Monteiro Huertas (out/2017).

Região Climática Mesopotâmia Platina (mes)

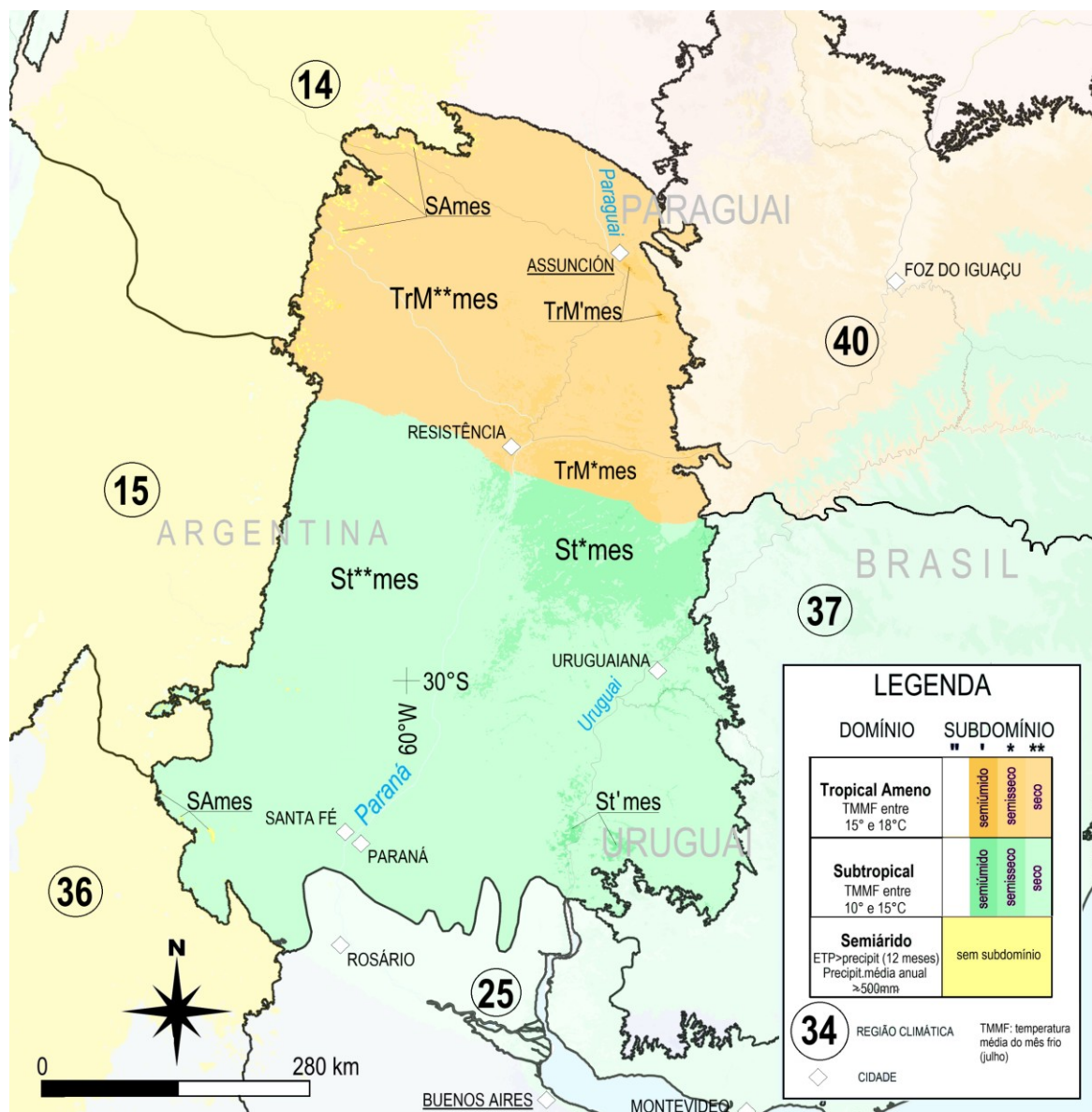
A Mesopotâmia Platina (Figura 67) corresponde a uma extensa faixa de 459.637 km² situada entre os rios Paraná, Paraguai e Uruguai, com altitude média de 81 metros (Quadro 67). O relevo é marcado por planícies aluviais e áreas de baixa altitude, cortadas por grandes cursos fluviais que definem a paisagem e a dinâmica ambiental. Ross (2019) destaca a importância dessas superfícies planas como corredores naturais de circulação atmosférica e hídrica, ao mesmo tempo em que servem como áreas de expansão agropecuária. As depressões sedimentares e os terraços fluviais condicionam a drenagem e a fertilidade dos solos, reforçando o papel da região como área de produção intensiva no Cone Sul.

As paisagens naturais originais são compostas por estepes, vegetação herbácea e arbustiva adaptada ao regime de chuvas irregulares e à ocorrência de déficit hídrico. A influência dos rios, contudo, cria ecótonos de maior umidade, com florestas-galeria que acompanham os cursos d'água. O mosaico natural reflete a interação entre áreas abertas de campos, mais propícias ao pastoreio e agricultura, e as matas ciliares que cumprem função ecológica essencial. Ab'Saber (2003) destaca a Mesopotâmia Platina como área de transição entre domínios úmidos e secos, marcada por vulnerabilidade ambiental devido às variações sazonais da pluviosidade.

As cidades principais refletem esse cenário de transição. Assunção, capital do Paraguai, concentra atividades administrativas, industriais e de serviços, funcionando como núcleo articulador da região.

Resistência e Formosa, na Argentina, são polos agropecuários, com destaque para a produção de grãos e pecuária extensiva, diretamente afetadas pela variabilidade climática. Uruguiana, no Brasil, localizada às margens do rio Uruguai, é importante ponto de integração fronteiriça, com papel estratégico na circulação de mercadorias e no comércio internacional do Mercosul. As cidades fluviais, de modo geral, dependem fortemente dos grandes rios para transporte, irrigação e energia.

Figura 67 – Região Climática Mesopotâmia Platina.



Regiões Climáticas adjacentes: 14) do Chaco; 15) do Cuyo; 25) Litorânea do Rio da Prata; 36) dos Pampas Argentinos; 37) dos Pampas Gaúchos; 40) do Planalto Meridional da Bacia do Rio Paraná.

Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth, QGis – Pritzen.

Do ponto de vista atmosférico, a região é influenciada principalmente pela Alta Pressão Subtropical (APS), que atua de forma persistente no regime de chuvas, alternando períodos de bloqueios atmosféricos com a penetração de frentes frias. Essa dinâmica explica a sazonalidade marcada entre meses chuvosos e secos, além da recorrência de estiagens que impactam a produção agrícola. As médias térmicas são elevadas, com temperatura anual em torno de 20,6 °C e temperatura média do mês mais frio (julho) de 14 °C, evidenciando a condição de transição entre zonas tropicais amenizadas e subtropicais.

Do ponto de vista da incidência solar, a região fica ao sul do Trópico de Capricórnio, que marca a transição entre a Zona Climática Quente e a Zona Climática Moderada na tipologia de Novais (2019; 2023a). Mais ao sul, próximo ao paralelo de 30°S, a influência extratropical é mais nítida. Essa condição latitudinal, somada ao relevo plano e à influência atmosférica, explica a ocorrência de climas tropicais amenos e subtropicais, além da inserção de manchas semiáridas.

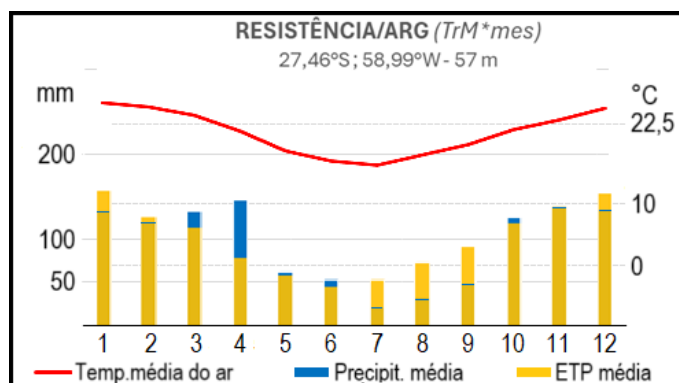
Quadro 67 – Aspectos geográficos da Região Climática Mesopotâmia Platina.

Área da Região Climática (km ²)	459.637
Altitude média (m)	81
Bacias hidrográficas	Paraná, Paraguai, Uruguai
Vegetação natural predominante	Estepes
Principais cidades	Assunción (PRY), Resistência, Formosa (ARG) e Uruguaiana (BRA)
Temperatura média anual (°C)	20,6
Temperatura média do mês mais frio – jul (°C)	14,0
Precipitação média anual (mm)	1.253
Evapotranspiração potencial (mm)	1.584
Principais sistemas atmosféricos atuantes	APS, baixa do Chaco

Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth, QGis – Pritzen, Reboita *et al.* (2010) e Ross (2019).

O climograma de Resistência, na Argentina (Figura 68), reflete as condições típicas do Subdomínio Tropical Ameno Semisseco, inserido na Zona Climática Moderada. A temperatura média anual situa-se em torno de 22 °C, com verões quentes que superam 26 °C e invernos amenos próximos de 15 °C, caracterizando amplitude térmica moderada e sazonalidade térmica bem definida. A precipitação é irregular e sazonal, com volumes expressivos entre dezembro e março, quando a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e sistemas convectivos tropicais intensificam as chuvas. A partir de maio, a pluviosidade diminui gradualmente, atingindo mínimos entre julho e agosto, quando predominam massas de ar seco e frias de origem polar, resultando em balanço hídrico deficitário. A evapotranspiração potencial (ETp) mantém-se elevada durante a maior parte do ano, superando a precipitação em seis meses, especialmente no inverno e início da primavera. Esses elementos definem o clima TrM*mes, com TMMF de 15 °C, precipitação de 1.250 mm e ETp anual de 1.600 mm. O clima de Resistência marca a transição entre o Domínio Tropical e o Temperado, sendo influenciado por sistemas frontais do sul e massas tropicais continentais, o que favorece verões chuvosos e invernos secos, além de paisagens de campos subtropicais e áreas agrícolas de grande produtividade na planície do rio Paraná.

Figura 68 – Climograma de Resistência, Argentina (TrM*mes).



Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth.

O Quadro 68, que apresenta a diversidade climática da Região da Mesopotâmia Platina. O Domínio Tropical Ameno (TrM^{mes} a TrM^{**mes}) predomina no norte. Ao sul, o Domínio Subtropical (St^{mes} a St^{**mes}) assume maior relevância, refletindo uma maior influência extratropical. Em áreas específicas no noroeste da região, ocorrem condições de Domínio Semiárido (SAmes), com até 12 meses de déficit hídrico, precipitações médias inferiores a 1.300 mm e ETp superior a 2.000 mm, revelando forte vulnerabilidade climática. Esse mosaico mostra como a Mesopotâmia Platina se constitui em espaço de contrastes, onde chuvas irregulares e secas periódicas convivem com áreas de maior umidade fluvial.

Quadro 68 – Tipologia e parâmetros climáticos da Região Mesopotâmia Platina.

Código Climático	Nome (5ª hierarquia)	Climas Zonais	TMMF (°C)	Precipitação Média Anual (mm)	ETp Média Anual (mm)	Meses secos (P<ETp)
TrM^{mes}	Tropical Ameno úmido da Mesopotâmia Platina	Quente	15,9 a 16,7	1.758 a 1.902	1.493 a 1.644	2 a 3
TrM^{'mes}	Tropical Ameno semiúmido da Mesopotâmia Platina	Quente	15,0 a 17,1	1.547 a 1.900	1.430 a 1.693	4 a 5
TrM^{*mes}	Tropical Ameno semisseco da Mesopotâmia Platina	Quente	15,0 a 17,9	1.291 a 1.899	1.419 a 1.850	6 a 7
TrM^{**mes}	Tropical Ameno seco da Mesopotâmia Platina	Quente	15,0 a 17,9	860 a 1.842	1.444 a 2.041	8 a 11
St^{mes}	Subtropical semiúmido da Mesopotâmia Platina	Moderado	11,4 a 14,9	1.252 a 1.681	1.294 a 1.535	4 a 5
St^{*mes}	Subtropical semisseco da Mesopotâmia Platina	Moderado	11,0 a 14,9	1.127 a 1.687	1.302 a 1.779	6 a 7
St^{**mes}	Subtropical seco da Mesopotâmia Platina	Moderado	10,0 a 14,9	908 a 1.682	1.322 a 1.925	8 a 11
SAmes	Semiárido da Mesopotâmia Platina	Quente / Moderado	10,1 a 18,0	865 a 1.354	1.495 a 2.076	12

Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth, QGis – Pritzen.

Em síntese, a Mesopotâmia Platina constitui uma das regiões mais complexas do Cone Sul, onde a interação entre grandes rios, estepes naturais, condições semiáridas e áreas de maior umidade define um espaço de contrastes. A variabilidade climática, associada à importância urbana e agropecuária, confere a esta região papel estratégico tanto no contexto físico quanto socioeconômico da América do Sul, sendo também área sensível às mudanças climáticas e às oscilações interanuais dos sistemas atmosféricos.

35. NORDESTE DO BRASIL



Vale do Pati, no Parque Nacional Chapada Diamantina. Palmeiras-BA / Brasil
Paisagem de *Clima Tropical Ameno Seco Nordestino do Brasil* (TrM**neb).

(12°48'S , 41°28'W)

Fonte: Giuliano Tostes Novais (out/2018).

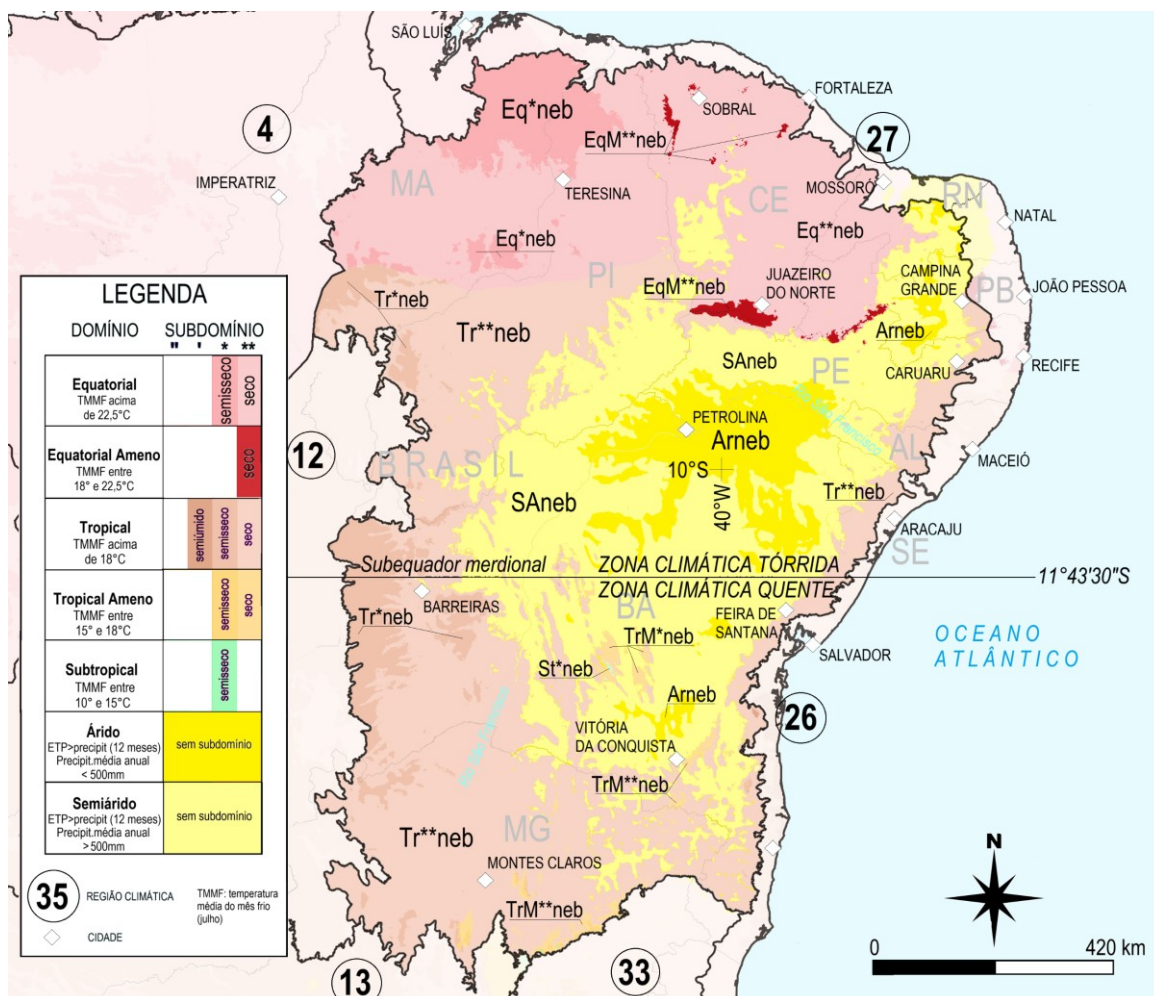
Região Climática do Nordeste do Brasil (neb)

A Região Climática do Nordeste do Brasil (Figura 83) abrange uma extensa área de 1.424.652 km², caracterizada por forte diversidade climática, associada à interação entre relevo, sistemas atmosféricos e padrões de vegetação. O relevo é marcado por chapadas residuais, depressões interplanálticas e áreas de planaltos cristalinos, como a Borborema e a Chapada Diamantina (Ross, 2019). A média da altitude é de 453 metros, suficiente para produzir contrastes térmicos entre as áreas mais elevadas, de Domínio Tropical Ameno e até Subtropical, e as depressões semiáridas e áridas que concentram as maiores carências hídricas. As principais bacias hidrográficas (São Francisco, Parnaíba, Jaguaribe, Paraguaçu e Mearim) exercem papel fundamental na dinâmica socioeconômica, ainda que apresentem forte sazonalidade no regime de chuvas.

A vegetação natural reflete os contrastes do meio físico e climático: predominam as caatingas, bioma singular do semiárido nordestino, formado por arbustos espinhosos, caducifólios e cactáceas adaptadas à escassez hídrica (Ab'Saber, 2003). Nas porções mais úmidas, como os brejos de altitude e áreas de transição para o litoral, aparecem fragmentos da Mata Atlântica e do Cerrado, indicando a complexidade ecológica da região (Ross, 2019). A presença de solos rasos e pedregosos limita a produtividade agrícola, mas a adaptação da vegetação à irregularidade climática garante resiliência ecológica.

No contexto das cidades, destacam-se Teresina, Feira de Santana, Petrolina, Juazeiro do Norte e Caruaru, polos que estruturam a economia regional. A fruticultura irrigada, principalmente em Petrolina e Juazeiro, tornou-se referência mundial, demonstrando a capacidade de adaptação produtiva em meio ao semiárido. Cidades como Campina Grande e Mossoró também exercem papel fundamental em ciência, tecnologia e agroindústria.

Figura 69 – Região Climática do Nordeste do Brasil.



Regiões Climáticas adjacentes: 4) Amazônica Oriental; 12) Central do Brasil; 13) do Centro-Sul do Brasil; 26) Litorânea Leste do Brasil; 27) Litorânea Norte do Brasil; 33) da Mantiqueira Oriental.

Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth, QGIS – Pritzen.

Do ponto de vista atmosférico, a região é influenciada por múltiplos sistemas: a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), que desloca chuvas para o norte do Nordeste entre fevereiro e maio; os alísios de nordeste e sudeste, que modulam a umidade costeira; o Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS), associado a períodos secos persistentes; e fenômenos de mesoescala, como o Vórtice Ciclônico de Altos Níveis (VCAN), que pode tanto favorecer como inibir precipitações (Reboita *et al.*, 2010). A irregularidade pluviométrica é marcante: a precipitação média anual é de apenas 906 mm, muito inferior à evapotranspiração potencial de 1.825 mm, configurando forte déficit hídrico (Quadro 82).

No que se refere à incidência solar, a Região Nordeste do Brasil situa-se majoritariamente na Zona Climática Tórrida, marcada por forte entrada de radiação solar e temperaturas médias anuais elevadas (25 °C). O cruzamento da Linha do Subequador Meridional (11°43'30"S), próximo ao centro da região, evidencia a transição entre áreas de máxima insolação e aquelas já inseridas Na Zona Climática Quente, que abrange os trechos meridionais, especialmente no norte de Minas Gerais e no

interior da Bahia. Essa disposição latitudinal, combinada à baixa nebulosidade e à irregularidade das chuvas, explica os altos índices de evapotranspiração, o predomínio de climas semiáridos e áridos, e a vulnerabilidade hídrica característica do sertão nordestino (Novais, 2019; 2023a).

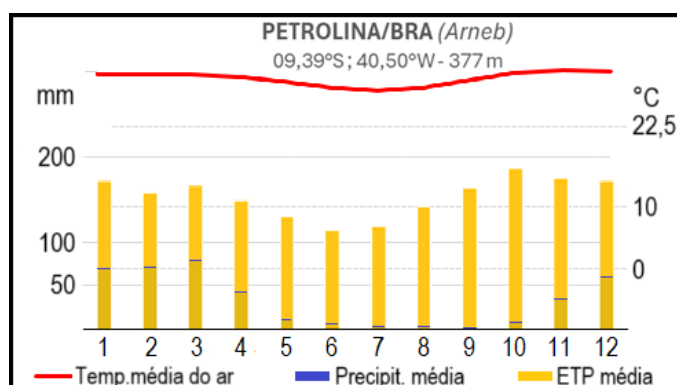
Quadro 69 – Aspectos geográficos da Região Climática do Nordeste do Brasil.

Área da Região Climática (km ²)	1.424.652
Varição de altitude (m)	453
Bacias hidrográficas	São Francisco, Parnaíba, Jaguaribe, Paraguaçu, Mearim
Vegetação natural predominante	Caatinga, Cerrado, Mata Atlântica
Principais cidades	Teresina, Feira de Santana, Petrolina, Juazeiro do Norte, Caruaru (BRA)
Temperatura média anual (°C)	25,0
Temperatura média do mês mais frio – julho (°C)	22,9
Precipitação média anual (mm)	906
Evapotranspiração potencial (mm)	1.825
Sistemas atmosféricos atuantes	ZCIT, ASAS, VCAN, FPA

Fonte: Cavalcanti *et al.* (2009), CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth, IBGE (2025), QGis – Pritzen, Reboita *et al.* (2010) e Ross (2019).

O climograma de Petrolina, no vale do rio São Francisco pernambucano (Figura 70), expressa com nitidez as condições do Domínio Árido no interior do Nordeste Brasileiro, inserido na Zona Climática Tórrida. As temperaturas médias anuais mantêm-se elevadas, em torno de 27 °C, com amplitude térmica anual inferior a 3 °C, revelando a constância térmica típica das baixas latitudes. A precipitação é extremamente reduzida e irregular, não ultrapassando 500 mm anuais, concentrando-se entre janeiro e abril. Durante a maior parte do ano (de maio a dezembro), as chuvas praticamente cessam, e a evapotranspiração potencial (ETp), constantemente superior à precipitação, produz déficit hídrico permanente, caracterizando balanço hídrico negativo em todos os meses. Essa configuração corresponde ao clima Arneb, definido por TMMF de 24,7 °C, precipitação anual de 400 mm, ETp acima de 1.850 mm e doze meses secos (P < ETp). O clima de Petrolina resulta da baixa influência marítima e da atuação predominante de massas tropicais continentais secas, fatores que conferem ao semiárido nordestino sua marcante escassez de umidade. O ambiente apresenta vegetação xeromórfica da Caatinga, com espécies adaptadas à aridez e ao déficit hídrico prolongado, além de rios intermitentes e solos pedregosos, configurando uma das paisagens mais secas e quentes da América do Sul.

Figura 70 – Climograma de Petrolina, Brasil (Arneb).



Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth.

Segundo o Quadro 70, a Região Climática Nordestina apresenta uma das maiores diversidades climáticas do Brasil, com 13 códigos climáticos distintos. Os Domínios Equatorial e Equatorial Ameno ocorrem no norte (Eq*neb, Eq**neb, EqM*neb, EqM**neb), enquanto o Domínio Tropical aparece em transição com áreas semiáridas (Tr'neb, Tr*neb, Tr**neb, TrM*neb, TrM**neb). Nos trechos serranos surgem Domínios Subtropicais (St*neb, St**neb). Os Domínios Semiárido (SAneb) e Árido (Arneb) representam a essência do sertão nordestino, marcados por 12 meses com $P < ETp$, baixa pluviosidade e altas taxas de evaporação, constituindo a expressão mais rigorosa do semiárido brasileiro. Essa variabilidade traduz a complexidade interna da região, em que áreas litorâneas úmidas convivem com núcleos de extrema aridez.

Quadro 70 – Tipologia e parâmetros climáticos da Região do Nordeste do Brasil.

Código Climático	Nome (5ª hierarquia)	Climas Zonais	TMMF (°C)	Precipitação Média Anual (mm)	ETp Média Anual (mm)	Meses secos (P<ETp)
Eq*neb	Equatorial semisseco do Nordeste do Brasil	Tórrido	22,5 a 27,3	1.007 a 1.757	1.616 a 2.208	7
Eq**neb	Equatorial seco do Nordeste do Brasil	Tórrido	22,5 a 28,2	531 a 1.639	1.571 a 2.610	8 a 11
EqM*neb	Equatorial Ameno semisseco do Nordeste do Brasil	Quente	21,2 a 22,5	1.114 a 1.277	1.648 a 1.822	7
EqM**neb	Equatorial Ameno seco do Nordeste do Brasil	Quente	19,5 a 22,5	615 a 1.278	1.538 a 2.419	8 a 11
Tr'neb	Tropical semiúmido do Nordeste do Brasil	Quente	18,0 a 21,7	1.296 a 1.494	1.282 a 1.505	4 a 5
Tr*neb	Tropical semisseco do Nordeste do Brasil	Tórrido / Quente	18,0 a 26,3	960 a 2.147	1.267 a 2.280	6 a 7
Tr**neb	Tropical seco do Nordeste do Brasil	Tórrido / Quente	18,0 a 27,5	580 a 1.515	1.274 a 2.460	8 a 11
TrM*neb	Tropical Ameno semisseco do Nordeste do Brasil	Quente	15,1 a 17,9	1.095 a 1.524	1.270 a 1.849	6 a 7
TrM**neb	Tropical Ameno seco do Nordeste do Brasil	Quente	15,0 a 17,9	682 a 1.377	1.301 a 2.313	8 a 11
St*neb	Subtropical semisseco do Nordeste do Brasil	Moderado	13,3 a 14,9	1.105 a 1.508	1.293 a 1.621	7
St**neb	Subtropical seco do Nordeste do Brasil	Moderado	12,5 a 14,9	844 a 1.231	1.397 a 1.910	8 a 11
SAneb	Semiárido do Nordeste do Brasil	Tórrido / Quente / Moderado	13,7 a 28,2	500 a 1.238	1.312 a <u>3.043</u>	12
Arneb	Árido do Nordeste do Brasil	Tórrido / Quente	18,7 a 27,7	325 a 499	1.425 a 2.788	12

Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth, QGis – Pritzen.

Assim, a Região Nordestina do Brasil constitui o exemplo mais notável de como os fatores atmosféricos, geomorfológicos e latitudinais se combinam para gerar uma paisagem climática complexa e contrastante. A coexistência de áreas áridas, semiáridas e subúmidas em um mesmo recorte espacial evidencia não apenas a diversidade natural, mas também os desafios socioeconômicos de uma das regiões mais vulneráveis do Brasil, onde a variabilidade climática se projeta diretamente sobre a vida cotidiana e as estratégias de adaptação da população.

36. PAMPAS ARGENTINOS



Tempestade nos pampas, próximo à Cordilheira dos Andes. Mendoza / Argentina
Paisagem de *Clima Árido dos Pampas Argentinos (Arpam)*.

(32°55'S , 69°15'W)

Fonte: Giuliano Tostes Novais (jan/2025).

Região Climática dos Pampas Argentinos (pam)

A Região dos Pampas Argentinos (Figura 71) localiza-se no centro-sul do território argentino e apresenta uma conformação natural marcada por planícies sedimentares de larga extensão, de origem terciária e quaternária, com algumas elevações residuais e serranias antigas, como as Sierras de Córdoba e de San Luis. Essas formações conferem certa variação altitudinal à região, cuja média gira em torno de 652 metros. O relevo plano e a textura dos solos, ricos em matéria orgânica e nutrientes, contribuíram para consolidar esta área como uma das mais férteis do continente sul-americano, sendo historicamente associada à pecuária e à produção de cereais.

Do ponto de vista das paisagens naturais, os Pampas apresentam o domínio de estepes e pradarias, em especial as gramíneas nativas, adaptadas ao regime climático com períodos de déficit hídrico. A paisagem original foi significativamente alterada pela intensa ocupação agropecuária e urbana, tornando-se uma das áreas mais antropizadas da Argentina. A vegetação típica da região é caracterizada por campos abertos, com pouca cobertura arbórea, predominando gramíneas e arbustos esparsos, conforme descrito por Aziz Ab'Sáber (2003), que identificou, nos Pampas, um dos domínios morfoclimáticos fundamentais da América do Sul.

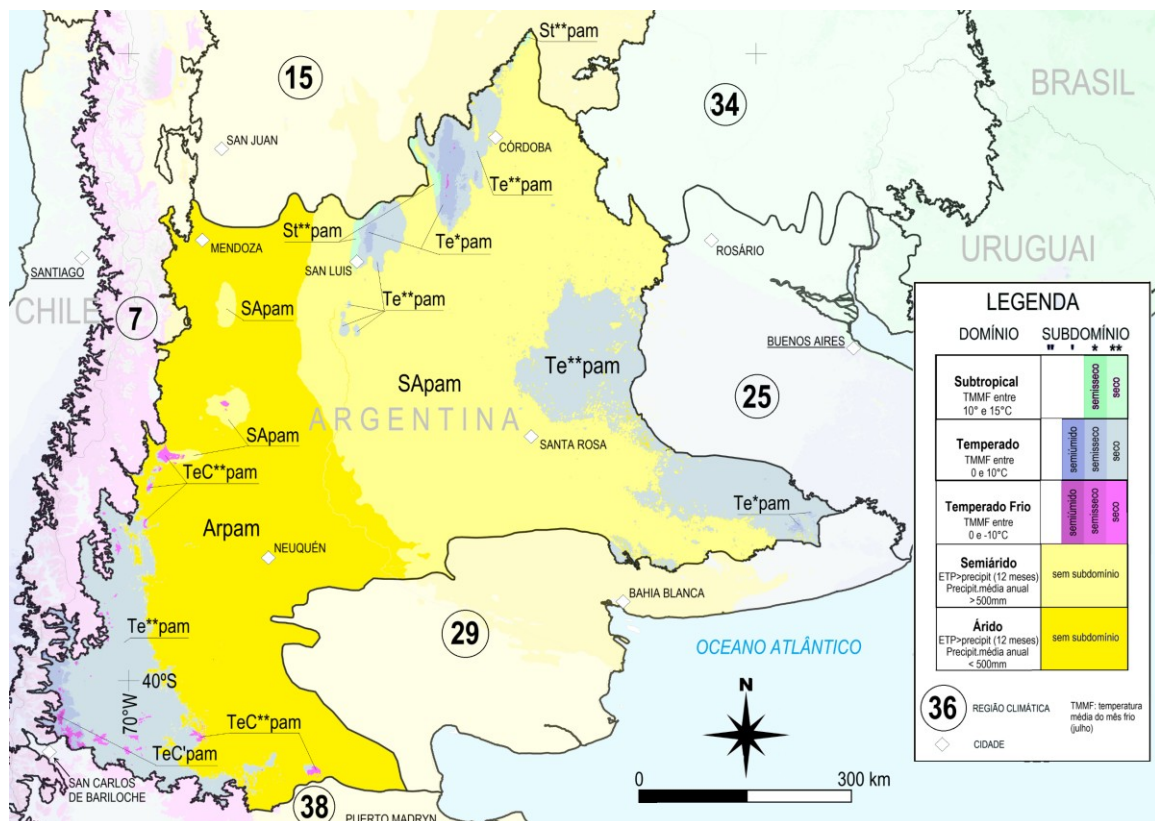
Na província de La Pampa, a vegetação apresenta uma diversidade de formações fitogeográficas, conforme a tipologia descrita por Méndez *et al.* (2021), que distingue o campo, o espinal e o monte. O monte, em especial, se caracteriza pela predominância de arbustos, árvores esparsas e gramíneas

perenes que compõem seu estrato herbáceo (Villagra *et al.*, 2011). No Parque Nacional Lihué Calel, o jarillal constitui a formação clímax, associado a cactáceas e espécies halófitas adaptadas a solos salinos. Há ainda paisagens dominantes como o ambiente serrano e os salitrais, cuja flora é fortemente influenciada pelo relevo (Mazzola *et al.*, 2008). Em termos agroclimáticos, o período de déficit hídrico entre novembro e fevereiro condiciona a produção: ao sul da área agrícola de La Pampa, favorece cultivos de inverno; ao norte, como em General Pico, a recarga hídrica da primavera e os menores déficits de verão beneficiam os cultivos de verão (Mariano *et al.*, 2021).

As principais cidades situadas na região ou em seus arredores incluem Córdoba, Mendoza, Santa Rosa, San Luis e Neuquén, todas com importância econômica, cultural e demográfica, compondo o núcleo produtivo da Argentina continental. Córdoba, localizada na porção centro-norte da região, constitui um importante polo industrial e educacional, articulando redes de transporte e sendo referência em inovação e serviços. Mendoza, por sua vez, na encosta oriental dos Andes, destaca-se como centro vinícola de renome internacional, graças à combinação de altitude, solo fértil e regime hídrico de origem nival, proveniente do degelo andino. Ambas exercem influência sobre os fluxos econômicos da região e contribuem significativamente para a diversificação da matriz produtiva do centro-oeste argentino, consolidando-se como cidades-chave no cenário urbano e agroindustrial do país.

Os sistemas atmosféricos predominantes na região incluem as influências da ASAS, de frentes frias oriundas do sul do continente e de circulações locais associadas à continentalidade. A dinâmica atmosférica é caracterizada pela alternância de massas de ar frias e secas no inverno e massas mais quentes e úmidas no verão. A atuação de frentes frias pode provocar precipitações esparsas, muitas vezes associadas a trovoadas. As chuvas distribuem-se de forma irregular ao longo do ano, com destaque para o outono e a primavera.

Figura 71 – Região Climática dos Pampas Argentinos.



Regiões Climáticas adjacentes: 7) dos Andes Meridionais; 15) do Cuyo; 25) Litorânea do Rio da Prata; 29) Litorânea Sudeste da Argentina; 34) Mesopotâmia Platina; 38) Patagônica.

Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth, QGIS – Pritzen.

De acordo com o Quadro 71, a região apresenta temperatura média anual de 14,1 °C, com mínima no mês de julho (6,0 °C). A média pluviométrica anual é de 687 mm, enquanto a evapotranspiração potencial é de 1.412 mm, revelando um leve déficit hídrico anual. A posição latitudinal dos Pampas Argentinos implica uma elevada incidência solar nos meses de verão, com declínio significativo no inverno, o que reforça a amplitude térmica anual e a sazonalidade climática típica das zonas temperadas. A Zona Moderada apresenta importante variação entre as horas de luz diurna e noturna nos solstícios, o que influencia diretamente a produtividade agrícola e os ciclos naturais da região.

Quadro 71 – Aspectos geográficos da Região Climática dos Pampas Argentinos.

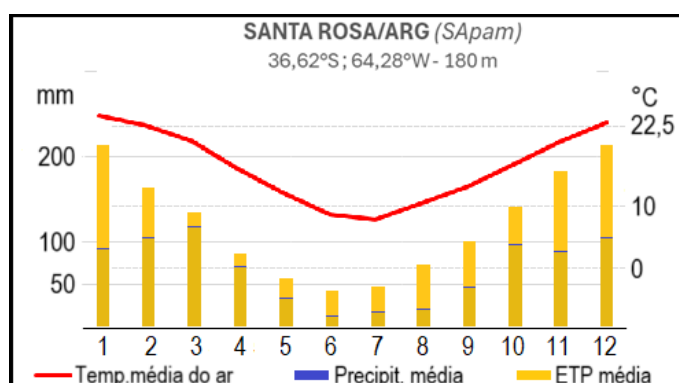
Área da Região Climática (km ²)	671.868
Altitude média (m)	652
Bacias hidrográficas	Colorado, Desaguadero, Negro
Vegetação natural predominante	estepes
Principais cidades	Córdoba, Mendoza, Santa Rosa, Neuquén, San Luis (ARG)
Temperatura média anual (°C)	14,1
Temperatura média do mês mais frio – julho (°C)	6,0
Precipitação média anual (mm)	687
Evapotranspiração potencial (mm)	1.412
Sistemas atmosféricos atuantes	ASAS, APS

Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth, Reboita *et al.* (2010) e Ross (2019).

O climograma de Santa Rosa (Figura 72) representa as condições típicas do Domínio Semiárido dos Pampas Argentinos, localizado na Zona Climática Moderada. As temperaturas médias variam de cerca de 9 °C no inverno (junho a agosto) a 24 °C no verão (dezembro a fevereiro), caracterizando amplitude térmica anual superior a 15 °C, típica das latitudes médias do interior argentino. A precipitação é escassa e irregular, totalizando 815 mm anuais e um prolongado período seco no inverno, quando a evapotranspiração potencial (ETp) permanece baixa devido às baixas temperaturas. Durante o verão, contudo, a ETp supera amplamente as chuvas, resultando em balanço hídrico deficitário. O clima identificado é Semiárido dos Pampas Argentinos (SApam), definido por TMMF de 7,9 °C, precipitação inferior à ETp em todos os meses do ano. O clima é condicionado pela influência dos ventos secos de oeste e sudoeste e pela continentalidade, que reduzem a umidade proveniente do Atlântico. Esse regime confere à região características de transição para o Domínio Árido da Patagônia, favorecendo paisagens de estepes herbáceas e campos abertos, além de condições agroclimáticas restritivas, com forte variabilidade interanual de chuvas e alta vulnerabilidade à seca.

No Quadro 72, observa-se grande diversidade climática interna. Os Domínios Subtropicais e Temperados predominam, com variações que vão do Subtropical Semisseco (St*pam) e Subtropical Seco (St**pam), até os Subdomínios Temperado Seco (Te**pam) e Temperado Frio Seco (TeC**pam). Há ainda ocorrência de climas semiáridos e áridos (SApam e Arpam), nos setores ocidentais. A maioria das tipologias registra entre 6 e 11 meses secos por ano, evidenciando uma sazonalidade marcada e importante déficit hídrico em grande parte da região. A existência de tipos climáticos mais úmidos, como o Temperado Semiúmido (Te'pam) e o Temperado Frio Semiúmido (TeC'pam), ocorre nas áreas de maior altitude ou com maior influência atlântica.

Figura 72 – Climograma de Santa Rosa, Argentina (SApam).



Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth.

Quadro 72 – Tipologia e parâmetros climáticos da Região dos Pampas Argentinos.

Código Climático	Nome (5ª hierarquia)	Climas Zonais	TMMF (°C)	Precipitação Média Anual (mm)	ETp Média Anual (mm)	Meses secos (P<ETp)
St*pam	Subtropical semiseco dos Pampas argentinos	Moderado	10,0 a 10,7	1.123 a 1.489	1.254 a 1.432	6 a 7
St**pam	Subtropical seco dos Pampas argentinos	Moderado	10,0 a 12,2	757 a 1.277	1.225 a 1.753	8 a 11
Te'pam	Temperado semiúmido dos Pampas argentinos	Moderado	0,0 a 2,2	1.423 a 2.636	876 a 1.245	4 a 5
Te*pam	Temperado semiseco dos Pampas argentinos	Moderado	0,0 a 9,9	706 a 1.945	945 a 1.657	6 a 7
Te**pam	Temperado seco dos Pampas argentinos	Moderado	0,0 a 9,9	195 a 1.418	1.036 a 1.892	8 a 11
TeC'pam	Temperado Frio semiúmido dos Pampas argentinos	Frio	-3,9 a -0,1	1.600 a 2.084	953 a 1.210	5
TeC*pam	Temperado Frio semiseco dos Pampas argentinos	Frio	-5,0 a -0,1	555 a 1.900	889 a 1.318	6 a 7
TeC**pam	Temperado Frio seco dos Pampas argentinos	Frio	-9,9 a -0,1	296 a 1.103	880 a 1.695	8 a 11
Sg**pam	Subglacial seco dos Pampas argentinos	Frio	-11,3 a -10,0	654 a 851	921 a 1.039	8 a 11
SApam	Semiárido dos Pampas argentinos	Moderado / Frio	-10,2 a 12,0	500 a 1.116	968 a 2.067	12
Arpam	Árido dos Pampas argentinos	Moderado / Frio	-8,0 a 10,6	160 a 499	979 a 1.994	12

Fonte: CHELSA (1989-2018) e Dinamica EGO.

Com isso, os Pampas Argentinos se consolidam como uma das mais expressivas regiões produtivas da América do Sul, historicamente associada à pecuária extensiva e, atualmente, a uma diversificada produção agrícola e industrial. Suas características climáticas, a fertilidade dos solos e a posição geográfica conferem a esta região um papel estratégico no abastecimento interno e nas exportações da Argentina.

37. PAMPAS GAÚCHOS



Um arroio nos pampas gaúchos. Bagé / Brasil

(31°08S, 53°47W)

Paisagem de *Clima Subtropical Semiúmido dos Pampas Gaúchos (St'pag)*.

Fonte: Giuliano Tostes Novais (jul/2013).

Região Climática dos Pampas Gaúchos (pag)

A Região dos Pampas Gaúchos abrange o extremo meridional do Brasil e avança até os contrafortes do planalto uruguaio, no centro do Uruguai. Com altitudes médias em torno de 175 metros e área superior a 270 mil km², a região é dominada por extensas pradarias, conhecidas como campos sulinos, que conformam a porção brasileira do Bioma Pampa (Figura 73). A geomorfologia da área é marcada por suaves ondulações, formações de coxilhas e grandes planícies de sedimentação fluvial e eólica, conforme descrito por Ross (2019) ao tratar das planícies e depressões do sul do Brasil. A vegetação natural predominante inclui gramíneas e herbáceas adaptadas ao clima sazonal, intercaladas por áreas com arbustos e matas ciliares ao longo dos cursos d'água. As bacias hidrográficas do Uruguai e do Jacuí atravessam a região, fornecendo drenagem para essa paisagem suavemente ondulada.

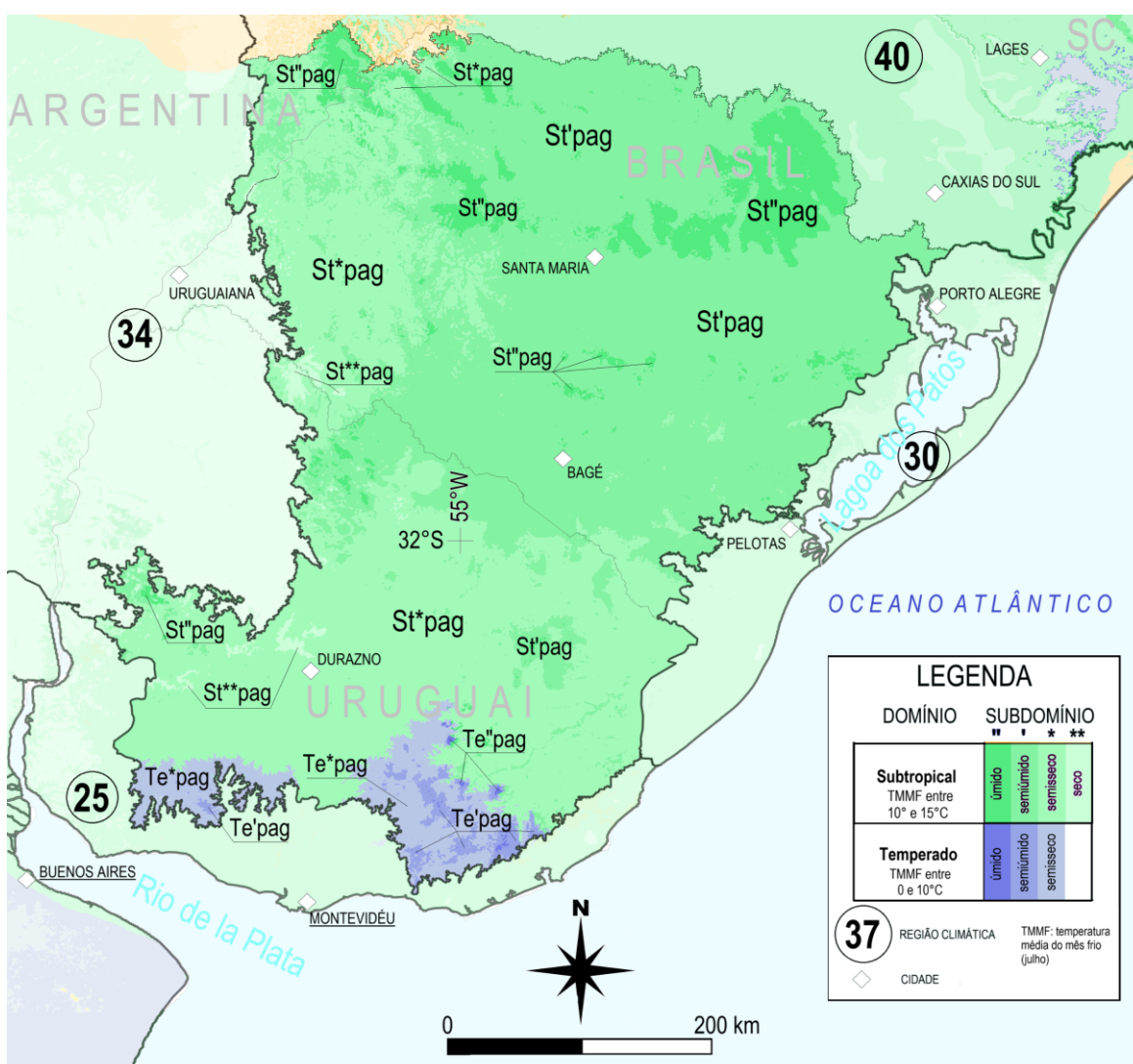
A cultura do povo gaúcho, enraizada nas pradarias dos pampas, é marcada por forte vínculo com a vida rural, o cavalo e a lida campeira. O chimarrão, o churrasco, a pilcha tradicional e as danças típicas refletem uma identidade forjada na convivência com a natureza e na valorização das tradições. Festas campeiras e rodeios celebram esse modo de vida, mantendo viva a herança dos tropeiros e estancieiros da região.

No Brasil, destacam-se as cidades de Santa Maria, Santa Cruz do Sul e Bagé, como polos regionais com relevante produção agropecuária e presença de instituições universitárias e de pesquisa. Rivera, no Uruguai, representa um importante centro binacional com Santana do Livramento, reforçando a

integração fronteiriça. A região se caracteriza por uma tradição pecuarista consolidada, voltada para a criação de gado de corte e produção de leite, complementada por lavouras de soja, milho e trigo. A paisagem é moldada por práticas rurais extensivas e por um mosaico de áreas preservadas e transformadas.

O posicionamento geográfico da Região dos Pampas Gaúchos também merece destaque quanto à sua inserção nas Zonas Climáticas. A Região está situada integralmente na Zona Moderada, entre os paralelos do Trópico de Capricórnio e do Subtrópico Meridional (46°54'). Essa zona recebe alta incidência solar apenas no verão, com o Sol nunca ficando a pino. A amplitude entre a duração do dia e da noite atinge até três horas nas bordas subtropicais, impactando diretamente o regime térmico e fotossintético da vegetação local. Tais características explicam os ciclos fenológicos da vegetação campestre, a sazonalidade agrícola e o padrão térmico mais brando em comparação às regiões tropicais.

Figura 73 – Região Climática dos Pampas Gaúchos.



Regiões Climáticas adjacentes: 25) do Rio da Prata; 30) Litorâneo Sul do Brasil; 34) Mesopotâmia Platina; 40) do Planalto Meridional da Bacia do Rio Paraná.

Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth, QGis – Pritzen.

De acordo com o Quadro 73, o clima da região apresenta características subtropicais e temperadas, com temperatura média anual de 18,4 °C e forte contraste sazonal. O mês mais frio, julho, registra

temperatura média de 11,1 °C. A precipitação média anual é de 1.538 mm, distribuída de forma relativamente homogênea ao longo do ano, embora com maior intensidade nos meses de outono e primavera. A ETp, próxima de 1.438 mm, indica equilíbrio hídrico em boa parte do ano, com um a três meses de déficit, especialmente durante o verão. Essa configuração climática, segundo Reboita *et al.* (2010), decorre da atuação da ASAS, associada a frentes frias e sistemas frontais migratórios, que regulam a instabilidade atmosférica da região sul do continente.

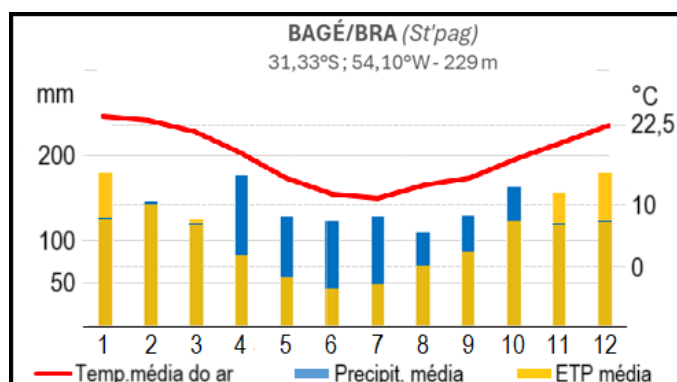
Quadro 73 – Aspectos geográficos da Região Climática dos Pampas Gaúchos.

Área da Região Climática (km ²)	276.583
Altitude média (m)	175
Bacias hidrográficas	Uruguai, Jacuí
Vegetação natural predominante	Pradaria
Principais cidades	Santa Maria, Santa Cruz do Sul e Bagé (BRA), Rivera e Durazno (URY)
Temperatura média anual (°C)	18,4
Temperatura média do mês mais frio – julho (°C)	11,1
Precipitação média anual (mm)	1.538
Evapotranspiração potencial (mm)	1.438
Sistemas atmosféricos atuantes	APA, ASAS

Fonte: Cavalcanti *et al.* (2009), CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth, IBGE (2025), Reboita *et al.* (2010) e Ross (2019).

O climograma de Bagé (Brasil) expressa as condições típicas do Domínio Subtropical Semiúmido dos Pampas Gaúchos, inserido na Zona Climática Moderada (Figura 74). A precipitação apresenta boa distribuição ao longo do ano, embora se observe ligeira redução entre novembro e março. O total anual ultrapassa 1.500 mm, resultado da alternância entre frentes frias de origem polar e incursões de ar quente e úmido provenientes do Atlântico e da Bacia do Rio da Prata. A evapotranspiração potencial (ETp) acompanha o regime térmico, com valores elevados no verão e reduzidos no inverno, o que provoca balanço hídrico equilibrado, predominando meses com P > ETp. Tais características configuram o tipo climático St'pag (Subtropical Semiúmido dos Pampas Gaúchos), com TMMF de 11,9 °C, precipitação média anual de 1.575 mm, ETp próxima a 1.300 mm e quatro meses secos. Esse clima favorece o desenvolvimento dos campos naturais dos Pampas, com predominância de gramíneas e uso agropecuário intenso, especialmente na pecuária e nas culturas de inverno.

Figura 74 – Climograma de Bagé, Brasil (St'pag).



Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth.

O Quadro 74 demonstra a diversidade interna da região, revelando climas zonais predominantemente moderados (subtropicais e temperados), com predomínio das variantes semiúmidas e semissecas. Os tipos climáticos variam desde o St''pag, com até três meses secos, até o Te**pag com dez meses secos. Notam-se também ocorrências pontuais de climas tropicais amenos (TrM''), no vale do Rio Uruguai, evidenciando transições sutis nas porções mais quentes. A presença de climas St* e Te* com quatro a sete meses secos indica um regime hidrotérmico intermediário, marcado por estações secas mais prolongadas ao sul e a oeste. Esses padrões sustentam uma grande adaptabilidade ecológica e agrícola, influenciando diretamente o uso do solo e a paisagem natural e antrópica.

Quadro 74 – Tipologia e parâmetros climáticos da Região dos Pampas Gaúchos.

Código Climático	Nome (5ª hierarquia)	Climas Zonais	TMMF (°C)	Precipitação Média Anual (mm)	ETp Média Anual (mm)	Meses secos (P<ETp)
TrM''pag	Tropical Ameno úmido dos Pampas gaúchos	Quente	15,0 a 15,1	1.796 a 2.013	1.369 a 1.554	1 a 3
TrM'pag	Tropical Ameno semiúmido dos Pampas gaúchos	Quente	15,0 a 15,1	1.680 a 1.932	1.456 a 1.621	4 a 5
St''pag	Subtropical úmido dos Pampas gaúchos	Moderado	10,0 a 14,9	1.330 a 2.458	1.116 a 1.696	0 a 3
St'pag	Subtropical semiúmido dos Pampas gaúchos	Moderado	10,0 a 14,9	1.183 a 2.101	1.133 a 1.704	4 a 5
St*pag	Subtropical semiseco dos Pampas gaúchos	Moderado	10,0 a 14,9	1.127 a 1.956	1.163 a 1.776	6 a 7
St**pag	Subtropical seco dos Pampas gaúchos	Moderado	10,0 a 14,9	1.172 a 1.764	1.400 a 1.829	8 a 10
Te''pag	Temperado úmido dos Pampas gaúchos	Moderado	8,9 a 9,9	1.372 a 1.502	1.120 a 1.302	3
Te'pag	Temperado semiúmido dos Pampas gaúchos	Moderado	8,8 a 9,9	1.173 a 1.685	1.125 a 1.500	4 a 5
Te*pag	Temperado semiseco dos Pampas gaúchos	Moderado	8,9 a 9,9	1.110 a 1.547	1.158 a 1.536	6 a 7
Te**pag	Temperado seco dos Pampas gaúchos	Moderado	9,8 a 9,9	1.189 a 1.224	1.488 a 1.519	8

Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth, QGis – Pritzen.

Em síntese, os Pampas Gaúchos representam uma unidade climática singular no Cone Sul, onde a interação entre o relevo suavemente ondulado, a influência subtropical e temperada do clima, e a forte presença das pradarias confere identidade própria à paisagem natural e ao uso do território. A expressiva adaptação agrícola e pecuária da região, aliada à diversidade interna de climas e vegetação, contribui para consolidar a importância dessa região tanto no Brasil quanto no Uruguai.

38. PATAGÔNICA



Ruta 11. El Calafate-Santa Cruz / Argentina

(50°20'S , 72°28'W)

Paisagem de *Clima Temperado Seco Patagônico* (Te**ptg).

Fonte: Giuliano Tostes Novais (dez/2024).

Região Climática Patagônica (ptg)

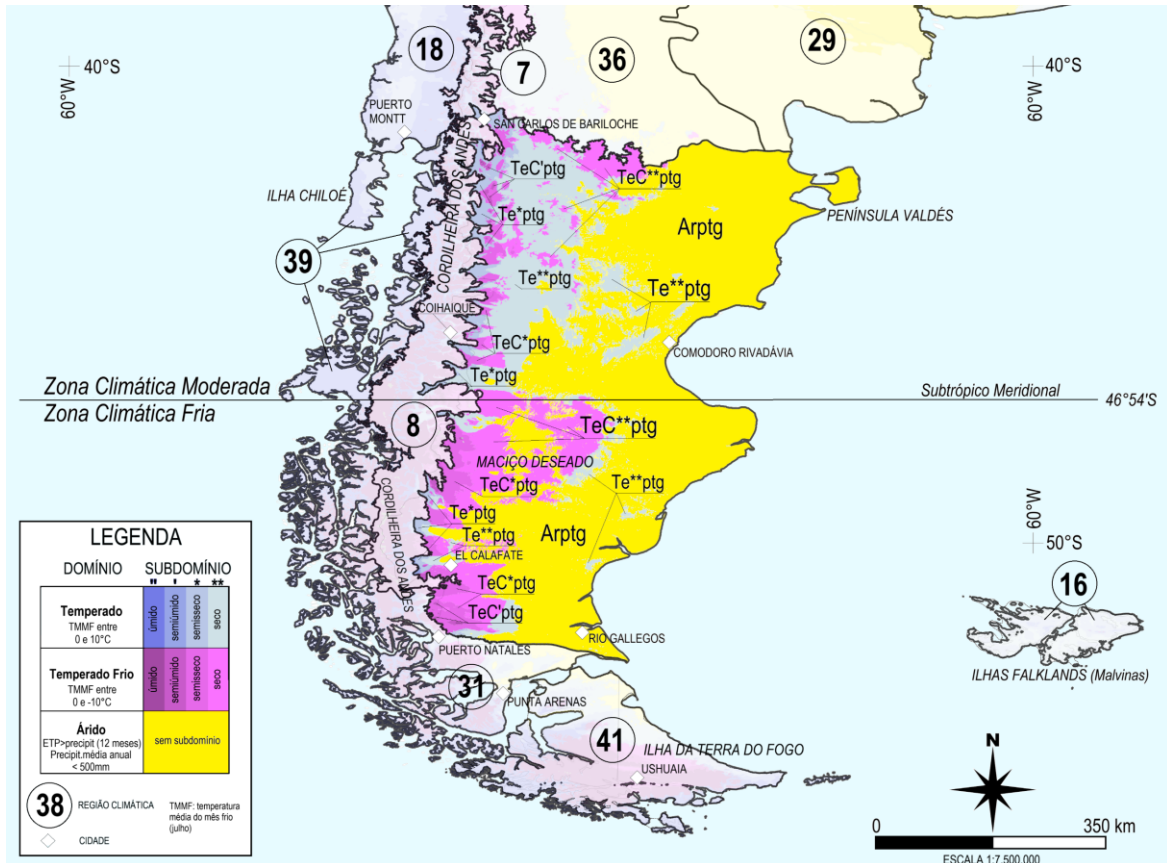
A Região Climática Patagônica ocupa a extremidade sul da América do Sul (Figura 75) e representa a única porção significativa de terra emergida inserida nos mares austrais do Hemisfério Sul (Coronato *et al.*, 2017). Com área de 473.025 km² e altitudes que variam entre o nível do mar e 1.676 metros (Quadro 75), estende-se das vertentes orientais da Cordilheira dos Andes até o litoral do Oceano Atlântico. A região abriga importantes bacias hidrográficas, como as dos rios Chubut, Deseado, Chico e Santa Cruz, e apresenta vegetação diversificada, com predominância de estepes, pradarias, deserto e, em áreas mais úmidas, florestas temperadas. As principais cidades são Comodoro Rivadavia, Río Gallegos, San Carlos de Bariloche e El Calafate, todas na Argentina.

Historicamente, a Patagônia foi um dos últimos territórios a ser ocupado pelo ser humano, com populações indígenas que viviam da caça, pesca e coleta até a chegada dos colonizadores espanhóis no século XVII (Coronato *et al.*, 2017). A economia local, anteriormente centrada na pecuária de ovinos, deu lugar ao turismo como principal fonte de receita, especialmente em centros como El Calafate, cujo desenvolvimento está atrelado ao turismo de natureza e às paisagens glaciares.

O clima patagônico é resultado da interação entre fatores geográficos, astronômicos e atmosféricos. A região está inserida na faixa de influência dos ventos de oeste do Hemisfério Sul, posicionando-se entre o cinturão de alta pressão subtropical e a zona subpolar de baixa pressão. Os ventos de oeste, intensos e constantes, especialmente no verão, são o principal elemento climático da região. O relevo

andino atua como uma barreira orográfica a esses ventos, provocando contrastes marcantes entre as vertentes a barlavento (leste do Pacífico) e a sotavento (leste dos Andes, voltada para o Atlântico), formando um dos gradientes de vegetação mais acentuados do mundo (Endlicher; Santana, 1988; Warren; Sugden, 1993).

Figura 75 – Região Climática da Patagônia.



Regiões Climáticas adjacentes: 7) Andes Meridionais; 8) Andes Patagônicos; 16) Malvinas; 18) Litorânea Central do Chile; 29) Litorânea do Sudeste Argentino; 31) Litorânea do sul do Chile; 36) Pampas Argentinas; 41) Terra do Fogo.

Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth, QGis – Pritzen.

Na Patagônia andina, os verões são amenos e os invernos rigorosos, com ocorrência de neve. Mesmo durante o verão, cumes nevados permanecem visíveis nos Andes. Já a fachada atlântica caracteriza-se por verões mais quentes e invernos frios, mas com baixíssima umidade, apresentando paisagens semiáridas a desérticas. O clima da região é condicionado também pelo relevo regional, que compreende dois conjuntos principais: a Cordilheira dos Andes e os planaltos patagônicos, intercalados por maciços e superfícies dissecadas como o Maciço Norte-Patagônico e o Maciço Deseado (Alvarez *et al.*, 2022). O degelo andino alimenta importantes sistemas lacustres, como os lagos Buenos Aires-General Carrera, San Martín-O'Higgins, Viedma e Argentino, considerados os maiores corpos d'água do extremo sul do continente.

As variações de precipitação, determinadas principalmente pelo relevo e pelos ventos de oeste, definem diferentes biomas zonais. A porção oeste, mais úmida, permite o desenvolvimento de florestas e pastagens, enquanto a porção leste, sob influência de sombra orográfica, é dominada por estepes herbáceas e arbustivas, além de áreas desérticas ao longo da fachada atlântica. Ainda que esta última seja marcada por aridez, abriga rica fauna marinha e serve como berçário de espécies costeiras.

A Linha do Subtrópico Meridional (46°54'S) cruza a região ao norte do Maciço de Deseado, separando as Zonas Climáticas Moderada (ao norte) e Fria (ao sul). Isso influencia diretamente a quantidade de radiação solar incidente, que atinge a superfície de forma oblíqua, contribuindo para as baixas temperaturas e elevando o número de meses com déficit hídrico, sobretudo nas áreas a sotavento dos Andes. Assim, a principal característica da região é a presença de um Domínio Árido, acompanhado por Domínios Temperado e Temperado Frio, todos com subdomínios que refletem o efeito da barreira andina e da baixa insolação incidente ao longo do ano.

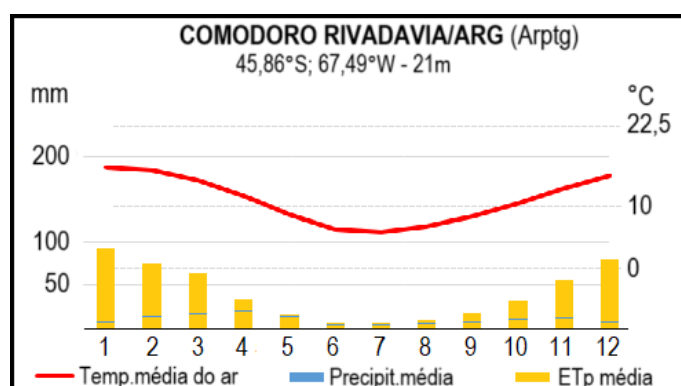
Quadro 75 – Aspectos geográficos da Região Climática da Patagônia.

Área da Região Climática (km ²)	473.025
Varição de altitude (m)	0 a 1.676
Bacias hidrográficas	Chubut, Deseado, Chico e Santa Cruz
Vegetação natural predominante	Estepes, deserto, floresta temperada
Principais cidades	Comodoro Rivadavia, Río Gallegos, Bariloche e El Calafate (ARG)
Temperatura média anual (°C)	9,5
Temperatura média do mês mais frio – julho (°C)	2,5
Precipitação média anual (mm)	300
Evapotranspiração potencial média anual (mm)	1.208
Sistemas atmosféricos atuantes	APP, APA

Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth, QGis – Pritzen, Reboita *et al.* (2010) e Ross (2019).

O climograma de Comodoro Rivadavia (Figura 76) revela um clima frio e árido típico do sul da Patagônia, com temperatura média anual de 9,5 °C e média do mês mais frio (julho) de 2,5 °C. A precipitação é escassa ao longo de todo o ano, com total anual inferior a 300 mm, enquanto a evapotranspiração potencial supera a precipitação em todos os meses, caracterizando 12 meses secos. Essa combinação confirma o Domínio Árido (Arptg), com Clima Zonal Moderado a Frio e forte déficit hídrico permanente, refletido em paisagens de estepes, pradarias secas e solos pouco desenvolvidos.

Figura 76 – Climograma de Comodoro Rivadavia, Argentina (Arptg).



Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth.

O Quadro 76 revela que a região é dominada pelos Climas Zonais Moderado e Frio, com temperatura média do mês mais frio (TMMF) variando entre -9,9 °C e 9,7 °C. A temperatura média anual é de 9,5 °C, e a TMMF é de 2,5 °C, com precipitação média de apenas 300 mm e evapotranspiração potencial de 1.208 mm, evidenciando um expressivo déficit hídrico. Entre os subdomínios

identificados, destaca-se o Árido Patagônico (Arptg), com 12 meses secos e precipitação inferior à ETp ao longo de todo o ano. Também são frequentes os Domínios Temperado e Temperado Frio, com Subdomínios Semisseco e Seco, com variação do número de meses secos entre 6 e 11.

Quadro 76 – Tipologia e parâmetros climáticos da Região Patagônica.

Código Climático	Nome (5ª hierarquia)	Climas Zonais	TMMF (°C)	Precipitação Média Anual (mm)	ETp Média Anual (mm)	Meses secos (P<ETp)
Te*ptg	Temperado semisseco da Patagônia	Moderado	0,0 a 4,3	331 a 1.852	687 a 1.341	6 a 7
Te**ptg	Temperado seco da Patagônia	Moderado	0,0 a 7,3	144 a 1.074	727 a 1.488	8 a 11
TeC'ptg	Temperado Frio semiúmido da Patagônia	Frio	-9,9 a 0,0	552 a 2.149	541 a 1.190	4 a 5
TeC*ptg	Temperado Frio semisseco da Patagônia	Frio	-9,9 a 0,0	317 a 1.829	614 a 1.298	6 a 7
TeC**ptg	Temperado Frio seco da Patagônia	Frio	-7,5 a 0,0	135 a 913	712 a 1.422	8 a 11
Arptg	Árido da Patagônia	Moderado / Frio	-4,1 a 9,7	125 a 481	821 a 1.859	12

Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth, QGis – Pritzen.

A Região Patagônica constitui um exemplo emblemático da interação entre fatores climáticos globais (como as zonas de pressão e os ventos de oeste), fatores geográficos (como o relevo andino e o posicionamento latitudinal) e astronômicos (com baixa incidência solar), configurando uma das regiões mais secas, frias e ambientalmente contrastantes da América do Sul. O modelo hierárquico da CCN é especialmente eficaz para captar e expressar essa complexidade regional.

39. PLANALTO DAS GUIANAS



Carretera Troncal 10, na serra de Pacaraima. Santa Elena de Uairén / Venezuela
Paisagem de *Clima Equatorial Ameno Semisseco do Planalto das Guianas (EqM*gup)*.

(04°31'N , 61°08'W)

Fonte: Daniel Monteiro Huertas (jul/2017).

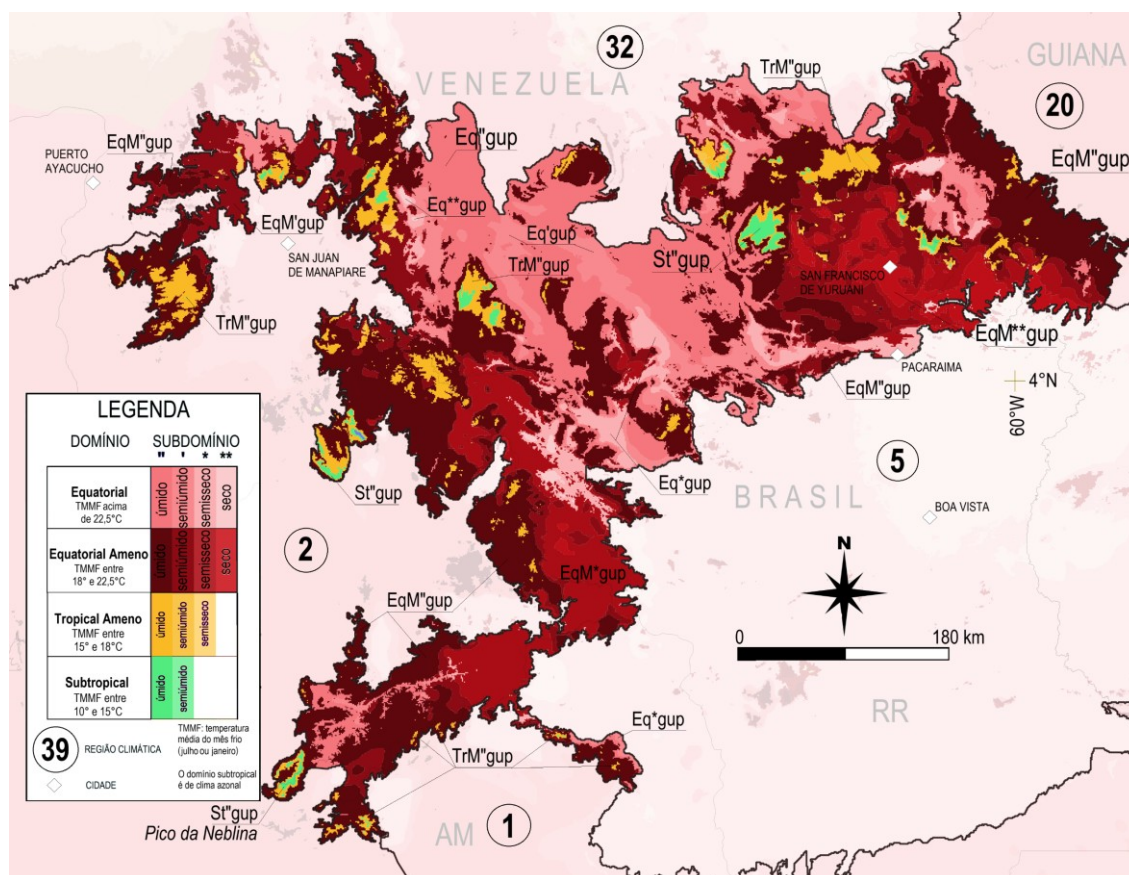
Região Climática do Planalto das Guianas (gup)

A Região Climática do Planalto das Guianas abrange áreas elevadas do norte da América do Sul, estendendo-se por porções da Venezuela, Brasil (norte de Roraima e noroeste do Amazonas) e da Guiana (Figura 77). Com altitude média de 875 metros e uma extensão de mais de 218 mil km², trata-se de uma região de notável heterogeneidade geográfica, marcada por relevos dissecados e tabulares, os famosos “Tepuis”, que compõem uma das paisagens mais icônicas do continente sul-americano. Entre os destaques estão o Monte Roraima, a Serra do Imeri (que abriga o ponto culminante do Brasil – Pico da Neblina) e o espetacular Salto Ángel, a mais alta cachoeira do mundo. Além disso, essa região abriga parte do território do povo lanomami, que vive entre o Brasil e a Venezuela, sobretudo em áreas de floresta densa e de difícil acesso.

O relevo acidentado, formado por serras, platôs e escarpas, influencia diretamente o comportamento atmosférico local. As bacias hidrográficas do Negro, Branco e Orinoco drenam a região, reforçando a importância hidrológica do planalto como divisor de águas entre as vertentes amazônica e caribenha. A vegetação predominante é composta por florestas tropicais úmidas, intercaladas por manchas de cerrado e campos de altitude. Essa diversidade natural favorece uma rica biodiversidade e configura um dos ecossistemas mais preservados do continente.

Do ponto de vista climático, a atuação da ZCIT garante elevadas precipitações anuais (em média, 2.920 mm) e temperaturas amenas para a latitude equatorial, com média anual de 21,1 °C. O mês mais frio é julho, com média de 20,3 °C. A ETp (1.463 mm) é inferior à precipitação, gerando balanço hídrico positivo na maior parte do ano (Quadro 77).

Figura 77 – Região Climática do Planalto das Guianas.



Regiões Climáticas adjacentes: 1) Amazônica Central; 2) Amazônica Ocidental; 5) Amazônica Setentrional; 20) Litorânea das Guianas; 32) dos Llanos.

Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth, QGis – Pritzen.

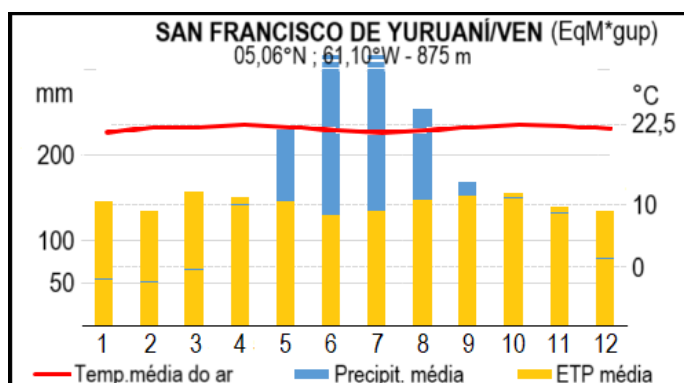
Quadro 77 – Aspectos geográficos da Região do Planalto das Guianas.

Área da Região Climática (km ²)	218.767
Altitude média (m)	875
Bacias hidrográficas	Negro, Branco, Orinoco
Vegetação natural predominante	Floresta tropical (amazônica) e cerrado
Principais cidades	Pacaraima, Uiramutã (BRA), Santa Elena de Uairén (VEN)
Temperatura média anual (°C)	21,1
Temperatura média do mês mais frio – jul (°C)	20,3
Precipitação média anual (mm)	2.920
Evapotranspiração potencial (mm)	1.463
Principais sistemas atmosféricos atuantes	ZCIT

Fonte: Cavalcanti *et al.* (2009), CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth, IBGE (2025), Reboita *et al.* (2010) e Ross (2019).

No climograma de San Francisco de Yuruani (VEN), pertencente ao clima Equatorial Ameno Semisseco (EqM*gup), observa-se um padrão típico, com chuvas intensas entre maio e agosto, superando amplamente a ETp nesses meses, e um período seco de dezembro a março, quando a ETp ultrapassa a precipitação. A temperatura permanece estável ao longo do ano, com variação térmica inferior a 2 °C, refletindo a influência da altitude e da proximidade do Equador (Figura 78).

Figura 78 – Climograma de San Francisco de Yuruaní, Venezuela (EqM*gup).



Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth.

Quadro 78 – Tipologia e parâmetros climáticos da Região do Planalto das Guianas.

Código Climático	Nome (5ª hierarquia)	Climas Zonais / Azonais	TMMF (°C)	Precipitação Média Anual (mm)	ETp Média Anual (mm)	Meses secos (P<ETp)
Eq''gup	Equatorial úmido do planalto das Guianas	Tórrido	22,5 a 25,5	1.714 a 7.607	1.197 a 1.812	0 a 3
Eq'gup	Equatorial semiúmido do planalto das Guianas	Tórrido	22,5 a 25,4	1.614 a 4.089	1.182 a 1.941	4 a 5
Eq*gup	Equatorial semisseco do planalto das Guianas	Tórrido	22,5 a 25,1	1.477 a 2.463	1.390 a 1.915	6 a 7
Eq**gup	Equatorial seco do planalto das Guianas	Tórrido	22,5 a 24,2	1.159 a 2.096	1.454 a 1.965	8 a 9
EqM''gup	Equatorial Ameno úmido do planalto das Guianas	Quente	18,0 a 22,4	1.694 a 10.051	1.041 a 1.861	0 a 3
EqM'gup	Equatorial Ameno semiúmido do planalto das Guianas	Quente	18,0 a 22,4	1.604 a 5.139	1.091 a 1.900	4 a 5
EqM*gup	Equatorial Ameno semisseco do planalto das Guianas	Quente	18,0 a 22,4	1.317 a 1.930	1.340 a 2.789	6 a 7
EqM**gup	Equatorial Ameno seco do planalto das Guianas	Quente	18,3 a 22,4	1.037 a 2.052	1.409 a 2.240	8 a 9
TrM''gup	Tropical Ameno úmido do planalto das Guianas	Quente	15,0 a 17,9	1.851 a 10.117	1.019 a 1.648	0 a 3
TrM'gup	Tropical Ameno semiúmido do planalto das Guianas	Quente	15,0 a 17,9	1.924 a 4.760	1.074 a 1.726	4 a 5
TrM*gup	Tropical Ameno Semisseco do planalto das Guianas	Quente	15,0 a 17,9	1.818 a 2.108	1.349 a 1.740	6 a 7
St''gup	Subtropical úmido do planalto das Guianas	Azonal Moderado	10,1 a 14,9	2.201 a 9.852	991 a 1.486	0 a 3
St'gup	Subtropical semiúmido do planalto das Guianas	Azonal Moderado	11,8 a 14,9	2.268 a 4.327	1.088 a 1.519	4 a 5
Te''gup	Temperado úmido do planalto das Guianas	Azonal Moderado	8,7 a 9,9	4.104 a 4.478	1.023 a 1.166	0

Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth, QGIS – Pritzen.

A tipologia climática da região, conforme o Quadro 78, demonstra uma rica diversidade térmico-hídrica. Os Subdomínios dominantes são os Equatoriais Ameno Úmido e Semisseco (EqM^ggup, EqM^{*}gup), mas ocorrem também os Equatoriais Secos (Eq^{**}gup) e Tropicais Amenos Úmidos (TrM^ggup) em áreas elevadas, como os Tepuis. Em altitudes extremas, há ocorrência de Subdomínios Subtropicais Úmidos e Semiúmidos (St^ggup, St[']gup) e até mesmo um raro Temperado Úmido (Te^ggup) de natureza azonal, associado ao cume do Pico da Neblina.

Diante dessa complexidade ambiental e climática, o Planalto das Guianas configura-se como um importante refúgio ecológico, com valioso potencial para a conservação e o estudo de interações bioclimáticas. A presença dos lanomamis e a fragilidade de seus territórios exigem atenção especial frente aos crescentes impactos socioambientais na região.

40. PLANALTO MERIDIONAL DA BACIA DO RIO PARANÁ



Vista das cataratas no Parque Nacional del Iguazú. Puerto Iguazú-Misiones/Argentina (25°41'S , 54°27'W)
Paisagem de *Clima Tropical Ameno Úmido do Planalto Meridional da Bacia do Rio Paraná (TrM"prp)*.

Fonte: Giuliano Tostes Novais (jul/2013).

Região Climática do Planalto Meridional da Bacia do Rio Paraná (prp)

A Região do Planalto Meridional da Bacia do Rio Paraná abrange uma extensa área de mais de 525 mil km², desde o sudeste/sul do Brasil até o Paraguai e Argentina, situando-se em um contexto de transição entre os Domínios Tropicais e Subtropicais (Figura 79). Esta região corresponde a uma porção elevada da Bacia do Paraná, com altitude média de 350 metros, e inclui uma complexa rede de bacias hidrográficas (Paraná, Iguazu e Uruguai) que drenam amplas áreas do interior do território. A vegetação natural predominante combina florestas tropicais e subtropicais e trechos de Mata de Araucária, evidenciando uma expressiva variedade de paisagens.

Caracterizada por planaltos de rochas vulcânicas e sedimentares que acompanham a borda sudeste desta grande bacia hidrográfica, possui relevo suavemente ondulado que favorece a ocupação humana e as atividades agropecuárias. O setor norte da região, especialmente nos estados de São Paulo, Mato Grosso do Sul e Paraná, sobressai pela robusta produção agropecuária, com ênfase para a cana-de-açúcar, milho, soja e pecuária de corte e leiteira. Essa vocação agrícola se amplia com o dinamismo industrial e de serviços de cidades como Campinas, Londrina e Sorocaba. A cidade de São Paulo, maior metrópole do continente, exerce papel estratégico não apenas como centro financeiro e industrial, mas também como polo de difusão tecnológica, cultural e de infraestrutura para toda a América do Sul. Curitiba, por sua vez, é referência em urbanismo, planejamento e qualidade de vida, além de abrigar importantes parques industriais. Caxias do Sul, no Rio Grande do Sul,

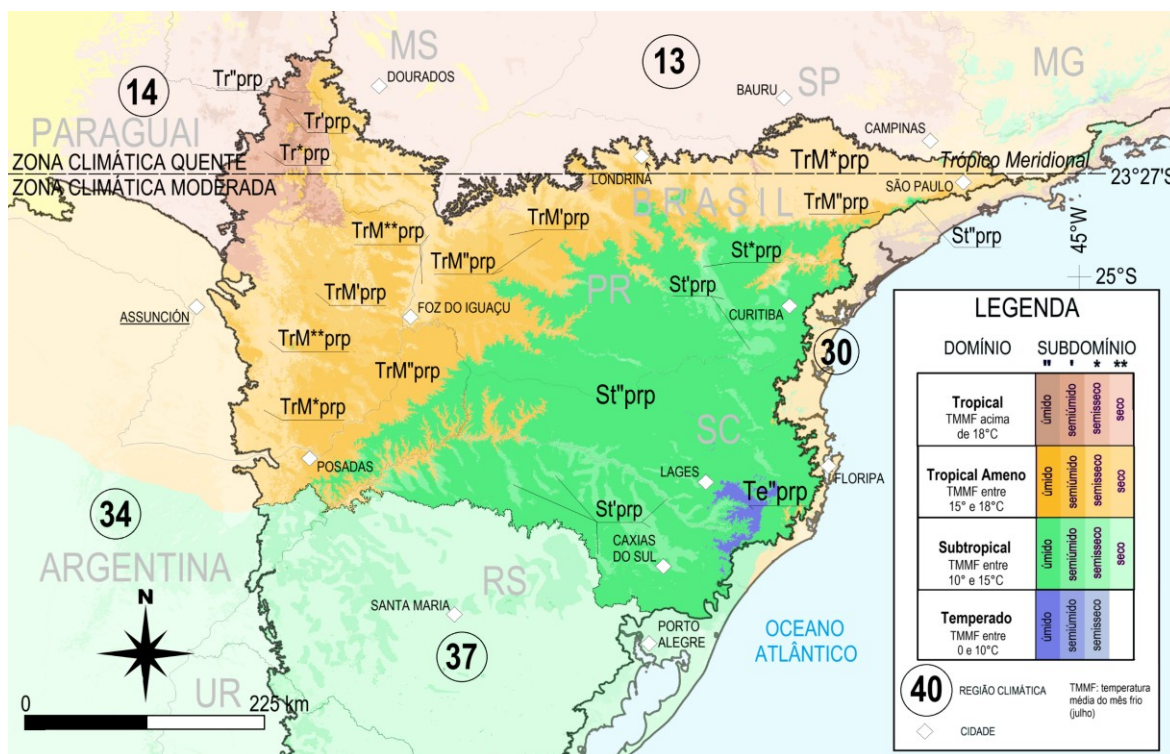
apresenta forte tradição metalmeccânica e vínculos com a agroindústria, atuando como centro polarizador da região serrana gaúcha.

A elevada pluviosidade, superior a 2.000 mm anuais, associada à vegetação de floresta estacional e à presença do rio Iguaçu, favorece a exuberância da paisagem das Cataratas do Iguaçu, um dos principais atrativos naturais da América do Sul. Com dois parques nacionais associados a esta maravilha da natureza, a área é declarada Patrimônio Natural da Humanidade pela UNESCO, abrigando remanescentes significativos da Mata Atlântica, além de ecossistemas ricos em biodiversidade.

No que se refere à climatologia (Quadro 79), a região apresenta temperaturas médias anuais ao redor de 18,9 °C, com médias mensais mínimas em julho de 13,4 °C. A precipitação média anual gira em torno de 1.652 mm, bem distribuída ao longo do ano, embora com variações locais que se refletem nos subdomínios climáticos. A ETp anual, de 1.450 mm, denota certo equilíbrio hídrico, especialmente nas áreas de clima mais úmido. Os principais sistemas atmosféricos que atuam na região são a ZCAS, a ASAS e a atuação frequente de frentes frias associadas à APA e sistemas convectivos da Alta da Bolívia, principalmente no verão.

Nas áreas de maior altitude da Serra Gaúcha e da Serra Catarinense, são registrados episódios de precipitação de neve durante os meses de inverno, sobretudo em localidades situadas acima de 1.000 metros de altitude, como São Joaquim e Urupema (SC) e Cambará do Sul (RS). Essas ocorrências estão associadas à atuação de massas de ar polar de forte intensidade, que, ao encontrarem ar úmido e temperaturas próximas ou abaixo de 0 °C, favorecem a formação de neve, geadas e outros fenômenos hibernais. Tais episódios, embora de curta duração, marcam a climatologia regional e contribuem para a singularidade dos Subdomínios Subtropicais e Temperados Úmidos (St^uprp e Te^uprp) da Região Sul do Brasil.

Figura 79 – Região Climática do Planalto Meridional da Bacia do Rio Paraná.



Regiões Climáticas adjacentes: 13) Centro-Sul do Brasil; 14) Chaco; 30) Litorânea Sul do Brasil; 34) Mesopotâmia Platina; 37) dos Pampas Gaúchos.

Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth, QGis – Pritzen.

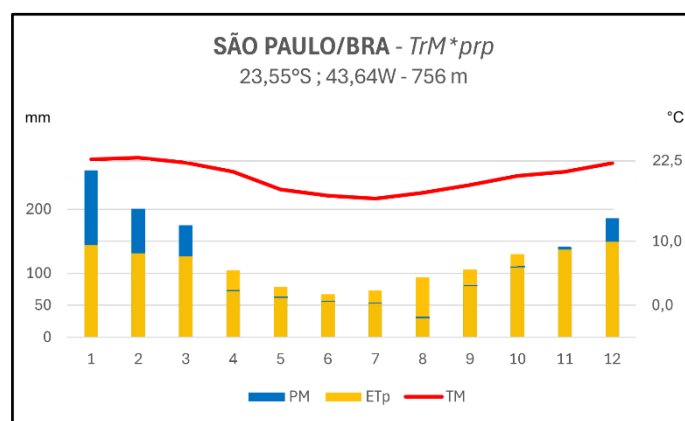
Quadro 79 – Aspectos geográficos da Região do Planalto Meridional da Bacia do Rio Paraná.

Área da Região Climática (km ²)	525.635
Altitude média (m)	680
Bacias hidrográficas	Paraná, Iguaçu, Uruguai, Jacuí
Vegetação natural predominante	Floresta tropical, pradaria, floresta de araucária
Principais cidades	São Paulo, Curitiba, Sorocaba, Londrina, Caxias do Sul (BRA)
Temperatura média anual (°C)	19,5
Temperatura média do mês mais frio – jul (°C)	14,7
Precipitação média anual (mm)	1.867
Evapotranspiração potencial (mm)	1.432
Principais sistemas atmosféricos atuantes	APA, ASAS, ZCAS

Fonte: Cavalcanti *et al.* (2009), CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth, IBGE (2025), Reboita *et al.* (2010) e Ross (2019).

A Figura 80 mostra o climograma da cidade de São Paulo (utilizando dados climáticos obtidos por reanálise na área central), que revela um clima Tropical Ameno Semisseco, com temperatura média do ar próxima de 19 °C ao longo do ano e leve redução térmica nos meses de inverno, em especial entre junho e julho. A linha do Trópico de Capricórnio passa ao norte da capital, que apresenta uma temperatura média abaixo de 21°C, e queda no inverno abaixo de 17°C, em média, indicando a presença de massas de ar frio intercaladas à atuação dos sistemas tropicais. A precipitação média mensal é superior à evapotranspiração durante o verão (dezembro a março), garantindo excedente hídrico nesse período. No entanto, entre abril e setembro, a precipitação é sistematicamente inferior à ETp, especialmente em junho, julho e agosto, caracterizando a estação seca e confirmando o regime de chuvas concentradas no verão. Esse padrão reforça a transição entre os domínios tropicais do centro do Brasil e os domínios subtropicais do sul do continente.

Figura 80 – Climograma de São Paulo, Brasil (TrM*prp).



Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth.

De acordo com a Classificação Climática de Novais (Quadro 80), a diversidade de tipos climáticos é notável nesta região. O Domínio predominante é o Subtropical, de Subdomínio Úmido (St^uprp), mas também se destacam os Subdomínios Semiúmido (St^sprp), Semisseco (St^{ss}prp) e Seco (St^{ss}prp), além dos Domínios Tropicais, especialmente ao norte, como Tr^uprp, Tr^sprp e TrM^uprp. As áreas mais elevadas das serras e planaltos, como na porção catarinense e norte gaúcha, são ocupadas por Domínios Subtropicais e Temperados, como o Te^uprp, com temperaturas médias do mês mais frio

entre 7,3 °C e 9,9 °C, e altos volumes de precipitação, superando os 3.000 mm em certas localidades serranas. Engloba subdomínios mais úmidos, sendo influenciada por massas polares que avançam com frequência pela região, causando redução nas temperaturas do ar e precipitação nival no inverno (nas serras gaúcha e catarinense).

Quadro 80 – Tipologia e parâmetros climáticos da Região do Planalto Meridional da Bacia do Rio Paraná.

Código Climático	Nome (5ª hierarquia)	Clima Zonal	TMMF (°C)	Precipitação Média Anual (mm)	ETp Média Anual (mm)	Meses secos (P<ETp)
Tr''prp	Tropical úmido do planalto meridional da bacia do rio Paraná	Quente	18,0 a 19,2	1.691 a 2.254	1.428 a 1.892	1 a 3
Tr'prp	Tropical semiúmido do planalto meridional da bacia do rio Paraná	Quente	18,0 a 19,8	1.468 a 2.033	1.421 a 1.941	4 a 5
Tr*prp	Tropical semisseco do planalto meridional da bacia do rio Paraná	Quente	18,0 a 19,8	1.349 a 1.916	1.383 a 2.057	6 a 7
Tr**prp	Tropical seco do planalto meridional da bacia do rio Paraná	Quente	18,0 a 19,6	1.234 a 1.743	1.399 a 1.957	8 a 11
TrM''prp	Tropical Ameno úmido do planalto meridional da bacia do rio Paraná	Quente	15,0 a 17,9	1.415 a 3.085	949 a 1.897	0 a 3
TrM'prp	Tropical Ameno semiúmido do planalto meridional da bacia do rio Paraná	Quente	15,0 a 17,9	1.240 a 2.130	1.166 a 1.960	4 a 5
TrM*prp	Tropical Ameno semisseco do planalto meridional da bacia do rio Paraná	Quente	15,0 a 17,9	1.230 a 1.992	1.219 a 1.997	6 a 7
TrM**prp	Tropical seco do planalto meridional da bacia do rio Paraná	Quente	15,0 a 17,9	1.150 a 1.858	1.275 a 2.055	8 a 11
St''prp	Subtropical úmido do planalto meridional da bacia do rio Paraná	Moderado	10,0 a 14,9	1.330 a 3.456	905 a 1.806	0 a 3
St'prp	Subtropical semiúmido do planalto meridional da bacia do rio Paraná	Moderado	10,0 a 14,9	1.183 a 2.204	1.112 a 1.786	4 a 5
St*prp	Subtropical semisseco do planalto meridional da bacia do rio Paraná	Moderado	10,0 a 14,9	1.127 a 1.956	1.163 a 1.792	6 a 7
St**prp	Subtropical seco do planalto meridional da bacia do rio Paraná	Moderado	10,0 a 14,9	1.172 a 1.764	1.400 a 1.829	8 a 11
Te''prp	Temperado úmido do planalto meridional da bacia do rio Paraná	Moderado	7,3 a 9,9	1.371 a 3.308	1.023 a 1.437	0 a 3

Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth, QGis – Pritzen.

A diversidade econômica do Planalto Meridional da Bacia do Rio Paraná acompanha a complexidade climática da região. A coexistência de diferentes domínios térmicos e regimes hídricos permite uma ampla gama de atividades econômicas, desde a produção intensiva de grãos, horticultura e vitivinicultura, até indústrias de base, centros tecnológicos e um setor de serviços altamente desenvolvido. Essa multiplicidade transforma a região em uma das mais estratégicas para o Brasil e para a América do Sul como um todo.

41. TERRA DO FOGO



Trilha para laguna Esmeralda. Ushuaia-Terra do Fogo / Argentina
Paisagem de *Clima Temperado Frio Semiúmido da Terra do Fogo (TeC'tfg)*.

(54°42'S , 68°08'W)

Fonte: Giuliano Tostes Novais (dez/2024).

Região Climática da Terra do Fogo (tfg)

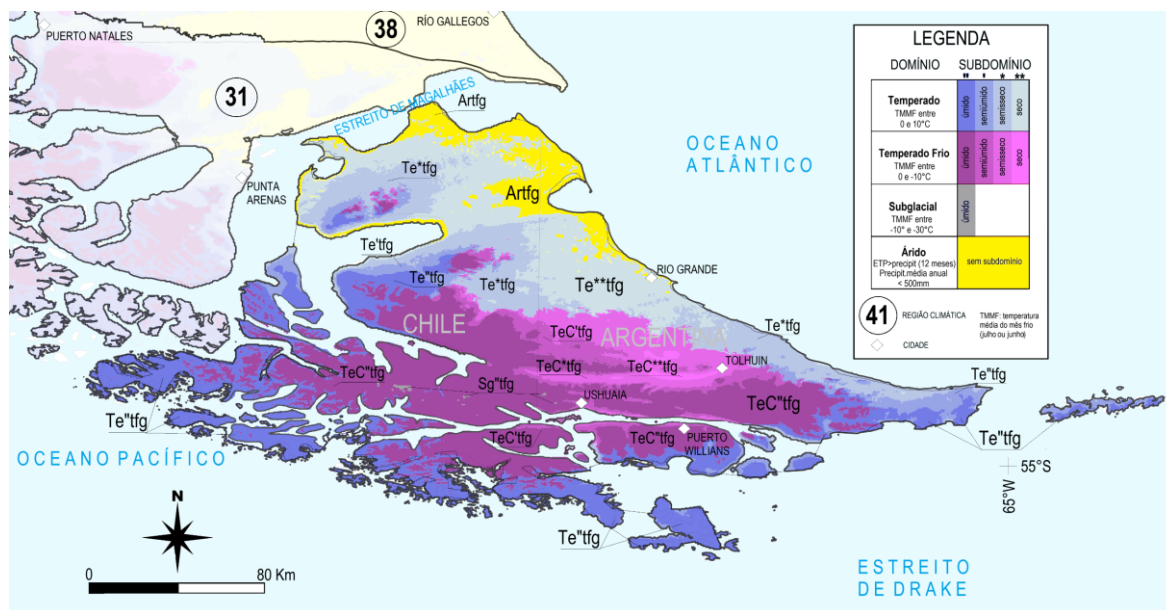
A Região Climática da Terra do Fogo representa o extremo austral do continente sul-americano, estendendo-se por ilhas e arquipélagos sob soberania da Argentina e do Chile. Com área de aproximadamente 67 mil km² e altitude média de 265 metros, a região está situada integralmente na Zona Climática Fria do Hemisfério Sul. Seu relevo é caracterizado por montanhas litorâneas, vales glaciares e costas recortadas por fiordes e canais, onde se destacam as bacias hidrográficas do rio Grande e pequenos cursos de águas andinas. A Cordilheira dos Andes se estende pela faixa ocidental em direção norte-sul por toda a Patagônia continental e atravessa o sul da Terra do Fogo com sentido oeste-leste. Essa mudança de orientação está relacionada à migração da placa de Scotia para o leste, processo que, para Álvarez *et al.* (2022), permanece ativo.

A vegetação natural predominante é formada por estepes subantárticas, tundras e remanescentes de florestas temperadas decíduas, compostas por espécies como a lenga e o ñire. Na porção centro-sul da Terra do Fogo, devido à orientação oeste-leste da Cordilheira Fueguina, a floresta se estende até a costa atlântica e à Ilha dos Estados. Nas áreas mais baixas da cordilheira, principalmente nos vales e nas depressões de origem glacial, desenvolvem-se pastagens úmidas e turfeiras, dependendo da temperatura e da disponibilidade de umidade (Mataloni, 2017; Mazzoni, 2017). A porção sul da ilha abriga o Parque Nacional da Tierra del Fuego, com paisagens marcadas por florestas subantárticas, lagos glaciares e áreas de tundra. O canal de Beagle, ao sul, e o estreito de Magalhães, ao norte,

desempenham papel fundamental na modulação climática local, funcionando como corredores de entrada de ventos úmidos oceânicos e frentes frias vindas do Pacífico e do Atlântico Sul.

A atuação combinada da Alta Polar Atlântica (APA) e da Alta Polar do Pacífico (APP) configura o quadro atmosférico típico da região, marcado por ventos constantes, nebulosidade frequente e frentes frias ao longo de todo o ano. A presença do mar e a latitude elevada dificultam a continentalização térmica, impedindo o congelamento completo dos corpos d'água e promovendo elevada estabilidade climática. A combinação entre baixa insolação, curta duração dos dias e incursões de ar polar explica os valores reduzidos de temperatura e evapotranspiração.

Figura 81 – Região Climática da Terra do Fogo.



Regiões Climáticas adjacentes: 31) Litorânea Sul do Chile; 38) Patagônica.

Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth, QGIS – Pritzen.

Conforme o Quadro 81, a influência oceânica, sobretudo do Pacífico Sul e do Atlântico Sul, suaviza os extremos térmicos, mantendo temperaturas médias anuais baixas, em torno de 7 °C, com temperatura média do mês mais frio inferior a 2 °C, o que confirma o Domínio Climático Temperado Frio. A precipitação média anual é de 2.151 mm, sendo superior à ETp (645 mm), o que define uma condição de umidade relativamente elevada.

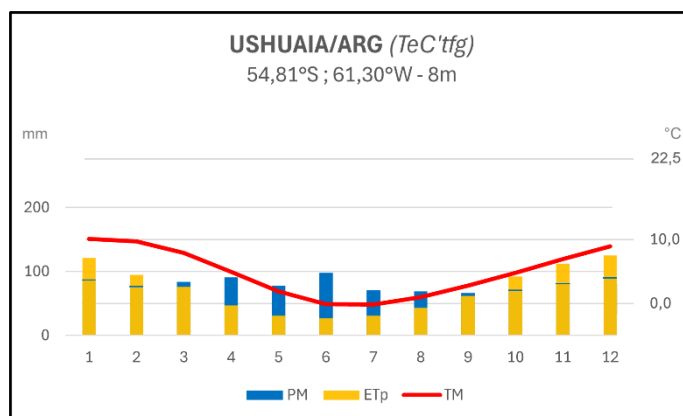
Quadro 81 – Aspectos geográficos da Região Climática da Terra do Fogo.

Área da Região Climática (km ²)	67.716
Altitude média (m)	265
Bacias hidrográficas	Rio Grande
Vegetação natural predominante	Estepes e floresta temperada
Principais cidades	Ushuaia, Rio Grande e Tolhuin (ARG)
Temperatura média anual (°C)	7,1
Temperatura média do mês mais frio – jul (°C)	1,5
Precipitação média anual (mm)	2.151
Evapotranspiração potencial (mm)	645
Principais sistemas atmosféricos atuantes	APP, APA

Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth, Reboita *et al.* (2010) e Ross (2019).

Conforme se observa no climograma de Ushuaia (Figura 82), cidade situada na unidade climática TeC'tfg (Temperado Frio Semiúmido), há predomínio de baixas temperaturas durante todo o ano, com menor amplitude térmica entre os meses de verão e inverno. Os valores mensais de precipitação e ETp são baixos e relativamente bem distribuídos, com leve concentração no inverno. A condição de umidade relativa elevada e baixa evapotranspiração potencial caracteriza um clima oceânico frio, responsável pela presença de formações florestais no sul da Ilha Grande e nos setores mais úmidos das ilhas menores.

Figura 82 – Climograma de Ushuaia, Argentina.



Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth.

O Quadro 82 revela a complexidade tipológica da Terra do Fogo: predominam os Domínios Temperados Frios, como o TeC'tfg e o TeC*tf, com TMMF sempre abaixo de zero e chuvas entre 400 e 1.100 mm. As áreas mais úmidas e elevadas, sobretudo nas porções sudeste da Ilha Grande e em ilhas vizinhas, abrigam o subdomínio TeC''tf, com valores de precipitação superiores a 5.000 mm/ano. As áreas mais secas e expostas ao efeito de sombra de chuva localizam-se ao norte da região, onde se manifesta o Domínio Árido (de Clima Zonal Frio), com ETp acima de 1.000 mm e pluviosidade inferior a 500 mm. Já as zonas mais elevadas e permanentemente frias apresentam o Domínio Subglacial (Sg''tf), com TMMF inferior a - 8 °C, precipitações elevadas e ETp muito baixa, associada à presença de neve permanente.

Em síntese, a Terra do Fogo é uma região de condições climáticas extremas, moldadas pela alta latitude, pela proximidade oceânica e pela atuação constante de sistemas polares. Sua variabilidade climática, expressa em domínios temperados, temperados frios e subglaciais, confere-lhe elevada singularidade ambiental e importância ecológica global, além de representar a unidade climática mais austral da América do Sul sob a CCN.

Quadro 82 – Tipologia e parâmetros climáticos da região da Terra do Fogo.

Código Climático	Nome (5ª hierarquia)	Clima Zonal	TMMF (°C)	Precipitação Média Anual (mm)	ETp Média Anual (mm)	Meses secos (P<ETp)
Te''tfg	Temperado úmido da Terra do Fogo	Moderado	0,0 a 4,4	716 a 4.412	442 a 963	0 a 3
Te'tfg	Temperado semiúmido da Terra do Fogo	Moderado	0,0 a 3,9	542 a 1.254	579 a 948	4 a 5
Te*tfg	Temperado semisseco da Terra do Fogo	Moderado	0,4 a 3,7	328 a 905	609 a 971	6 a 7
Te**tfg	Temperado seco da Terra do Fogo	Moderado	0,8 a 3,8	278 a 691	662 a 1.007	8 a 11
TeC''tfg	Temperado Frio úmido da Terra do Fogo	Frio	-9,9 a -0,0	725 a 5.659	361 a 902	0 a 3
TeC'tfg	Temperado Frio semiúmido da Terra do Fogo	Frio	-2,7 a -0,0	581 a 1.122	527 a 936	4 a 5
TeC*tfg	Temperado Frio semisseco da Terra do Fogo	Frio	-1,2 a -0,0	478 a 851	560 a 947	6 a 7
TeC**tfg	Temperado Frio seco da Terra do Fogo	Frio	-1,1 a -0,0	396 a 598	684 a 924	8 a 11
Sg''tfg	Subglacial úmido da Terra do Fogo	Frio	-12,2 a -8,0	2.928 a 5.568	384 a 502	0
Artfg	Árido da Terra do Fogo	Moderado	1,5 a 3,8	262 a 477	742 a 1.090	12

Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth, QGis – Pritzen.

42. TUMUCUMAQUE



Estudos científicos no Parque Nacional das Montanhas do Tumucumaque. Amapá/Brasil
Paisagem de *Clima Equatorial Semiúmido do Tumucumaque* (Eq'tum).

(01°58'N , 52°55'W)

Fonte: Christoph Bernard Jaster - ICMBIO (set/2019).

Região Climática do Tumucumaque (tum)

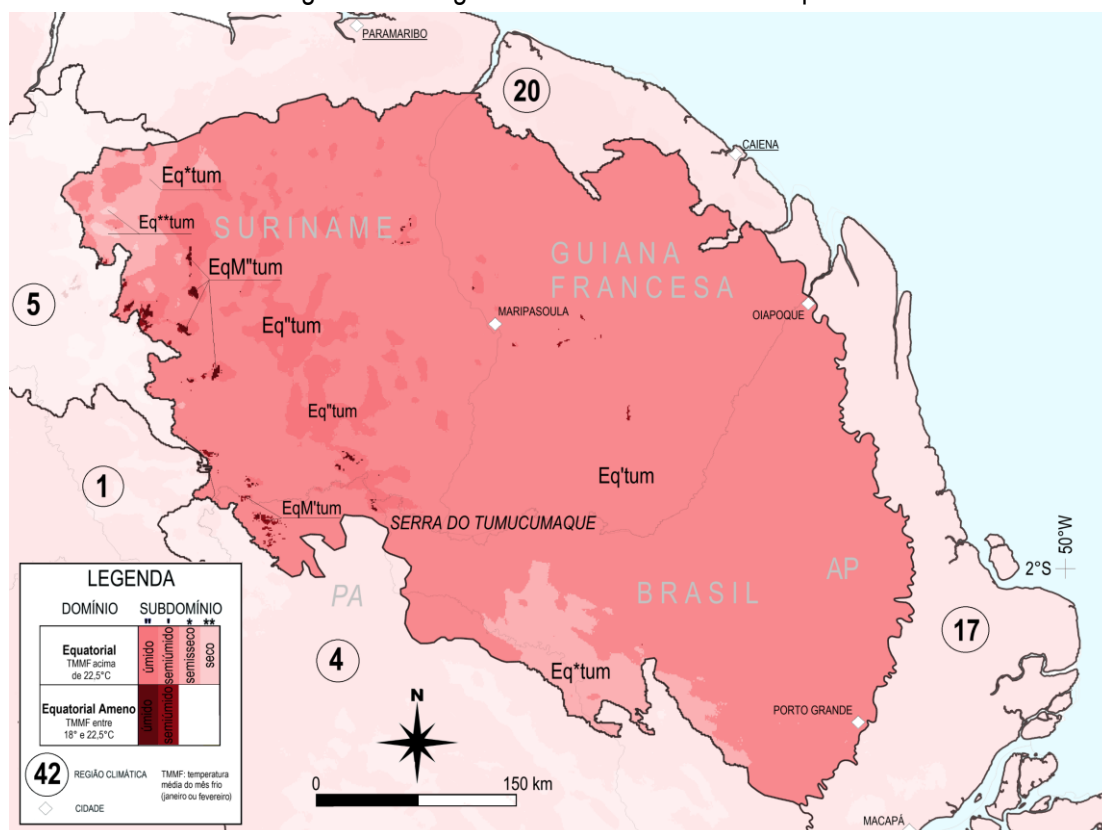
A Região Climática do Tumucumaque (código tum), situada no extremo norte da América do Sul, abrange porções do estado do Amapá (Brasil), da Guiana Francesa e do Suriname (Figura 83), englobando áreas de floresta tropical pouco antropizadas e com relevo suavemente ondulado. A região está inserida em uma zona de planaltos e depressões residuais da antiga estrutura geológica das Guianas, com destaque para a Serra do Tumucumaque, que atua como divisor natural entre as bacias hidrográficas do Jari, Maroni, Oiapoque e Araguari. A altitude média da região é de 223 metros, e a vegetação predominante é a Floresta Amazônica densa e úmida, com alguns trechos de floresta aberta e formações de transição nos interflúvios.

Essa condição geográfica limita significativamente a presença de atividades humanas, o que preserva seus ecossistemas em estado quase intacto. Por isso, a área oferece oportunidades excepcionais para a implementação de estratégias de conservação e de desenvolvimento sustentável, sem a necessidade de ações voltadas à restauração ou recuperação de áreas degradadas. Além disso, abriga um vasto potencial de recursos naturais com interesse econômico, que podem ser explorados de forma responsável e equilibrada.

A região é particularmente relevante do ponto de vista ambiental, pois abriga o Parque Nacional Montanhas do Tumucumaque, uma das maiores áreas de conservação tropical contínuas do mundo. Sua baixa densidade populacional contrasta com a presença de cidades pequenas e estratégicas, como Oiapoque, Porto Grande e Maripasoula, esta última na Guiana Francesa. Trata-se de uma área de difícil acesso, mas de destacada importância geopolítica e ambiental, especialmente pelas fronteiras internacionais e pela riqueza em biodiversidade endêmica.

Sob influência predominante da ZCIT, a dinâmica atmosférica da região está associada ao deslocamento sazonal dessa faixa de instabilidade convectiva, responsável por elevados índices pluviométricos. A média anual de precipitação na região atinge 2.276 mm, enquanto a ETp situa-se em torno de 1.577 mm, o que revela um superávit hídrico constante na maior parte do território. As temperaturas médias anuais mantêm-se elevadas, em torno de 25,5 °C, e a temperatura média do mês mais frio, julho, é de 22,5 °C. Tais condições asseguram elevada umidade relativa e permitem a manutenção de ecossistemas perenemente verdes, com florestas ombrófilas bem desenvolvidas (Quadro 83).

Figura 83 – Região Climática do Tumucumaque.



Regiões Climáticas adjacentes: 1) Amazônica Central; 4) Amazônica Oriental; 5) Amazônica Setentrional; 17) Litorânea Amazônica; 20) Litorânea das Guianas.

Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth, QGis – Pritzen.

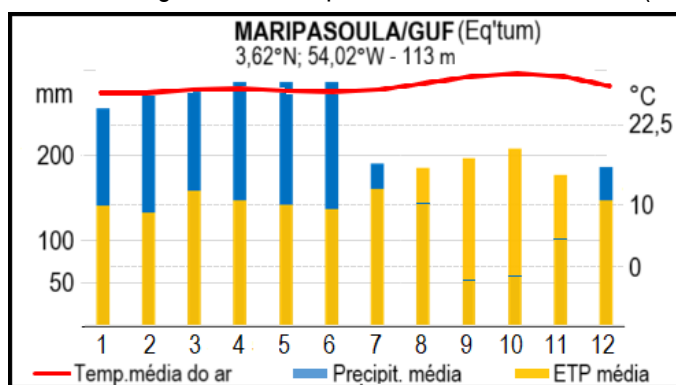
Quadro 83 – Aspectos geográficos da Região do Tumucumaque.

Área da Região Climática (km ²)	222.349
Altitude média (m)	223
Bacias hidrográficas	Jari, Maroni, Oiapoque, Araguari
Vegetação natural predominante	Floresta tropical (amazônica)
Principais cidades	Maripasoula (GFR), Oiapoque, Porto Grande (BRA)
Temperatura média anual (°C)	25,5
Temperatura média do mês mais frio – jul (°C)	22,5
Precipitação média anual (mm)	2.276
Evapotranspiração potencial (mm)	1.577
Principais sistemas atmosféricos atuantes	ZCIT

Fonte: Cavalcanti *et al.* (2009), CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth, IBGE (2025), Reboita *et al.* (2010) e Ross (2019).

O climograma de Maripasoula (Figura 84), na Guiana Francesa, revela um regime típico do Subdomínio Equatorial Semiúmido, inserido na Zona Climática Tórrida, com temperaturas elevadas e praticamente constantes ao longo do ano (em torno de 27 °C) e amplitude térmica inferior a 2 °C. A precipitação anual ultrapassa 2.500 mm, concentrando-se entre janeiro e junho, com máximos de março a maio, período de forte atuação da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT). Entre julho e dezembro, a migração da ZCIT para o hemisfério sul reduz as chuvas. A evapotranspiração potencial (ETp) mantém-se alta durante todo o ano, mas o balanço hídrico é amplamente positivo, com pequena deficiência hídrica apenas no final do período menos úmido. O clima quente e úmido favorece a manutenção da floresta tropical densa do bioma amazônico, típica da porção oriental do Maciço das Guianas, onde o relevo colinoso e as chuvas abundantes sustentam um dos ambientes mais estáveis e úmidos da América do Sul.

Figura 84 – Climograma de Maripasoula, Guiana Francesa (Eq'tum).



Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth.

A análise climática do Quadro 84 revela predominância do Domínio Equatorial, com grande presença de Subdomínios Úmidos (Eq"tum), Semiúmidos (Eq'tum) e Semissecos (Eq*tum), além de importantes áreas de Domínio Equatorial Ameno em função da altitude, especialmente nos compartimentos serranos como a própria Serra do Tumucumaque. Nessas áreas mais elevadas, verificam-se os subtipos EqM"tum, EqM'tum e EqM**tum, cuja temperatura média do mês mais frio oscila entre 19,5 °C e 22,4 °C. Mesmo os subtipos mais secos, como o Eq**tum e o EqM**tum, ainda registram elevados totais anuais de precipitação (entre 1.400 mm e 1.600 mm), o que garante o predomínio da floresta tropical sobre formas savânicas.

Quadro 84 – Tipologia e parâmetros climáticos da Região do Tumucumaque.

Código Climático	Nome (5ª hierarquia)	Clima Zonal	TMMF (°C)	Precipitação Média Anual (mm)	ETp Média Anual (mm)	Meses secos (P<ETp)
Eq"tum	Equatorial úmido do Tumucumaque	Tórrido	22,5 a 25,6	1.858 a 2.952	1.428 a 1.759	2 a 3
Eq'tum	Equatorial semiúmido do Tumucumaque	Tórrido	22,5 a 25,7	1.606 a 3.703	1.410 a 2.124	4 a 5
Eq*tum	Equatorial semiseco do Tumucumaque	Tórrido	22,6 a 25,7	1.495 a 2.138	1.476 a 1.896	6 a 7
Eq**tum	Equatorial seco do Tumucumaque	Tórrido	24,0 a 25,4	1.452 a 1.637	1.578 a 1.630	8
EqM"tum	Equatorial Ameno úmido do Tumucumaque	Quente	19,8 a 22,4	1.954 a 2.904	1.430 a 1.678	3
EqM'tum	Equatorial Ameno semiúmido do Tumucumaque	Quente	19,5 a 22,4	1.734 a 2.965	1.458 a 1.851	4 a 5
EqM**tum	Equatorial Ameno seco do Tumucumaque	Quente	21,6 a 22,3	1.406 a 1.592	1.528 a 1.595	8

Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth, QGis – Pritzen.

Em síntese, a Região Climática do Tumucumaque expressa uma das faces mais preservadas da Floresta Amazônica, marcada por climas equatoriais úmidos, baixa estação seca e ecossistemas resilientes. Sua importância ecológica se combina com a necessidade de conservação de territórios indígenas e de gestão das fronteiras amazônicas, o que a torna estratégica tanto no plano climático quanto político da América do Sul.

43. VALE DO RIO MAGDALENA



Vista do vale do rio Magdalena. Neiva-Huila / Colômbia

(02°55'N , 75°16'W)

Paisagem de *Clima Equatorial Seco do Vale do Rio Magdalena* (Eq**mag).

Fonte: Daniel Monteiro Huertas (dez/2016).

Região Climática do Vale do Rio Magdalena (mag)

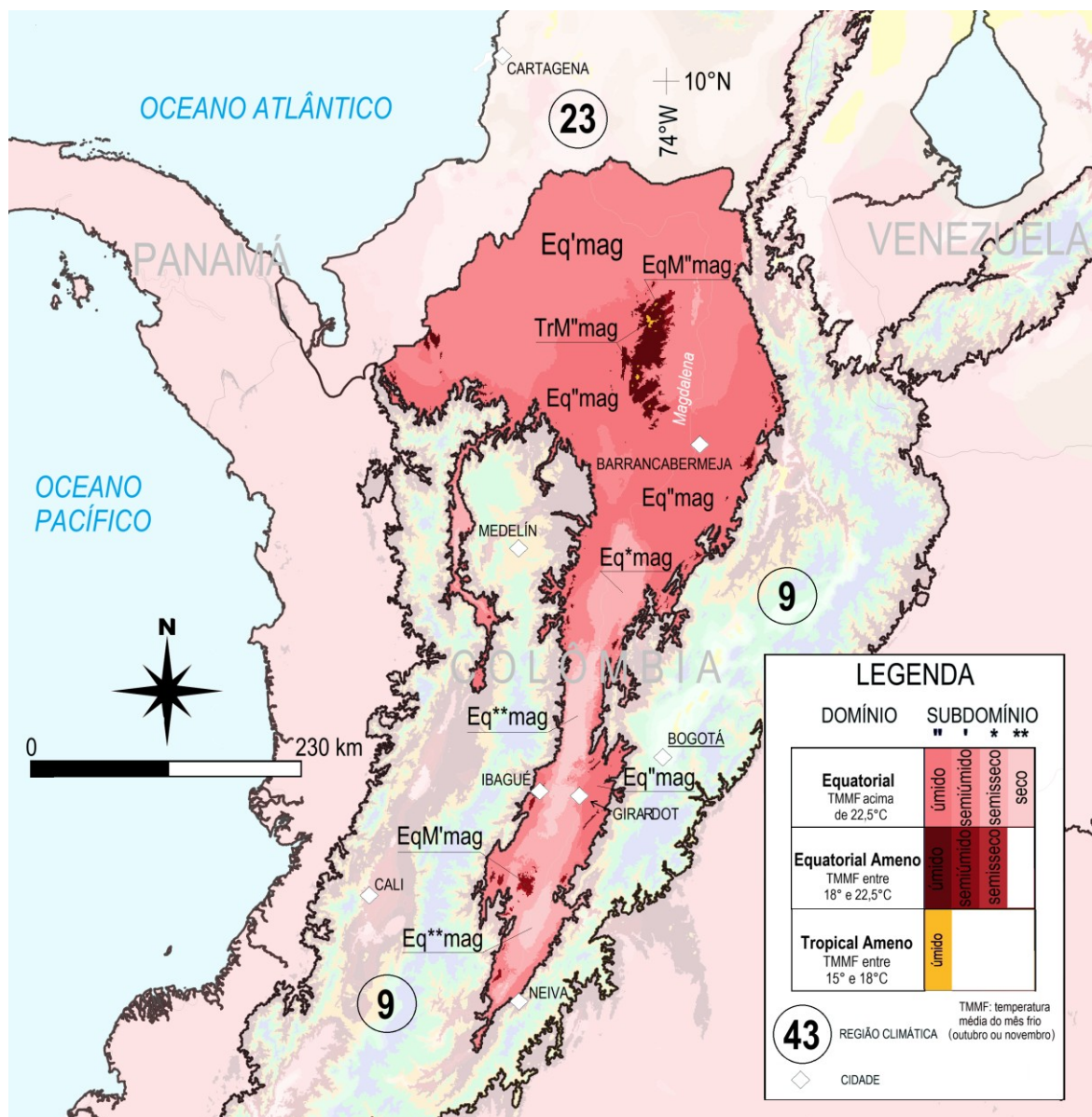
A Região Climática do Vale do Rio Magdalena (Figura 85) ocupa uma área de 108.261 km² na porção central da Colômbia, entre as Cordilheiras Oriental e Ocidental dos Andes. Essa configuração topográfica alongada e encaixada favorece processos atmosféricos singulares, como os ventos de montanha e vale, que intensificam os regimes de chuvas convectivas e orográficas. O relevo apresenta altitudes médias de 552 metros (Quadro 85), com grandes declividades nas bordas andinas e vales fluviais intercalados, caracterizando uma região de intensa erosão, transporte e deposição sedimentar, conforme detalhado por Ross (2019). Do ponto de vista biogeográfico, predominam as florestas tropicais, sobretudo nas porções mais úmidas e elevadas do vale, intercaladas por vegetações secundárias e por manchas de ocupação agrícola, especialmente voltadas ao cultivo do café.

A circulação atmosférica local é fortemente influenciada pela atuação da ZCIT, responsável pelas elevadas taxas de precipitação na maior parte do ano. Segundo Reboita *et al.* (2010), essa zona de convergência mantém condições de instabilidade convectiva sobre a Colômbia, associada à elevada umidade proveniente do Atlântico e ao aporte de calor tropical. Durante o dia, o ar aquecido no interior do vale ascende pelas encostas andinas, promovendo a formação de nuvens e precipitações concentradas no final da tarde, especialmente entre os meses de abril e novembro. À noite, correntes descendentes de ar frio provenientes das montanhas favorecem o resfriamento e a formação de nevoeiros matinais, intensificados nas porções mais baixas do vale.

A diversidade geomorfológica do vale, aliada à intensificação das práticas agrícolas e à degradação ambiental, tem resultado em elevados índices de erosão, afetando áreas alagadas e zonas úmidas, como alertado por Jiménez-Segura (2020). O avanço do desmatamento e das áreas urbanizadas compromete a biota local e a estabilidade dos ecossistemas ripários, em especial nas margens do rio Magdalena. Essa degradação ambiental é acompanhada da perda de capacidade de retenção hídrica e do assoreamento de zonas pantanosas.

As condições climáticas dessa região favorecem o cultivo de uma variedade de produtos tropicais, com destaque para a tradicional produção de café colombiano, cuja reputação internacional é atribuída à combinação de temperatura amena, altitude ideal e chuvas distribuídas durante grande parte do ano. Regiões como Ibagué, Girardot e Bucaramanga integram o “eixo cafeeiro” da Colômbia, sendo responsáveis por expressiva participação na economia nacional. Além da cafeicultura, a agricultura intensiva, a pecuária e o turismo ecológico são outras importantes atividades econômicas da região.

Figura 85 – Região Climática do Vale do Rio Magdalena.



Regiões Climáticas adjacentes: 9) Andes Setentrionais; 23) Litorânea do Norte da Colômbia (Caribe Colombiano).

Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth, QGIS – Pritzen.

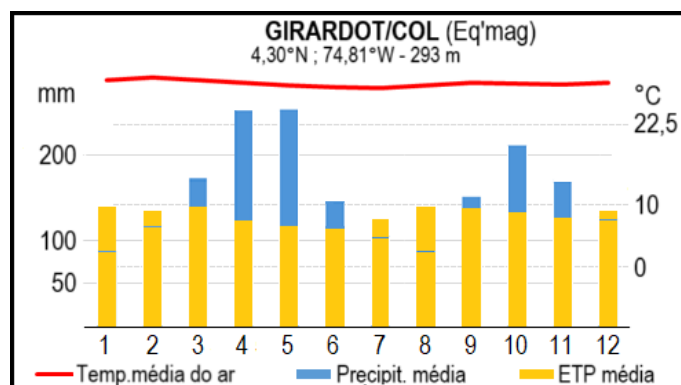
Quadro 85 – Aspectos geográficos da Região do Vale do Rio Magdalena.

Área da Região Climática (km ²)	108.261
Altitude média (m)	552
Bacias hidrográficas	Magdalena
Vegetação natural predominante	Floresta tropical
Principais cidades	Ibagué, Bucaramanga, Neiva, Girardot (COL)
Temperatura média anual (°C)	25,7
Temperatura média do mês mais frio – jul (°C)	25
Precipitação média anual (mm)	2.679
Evapotranspiração potencial (mm)	1.630
Principais sistemas atmosféricos atuantes	ZCIT

Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth, Reboita *et al.* (2010) e Ross (2019).

O climograma de Girardot (Figura 86), cidade situada no centro do vale do rio Magdalena, ilustra com clareza o regime climático equatorial semiúmido predominante na região. As temperaturas médias do ar mantêm-se estáveis ao longo do ano, com variação discreta em torno dos 25 °C, refletindo a baixa amplitude térmica típica das baixas latitudes. A precipitação média mensal evidencia um padrão bimodal, com dois picos bem definidos nos meses de abril-maio e outubro-novembro, e uma redução nos meses centrais do ano (junho a setembro), quando a evapotranspiração potencial supera ligeiramente a precipitação. Mesmo nos meses mais secos, no entanto, a pluviosidade não é nula, mantendo condições favoráveis à vegetação tropical. Esses dados corroboram o enquadramento climático como Eq'mag, com quatro a cinco meses secos por ano, altos índices de umidade relativa e temperatura persistentemente elevada.

Figura 86 – Climograma de Girardot, Colômbia (Eq'mag).



Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth.

O Quadro 86 revela a presença de oito tipos climáticos na região, todos dentro do Domínio Equatorial e suas variantes amenizadas pela altitude. Os Subdomínios mais úmidos, como o Eq'mag e o EqM'mag, registram médias pluviométricas superiores a 6.000 mm ao ano e nenhuma estação seca, o que reforça o predomínio da floresta equatorial. Em áreas mais secas e de menor altitude, destacam-se os tipos Eq*mag, Eq**mag e EqM*mag, com menor precipitação (entre 1.047 e 2.435 mm) e até 7 meses de deficiência hídrica. A presença do tipo TrM'mag, exclusivo das altitudes mais elevadas, traz um perfil térmico ameno, com médias mensais abaixo de 18 °C, e elevada umidade relativa, reforçando o padrão climático orográfico.

Quadro 86 – Tipologia e parâmetros climáticos da Região do Vale do Rio Magdalena.

Código Climático	Nome (5ª hierarquia)	Clima Zonal	TMMF (°C)	Precipitação Média Anual (mm)	ETp Média Anual (mm)	Meses secos (P<ETp)
Eq''mag	Equatorial úmido do vale do rio Magdalena	Tórrido	22,5 a 27,2	1.750 a 6.460	1.005 a 2.059	0 a 3
Eq'mag	Equatorial semiúmido do vale do rio Magdalena	Tórrido	22,5 a 27,5	1.358 a 3.932	1.217 a 2.233	4 a 5
Eq*mag	Equatorial semisseco do vale do rio Magdalena	Tórrido	22,5 a 27,9	1.274 a 2.435	1.318 a 2.281	6 a 7
Eq**mag	Equatorial seco do vale do rio Magdalena	Tórrido	22,5 a 27,9	1.047 a 1.983	1.422 a 2.391	8 a 11
EqM''mag	Equatorial Ameno úmido do vale do rio Magdalena	Quente	18,0 a 22,4	1.843 a 6.184	1.083 a 1.954	0 a 3
EqM'mag	Equatorial Ameno semiúmido do vale do rio Magdalena	Quente	19,0 a 22,4	1.753 a 3.369	1.202 a 2.178	4 a 5
EqM*mag	Equatorial Ameno semisseco do vale do rio Magdalena	Quente	19,7 a 22,4	1.538 a 2.210	1.202 a 2.178	6 a 7
TrM''mag	Tropical Ameno úmido do vale do rio Magdalena	Quente	15,0 a 17,9	3.721 a 5.078	1.088 a 1.355	1 a 2

Fonte: CHELSA (1989-2018), Dinamica EGO, Google Earth, QGis – Pritzen.

Em síntese, a Região da Bacia do Magdalena constitui uma área fortemente influenciada por fenômenos locais e pelo relevo andino. É marcada por contrastes entre áreas úmidas e subúmidas, destacando-se como um centro de biodiversidade e de produção agrícola intensiva. A dinâmica atmosférica peculiar e a exuberância da paisagem natural colocam esta região como um dos principais ambientes de transição entre os Andes e a Planície Amazônica no norte da América do Sul.

Considerações Finais

A análise das 43 Regiões Climáticas da América do Sul, conforme proposto na Classificação Climática de Novais, evidencia a complexidade, diversidade e coerência de um sistema hierárquico multiescalar que articula fatores astronômicos, geográficos e meteorológicos. As Regiões Climáticas, pertencentes à quinta hierarquia da metodologia, representam o nível mais integrado da classificação, consolidando a interação entre Zonas Climáticas (1ª hierarquia), Climas Zonais (2ª), Domínios Climáticos (3ª) e Subdomínios (4ª) em uma complexa interação entre fatores atmosféricos, geográficos e bioclimáticos que moldam o continente. Essas regiões expressam os padrões espaciais do clima sul-americano a partir de recortes regionais funcionalmente coesos, com base em dados de reanálise climática, mapeamento geográfico e interpretação ecossistêmica.

A primeira constatação relevante é a importância da variação latitudinal sobre os padrões térmicos. As regiões próximas ao Equador encontram-se sob domínio da Zona Climática Tórrida, com Domínios Equatoriais, Equatoriais Amenos e Tropicais e temperaturas médias elevadas (acima de 18°C no mês mais frio) e pequena amplitude térmica. Já nas latitudes médias do sul do continente aparecem os Domínios Subtropicais, Temperados, Temperados Frios e Subglaciais, com os Climas Zonais passando de Quentes para Moderados e Frios, marcados por invernos rigorosos, presença de geadas, regimes nivais e fortes contrastes sazonais. Assim, a incidência solar, variável conforme a inclinação do eixo da Terra e a posição latitudinal, representa o primeiro elemento estruturante da diferenciação climática.

A segunda grande força organizadora das regiões climáticas sul-americanas é o relevo. A Cordilheira dos Andes, a formação geológica mais imponente do continente, exerce papel fundamental na delimitação de regiões específicas, influenciando o regime térmico pela altitude (gerando Climas Azonais de montanha) e o regime hídrico, ao estabelecer barreiras orográficas que promovem chuvas de barlavento e secas a sotavento. Essa interação é particularmente evidente nas regiões do sul do Chile e da Patagônia, onde o contraste entre a vertente úmida do Pacífico e a face árida voltada para o Atlântico é um dos mais marcantes do planeta, como demonstrado por Alvarez *et al.* (2022).

A atuação dos sistemas atmosféricos é outro elemento essencial. A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), a Alta da Bolívia, o Jato de Baixos Níveis (JBN), a Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS), a Alta Subtropical do Pacífico Sul (ASPS) e as baixas pressões polares são responsáveis pela sazonalidade das chuvas, pela configuração dos domínios climáticos e pela variação do número de meses secos. As regiões equatoriais mais úmidas, como as amazônicas e parte das Guianas, sofrem forte influência da ZCIT, enquanto as regiões andinas e meridionais respondem à dinâmica das massas de ar frio de origem polar e dos ventos de oeste. Essa heterogeneidade explica a complexa rede de Domínios e Subdomínios Climáticos identificados por Novais e Machado (2023) que, por vezes, compartilham a mesma faixa térmica, mas diferem substancialmente quanto à dinâmica hídrica.

A precipitação, quando analisada em conjunto com a evapotranspiração potencial (ETp), permite a delimitação de Subdomínios Úmidos, Semiúmidos, Semissecos, Secos e Domínios Semiáridos e Áridos, sendo este último predominante nas regiões do Atacama e Patagônia, onde a escassez hídrica é crônica. Os meses secos, definidos como aqueles em que a precipitação média é inferior à ETp, tornam-se elemento de alta relevância para diferenciar os subdomínios e compreender a sazonalidade ecológica, agrícola e hidrológica em cada região. Nas regiões tropicais e equatoriais, por exemplo, há regiões com até 11 meses secos e outras sem estação seca.

Outro fator de destaque é a coerência entre os limites das regiões climáticas e as macroformas do relevo, bem como as paisagens naturais predominantes, o que valida o critério geomorfológico como estruturante na delimitação regional. Cada região climática foi desenhada a partir de uma leitura integrada entre os sistemas climáticos, a tipologia termo-pluviométrica, os dados quantitativos

(CHELSA), e a espacialização em ambiente SIG, respeitando a morfodinâmica e os ecossistemas nativos.

A associação com a vegetação é outro aspecto fundamental. A leitura da paisagem natural e dos biomas revela o quanto o clima influencia e é influenciado pelas coberturas vegetais. Regiões como o Chaco, o Cuyo, os Pampas Gaúchos, a Patagônia e os Andes apresentam formações vegetais singulares, desde xerófitas até florestas nubladas, passando por estepe, campo e savana, todas refletindo as nuances térmicas e hídricas do clima local.

Neste contexto, a Amazônia se destaca como a principal macrorregião climática da América do Sul, não apenas por sua extensão, mas por sua influência sobre a dinâmica atmosférica do continente. O “motor hídrico” amazônico, sustentado por uma vasta cobertura florestal e por intensos processos de evapotranspiração, contribui decisivamente para a formação e manutenção da ZCAS e da ZCIT, além de alimentar os “rios voadores” que abastecem o Centro-Oeste, o Sudeste e o Sul do Brasil. A tipologia climática das regiões amazônicas apresenta Subdomínios Úmidos a Semissecos, com variações relevantes entre o núcleo da floresta equatorial e suas bordas de transição para o cerrado, o chaco ou a cordilheira. A leitura regional do clima amazônico mostra que mesmo pequenas variações no número de meses secos geram consequências significativas sobre a biodiversidade, os tipos de cobertura vegetal e os regimes hidrológicos, reforçando a importância ecológica e climática dessa floresta.

Por fim, a Classificação Climática de Novais (CCN), ao propor uma regionalização com base em critérios físicos, ecológicos e atmosféricos integrados, proporciona uma leitura refinada das interações entre natureza e clima na América do Sul. As Regiões Climáticas aqui descritas são categorias técnicas com sínteses espaciais que explicam as dinâmicas de vida, de produção, de risco e de adaptação. Elas constituem, portanto, uma ferramenta fundamental para a compreensão ambiental, o planejamento territorial, a gestão de recursos naturais e a formulação de políticas públicas sustentáveis. O projeto classificatório, ao articular escalas e variáveis, contribui para a construção de uma geografia climática aplicada, crítica e profundamente vinculada às realidades sul-americanas.

Agradecimentos

A conclusão desta obra só foi possível graças ao apoio institucional e acadêmico de instituições comprometidas com o avanço do conhecimento geográfico e climático no Brasil.

Agradeço, em primeiro lugar, à Universidade Estadual de Goiás – UEG (Campus Nordeste/Sede Formosa), local da minha atuação docente e centro irradiador de importantes reflexões e investigações sobre a geografia do Cerrado e da América do Sul. O ambiente acadêmico estimulante e a estrutura institucional da UEG têm sido fundamentais para o desenvolvimento e amadurecimento deste projeto.

Estendo meu agradecimento ao Campus Cora Coralina da UEG, onde atuo como professor permanente do Programa de Pós-Graduação em Geografia, cuja produção crítica e científica tem contribuído significativamente para o debate sobre o clima, a paisagem e o território. A interlocução com colegas e discentes da pós-graduação foi essencial para o refinamento da metodologia adotada e para a consolidação da Classificação Climática de Novais.

Registro meu sincero reconhecimento ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo aporte financeiro que viabilizou a publicação desta obra, fortalecendo a difusão do conhecimento técnico e científico sobre a climatologia regional sul-americana. Sem esse apoio, a realização deste trabalho em sua plenitude não teria sido possível.

Agradeço de modo especial à geógrafa Dra. Lilian Aline Machado, por sua competência nos trabalhos de geoprocessamento, mapeamento climático e pela parceria científica constante em diversas etapas de desenvolvimento e aplicação da Classificação Climática de Novais. Sua colaboração foi decisiva para a consolidação técnica e cartográfica da metodologia apresentada neste livro. A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a construção deste projeto, meus mais profundos agradecimentos.

Referências

- AB'SABER, A. N. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.
- AB'SABER, A. N. Os domínios morfoclimáticos da América do Sul. **Geomorfologia**, n. 52, p. 1-22, 1977.
- ALVAREZ, M. V.; VILABOIA, J. R.; RIVERA, S. L. **Estudios del extremo austral del continente**. Una región, dos países: tensiones y lazos en clave comparada. 1. ed. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: Teseo, 2022. 530 p.
- BECK, H.; ZIMMERMANN, N.; MCVICAR, T. Mapas de classificação climática de Köppen-Geiger presentes e futuros com resolução de 1 km. **Sci Data** 5, p. 180-214. 2018. <https://doi.org/10.1038/sdata.2018.214>.
- BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). **Geociências: Informações Ambientais**. 2025. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-ambientais>. Acesso em: 13 nov. 2025.
- CABRERA, A. L.; WILLINK, A. Biogeografia de América Latina. **Monografia** n. 13. Washington: Organización de Estados Americanos, 1973. 120 p.
- CAVALCANTI, I. F. de A.; FERREIRA, N. J.; SILVA, M. G. A. J. de; DIAS, M. A. F. da S. **Tempo e clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.
- CENTRO DE SENSORIAMENTO REMOTO. **Dinamica EGO: versão 7.0**. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais, 2024. Disponível em: <https://csr.ufmg.br/dinamica/>. Acesso em: 1 dez. 2025.
- CORONATO, A. *et al.* **Patagonia: una síntesis de su geografía física**. 1. ed. Río Gallegos: Universidad Nacional de la Patagonia Austral, 2017.
- FISCH, G.; MARENGO, J. A.; NOBRE, C. A. Uma revisão geral sobre o clima da Amazônia. **Acta amazônica**, v. 28, n. 2, p. 101-101, 1998.
- FITTKAU, E. J. The fauna of South America. *In*: FITTKAU, E. J. *et al.* **Biogeography and Ecology in South America**. La Haya: Dr. W. Junk B. V. Publishers, p. 624-658, 1969.
- GOOGLE. Google Earth. 2025. Disponível em: <https://earth.google.com/web>. Acesso em: 1 out. 2025.
- KARGER, D. N.; CONRAD, O.; BÖHNER, J.; KAWOHL, T.; KREFT, H.; SORIA-AUZA, R. W.; ZIMMERMANN, N. E.; LINDER, H. P., KESSLER, M. **Climatologies at high resolution for the earth's land surface áreas** (CHELSA). Dryad Digital Repository, 2018.
- LEDESMA, N. R. Caracteres de la semiaridez en el Chaco Seco. **Anales de la Acad Nac de Agron y Vet**, n. 46, p. 21-32, 1992.
- LÓPEZ, J. G. B. **Atlas Climatológico del Ecuador**. (Monografia Engenharia Civil e Ambiental). Escuela Politecnica Nacional de Ecuador, 2010.
- MELATTI, J. C. **América do Sul – por que áreas etnográficas?** Brasília, DF: Universidade de Brasília, 2019. Disponível em: <http://www.juliomelatti.pro.br/areas/a1amersul.pdf>. Acesso em: 22 fev. 2025.
- MÉNDEZ, M.; VERGARA, G.; CASAGRANDE, G.; BONGIANINO, S. Clasificación climática de la región agrícola de la provincia de La Pampa, Argentina. **Semiárida**, n. 31, v. 2, p. 09-20. 2021.
- MINETTI, J. Saltos climáticos na quase-moção da América do Sul. **Breves Contribuições do Instituto de Estudos Geográficos**, n. 25, p. 36-57, 2014.

- MÜLLER, P. **The dispersal centres of terrestrial vertebrates in the Neotropical realm**: a study in the Evolution of the Neotropical biota and its native landscapes. Biogeographica. La Haya: Dr. W. Junk B. V. Publishers. v. 2, 1973. 244 p.
- NOVAIS, G. T. A Semiaridez do Pantanal Brasileiro: O Clima na Bacia Hidrográfica do Alto Rio Paraguai. *In*: VIII Workshop Internacional Sobre Planejamento e Desenvolvimento Sustentável em Bacias Hidrográficas. Goiânia. **Anais [...]** Goiânia: UFG, 2021. 180 p.
- NOVAIS, G. T. **Classificação climática aplicada ao Bioma Cerrado**. Tese (Doutorado em Geografia) Instituto de Geografia. Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, 2019. <https://dx.doi.org/10.14393/ufu.te.2019.2199>.
- NOVAIS, G. T. **Climas do Brasil**: classificação climática e aplicações. Porto Alegre: Total Books, 2023.
- NOVAIS, G. T.; MACHADO, L. A. Os climas do Brasil: segundo a classificação climática de Novais. **Revista Brasileira de Climatologia**, Dourados, v. 32, p. 1-39, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.55761/abclima.v32i19.16163>. Acesso em: 4 maio 2026.
- PENMAN, H. L.; MONTEITH, J. L. Natural evaporation from open water, bare soil and grass. **Proceeding Royal Society**, London, v. 193, p. 120-143, 1948.
- QUANTUM GIS DEVELOPMENT TEAM. QGIS Geographic Information System: versão 3.34.3-Prizren. [S.l.]: QGIS Association, 2024.
- REBOITA, M. S.; GAN, M. A.; ROCHA, R. P.; AMBRIZZI, T. Regimes de precipitação na América do Sul: uma revisão bibliográfica. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 25, n. 2, p. 185-204, 2010.
- REBOITA, M. S.; MATTOS, E. V.; CAPUCIN, B. C.; SOUZA, D. O.; FERREIRA, G. W. S. A multi-scale analysis of the extreme precipitation in southern Brazil in April/May 2024. **Atmosphere**, v. 15, 1123, 2024. <https://doi.org/10.3390/atmos15091123>.
- REBOITA, M. S.; KRUSCHE, N.; AMBRIZZI, T.; ROCHA, R. P. da. Entendendo o tempo e o clima na América do Sul. **Terrae Didática**, v. 8, p. 34-50, 2012. <https://doi.org/10.20396/td.v8i1.8637425>.
- RIVAR-MARTÍNEZ, S.; TOVAR, O. **Síntesis biogeográfica de los Andes**. Collectanea Botanica: Barcelona, v. 14, p. 515-521, 1983.
- ROLIM, G. S. **Balço Hídrico**. Aula da disciplina de Agrometeorologia do Departamento de Ciências Exatas. Universidade Estadual Paulista (UNESP/Jaboticabal), 2020.
- ROSS, J. L. S.; FIERZ, M. S. M.; NEPOMUCENO, P. L. M.; MELO, M. A. Macroformas do relevo da América do Sul. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 38, p. 58-69, 2019.
- SEDYAMA, G. C.; MELO JUNIOR, J. C. F.; SANTOS, A. R.; RIBEIRO, A.; COSTA, M. H.; HAMAKAWA, P. J.; DA COSTA, J. M. N.; COSTA, L. C. Zoneamento agroclimático do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) para o Estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 9, n. 3, p. 501-509, 2001.
- SANTOS, D. F. dos; REBOITA, M. S. Jatos de baixos níveis a leste dos Andes: comparação entre duas reanálises. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 22, 2021. <https://doi.org/10.5380/abclima.v22i0.47595>.
- URIBE, J. M.; CABRERA, R.; LA FUNTE, A.; PANEQUE, M. **Atlas Bioclimático de Chile**. Santiago: Universidad de Chile, 2012. 224 p.
- VILLAGRA, P. E. *et al.* Ser planta en el desierto: estrategias de uso de agua y resistencia al estrés hídrico en el Monte Central de Argentina. **Ecología Austral**, n. 21, p. 29-42. Asociación Argentina de Ecología. 2011.
- XERCAVINS, A. Notas sobre el clima de Magallanes (Chile). **Revista de Geografía**, p. 95-110, 1984.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Amazônica Central (Região Climática), 157, 158, 159, 160
Amazônica Meridional (Região Climática), 161, 163, 164, 165
Amazônica Ocidental (Região Climática), 166, 167, 168, 169
Amazônica Oriental (Região Climática), 170, 171, 172, 173
Amazônica Setentrional (Região Climática), 174, 175, 176, 177
Andes Centrais (Região Climática), 178, 179, 180, 181, 182
Andes Meridionais (Região Climática), 183, 184, 185, 186, 187
Andes Patagônicos (Região Climática), 188, 189, 190, 191
Andes Setentrionais (Região Climática), 149, 192, 193, 194, 195
Área climática local, 96
Argentina, 32, 34, 49, 52, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 114, 115, 128, 130, 132, 133, 134, 136, 140, 141, 144, 145, 146, 149, 157, 178, 183, 185, 188, 189, 190, 212, 216, 218, 220, 258, 259, 260, 277, 278, 296, 297, 303, 304, 306, 311, 313, 319, 323, 325
Árido (Domínio), 116, 117, 120, 122, 123, 130, 132, 140, 142, 144, 145, 146, 154, 180, 181, 186, 196, 197, 199, 200, 216, 218, 219, 230, 233, 234, 235, 241, 243, 244, 246, 247, 248, 256, 257, 277, 285, 286, 301, 302, 305, 306, 313, 314, 325, 326
Atacama (Região Climática), 197, 198, 199, 200

B

Bacias Hidrográficas, 27, 28, 29, 30, 35, 36, 155, 159, 163, 167, 172, 175, 180, 185, 189, 190, 194, 199, 202, 204, 206, 208, 210, 214, 216, 217, 221, 225, 229, 232, 233, 237, 242, 245, 247, 251, 256, 260, 262, 264, 268, 273, 276, 279, 281, 284, 288, 291, 293, 297, 299, 301, 305, 307, 309, 311, 313, 315, 316, 319, 321, 323, 324, 327, 328, 333
Balanço Hídrico, 79, 81, 82, 107, 117, 128, 132, 134, 136, 137, 146, 155, 168, 185, 190, 194, 212, 225, 229, 234, 242, 246, 247, 251, 256, 269, 273, 277, 281, 285, 289, 297, 301, 305, 309, 315, 329

Bolívia, 23, 28, 32, 44, 50, 52, 60, 61, 65, 114, 128, 130, 132, 133, 134, 136, 140, 142, 144, 149, 161, 162, 178, 179, 180, 182, 212, 214, 320
Brasil, 17, 23, 28, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 44, 46, 47, 49, 50, 51, 56, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 67, 68, 69, 79, 83, 84, 103, 104, 108, 114, 118, 120, 124, 128, 130, 131, 132, 133, 134, 136, 139, 140, 142, 144, 145, 149, 156, 157, 160, 161, 163, 166, 170, 172, 174, 176, 201, 203, 204, 205, 206, 207, 208, 209, 210, 211, 212, 214, 223, 225, 262, 263, 264, 265, 266, 267, 268, 269, 270, 279, 280, 281, 282, 291, 293, 295, 296, 299, 300, 301, 302, 307, 309, 310, 315, 319, 320, 321, 322, 327

C

Central do Brasil (Região Climática), 201, 204, 205, 206, 207
Centro da América do Sul (Região Climática), 201, 202, 203
Centro-Sul do Brasil (Região Climática), 208, 209, 210, 211
Chaco (Região Climática), 212, 213, 214, 215
CHELSA, 57, 59, 81, 83, 84, 93, 101, 107, 108, 109, 119, 120, 124, 128, 129, 131, 138, 154, 155, 222
Chile, 22, 23, 46, 47, 51, 52, 65, 66, 91, 114, 115, 128, 130, 132, 133, 135, 136, 140, 141, 144, 145, 146, 149, 156, 178, 189, 197, 199, 227, 228, 229, 230, 231, 254, 283, 284, 285, 286, 323
Classificação Climática de Novais, 4, 7, 74, 76, 77, 80, 82, 83, 85, 96, 109, 113, 124, 134, 138, 150, 154, 269, 321
Clima Azonal, 144, 164, 194, 249
Clima Zonal, 81, 96, 97, 132, 134, 140, 141, 142, 144, 146, 157, 160, 161, 163, 164, 166, 169, 170, 172, 173, 175, 176, 177, 205, 222, 226, 238, 261, 274, 277, 282, 313, 322, 325, 326, 329, 334
Climatologia, 56, 57, 58, 59, 63, 64, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 82, 85, 96, 102, 105, 108, 109, 113, 120, 124, 129, 130, 131, 134, 150, 163, 183, 320

Código Climático, 160, 164, 169, 173, 177, 181, 186, 191, 196, 200, 203, 207, 211, 215, 219, 222, 226, 230, 235, 238, 243, 248, 252, 257, 261, 265, 269, 274, 277, 282, 286, 290, 294, 298, 302, 306, 310, 314, 317, 322, 326, 329, 334

Colômbia, 22, 28, 31, 44, 50, 51, 69, 128, 130, 132, 133, 140, 142, 144, 149, 156, 166, 192, 194, 195, 245, 249, 250, 251, 252, 253, 271, 274, 287, 288, 331, 332, 333

Cordilheira dos Andes, 22, 27, 30, 35, 47, 52, 120, 128, 132, 138, 140, 141, 142, 144, 149, 155, 157, 161, 178, 183, 184, 188, 189, 216, 227, 245, 249, 254, 271, 273, 283, 285, 303, 311, 312, 323

Cuyo (Região Climática), 216, 217, 218, 219

D

Dados geoespaciais, 100, 101, 102, 103, 104
Dinâmica EGO, 113, 119, 120, 124, 138, 154, 155
Domínio Climático, 81, 96, 117, 120, 122, 142, 144, 145, 197, 324

E

Equador, 28, 44, 60, 130, 132, 142, 144, 149, 166, 192, 245, 246, 247, 248, 254
Equatorial (Domínio), 116, 117, 120, 123, 142, 154, 157, 160, 168, 195, 225, 234, 238, 247, 251, 265, 289, 302, 329, 333
Equatorial Ameno (Domínio), 117, 123, 142, 154, 157, 160, 238, 257, 265, 274, 302, 329
Escala climática, 95, 96, 97, 150
Evapotranspiração potencial (ETp), 79, 81, 109, 113, 117, 128, 138, 144, 157, 159, 163, 164, 167, 171, 172, 175, 180, 185, 190, 194, 195, 199, 202, 205, 206, 210, 212, 214, 217, 221, 225, 226, 227, 229, 233, 234, 237, 242, 247, 251, 256, 260, 263, 264, 268, 269, 273, 275, 276, 277, 281, 284, 288, 289, 293, 297, 300, 301, 305, 309, 313, 316, 321, 324, 325, 328, 333

F

Floresta Amazônica, 33, 42, 44, 49, 51, 120, 123, 138, 140, 142, 149, 154, 155, 157, 161, 165, 168, 170, 173, 194, 201, 236, 248, 267, 287, 289, 327, 330
Fria (Zona Climática), 6, 115, 139, 140, 190, 221, 285, 313, 323
Frio (Clima Zonal), 190, 191, 196, 200, 219, 222, 230, 252, 285, 286, 306, 313, 314, 323, 325, 326

G

Geadas, 46, 85, 116, 118, 140, 144, 146, 149, 209, 291, 320
Geossistema climático, 82
Glacial (Domínio), 117, 123, 142, 144
Guiana Francesa, 28, 44, 236, 327, 329
Guiana(s), 17, 28, 31, 44, 130, 131, 132, 133, 136, 146, 174, 175, 236, 237, 238, 239, 315, 316, 317, 318, 327, 329

H

Hierarquias climáticas, 91, 97, 113, 138, 142, 146

I

Ilhas Malvinas (Região Climática), 220, 221, 222
Incidência solar, 81, 83, 96, 113, 114, 115, 138, 194, 224, 229, 232, 246, 256, 266, 268, 273, 276, 280, 289, 297, 300, 305, 308, 314

L

Litorânea Amazônica (Região Climática), 149, 223, 224, 225, 226
Litorânea Central do Chile (Região Climática), 227, 228, 229, 230
Litorânea da Venezuela (Região Climática), 232, 233, 235, 237
Litorânea das Guianas (Região Climática), 236, 237, 238, 239, 316
Litorânea de Maracaibo (Região Climática), 233, 240, 241, 242, 243, 288
Litorânea do Equador (Região Climática), 245, 246, 247, 248
Litorânea do Norte da Colômbia (Região Climática), 249, 250, 251, 252
Litorânea do Pacífico Colombiano (Região Climática), 250, 271, 272, 273, 274
Litorânea do Peru (Região Climática), 193, 198, 246, 254, 255, 256, 257
Litorânea do Rio da Prata (Região Climática), 149, 258, 259, 261
Litorânea do Sudeste Argentino (Região Climática), 275, 276, 277, 278
Litorânea Leste do Brasil (Região Climática), 149, 262, 263, 264, 265, 266, 280, 291
Litorânea Norte do Brasil (Região Climática), 267, 268, 269, 270
Litorânea Sul do Brasil (Região Climática), 279, 280, 281, 282
Litorânea Sul do Chile (Região Climática), 149, 283, 284, 286
Llanos (Região Climática), 167, 287, 288, 289, 290

M

Mantiqueira Oriental (Região Climática), 291, 292, 293, 294
Mesoclima, 82, 83, 85, 91, 92, 93, 96, 97, 138
Mesopotâmia Platina (Região Climática), 217, 259, 295, 296, 297, 298
Modelagem climática, 138
Modelo climático híbrido, 75, 80
Moderada (Zona Climática), 114, 139, 140, 185, 190, 197, 229, 231, 259, 260, 276, 277, 280, 281, 285, 297, 305, 308, 309, 313
Moderado (Clima Zonal), 84, 116, 132, 134, 140, 144, 145, 146, 164, 166, 169, 181, 186, 191, 196, 200, 211, 215, 219, 222, 230, 235, 250, 252, 257, 261, 265, 277, 282, 285, 286, 290, 294, 298, 302, 306, 310, 313, 317, 322, 326

N

Nordeste do Brasil (Região Climática), 299, 300, 301, 302

P

Paisagens, 24, 36, 39, 42, 43, 47, 51, 75, 83, 113, 124, 150, 162, 176, 178, 183, 187, 188, 189, 193, 200, 216, 224, 231, 232, 234, 240, 247, 248, 250, 256, 258, 264, 266, 267, 275, 277, 279, 281, 282, 284, 285, 287, 289, 295, 297, 301, 303, 304, 305, 311, 312, 313, 315, 319, 323
Pampas Argentinos (Região Climática), 303, 304, 305, 306
Pampas Gaúchos (Região Climática), 307, 308, 309, 310
Paraguai, 23, 34, 49, 50, 60, 61, 62, 64, 114, 128, 130, 132, 133, 134, 136, 140, 142, 144, 146, 157, 212, 295, 319
Patagônica (Região Climática), 184, 276, 311, 314, 324
Peru, 23, 28, 44, 51, 52, 60, 69, 128, 130, 132, 135, 136, 140, 141, 142, 144, 145, 149, 162, 166, 168, 178, 179, 192, 193, 198, 245, 246, 254, 255, 256, 257
Planalto das Guianas (Região Climática), 315, 316, 317, 318
Planalto Meridional da Bacia do Rio Paraná (Região Climática), 319, 320, 321, 322
Polar, / (Zona Climática e Clima Zonal) 115, 116, 134, 141, 145, 186, 191
Precipitação, 27, 30, 52, 55, 56, 59, 60, 61, 62, 64, 65, 66, 67, 69, 70, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 96, 97, 102, 103, 104, 107, 108, 109, 113, 116, 117, 119, 120, 122, 123, 128, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 138, 140, 142, 144,

145, 146, 154, 158, 159, 160, 163, 164, 167, 168, 169, 171, 172, 175, 176, 177, 180, 181, 185, 186, 187, 188, 189, 190, 191, 194, 195, 196, 197, 198, 199, 200, 202, 203, 205, 206, 207, 209, 210, 211, 212, 213, 214, 216, 217, 218, 219, 220, 221, 222, 225, 226, 227, 229, 230, 233, 234, 235, 236, 237, 238, 239, 241, 242, 243, 246, 247, 248, 251, 252, 256, 257, 260, 261, 263, 264, 265, 268, 269, 271, 273, 274, 275, 276, 277, 281, 282, 283, 284, 285, 286, 288, 289, 290, 292, 293, 297, 298, 300, 301, 302, 305, 306, 309, 312, 313, 314, 315, 316, 317, 320, 321, 322, 324, 325, 326, 328, 329, 331, 333, 334

Q

Quantidade de meses secos, 77, 84, 96, 97, 116, 142, 145, 147, 154, 161, 195, 238
Quente (Zona Climática e Clima Zonal), 114, 116, 132, 134, 139, 140, 142, 144, 145, 146, 160, 161, 163, 164, 166, 169, 173, 177, 181, 196, 197, 200, 203, 207, 211, 212, 215, 219, 234, 235, 238, 241, 243, 247, 248, 250, 252, 256, 257, 263, 264, 265, 274, 280, 282, 290, 294, 297, 298, 300, 302, 310, 317, 322, 329, 334

R

Reanálise climática, 80, 81, 83, 84, 93, 95, 100, 101, 105, 113, 119, 134
Região Climática, 84, 96, 97, 123, 149, 155, 157, 158, 159, 160, 162, 163, 167, 172, 175, 180, 185, 190, 194, 199, 202, 206, 209, 210, 214, 217, 221, 224, 225, 229, 233, 237, 242, 247, 251, 256, 260, 264, 268, 273, 276, 281, 284, 288, 292, 293, 297, 301, 305, 309, 313, 316, 321, 324, 328, 333
Relevo, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 22, 23, 24, 28, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 51, 52, 82, 83, 91, 93, 95, 96, 108, 109, 113, 118, 123, 129, 132, 134, 136, 137, 138, 140, 142, 146, 147, 149, 150, 154, 155, 161, 162, 165, 166, 168, 171, 173, 174, 179, 182, 183, 189, 192, 195, 197, 204, 205, 208, 212, 220, 221, 222, 223, 231, 232, 234, 236, 240, 245, 248, 250, 253, 254, 258, 262, 266, 267, 279, 282, 283, 287, 291, 294, 295, 297, 299, 303, 304, 310, 311, 312, 314, 315, 319, 323, 327, 329, 331, 334
Rio Amazonas, 17, 18, 28, 30, 158, 166, 170, 171, 174, 223, 224

S

Seco (Subdomínio), 83, 122, 123, 132, 136, 140, 141, 145, 160, 162, 164, 169, 171, 173, 176, 177, 178, 180, 181, 186, 191, 197, 199, 200, 201, 202, 203, 206, 207, 210, 211, 212, 214, 215, 216, 218, 219, 220, 221, 222, 227, 229, 230, 233, 235, 237, 238, 243, 245, 247, 248, 251, 252, 257, 261, 263, 265, 267, 269, 277, 279, 282, 286, 289, 290, 291, 293, 294, 295, 298, 299, 302, 305, 306, 310, 311, 314, 317, 318, 322, 326, 329, 331, 334

Semiárido (Domínio), 116, 117, 118, 120, 122, 123, 130, 132, 140, 141, 142, 144, 145, 146, 154, 180, 181, 186, 196, 203, 209, 210, 211, 214, 215, 218, 219, 229, 230, 233, 234, 235, 241, 242, 243, 252, 257, 261, 265, 267, 269, 277, 282, 289, 290, 291, 294, 298, 302, 305, 306

Semisseco (Subdomínio), 118, 122, 123, 132, 136, 160, 162, 163, 164, 169, 170, 171, 173, 176, 177, 181, 186, 191, 194, 196, 203, 206, 207, 211, 215, 219, 220, 222, 226, 230, 232, 235, 238, 243, 248, 258, 260, 261, 262, 265, 269, 282, 286, 290, 291, 294, 298, 302, 305, 306, 310, 314, 315, 316, 317, 318, 322, 326, 329, 334

Semiúmido (Subdomínio), 118, 122, 123, 132, 136, 141, 142, 145, 157, 160, 161, 162, 163, 164, 168, 169, 172, 173, 176, 177, 181, 183, 186, 191, 196, 202, 203, 204, 206, 207, 208, 211, 215, 219, 221, 222, 223, 225, 226, 229, 230, 232, 235, 237, 238, 243, 248, 252, 261, 265, 268, 269, 274, 282, 285, 286, 290, 291, 294, 298, 302, 305, 306, 307, 309, 310, 314, 317, 318, 322, 323, 325, 326, 327, 329, 334

Sistemas atmosféricos, 6, 55, 56, 60, 61, 69, 77, 79, 81, 83, 85, 91, 109, 113, 116, 123, 124, 128, 134, 138, 142, 144, 145, 149, 150, 155, 159, 161, 163, 167, 168, 172, 175, 180, 185, 186, 190, 194, 195, 199, 202, 205, 206, 207, 210, 211, 214, 217, 221, 225, 227, 229, 231, 233, 237, 242, 244, 247, 248, 250, 251, 255, 256, 260, 263, 264, 268, 271, 273, 275, 276, 281, 282, 283, 284, 288, 292, 293, 297, 298, 299, 301, 304, 305, 309, 313, 316, 320, 321, 324, 328, 333

Subdomínio climático, 96, 136

Subequador (Linha Imaginária), 114, 120, 139, 144, 161, 194, 232, 241, 250, 256, 263, 300

Subglacial (Domínio), 117, 142, 144, 154, 181, 183, 186, 189, 191, 218, 219, 306, 325, 326

Subtropical (Domínio), 83, 117, 123, 136, 142, 144, 154, 164, 169, 181, 194, 195, 196, 197, 199, 200, 208, 209, 210, 211, 212, 215, 216,

219, 229, 230, 235, 252, 260, 261, 265, 282, 290, 291, 292, 294, 298, 299, 302, 305, 306, 309, 310, 317, 322

Subtrópico (Linha Imaginária), 60, 61, 62, 64, 114, 115, 116, 140, 142, 190, 229, 285, 308, 313

Suriname, 17, 18, 28, 44, 174, 236, 237

T

Temperado (Domínio), 117, 123, 132, 142, 144, 154, 181, 185, 186, 191, 195, 196, 197, 200, 209, 211, 218, 219, 220, 221, 222, 229, 230, 252, 260, 261, 277, 282, 285, 286, 291, 294, 297, 305, 306, 310, 313, 314, 318, 320, 321, 322, 325, 326

Temperado Frio (Domínio), 117, 123, 132, 142, 144, 154, 180, 181, 186, 191, 195, 196, 197, 200, 219, 221, 222, 230, 252, 285, 286, 305, 306, 313, 314, 324, 326

Temperatura do ar, 55, 56, 104, 108, 116, 119, 128, 131, 142, 145, 154, 157, 158

Temperatura Média do Mês Mais Frio, 77, 81, 85, 96, 97, 109, 115, 121, 132, 134, 138, 159, 160, 163, 167, 172, 175, 180, 185, 190, 194, 199, 202, 206, 210, 214, 217, 221, 225, 226, 229, 233, 237, 241, 242, 247, 251, 256, 260, 264, 268, 273, 276, 281, 284, 288, 293, 297, 301, 305, 309, 313, 316, 321, 324, 328, 333

Terra do Fogo (Região Climática), 132, 323, 324, 325, 326

Tipos climáticos, 7, 78, 79, 91, 119, 123, 132, 146, 150, 154, 191, 195, 251, 269, 282, 305, 310, 321, 333

Topoclima, 82, 83, 92, 93, 96, 97, 138, 183, 195

Tórrida (Zona Climática), 6, 114, 139, 161, 194, 202, 225, 233, 237, 241, 242, 246, 247, 250, 251, 256, 257, 263, 268, 269, 273, 287, 289, 300, 301, 329

Tórrido (Clima Zonal), 115, 132, 134, 140, 142, 143, 145, 146, 157, 158, 160, 161, 163, 164, 165, 166, 168, 169, 170, 172, 173, 175, 177, 181, 196, 203, 205, 207, 211, 215, 226, 234, 235, 238, 243, 247, 248, 252, 257, 265, 269, 274, 290, 294, 302, 317, 329, 334

Tropical (Domínio), 83, 116, 117, 120, 123, 132, 134, 136, 142, 144, 154, 164, 169, 177, 181, 202, 203, 206, 207, 209, 210, 211, 212, 214, 215, 219, 233, 234, 235, 243, 251, 252, 257, 265, 279, 281, 282, 290, 291, 292, 293, 294, 297, 298, 299, 302, 310, 317, 322, 334

Tropical Ameno (Domínio), 117, 123, 132, 142, 144, 154, 164, 169, 181, 195, 196, 207, 209, 210, 211, 212, 215, 234, 235, 243, 252, 257, 265, 282, 290, 291, 292, 294, 298, 302, 310, 317, 322

Tumucumaque (Região Climática), 327, 328, 329, 330

U

Úmido (Subdomínio), 83, 118, 122, 123, 132, 136, 140, 141, 145, 157, 160, 162, 164, 168, 169, 172, 173, 176, 177, 181, 186, 190, 191, 196, 210, 211, 215, 219, 222, 226, 229, 230, 234, 235, 238, 243, 247, 248, 251, 252, 260, 263, 265, 273, 274, 281, 282, 285, 286, 289, 290, 291, 295, 298, 310, 317, 318, 320, 322, 326, 329, 334

Unidades Geomorfológicas, 17, 96, 97, 138

Uruguai, 20, 34, 49, 62, 63, 128, 132, 133, 136, 140, 144, 157, 258, 307, 310

V

Vale do Rio Magdalena (Região Climática), 331, 332, 333, 334

Venezuela, 17, 18, 22, 23, 28, 31, 44, 48, 50, 69, 130, 132, 133, 134, 140, 142, 144, 149, 166, 174, 232, 233, 234, 235, 240, 242, 287, 288, 289, 315, 317

Z

Zênite, 114, 139, 229, 263

Zona Climática, 80, 81, 96, 97, 114, 115, 116, 134, 139, 140, 142, 185, 190, 194, 197, 202, 212, 221, 225, 229, 231, 233, 237, 241, 242, 246, 247, 250, 251, 256, 260, 264, 269, 273, 276, 277, 281, 285, 287, 289, 297, 300, 301, 305, 309, 323, 329

Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), 61, 130, 143, 155, 161, 297

Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), 31, 44, 45,

67, 79, 81, 96, 116, 130, 138, 155, 158, 194, 225, 234, 238, 242, 246, 247, 251, 256, 269, 273, 289, 300, 329

