



**INSTITUTO FEDERAL DE ALAGOAS  
CAMPUS PENEDO  
PÓS-GRADUAÇÃO EM DOCÊNCIA NA EDUCAÇÃO PROFISSIONAL**

**LUCAS SUASSUNA DE ALBUQUERQUE WANDERLEY**

**ELABORAÇÃO DE UM MATERIAL DIDÁTICO SOBRE CLIMATOLOGIA  
APLICADO À DISCIPLINA DE GEOGRAFIA NO ENSINO MÉDIO INTEGRADO**

**PENEDO, AL  
2021**

LUCAS SUASSUNA DE ALBUQUERQUE WANDERLEY

ELABORAÇÃO DE UM MATERIAL DIDÁTICO SOBRE CLIMATOLOGIA APLICADO  
À DISCIPLINA DE GEOGRAFIA NO ENSINO MÉDIO INTEGRADO

Artigo científico apresentado ao programa de Pós-graduação em Docência na Educação Profissional do Instituto Federal de Alagoas, *campus* Penedo, como requisito parcial para a obtenção do grau de Especialista em Docência na Educação Profissional.

Orientador (a): Tiago de Moraes Lenz

PENEDO, AL  
2021



**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação**  
**Instituto Federal de Alagoas**  
**Campus Penedo**  
**Biblioteca**

W245e

Wanderley, Lucas Suassuna de Albuquerque.

Elaboração de um material didático sobre climatologia aplicado à disciplina de geografia no Ensino Médio Integrado / Lucas Suassuna de Albuquerque Wanderley. – 2021.

54f.; il.

Orientação: Prof. Tiago de Moraes Lenz.

Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Educação Profissional) – Educação à Distância, Instituto Federal de Alagoas, Campus Penedo, Penedo, 2021.

1. Climatologia. 2. Geografia - Ensino. 3. Ensino Médio Integrado. I. Lenz, Tiago de Moraes. II. Título.

CDD: 551.6

**Maria Luzia Alexandre de Oliveira**  
**Bibliotecária/Documentalista**  
**CRB-4/2159**

LUCAS SUASSUNA DE ALBUQUERQUE WANDERLEY

ELABORAÇÃO DE UM MATERIAL DIDÁTICO SOBRE CLIMATOLOGIA APLICADO  
À DISCIPLINA DE GEOGRAFIA NO ENSINO MÉDIO INTEGRADO

Artigo científico apresentado ao programa de Pós-graduação em Docência na Educação Profissional do Instituto Federal de Alagoas, *campus* Penedo, como requisito parcial para a obtenção do grau de Especialista em Docência na Educação Profissional.

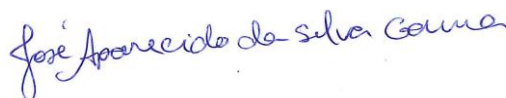
APROVADO(A) EM: 21 / 12 / 2021.

**BANCA EXAMINADORA**



---

Prof. Eberson Pessoa Ribeiro  
Instituto Federal de Pernambuco - IFPE



---

Prof. José Aparecido Gama  
Instituto Federal de Alagoas - IFAL



---

Prof. Tiago de Moraes Lenz  
Instituto Federal de Alagoas – IFAL

# ELABORAÇÃO DE UM MATERIAL DIDÁTICO SOBRE CLIMATOLOGIA APLICADO À DISCIPLINA DE GEOGRAFIA NO ENSINO MÉDIO INTEGRADO

## PREPARATION OF TEACHING MATERIAL ON CLIMATOLOGY APPLIED TO THE SUBJECT OF GEOGRAPHY IN TECHNICAL HIGH SCHOOL

Lucas Suassuna de Albuquerque Wanderley<sup>1</sup>

### RESUMO

O estudo teve como objetivo elaborar um material didático sobre climatologia e submetê-lo à avaliação de professores de Geografia do Instituto Federal de Alagoas (IFAL). Para tanto, foi realizado um diagnóstico dos materiais didáticos em Climatologia, inseridos na disciplina de Geografia, já utilizados no Ensino Médio Integrado. Os docentes responderam, anonimamente, um formulário, e indicaram que entre as principais deficiências dos materiais de apoio ao ensino destacam-se a falta de contextualização do tema com a realidade dos discentes, as abordagens pouco práticas e a desatualização do conteúdo. Considerando as demandas apontadas, foi elaborado o tópico de climatologia para compor uma apostila própria para o Ensino Médio Integrado do IFAL. Esse material foi submetido à avaliação pelo corpo docente da instituição a partir de um novo formulário anônimo. Como resultado do processo avaliativo, o material didático foi considerado satisfatório e indicado para utilização de apoio ao ensino de climatologia.

**Palavras-chave:** Climatologia, Geografia, Ensino Médio Integrado

### ABSTRACT

This study aims to develop a teaching material on climatology and submit it for the evaluation of geography professors at the Federal Institute of Alagoas (IFAL). To this end, we first diagnose current teaching materials on climatology, present in the discipline of geography, already used in technical high schools at IFAL. The professors anonymously answered a form and indicated that the main deficiencies they found in current teaching materials are the lack of context of the theme with the reality of the students, non-practical approaches, and outdated content. Considering the pointed deficiencies, we created a new textual teaching material about climatology, tailored for IFAL's students. This material was submitted for evaluation by the institution's faculty using a new anonymous form. As a result of the evaluation process, the new material was considered satisfactory and proper for use as a support for teaching climatology.

**Keywords:** Climatology, Geography, Technical High School

## 1 INTRODUÇÃO

A climatologia compõe a grade curricular da disciplina de Geografia do Ensino Médio. Esse conteúdo está relacionado a diversos aspectos da relação entre a sociedade e a natureza, consistindo em uma importante temática para a compreensão das mudanças ambientais em curso (TORRES *et al.* 2020). A

---

<sup>1</sup> Professor Dr. do Instituto Federal de Ciência, Tecnologia e Educação de Alagoas.

geografia é uma ciência que fornece ferramentas de análise espacial a partir da compreensão das dinâmicas das paisagens decorrentes da interação entre fenômenos físicos, biológicos e socioculturais (TANKA e DE ANDRADE, 2020). Nesse contexto, o clima representa um importante componente associado às entradas de energia nos sistemas terrestres.

O desequilíbrio do sistema climático tem aumentado a frequência de diversos fenômenos extremos como secas, ondas de calor, ondas de frio, inundações e furacões (IPCC, 2021), os quais têm ocasionado impactos negativos sobre os ecossistemas terrestres e sobre a organização das comunidades humanas no espaço geográfico. Estes eventos climáticos têm contribuído para que a atmosfera terrestre seja um dos sistemas ambientais mais estudados, dada a sua importância para o planejamento das atividades socioeconômicas. Em livros didáticos de geografia, este tema recorrentemente é apresentado em capítulos específicos.

O interesse em analisar os materiais didáticos sobre climatologia nos livros de geografia para o ensino básico tem aumentado nas últimas décadas (STEINKE e FIALHO, 2017). Tal fato decorre das diversas inconsistências conceituais e da dificuldade de conexão entre os temas relacionados à climatologia (TORRES *et al.* 2020; CAMELO e ARAÚJO, 2019). Por vezes, atualizações necessárias, apresentadas em estudos científicos mais recentes, não são incorporadas nas abordagens propostas nos livros didáticos.

No universo da Educação Profissional e Tecnológica, precisamente no Ensino Médio Integrado, há uma dificuldade de coesão entre os conteúdos do Ensino Médio e as bases técnicas de formação profissional. Desse modo, diversos conteúdos da grade propedêutica são apresentados de maneira pouco contextualizada às demandas educacionais específicas de uma formação holística e, ao mesmo tempo, aplicada ao mundo do trabalho, e às vivências profissionais dos futuros técnicos.

Nesse sentido, considera-se importante o desenvolvimento de materiais próprios direcionados à Educação Profissional. Esta é uma demanda que surge em virtude do caráter peculiar das formações integradas e da necessidade de utilização de materiais que apresentem os tópicos estudados de maneira prática e inseridos na realidade socioambiental dos estudantes.

Diante da problemática apresentada, o presente estudo se propõe a elaborar um material didático de climatologia, e submetê-lo à avaliação dos professores de geografia do Ensino Médio Integrado do Instituto Federal de Alagoas. O resultado da avaliação do material pelo corpo docente, almeja o refinamento do conteúdo e uma melhor organização da apostila.

A apostila criada, sobre o tópico de climatologia geográfica, visa o aprimoramento da abordagem teórica sobre o tema, incorporando resultados de estudos recentes. Desse modo, espera-se que o material seja utilizado como base no processo de ensino-aprendizagem no Ensino Médio Integrado do IFAL.

## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

No Ensino Médio, a disciplina de Geografia deve promover o desenvolvimento de habilidades de análise espacial, com foco nas dinâmicas resultantes da interação entre o ser humano e natureza. Nesse sentido, Cavalcanti (2002) destaca que a geografia escolar deve primar pelo desenvolvimento do raciocínio espacial e que, a partir das concepções teóricas e conceituais próprias dessa ciência, deve procurar explicar os padrões de distribuição dos fenômenos na superfície terrestre. Entre os principais objetivos que devem ser alcançados a partir do processo de ensino-aprendizagem destacam-se: (i) compreender as inter-relações entre o ser humano e

o meio ambiente nas escalas local, regional e global; (ii) caracterizar as diversas paisagens e territórios que compõe a superfície da Terra; (iii) desenvolver habilidades de investigação e interpretação de dados geográficos apresentados em textos, imagens, gráficos ou mapas (DALAVI, 2021).

No ensino da Geografia, um dos principais problemas se refere a fragmentação dos conteúdos, tratados de modo isolado e desconexo da realidade dos estudantes (ROQUE ASCENÇÃO e VALADÃO, 2013; GALVÃO, 2019). Diante disso, pode-se afirmar que o estudo do espaço geográfico deve contemplar diversas linguagens, sejam elas iconográficas, gráficas ou cartográficas. Todas devem convergir para uma compreensão integrada das paisagens, favorecendo o estabelecimento de conexões entre os fenômenos e objetos espaciais em suas dimensões socioculturais e naturais (GALVÃO, 2019).

Considerando a importância da abordagem integradora de análise do espaço geográfico, as categorias de análise centrais na geografia física são a paisagem e a região, as quais podem ser estudadas a partir dos conceitos dos Domínios Morfoclimáticos (AB´SABER, 2003), em escala regional, e dos Geossistemas (SOTCHAVA, 1977), em escalas variadas. Portanto, tanto as abordagens pedagógicas como os materiais didáticos devem contemplar essa perspectiva teórica de análise espacial integrada, aplicando de maneira coerente com as principais categorias de análise geográfica.

Do ponto de vista do ensino da geografia física, constata-se uma limitada produção acadêmica no campo do ensino. Há de se destacar a importância das abordagens que consideram o problema da representação e análise espacial a partir do conceito de escala, e a aplicação da linguagem geográfica (DE ALBUQUERQUE, 2017). De modo geral, os materiais didáticos de geografia apresentam uma limitação decorrente da homogeneização da base curricular nacional. Por se tratar de uma disciplina de forte base empírica, é essencial que os materiais de apoio ao ensino estejam contextualizados à realidade dos estudantes ou apresentados em escala de maior detalhe (DE ALBUQUERQUE, 2017). No Ensino Médio, essa premissa é ainda mais importante, pois diversos conceitos que requerem maior nível de abstração podem ser melhor compreendidos a partir de estudos da realidade vivida.

Apesar de ser um dos temas mais importantes na abordagem das questões ambientais contemporâneas, o componente físico-natural clima é um dos tópicos da Geografia que apresenta maior dificuldade de tratamento didático. A aplicação eficaz da climatologia no Ensino Médio, de modo a garantir aprendizagem efetiva, apresenta problemas decorrentes da formação dos professores, da natureza abstrata de alguns conceitos, da fragmentação do conteúdo e da inadequação de materiais didáticos, os quais apresentam conteúdos descontextualizados e organizados com objetivo limitado de promover a memorização dos temas (GALVÃO, 2019).

Sobre a produção de materiais didáticos, é pertinente considerar as principais concepções teórico metodológicas que norteiam a produção do conhecimento científico sobre a climatologia geográfica (MONTEIRO, 1962; BARROS e ZAVATTINI, 2009; STEINKE, 2012). O diálogo entre os estudos acadêmicos e os materiais didáticos deve ocorrer de forma sistemática, de modo a promover atualizações periódicas dos conteúdos específicos traduzidos a partir de abordagens didáticas.

Galvão (2019) elaborou uma proposição de material didático para educação básica, considerando as "*propostas metodológicas para o ensino do componente físico-natural clima*". Esta autora organizou seu material em três partes. A primeira

delas apresentou conceitos relativos aos conteúdos de climatologia: elementos do clima, fatores geográficos do clima, tempo e clima, estações do ano, zonas climáticas da Terra, tipos de chuva, climogramas e tipos de nuvens. Na segunda parte foram feitas contextualizações entre os conteúdos apresentados e os fenômenos climáticos urbanos. Na terceira parte a autora apresentou propostas metodológicas para o ensino do clima urbano através de atividades e oficinas. Destaca-se na proposta apresentada, a iniciativa de integrar conteúdos, apresentados à luz de concepções teórico-metodológicas da geografia, com práticas contextualizadas às realidades urbanas dos docentes e discentes.

Do ponto de vista da teoria da climatologia geográfica, enfatiza-se a importância dos materiais didáticos (livros ou apostilas) incorporarem o estudo da atmosfera a partir de uma perspectiva dinâmica, ou seja, considerando a gênese dos fenômenos atmosféricos e das massas de ar a partir de seus centros de ação (ciclones e anticiclones) (MONTEIRO, 1962; MENDONÇA e DANNI-OLIVEIRA, 2007).

O tratamento dos fenômenos atmosféricos a partir da perspectiva dinâmica, seguindo os pressupostos teóricos da climatologia sinótica (YARNAL, 2001; HUTH *et al.*, 2008) e climatologia geográfica (MONTEIRO, 1962; BARROS e ZAVATTINI, 2009), apresenta aplicabilidade na compreensão do funcionamento das paisagens terrestres, da variabilidade atmosférica e mudança climática. Ademais, tais perspectivas permitem que sejam investigados os impactos e as influências dos fenômenos climáticos sobre a organização dos territórios, aplicando os conceitos climáticos ao tema da gestão de riscos. Nesse sentido, destaca-se que uma aproximação contextualizada do estudo e do ensino do clima com a realidade dos discentes e docentes será mais efetiva a partir da compreensão do propósito investigativo e da análise empírica a partir de fenômenos locais ou regionais (DE ANDRADE ALLOCA e FIALHO, 2021).

### **3 MATERIAIS E MÉTODOS**

O estudo apresentou o seguinte fluxo metodológico: 1) aplicação de questionário de sondagem para os professores geografia do IFAL, 2) elaboração do material didático; 3) avaliação do material didático pelos professores e 4) refinamento do material didático.

A primeira etapa metodológica consistiu na análise, pelos professores de geografia, dos materiais didáticos utilizados no âmbito do IFAL referentes ao tópico de climatologia, na disciplina de Geografia. Um questionário (anônimo), gerado pelo Google formulários, foi aplicado ao corpo docente de geografia do IFAL com objetivo de investigar as principais demandas teóricas e metodológicas, ou problemas, relativos aos materiais utilizados sobre o tema da climatologia geográfica na instituição. Ademais, foi avaliada a pertinência do desenvolvimento de material didático sobre o tema. A partir de então, foram diagnosticados os principais problemas referentes à contextualização, abordagem didática e as inconsistências conceituais relativas ao tema da climatologia.

O questionário para avaliação dos materiais didáticos pelos professores (Anexo 1) apresentou nove questões, sendo oito objetivas e uma subjetiva. Os docentes foram questionados sobre o tipo de material didático utilizado, e sobre o conteúdo do material quanto o método de abordagem do tópico de climatologia, a integração da climatologia com os demais temas da geografia, aplicação da climatologia de modo consistente com as categorias de análise geográficas, a

incorporação de publicações científicas recentes e a contextualização da climatologia à realidade dos discentes. A última pergunta objetiva foi referente à pertinência da elaboração do tópico de climatologia para compor uma apostila de Geografia para os cursos integrados do IFAL. Para casos de respostas positivas, abriu-se uma pergunta subjetiva sobre quais elementos pedagógicos ou técnicos os docentes consideravam essenciais para serem incorporados no material didático.

Como alternativa para mitigar os problemas identificados, e com base nas sugestões apresentadas pelos docentes do IFAL, foi elaborado o tópico de climatologia para compor uma apostila de Geografia (Anexo 2). Os tópicos foram organizados de modo a facilitar a contextualização dos conteúdos com a realidade do estado de Alagoas e da região Nordeste do Brasil. O processo de construção do material contemplou os perfis curriculares dos cursos do ensino médio integrado ao técnico, com proposições teóricas e práticas.

O material produzido foi apresentado para os docentes de geografia do IFAL. Pretendeu-se contribuir com a formação docente sobre a temática da climatologia geográfica e avaliar o produto. Para isso, os docentes participantes do estudo avaliaram o material apresentado, anonimamente, por meio de um questionário (Anexo 3), em que atribuíram critérios objetivos específicos referentes à abordagem teórica e pedagógica da apostila. Para cada questionamento, os docentes responderam “sim, parcialmente ou não”. As questões objetivas do formulário visaram avaliar se o material didático atingiu os objetivos da adequação da linguagem, da utilização consistente de categorias geográficas na análise dos temas, da contextualização dos temas com a realidade discente, da atualização do texto com as evidências científicas recentes e se o docente avaliador recomendava ou não a utilização do material no Ensino Médio Integrado do IFAL.

Além disso, foi aberto espaço para sugestões mais amplas, onde os docentes, participantes do minicurso, contribuíram com aspectos que julgaram relevantes. A partir das recomendações, ajustes e correções foram aplicados no refinamento do produto final.

Para sintetizar os resultados da avaliação docente, foram estabelecidos critérios de classificação sobre cada eixo temático do formulário de avaliação final. Quesitos com 70% ou mais de respostas positivas “sim”, foram considerados pontos fortes, menores do que 70% e iguais ou maiores do que 40% foram classificados como satisfatórios, e menores do que 40% foram classificados como fracos. O objetivo desta classificação é destacar os eixos temáticos que precisam de maiores refinamentos e os que apresentam resultados satisfatórios.

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Nos planos de curso do Instituto Federal de Alagoas, a disciplina de climatologia é apresentada no tópico de sistemas terrestres como “atmosfera: dinâmica climática, tipos climáticos do Brasil e do mundo e fenômenos climáticos”. A climatologia é apresentada no primeiro ano dos cursos técnicos integrados, compondo a grade curricular de formação geral, a qual se refere às disciplinas pededêuticas.

### **4.1 DIAGNÓSTICO SOBRE OS MATERIAIS DIDÁTICOS**

Na primeira fase do estudo, 14 professores de geografia do IFAL responderam o questionário sobre os materiais didáticos disponíveis em seus

respectivos campus. A instituição possui um universo total de 33 docentes, portanto participaram da primeira fase 42,4%. Entre os docentes participantes, 92,9% utilizam o livro didático, 57,1% textos impressos (de fontes diversas) e 21,4% apostilas. Portanto, o livro didático é a principal base teórica de apoio na disciplina de geografia. Destaca-se que cada campus possui autonomia para selecionar o seu próprio livro didático.

No que se refere ao tópico de climatologia presente nos materiais didáticos utilizados, 57,1% dos docentes avaliaram como satisfatórios, 21,4% como insatisfatórios, 14,3% como bons e 7,1% como muito bons. Esse resultado demonstra que a maior parte dos professores apresenta algum tipo de ressalva acerca dos materiais didáticos, pois apenas 28,7% os avaliaram como bons ou muito bons.

Quando questionados de maneira mais específica sobre a integração da climatologia com os outros temas da geografia nos materiais didáticos, 71,4% optaram por responder “parcialmente”, 21,4% por “não” e 7,1% por “sim”. Portanto, de acordo com a avaliação docente, os materiais apresentam algum tipo de problema relativo à integração temática da climatologia geográfica.

Questionados se os materiais didáticos conseguem aplicar de maneira consistente as categorias de análise da ciência geográfica (região, território, lugar e paisagem) na apresentação do tema da climatologia, 50% dos docentes selecionaram a opção “parcialmente”, 42,9% a opção “não” e 7,1% a opção “sim”.

No quesito de atualização do conteúdo de climatologia geográfica com base nas produções científicas dos últimos cinco anos, 57,1% dos professores consideraram que ocorreu “parcialmente” e 42,9% que não ocorreu. Nenhum docente considerou que os materiais estão completamente atualizados de acordo com as últimas produções científicas.

A respeito da contextualização dos conteúdos dos materiais didáticos de climatologia com a realidade dos discentes, 57,1% dos docentes consideraram que não ocorre, 35,7% que ocorre parcialmente e 7,1% que ocorre. Sobre a consonância dos materiais didáticos com o desenvolvimento de habilidades técnicas dos alunos, 50% dos professores avaliaram que não ocorre e 50% que ocorre parcialmente.

As principais demandas relativas aos materiais didáticos de climatologia geográfica no IFAL são concordantes com os principais problemas apontados por Roque Ascensão e Valadão (2013) e Galvão (2019). Destaca-se o distanciamento dos temas com a realidade discente, a fragmentação desse conteúdo em relação aos temas da geografia, a não consistência com as categorias de análise da geografia e a falta de atualização dos conteúdos à luz das publicações científicas recentes.

Sobre a pertinência de construção de um material didático em formato de apostila, sobre o tema da climatologia geográfica, para compor uma possível apostila de Geografia integrada entre os campi do IFAL, a totalidade dos docentes participantes da primeira fase da pesquisa esteve de acordo com o projeto.

O quadro 1 sistematiza as principais recomendações dos docentes de geografia acerca da construção do tópico de climatologia no formato de uma apostila.

**Quadro 1:** Recomendações dos docentes do Instituto Federal de Alagoas de geografia sobre perspectivas teóricas, metodológicas e estruturais na composição do material didático sobre o tema da climatologia geográfica.

Recomendações docentes acerca do material didático		
teóricas	metodológicas	estruturais
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ incluir abordagens sobre o clima de Alagoas;</li> <li>➤ desenvolver a perspectiva da gênese climática;</li> <li>➤ apresentar os tipos de climas e suas interações com as comunidades humanas urbanas e rurais;</li> <li>➤ discutir os temas mudança e variabilidade climática;</li> <li>➤ relacionar os elementos e fatores do clima com a geografia de Alagoas e da região Nordeste.</li> <li>➤ incluir atualizações científicas recentes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ utilizar imagens de fenômenos e paisagens locais;</li> <li>➤ contextualizar os temas com as realidades discentes;</li> <li>➤ produzir conteúdo interdisciplinar;</li> <li>➤ abordar os temas a partir de problemas cotidianos decorrentes da interação entre o ser humano e a natureza;</li> <li>➤ utilizar recursos cartográficos na apresentação dos fenômenos em variadas escalas;</li> <li>➤ utilizar estações e dados meteorológicos no estudo dos elementos do clima.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ elaborar guia de orientação para abordagem de conteúdos e atividades lúdicas;</li> <li>➤ utilização de linguagem clara e compatível com o Ensino Médio Integrado;</li> <li>➤ Incluir atividades e exercícios;</li> <li>➤ descrever formatos de aulas de campo;</li> </ul>

Organizado pelo autor.

As sugestões do corpo docente na parte subjetiva do questionário trouxeram indicações importantes acerca do tratamento teórico, metodológico e estrutural do material didático. Destaca-se a importância atribuída à análise espacial do clima, para que seja consonante com as perspectivas metodológicas da geografia, e com o desenvolvimento de análises críticas que visem a compreensão da dinâmica da paisagem a partir do entendimento do papel do sistema climático na relação entre a sociedade e a natureza. No que diz respeito às abordagens didáticas do material, houve indicações de incluir sugestões de atividades práticas, como aulas de campo, e utilização de dados e estações meteorológicas para compreensão dos elementos e fatores do clima. Na direção complementar, houve ênfase sobre a necessidade de contextualização temática com as realidades dos estudantes, e de tratar os temas a partir de exemplos ou análise de impactos e problemas decorrentes de fenômenos climáticos, preferencialmente, do estado de Alagoas.

Em relação às questões teóricas, foram sugeridas análises sobre a gênese climática, mudanças e variabilidade climática. Uma importante consideração também foi feita em relação à necessidade de discutir o papel dos tipos de clima na organização e dinâmica das paisagens urbanas e rurais.

## 4.2 ELABORAÇÃO DO MATERIAL DIDÁTICO

Partindo das sugestões e observações dos docentes, o texto do material didático foi organizado em quatro eixos temáticos: conceitos básicos, dinâmica climática, classificação climática e mudanças climáticas. O objetivo principal do texto foi fornecer subsídios teóricos e analíticos para facilitar a compreensão do clima como um componente das relações entre a sociedade e a natureza.

O produto apresentado aos docentes conseguiu contemplar de maneira mais robusta as demandas teóricas que foram elencadas durante a fase de diagnóstico. Do ponto de vista metodológico, destacam-se como pontos contemplados a utilização de material gráfico e cartográfico, a aplicação de problemas cotidianos como base das atividades propostas e a utilização de temas interdisciplinares. Foi parcialmente utilizado o recurso de inserir imagens para a apresentação dos temas. Não foi contemplada a utilização de estação meteorológica para estudo dos elementos climáticos. As demandas estruturais foram parcialmente atendidas. Adaptou-se a linguagem para o universo do Ensino Médio Integrado e foram propostas atividades. Entre as recomendações dos docentes, ficaram pendentes um guia de orientação de atividades lúdicas para os professores e a descrição de sugestões de aulas de campo.

A elaboração do material didático partiu das noções básicas conceituais sobre o clima, os tipos de tempo e os elementos climáticos (temperatura do ar, umidade relativa do ar e pressão atmosférica). Em seguida, optou-se por apresentar a dinâmica geral de circulação da atmosfera, a qual resulta da distribuição desigual de energia na superfície terrestre. De modo geral, os materiais didáticos costumam trabalhar a circulação geral da atmosfera ao final dos capítulos, no entanto, considerou-se apropriado apresentar o esquema de circulação global a partir da abordagem dos elementos climáticos essenciais. Há continuidade lógica entre os esquemas de circulação produzidos pelos centros de ação climáticos (ciclones e anticiclones), estabelecido pela relação entre os elementos climáticos, e a circulação global da atmosfera.

No que se refere ao tema dos fatores geográficos do clima, a abordagem das massas de ar representa a maior atualização teórica. As massas de ar representam um importante conceito para análise da dinâmica climática regional em escala sinótica. Habitualmente, esse tema é tratado de modo superficial ou inconsistente em livros didáticos. No presente material didático, foram incorporadas as últimas atualizações científicas, na área de climatologia geográfica, sobre as massas de ar que atuam em território brasileiro. Essas atualizações estiveram respaldadas pelos estudos de Fontão e Zavattini (2017), Queiroz (2017), Borsato e Massoquim (2020) e Wanderley (2020).

Em seguida, foram apresentados os fatores geográficos da superfície terrestre que explicam a dinâmica climática nas escalas regionais, sub-regionais ou locais. Nesse ponto, o objetivo foi discutir como os elementos climáticos interagem com a superfície terrestre para gerar distinções paisagísticas em escalas variadas. Para o estado de Alagoas, foram apresentados os principais fatores geográficos relacionados com as circulações atmosféricas regionais e locais (relevo, altitude, centros de ação e correntes marítimas). A interpretação de climogramas, construídos com dados das estações do INMET, foi utilizada para explicar as distinções climáticas no estado. Nesse ponto, a sequência procurou contextualizar os elementos e fatores do clima as realidades dos discentes, com intuito de suprir as deficiências comumente observadas em materiais didáticos (ROQUE ASCENÇÃO E VALADÃO, 2013; GALVÃO, 2019)

As classificações climáticas representam um tópico importante para a compreensão das sínteses espaciais das principais características atmosféricas. No material didático, esse tema foi apresentado a partir de duas classificações habitualmente utilizadas: a classificação de Köppen, amplamente aplicada em estudos científicos ou materiais didáticos, e a classificação de Nimer, utilizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) para descrição dos climas do Brasil. As classes de climas brasileiros foram descritas, com ênfase para os tipos climáticos do estado de Alagoas.

O último item do material didático abordou o tema das mudanças e das variabilidades climáticas. Esses conceitos foram distinguidos e exemplificados ao longo do texto. No que se refere às mudanças climáticas ao longo do período Quaternário, foram discutidas as diferenças entre as causas naturais, que geram mudanças climáticas em ciclos milenares e orbitais, e as causas antrópicas, relacionadas ao aumento da temperatura média global ao longo dos séculos XX e XXI (IPCC, 2021).

As atividades propostas no material didático foram desenvolvidas com o objetivo de articular os conceitos apresentados e as habilidades criativas e de resolução de problemas dos discentes. Ao invés de apresentá-las ao final do capítulo, optou-se por inseri-las ao longo do texto, de acordo com os temas a que se referiam, de maneira que os roteiros de atividade representassem uma continuidade de raciocínio em cada subeixo temático. Foi seguida a premissa de Fialho (2012), segundo a qual é importante despertar o interesse dos discentes a partir de análises empíricas de fenômenos locais ou regionais.

As atividades propostas foram apresentadas em formato de quatro trabalhos:

(I) A primeira delas propõe a construção de um pluviômetro alternativo para monitoramento pluviométrico, o qual envolve os temas dos elementos climáticos e monitoramento das variáveis atmosféricas. A proposta é que os alunos se envolvam em todas as etapas, desde a construção do material, coleta, organização e apresentação de dados. Nesta atividade, precisarão utilizar conhecimentos matemáticos e noções básicas de informática, para organização dos dados em planilhas eletrônicas;

(II) A segunda proposta de atividade envolve a construção climogramas de normais climáticas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Os alunos precisarão conhecer a base de dados, baixá-los e organizá-los em planilhas eletrônicas. A apresentação do gráfico deverá ser acompanhada de uma descrição das características climáticas observadas no climograma, relacionando-a com a dinâmica sazonal das massas de ar;

(III) A terceira atividade se refere à leitura de paisagens, nessa proposta os docentes analisarão imagens de paisagens que fazem parte de suas vivências. Portanto, eles mesmos produzirão as imagens, por fotografias ou por outros recursos artísticos, e explicação o papel do clima e de sua dinâmica na caracterização das paisagens;

(IV) A quarta atividade, sobre o tema das mudanças climáticas, envolve pesquisa e observação. Os estudantes devem descrever fenômenos climáticos potencialmente perigosos na comunidade onde vivem, e em seguida, pesquisar se tais fenômenos apresentam alguma tendência temporal, diante das mudanças climáticas. Por fim, os discentes serão instigados a pensar em estratégias de mitigação dos impactos em suas comunidades. A proposta é que os resultados sejam apresentados em um quadro síntese, para discussão em sala de aula.

### 4.3 AVALIAÇÃO DO MATERIAL DIDÁTICO PELO CORPO DOCENTE DE GEOGRAFIA

Participaram desta fase do estudo nove docentes, os quais tiveram acesso ao texto da apostila e, em seguida, foram direcionados ao formulário de avaliação.

Sobre a existência de integração da climatologia com outros temas da Geografia no material didático, 66,7% (6) dos docentes optaram pela resposta “sim” e 33,3% (3) optaram por “parcialmente”. Temas da geografia física como o relevo e a biogeografia estiveram presentes de maneira mais frequente. Outros temas como a relação do clima com usos da terra foram incorporados e a gestão de riscos à desastres socioambientais foram abordados com menos frequência.

Quando questionados sobre a consistência da utilização das categorias geográficas no material, 66,7% (6) responderam “sim”, 22,2% (2) “parcialmente” e 11,1% (1) optou por “não”. O tema da climatologia esteve, ao longo do texto, analisado a partir das categorias geográficas da paisagem e da região. A paisagem é um conceito amplamente aplicado à análise espacial da geografia física (BERTRAND, 2004; DAS NEVES e SALINAS, 2017), pois esta categoria incorpora o caráter dinâmico do espaço geográfico, resultante da interação entre o ser humano e os aspectos fisiográficos. Os tipos climáticos do estado de Alagoas, por exemplo, foram relacionados a paisagens das mesorregiões, sendo associados a outras características espaciais como o uso da terra e a cobertura vegetal primitiva.

A respeito da atualização dos conteúdos, 66,7% dos docentes avaliaram que o texto trouxe as últimas evidências científicas dos últimos cinco anos, 22,2% que isso ocorreu parcialmente, e 11,1% que não ocorreu. O principal ponto de atualização dos conteúdos esteve relacionado à dinâmica das massas de ar e à abordagem da climatologia a partir de uma perspectiva genética, partindo dos centros de ação para explicar o comportamento habitual da atmosfera. Apesar de não ser uma abordagem recente, os pressupostos teóricos de análise geográfica do clima (MONTEIRO, 1971; BARROS e ZAVATTINI, 2009) a partir da gênese dos tipos de tempo, não é abordado de forma consistente e ampla nos materiais didáticos de climatologia. No que se refere à dinâmica das massas de ar, os conteúdos foram atualizados a partir das últimas produções publicadas.

No quesito da contextualização dos temas da climatologia com a realidade dos discentes, 55,6% (5) dos professores responderam que “sim”, ou seja, que houve efetividade em estabelecer relação com a vivência dos alunos, 44,4% (3) selecionaram a opção “parcialmente” e 11,1% (1) optaram por “não”. De acordo com a avaliação docente, este é o ponto mais frágil do material produzido. As relações com os fatores geográficos locais e com a dinâmica regional foram abordadas em alguns tópicos do material didático. Ao longo do texto, diversos temas foram apresentados a partir de exemplos, como ocorreu com os fatores geográficos do clima referentes ao estado de Alagoas. A utilização de mais imagens para discutir o papel do clima na composição de paisagens locais talvez seja uma estratégia que contribua com um estudo mais contextualizado.

A quinta pergunta do formulário, dirigida aos docentes, questionou se o material foi consonante com o desenvolvimento de habilidades técnicas e criativas dos docentes. Selecionaram a opção “sim” 66,7% (6), escolheram a opção “parcialmente” 11,1% (1), e “não” 22,2% (2). Portanto, na avaliação de 33,3% dos docentes ainda é preciso ajustar as atividades para que cumpram os objetivos propostos.

Quanto à linguagem utilizada no formulário, 77,7% consideraram apropriada para os estudantes do Ensino Médio Integrado e 22,3% responderam que era “parcialmente” apropriada. Este resultado apresenta uma boa avaliação sobre a linguagem utilizada, a qual representa um dos maiores desafios didáticos.

A última pergunta do formulário avaliativo questionou os professores sobre a indicação do material didático para utilização no Ensino Médio Integrado do IFAL. Responderam positivamente 88,9% (8) e negativamente 11,1% (1) dos docentes. Logo, há expressiva indicação de que o material produzido seja utilizado como suporte ao processo de ensino-aprendizagem no universo do IFAL. Esse fato indica que o material, de modo geral, foi aprovado pelos docentes e que, apesar das recomendações de refinamento, está apropriado para o uso dos docentes e discentes.

Para sintetizar os resultados da avaliação, foram estabelecidos critérios de classificação para cada eixo temático do formulário. O Quadro 2 apresentou o resultado da avaliação para cada critério estabelecido.

**Quadro 2** - síntese avaliativa do material didático de climatologia desenvolvido para compor uma apostila de Geografia do Ensino Médio Integrado do IFAL.

Critério	Classificação
1. Integração com outros temas da Geografia	Satisfatório
2. Aplicação das categorias geográficas	Satisfatório
3. Atualização do conteúdo	Satisfatório
4. Contextualização dos temas com a realidade discente	Satisfatório
5. Atividades	Satisfatório
6. Adequação da Linguagem	Forte
7. Indicação de utilização no Ensino Médio Integrado	Forte

Organizado pelo autor

No último quesito do formulário avaliativo, os docentes fizeram propostas de refinamento do material didático para a sua versão final. Entre as demandas apresentadas, estão a maior utilização de imagens na discussão dos temas, uma maior atualização do material didático, inclusão dos subtemas da climatologia urbana e dos tipos de chuvas e o direcionamento das atividades para mais questões práticas.

A inclusão de mais imagens ocorrerá a partir das próximas atualizações, inclusive, com a utilização das imagens capturadas pelos estudantes durante as atividades de leitura de paisagens.

Algumas recomendações não se aplicam ao material, por exemplo, uma delas sugeriu evitar atividades do “tipo ENEM”, em referência às questões presentes no

Exame Nacional do Ensino Médio. No entanto, não foram construídas atividades nesse formato, todas elas foram desenvolvidas para estimular a pesquisa e as habilidades investigativas dos discentes.

Propõe-se que o material seja disponibilizado aos docentes de Geografia de forma virtual, para que seja possível o acompanhamento das atualizações que ocorrerão a partir das propostas. Portanto, a ideia é que seja um material de construção colaborativa, que passe por revisões e atualizações periódicas.

Considerando a avaliação do produto educacional referido e as recomendações apresentadas na literatura (ROQUE ASCENÇÃO E VALADÃO, 2013; DE ALBUQUERQUE, 2017; GALVÃO, 2019; DE ANDRADE ALLOCA e FIALHO, 2021), conclui-se que há aptidão satisfatória para a utilização do material didático no Ensino Médio Integrado do IFAL.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo apresentou como principais resultados um diagnóstico acerca dos materiais didáticos utilizados no ensino da climatologia, e a avaliação de um novo material didático de climatologia, produzido para ser utilizado como suporte ao processo de ensino-aprendizagem no Ensino Médio Integrado do IFAL. A comunidade docente elencou como principais demandas de aprimoramento dos materiais didáticos: a contextualização dos conteúdos com a realidade dos discentes, a adoção de modelos empíricos de investigação e a atualização dos conteúdos a partir das evidências científicas recentes.

O novo material didático apresentado foi avaliado de maneira satisfatória pelos professores de geografia do IFAL, que indicaram sua utilização no universo do ensino médio integrado da instituição. Considerou-se como ponto forte do material apresentado a utilização de uma linguagem adequada, e foram satisfatórios os critérios de contextualização dos temas, atualização dos conteúdos, a integração temática e as atividades propostas. Como propostas de refinamento, destacam-se a maior utilização de imagens e a elaboração de propostas de atividades de campo contextualizadas com o roteiro teórico.

## REFERÊNCIAS

- AB'SÁBER, Aziz Nacib. **Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas**. Ateliê editorial, 2003.
- BARROS, Juliana Ramalho; ZAVATTINI, João Afonso. Bases conceituais em climatologia Geográfica. **Mercator - Revista de Geografia da UFC, Fortaleza**, v. 8, n. 16, p. 255-261, 2009.
- BERTRAND, G. Paisagem e geografia física global. Esboço metodológico. **Raega-O Espaço Geográfico em Análise**, v. 8, 2004.
- BORSATO, V. da A.; MASSOQUIM, N. G. Os movimentos, as áreas de atuação e as propriedades das massas de ar no Brasil. **Revista de Geografia, Meio Ambiente e Ensino**, v. 11, n. 1, p. 27-56, 2020.
- CAMELO, Jamila Gomes; DE ARAÚJO, Maria Naiane Bezerra. A importância da produção de materiais didáticos no processo de ensino e aprendizagem no ensino médio: climatologia e docência escolar. **XVIII SBGFA, Universidade Federal do Ceará**, 2019.

CAVALCANTI, L. S. Geografia e práticas de ensino: Geografia escolar e procedimentos de ensino numa perspectiva socioconstrutivista. **Goiânia: Alternativa**, 2002.

DALAVI, M. D. **Geography Education**. OrangeBooks Publication, 2021.

DAS NEVES, C. E.; SALINAS, E. A paisagem na geografia física integrada: impressões iniciais sobre sua pesquisa no Brasil entre 2006 e 2016. **Revista do Departamento de Geografia-USP**, p. 124-137, 2017.

DE ALBUQUERQUE, F. N. B. Geografia Física Escolar: teorias e conceitos, escalas e linguagens. **Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento**, v. 1, p. 3676-3687, 2017.

DE ANDRADE ALLOCCA, R.; FIALHO, Edson Soares. Uma experiência no ensino de climatologia escolar. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 28, 2021.

FONTÃO, P. A. B.; ZAVATTINI, J.A. Variations on rainfall rhythm in Alto Pardo watershed, Brazil: analysis of two specific years, a wet and dry one, and their relation with the river flow. **Climate**.5, 47, 2017. <https://www.mdpi.com/2225-1154/5/3/47>

GALVÃO, Izabelle de Cássia Chaves. **As bases teórico-metodológicas dos professores iniciantes de geografia: o ensino do componente físico-natural clima**. 2019. 193 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2019.

HUTH, Radan et al. Classifications of atmospheric circulation patterns: recent advances and applications. **Annals of the New York Academy of Sciences**, v. 1146, n. 1, p. 105-152, 2008.

IPCC, 2021: **Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change** [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J. B. R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press. In Press.

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

MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo. Da necessidade de um caráter genético à classificação climática. **Revista Geográfica**, Rio de Janeiro, n. 57, tomo XXXI, p. 29-44, 1962.

QUEIROZ, A. T. de. **Estrutura espacial e gênese dos extremos termohigrométricos na Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba por meio da análise rítmica**. 2017. 184 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade de Brasília, UnB, Brasília, 2017

ROQUE ASCENÇÃO, V. O.; VALADÃO, R. C.. Abordagem do conteúdo “relevo” na Educação Básica. In: CAVALCANTI, Lana de Souza. **Temas da Geografia na escola básica**. Campinas: Papirus, 2013. p. 45-64.

SOTCHAVA, V. B. **O estudo dos geossistemas**. São Paulo: Ed. Lunar, 1977.  
STEINKE, E. T. *Climatologia fácil*. São Paulo: Oficina de Texto, 2012.

STEINKE, E. T.; FIALHO, E. S. Projeto coletivo sobre avaliação dos conteúdos de climatologia nos livros didáticos de Geografia dos 5º e 6º anos do Ensino Fundamental. **Revista brasileira de climatologia**, v. 20, 2017.

TANAKA, J. A. C.; DE ANDRADE, M. F. R. O Programa Nacional do Livro e do Material Didático e o Desenvolvimento do Pensamento Científico: a Geografia em destaque. **Geografia (Londrina)**, v. 29, n. 2, p. 261-277, 2020.

TORRES, G. A. L.; SÃO JOSÉ, R.V.; ZEZZO, L.P.; COLTRI, P.P. O ensino de climatologia a partir do livro didático—perspectivas e propostas alinhadas à climatologia geográfica. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 27, 2020.

WANDERLEY, L.S.A. **Proposta de classificação climática da região Nordeste do Brasil baseada na abordagem sinótica dos tipos de tempo**. Tese (Doutorado em Geografia) – Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 217p., 2020.

YARNAL, B. et al. Developments and prospects in synoptic climatology. **International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society**, v. 21, n. 15, p. 1923-1950, 2001.

## ANEXO 1 - Formulário diagnóstico

1. Quais materiais didáticos são utilizados na disciplina de Geografia no campus em que você leciona?

Apostila  Livro didático  Textos (cópias)  Outros

2. Como você avalia o tópico de climatologia dos materiais didáticos utilizados em seu campus

Muito bom  Bom  Satisfatório  Insatisfatório

3. Nos materiais didáticos, você avalia que o tema da climatologia é abordado de forma integrada a outros temas da geografia?

Sim  Não  Parcialmente

4. Nos materiais didáticos, você considera que o tema da climatologia é aplicado de forma consistente à análise geográfica (incorporando suas categorias de análise)?

Sim  Não  Parcialmente

5. Nos materiais didáticos, você considera que o tema da climatologia está atualizado de acordo com as evidências científicas recentes (últimos 5 anos)?

Sim  Não  Parcialmente

6. Nos materiais didáticos, você avalia que o tema da climatologia é abordado de maneira contextualizada à realidade dos discentes?

Sim  Não  Parcialmente

7. Nos materiais didáticos, você avalia que as atividades propostas estão consonantes com o desenvolvimento das habilidades técnicas e criativas dos discentes?

Sim  Não  Parcialmente

8. Você considera pertinente a construção de um material didático (em forma de apostila), sobre o tema de climatologia geográfica, para compor uma apostila de Geografia do IFAL?

Sim  Não

9. Quais os elementos pedagógicos ou técnicos você considera essenciais para compor o material didático sobre o tópico da climatologia geográfica?

**Anexo 2 - material didático para compor apostila de geografia**  
**INSTITUTO FEDERAL DE ALAGOAS - CAMPUS PENEDO**

**DISCIPLINA: GEOGRAFIA/ SUBÁREA: CLIMATOLOGIA**  
**PROFESSOR: LUCAS SUASSUNA DE A. WANDERLEY**

## **1 CLIMATOLOGIA**

Neste capítulo investigaremos o papel do clima na composição e na dinâmica das paisagens terrestres, com foco nos ambientes tropicais. Nosso objetivo é que, ao final do capítulo, possamos compreender a importância do clima no contexto das relações entre a sociedade e a natureza.

O clima é um importante componente das paisagens terrestres, pois é capaz de influenciar a distribuição geográfica e a dinâmica dos seres vivos. Por esta razão, consideramos que os estudos da climatologia são fundamentais para planejarmos as atividades humanas nos ambientes urbanos e rurais. As recentes mudanças climáticas, e seus impactos sobre as comunidades humanas, tornam ainda mais urgentes a nossa compreensão a respeito do sistema climático e de suas interações com o espaço geográfico.

### **1.1 O CLIMA E OS TIPOS DE TEMPO**

Podemos compreender o clima como uma sucessão de vários tipos de tempo ao longo de uma série histórica longa. As características atmosféricas ao longo de vários dias (meses, anos, décadas etc.) sobre determinado local definem o clima. O tempo atmosférico está relacionado a variações ao longo de um único dia, ou de um dia para o outro, nas características físicas da atmosfera. É possível observar, por exemplo, dias quentes, dias frios, úmidos, secos, ensolarados, nublados e chuvosos. Variações na temperatura do ar, na umidade do ar, ou na pressão atmosférica, ao longo do dia, estão relacionadas a mudanças de tempo. Portanto, o correto é afirmar que “hoje o tempo está quente” ou que “hoje o tempo está chuvoso”. Para nos referirmos a um comportamento habitual da atmosfera em determinado local podemos afirmar que “o clima na cidade Piranhas, no estado de Alagoas, é quente e seco com chuvas concentradas nos meses de outono e inverno”.

Os fenômenos climáticos se manifestam na atmosfera terrestre. A atmosfera pode ser entendida como um dos componentes do sistema terrestre, o qual também é constituído pela litosfera (camada rochosa), biosfera (conjunto de seres vivos), hidrosfera (oceanos, mares, lagos, rios) e a criosfera (geleiras). A atmosfera é a camada de gases que envolve o nosso planeta, sendo essencial para sustentar a existência da vida. Os principais gases, em termos percentuais, que compõem a atmosfera são o nitrogênio (78,1%) e o oxigênio (20,9%).

De acordo com as características físicas e químicas, a atmosfera é dividida em cinco camadas distribuídas na seguinte ordem, desde a superfície terrestre até o limite superior: Troposfera, Estratosfera, Mesosfera, Termosfera e Exosfera. A Troposfera, que se estende em média a até 12 Km de altura, é a camada que está em contato direto com a superfície do planeta e é aquela onde ocorrem a maior parte dos fenômenos climáticos que afetam as atividades humanas e, por esta razão, nossos estudos estão concentrados nessa camada.

### **1.2 ELEMENTOS DO CLIMA**

Tanto o clima como o tempo são caracterizados a partir da dinâmica de três elementos básicos: a temperatura do ar, a umidade do ar e a pressão atmosférica. Esses elementos interagem constantemente com os fatores geográficos das paisagens terrestres para originar os tipos de tempo e climas.

Do ponto de vista físico, podemos compreender a temperatura atmosférica como o grau de agitação das moléculas de ar. Quanto maior o grau de agitação das moléculas, maior será a temperatura. Na Troposfera, a temperatura do ar tende a diminuir com o aumento da altitude, pois a atmosfera aquece primeiro nos níveis inferiores, através do calor emitido pela superfície. Podemos mensurar a temperatura do ar utilizando um instrumento chamado de termômetro. Habitualmente é utilizada a medida de temperatura em Graus Celsius (°C).

Na natureza, a energia térmica em transporte é chamada de calor, e este pode ser transferido através de quatro processos básicos: convecção, advecção, condução e irradiação. Todos esses processos são de fundamental importância para a caracterização dos fenômenos atmosféricos.

Na atmosfera, o transporte de calor ocorre principalmente através da convecção, advecção e irradiação. Podemos entender a convecção como o transporte vertical do calor, favorecendo a troca de energia entre os níveis altos e baixos da atmosfera. A advecção corresponde ao transporte horizontal de calor pelas massas de ar que se movimentam sobre a superfície terrestre. A irradiação é a energia que se propaga através de ondas eletromagnéticas, a exemplo da energia proveniente do Sol, capaz de se deslocar no espaço.

A umidade atmosférica corresponde a água disponível na forma de vapor. Frequentemente, a medida utilizada para descrever o teor de vapor de água na atmosfera é a umidade relativa do ar. Diz-se umidade relativa, pois a medida é apresentada em percentual (%), e corresponde à razão entre o volume de vapor de água disponível e a capacidade total de absorção de água na forma de vapor em determinada porção da atmosfera. Uma atmosfera seca terá umidade relativa inferior a 50%, nesse caso, a quantidade de vapor presente na atmosfera corresponde a menos da metade da capacidade total de absorção de vapor de água pela atmosfera. Quando a umidade relativa atinge o patamar de 100% significa que o ar alcançou o ponto de saturação e, a partir de então, qualquer quantidade de vapor de água adicionada à atmosfera irá condensar formando nuvens. Se a saturação do ar ocorrer próxima à superfície terrestre, há potencial para a formação de neblina ou nevoeiros.

Para mensurar a umidade atmosférica, é utilizado um instrumento chamado de higrômetro. A variação da umidade relativa do ar pode estar relacionada a mudanças nos valores de pressão e temperatura, ou ao acréscimo de vapor de água à atmosfera. A temperatura é inversamente proporcional à umidade relativa do ar, isso significa que o aumento da temperatura, em condição de pressão atmosférica constante, ocasiona uma redução da umidade relativa, pois o ar quente possui maior capacidade de absorção de vapor de água, como consequência da expansão térmica. No caso inverso, a redução de temperatura resultará no aumento da umidade relativa do ar. Por esta razão, os nevoeiros ocorrem de maneira mais frequente nos horários mais frios do dia ou nas estações mais frias.

A pressão atmosférica pode ser compreendida como o peso da atmosfera sobre determinado local na superfície terrestre. Para a mensuração da pressão atmosférica é utilizado o instrumento barômetro. Habitualmente, nas cartas sinóticas ou boletins meteorológicos é utilizada a unidade de medida Hectopascal (hPa). A

pressão será tanto maior quanto menor for a temperatura e a umidade relativa do ar, pois o ar frio e seco é o mais denso. Por outro lado, o ar quente e úmido é menos denso e tende a estar relacionado a áreas de menor pressão atmosférica. O ar úmido é mais leve em decorrência da abundância de vapor de água em sua composição, já que as moléculas de água são bastante leves por apresentarem dois átomos de hidrogênio (H<sub>2</sub>O), elemento com menor massa atômica.

A diferença de pressão atmosférica gera movimentação do ar. O deslocamento do ar atmosférico é conhecido como vento, e sopra das áreas de alta para as de baixa pressão atmosférica.

Nas áreas onde predominam condições atmosféricas quentes e úmidas, e de baixa pressão atmosférica, o ar tende a ter movimento ascendente a partir da superfície. As áreas de baixa pressão são atratoras de ventos, com convergências das correntes atmosféricas, e são conhecidas como centros ciclônicos. A subida do ar quente e úmido que converge em superfície ocasiona resfriamento da parcela de ar que sobe com o aumento da altitude, gerando condensação do vapor em microgotículas de água ou cristais de gelo. Essas microgotículas e cristais de gelo formam as nuvens, que podem ocasionar precipitação atmosférica em forma de chuva, neve ou granizo. Então, é possível constatar que áreas ou centros de baixas pressões são instáveis, ou seja, apresentam potencial para a ocorrência de fenômenos atmosféricos como tempestades, chuva, granizo, raios, tornados, etc.

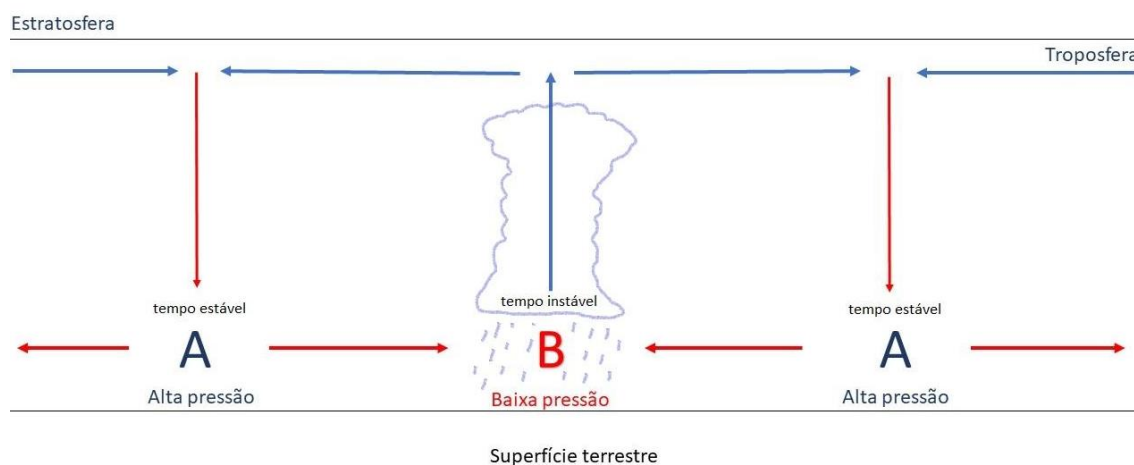
Já os centros de altas pressões são dispersores de ventos, e são chamados de anticiclones. Sobre os centros anticiclônicos, o ar frio e seco (e bastante denso), em altitudes elevadas, apresenta movimento descendente (de cima para baixo). Esse movimento do ar desfavorece a formação de nuvens produtoras de precipitação, pois à medida que se aproxima da superfície terrestre o ar frio e seco é aquecido e se torna quente e úmido. Durante um dia que haja condições atmosféricas anticiclônicas, são esperados tipos de tempo estáveis, ou seja, sem ocorrência de precipitação.

Os centros de altas e baixas pressões conectam a circulação do ar na atmosfera e representam as áreas de origem dos tipos de tempo. Os ventos saem dos centros dispersores de ar (anticiclones) e se dirigem para os centros de convergência de ar (ciclones).

A Figura 1 apresenta um esquema de circulação em que são representados o sentido do deslocamento do ar em superfície e em altitude na Troposfera. Podemos observar a circulação dos ventos em superfície que saem dos centros de altas pressões em direção aos centros de baixas pressões. Além disso, há o indicativo de que os centros de baixas pressões são associados a tipos de tempo instáveis e os de altas pressões se relacionam a tipos de tempo estáveis.

A movimentação vertical e horizontal do ar forma células de circulação atmosféricas conectadas entre si. O ar que ascende nos centros de baixa pressão resfria ao ganhar altitude e favorece a condensação do vapor de água, possibilitando a formação de nuvens e de precipitação. No limite superior da Troposfera, o ar que subiu a partir do centro de baixa pressão, agora frio e seco após ter descarregado maior parte do teor de umidade, diverge em altitude. Ao deslocar-se em altitude o ar se torna cada vez mais frio e seco, e tende a adquirir movimento descendente por conta de sua elevada densidade. O movimento descendente do ar está relacionado à formação dos centros anticiclônicos em superfície, e ao aquecimento da parcela de ar que desce. Nas áreas de altas pressões o tempo tende a ser estável, e a formação de nuvens de chuva é dificultada pelo movimento descendente do ar.

**Figura 1** - esquema de circulação atmosférica entre os centros de alta e baixa pressão.



Fonte: organizado pelo autor.

### 1.2.1 Monitoramento climático

Os elementos climáticos, e os fenômenos resultantes de sua interação (como a precipitação e o vento), podem ser monitorados a partir do uso de estações meteorológicas. Hoje há uma grande variedade de instrumentos e estações. Normalmente, os elementos básicos que compõem uma estação são o pluviômetro (medição de volume de chuva precipitada), barômetro (para monitorar a pressão atmosférica), higrômetro (para monitorar de umidade relativa do ar), anemômetro (para monitorar a velocidade do vento) e a biruta (monitorar a direção do vento).

Esses dados são organizados em planilhas eletrônicas e podem ser utilizados para construção de representações gráficas ou mapas que sirvam para a descrição das características e monitoramento do clima. Os dados podem ser utilizados para o planejamento das atividades humanas como na agricultura ou em áreas urbanas.

No que se refere às atividades agrícolas, os dados climáticos podem ser empregados no uso racional da água. Nos sistemas agrícolas, as necessidades de água das plantas podem ser calculadas considerando a quantidade de água que precipita na forma de chuva e quantidade de água que é perdida por evaporação. Se houver maior evaporação do que chuva, há necessidade de irrigar os cultivos para que a produção não seja prejudicada. O volume de água que evapora está diretamente relacionado à temperatura atmosférica e a velocidade do vento, e inversamente relacionado aos valores de umidade relativa do ar. Portanto, tipos de tempo quentes, com ventos fortes e baixa umidade relativa do ar são os que ocasionam maiores valores de evaporação. Vários dias seguidos com essas condições atmosféricas podem elevar a necessidade de irrigação. Em ambientes secos, onde há grande deficiência de água ao longo do ano, podem ser adotadas estratégias de convivência com as características climáticas como a utilização de plantas e animais adaptados à escassez de água, construção de poços, etc.

Destaca-se que a melhor estratégia de adaptação dos sistemas agrícolas às diversas paisagens deve considerar o monitoramento climáticos e sua interação com as demais características ambientais como tipos de solo, geologia, vegetação nativa,

Nas cidades, a intenção do clima com ambiente urbano, por vezes, é problemática. Nas cidades tropicais, o excesso ou a falta de chuvas estão relacionados aos principais problemas urbanos que se relacionam ao sistema

climático. Grandes eventos de chuvas podem ocasionar alagamentos, inundações e deslizamentos de encostas (chamadas popularmente de barreiras). Por outro lado, períodos prolongados de estiagem podem prejudicar o abastecimento hídrico dos centros urbanos que dependem da água superficial (barragens, rios ou lagos). Além dos eventos de chuvas intensas, ondas de calor ou de frio podem impactar negativamente a vida das pessoas que vivem em centros urbanos. Portanto, o monitoramento dos dados climáticos torna-se essencial para planejar ações de redução de impactos ou para mitigar problemas.

O monitoramento dos dados climáticos pode ser utilizado na gestão de riscos. A noção de gestão de riscos considera que, além do monitoramento, deve haver uma preparação para eventos climáticos recorrentes como secas e chuvas intensas. A partir de então, é possível alertar a população e treiná-la para que tenha poder de reação diante dos desastres naturais. No Brasil, o Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (Cemaden), vinculado ao Ministério da Ciência Tecnologia e Inovação (MCTI), é responsável por prevenir e gerenciar a ação governamental diante da ocorrência de desastres naturais. A página virtual do Cemaden pode ser acessada pelo seguinte endereço: [Cemaden – Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais](#)

Entre os projetos desenvolvidos pelo Cemaden, destaca-se o "pluviômetros nas comunidades", o qual apresenta objetivo de introduzir a cultura da percepção de risco e fortalecer as comunidades para enfrentar eventos climáticos adversos. O projeto distribuiu mais de mil pluviômetros em comunidades, priorizando áreas de risco, espalhadas pelo território brasileiro, aumentando a rede de monitoramento de eventos de chuva. Desse modo, a população pode obter informações sobre os volumes de chuva precipitados e avaliar os riscos de inundação ou deslizamento de terra, por exemplo.

Outro projeto bastante interessante é o "Seca-Wiki", o qual consiste em uma plataforma de coleta e envio de dados agrícolas em aplicativo de celular. O principal objetivo é alimentar um sistema de monitoramento de risco de colapso agrícola no semiárido brasileiro. Agricultores e técnicos agrícolas podem atualizar as informações sobre as secas agrícolas com imagens e outras informações sobre as práticas de cultivo e uso da terra. Essa iniciativa contribui para aumentar o nível de detalhe no monitoramento das secas.

A partir dos exemplos apresentados, podemos concluir que o monitoramento dos dados climáticos é importante para a organização das diversas atividades humanas. O conhecimento sobre a dinâmica dos elementos climáticos pode ajudar na tomada de decisões a nível de gestão comunitária ou até individual do risco, diante da ocorrência dos eventos naturais adversos.

### **Proposta de atividade 1 - monitoramento pluviométrico**

Diante da importância do monitoramento de dados climáticos, podemos construir um pluviômetro alternativo de baixo custo para monitoramento dos volumes de chuva. O processo de construção do pluviômetro é muito simples. Para isso, vamos precisar de duas garrafas PET, tesoura, um cabo ou estaca de apoio, e uma braçadeira para fixação do pluviômetro na estaca.

O pluviômetro será montado a partir do encaixe da parte superior de uma das garrafas, na base da outra, de modo que funcione como um funil de captação de

água. A boca de coleta do pluviômetro alternativo deve ficar a 1,5 m de altura em relação ao nível do solo.

A ideia do pluviômetro consiste em calcular o volume de água precipitado por área. Utilizamos como unidade de medida milímetros (mm) de chuva, considerando que 1 mm corresponde a 1L de chuva precipitada por m<sup>2</sup>. Para obtermos o volume em mm precisamos coletar o volume de água em ml com uso de uma proveta graduada a fazer a conversão do valor para mm. Para isso pode ser utilizada a seguinte equação:

$$P = 10 * V/A$$

Em que “P” representa a altura da precipitação em milímetros, “V” equivale ao volume de água captado em cm<sup>3</sup> e “A” é a área de captação do pluviômetro considerado em cm<sup>2</sup>.

O pluviômetro deve ser instalado de modo a respeitar uma distância mínima de obstáculos que possam interferir na leitura dos dados. Essa distância deve corresponder ao dobro da altura de qualquer obstáculo como casas, postes e árvores.

Os dados coletados podem ser organizados em uma planilha eletrônica e apresentados no formato de gráficos.

### 1.3 FATORES GEOGRÁFICOS DO CLIMA

Podemos compreender os fatores geográficos do clima como as características da superfície terrestre que influenciam o comportamento do clima em escala local, regional ou global. Nesse sentido, considera-se que os componentes bióticos e abióticos das paisagens interagem com a atmosfera e são capazes de influenciar a dinâmica dos elementos climáticos.

#### 1.3.1. Latitude

Entre os fatores climáticos que operam em escala global, destaca-se a latitude. A curvatura da superfície terrestre favorece uma distribuição desigual da energia que chega à superfície do planeta. Nas baixas latitudes (zonas próximas ao equador), há um excedente energético, enquanto que nas altas latitudes (zonas próximas aos polos) há déficit. Ao longo da linha equatorial, os raios solares atingem perpendicularmente a superfície terrestre, ou seja, formando ângulos de 90°. Esse fato favorece um aquecimento mais eficiente da superfície e, por esta razão, as áreas tropicais (localizadas entre os trópicos de Câncer e Capricórnio), de baixas latitudes, apresentam predomínio de climas quentes ou megatérmicos. À medida que a latitude aumenta ou com o deslocamento em direção aos pólos, a inclinação com que os raios solares atingem a superfície terrestre torna-se maior. Como consequência, o aquecimento da superfície terrestre é menos eficiente quanto maior for a latitude. Por este motivo, as regiões polares tendem a apresentar os climas mais frios do planeta.

De acordo com a distribuição de energia na atmosfera, podem ser estabelecidas zonas climáticas latitudinais. A zona Tropical possui extensão entre os

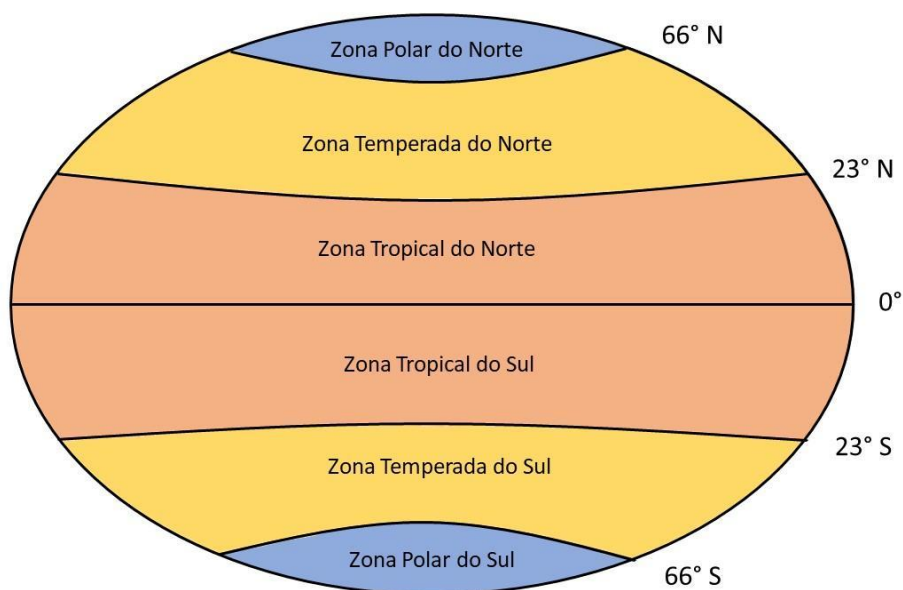
trópicos (23°N e 23°S), e representa o domínio dos climas quentes ou megatérmicos. Nos climas tropicais ocorre pouca variação anual da temperatura, que é elevada ao longo de todas as estações.

As zonas temperadas do Norte e do Sul ocorrem entre os trópicos e os círculos polares (23° N/S e 66°N/S), e apresentam predomínio de climas temperados ou mesotérmicos. Os climas temperados são marcados por uma expressiva variação de temperatura ao longo do ano, com invernos frios e verões quentes ou amenos.

As zonas polares do norte e do sul limitam-se pelos círculos polares Ártico e Antártico, respectivamente. Esses paralelos possuem aproximadamente 66°N/S de latitude e marcam a entrada no domínio dos climas polares ou microtérmicos. Nessas zonas climáticas predominam condições de baixas temperaturas ao longo de todo o ano, com intensificação do frio durante o inverno. A zona Polar do Sul, em decorrência de outros fatores geográficos, como as correntes marítimas, apresenta os climas mais gelados da Terra sobre o continente antártico.

As informações apresentadas nos permitem afirmar que a latitude é um dos fatores climáticos globais mais importantes para o zoneamento climático. Na Figura 2, é apresentado um modelo das zonas climáticas do planeta de acordo com as faixas latitudinais.

**Figura 2** - esquema das zonas climáticas do planeta Terra.



Fonte: autor

### 1.3.1.1. As zonas climáticas latitudinais e a circulação geral da atmosfera

Uma consequência da distribuição desigual de energia na superfície do planeta é o estabelecimento de centros de baixas e altas pressões que induzem uma circulação global dos ventos. Essa circulação atmosférica corresponde ao transporte de calor entre o equador, mais aquecido, e as regiões de baixa latitude, mais frias.

Para compreendermos como ocorre a conexão entre as zonas climáticas do planeta vamos partir do equador terrestre. Ao longo do Equador, estamos na faixa latitudinal que recebe maior quantidade de energia no topo da atmosfera. Nessa zona climática há elevada disponibilidade de energia na atmosfera e nos oceanos,

esse fato contribui para a existência de um grande volume de vapor de água na Troposfera ao longo do Equador. A combinação do calor com a umidade contribui para que a atmosfera equatorial seja bastante instável, com chuvas abundantes ao longo do ano. O ar quente e úmido forma um cinturão de baixas pressões que circunda o planeta nas proximidades da linha equatorial. Esta zona de baixas pressões funciona como uma grande linha de convergência de ventos, que se encontram ao longo dos centros de baixas pressões e ascendem na atmosfera, gerando instabilidade e formação de grandes nuvens de chuva. Por este motivo, encontramos ao longo da faixa equatorial biomas de florestas higrófilas como a Amazônia.

Esse cinturão equatorial de baixas pressões é conhecido como Zona de Convergência Intertropical (ZCIT). Para a baixa pressão equatorial, se dirigem os ventos alísios de sentido nordeste (originários do Hemisfério Norte) e de sentido sudeste (originados do hemisfério sul). Esses ventos se deslocam próximos à superfície e transportam a umidade oceânica absorvida em seu percurso. A ZCIT está posicionada na região mais aquecida dos oceanos, migrando entre os trópicos ao longo das estações do ano, à medida que a temperatura da água do mar varia entre o verão e o inverno. A migração da ZCIT é o principal condicionante de distribuição das chuvas ao longo da zona tropical do planeta Terra.

O ar que ascende na ZCIT diverge em altitude, nos limites superiores da Troposfera e se torna frio e seco. À medida que se deslocam em altitude esses ventos que se dirigem para ambos os hemisférios terrestres são chamados de contra-alísios. Por conta de sua elevada densidade, essas correntes frias e secas dos contra-alísios acabam por adquirir movimento descendente. O movimento de cima para baixo na atmosfera ocorre ao longo das linhas tropicais do planeta (aproximadamente nos paralelos de 30° N e S), nesse processo o ar que se aproxima da superfície terrestre é aquecido, atingindo essa faixa latitudinal seco e quente. Essas massas de secas e quentes estão associadas a grandes centros de altas pressões que dificultam a formação de chuva e contribuem para a predominância de tipos de tempo estáveis. Por esta razão, os grandes desertos do planeta, como o Saara, o deserto da Arábia, Atacama, Outback australiano, Kalahari, etc, ocorrem ao longo dos trópicos. Os ventos secos que atingem a superfície terrestre ao longo dos trópicos, divergem em superfície e, parte deles segue em direção ao equador, dando origem aos ventos alísios, enquanto outra parte segue para as latitudes médias, originando os ventos de oeste.

A célula de circulação atmosférica que conecta o equador aos trópicos é chamada de célula de Hadley. Como consequência da existência de baixas pressões equatoriais e altas pressões tropicais, encontraremos uma graduação climática entre o equador úmido e os trópicos secos.

Sobre os polos norte e sul, o ar frio, seco e muito denso apresenta um movimento descendente, formando centros de altas pressões polares, os quais são fonte do ar gelado das elevadas latitudes. Em superfície, esse ar diverge formando os ventos polares de leste que seguem em direção às médias latitudes. Os ventos polares se chocam com os ventos de oeste que possuem origem nos anticiclones tropicais ou subtropicais.

O encontro dos ventos originários nos polos com aqueles com origem nos trópicos ocorre ao longo das latitudes de 60° N e S. Essas áreas são caracterizadas por apresentarem atmosfera instável, onde acontece a formação de frentes, ou seja, zonas de contato entre o ar polar e o ar tropical. A convergência de ar próxima à superfície força o ar a subir, o que desencadeia a formação de nuvens e precipitação

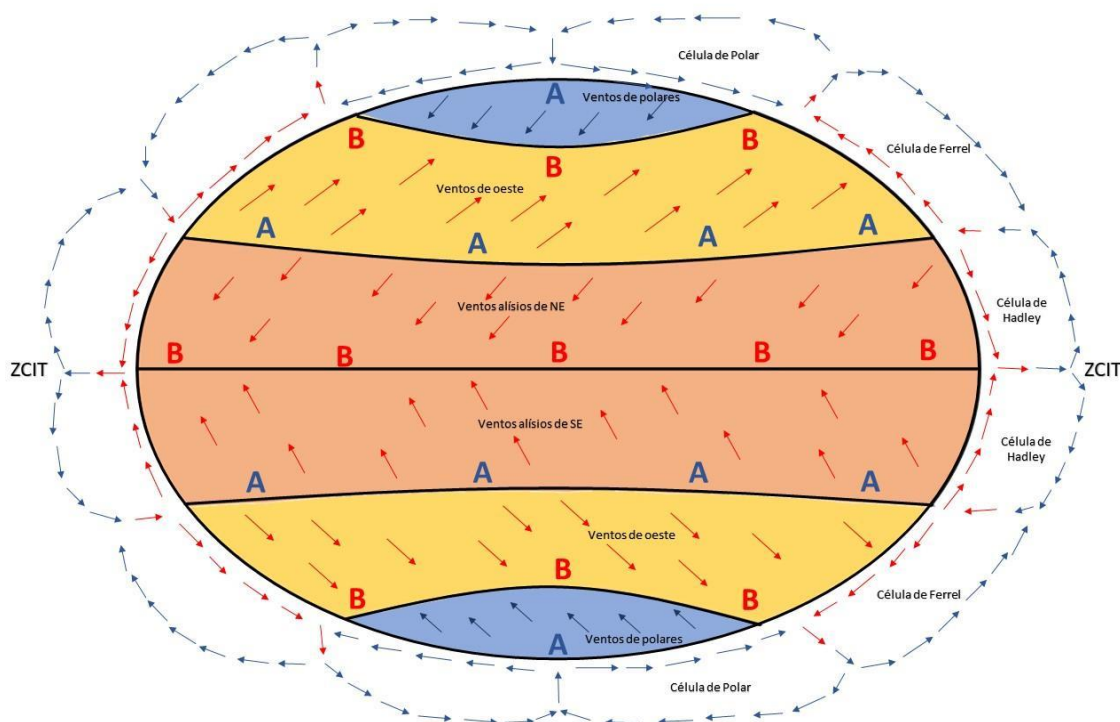
(que nessas latitudes pode ocorrer em forma de chuva ou neve). Em altitude, o ar que converge em superfície em 60° de latitude, diverge e se desloca, em parte, para os polos, e em parte para as médias latitudes.

O fluxo de ar que segue para os polos em altitude é frio e seco, e tende a adquirir movimento descendente nas regiões polares, fechando a célula de circulação em latitudes altas, chamada de célula Polar. Os ventos que seguem em altitude em direção às latitudes médias, também frios e secos, tendem a descer sobre os trópicos, intensificando a subsidência (descida) do ar sobre os 30° de latitude. A célula de circulação que conecta as latitudes de 60° aos trópicos é chamada de célula de Ferrel (das médias latitudes).

É importante enfatizarmos que a circulação atmosférica global caracteriza a dinâmica dos climas zonais (de cada faixa latitudinal) do planeta. Além disso, essa dinâmica está intimamente ligada à distribuição geográfica das espécies de animais e vegetais, bem como às características das paisagens como tipos de solo e modelado do relevo.

Na Figura 3 podemos observar o esquema geral de circulação da atmosfera terrestre. Estão representadas as baixas pressões equatoriais, área preferencial de influência da ZCIT, as altas pressões tropicais, onde predominam tipos de tempo estáveis e circulação anticiclônica. A baixa equatorial e as altas pressões tropicais conectam a célula de circulação intertropical, conhecida como célula de Hadley. São observadas também as células de circulação de médias latitudes ou temperadas, onde interage o ar de origem polar e o ar de origem tropical, e as células polares, caracterizadas pela atuação do ar frio e seco dos polos terrestres.

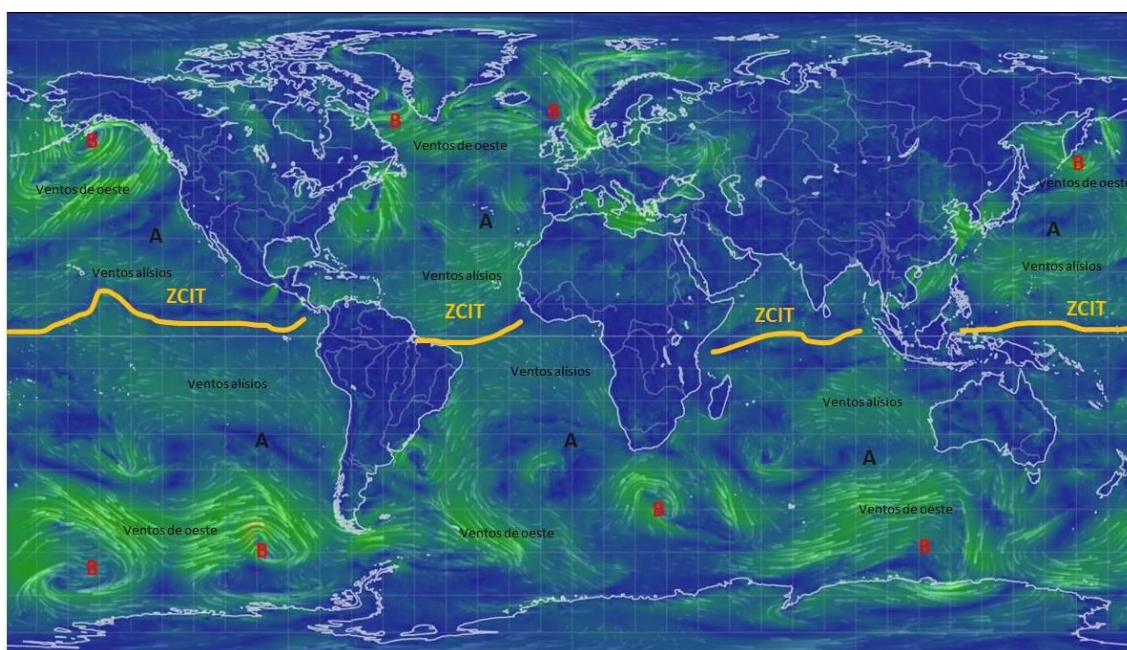
**Figura 3** - esquema de circulação geral da atmosfera.



Fonte: organizado pelo autor. Legenda - A: alta pressão atmosférica, B: baixa pressão atmosférica e ZCIT: Zona de Convergência Intertropical.

Uma dica de página na *web* onde pode ser analisado um modelo de circulação atmosférica global é o earth null school net ([earth :: a global map of wind, weather, and ocean conditions \(nullschool.net\)](http://earth.nullschool.net)). Na Figura 4 podemos observar o modelo de circulação de ventos próxima à superfície da referida página *web*, com indicativo da localização da ZCIT, dos ventos alísios, altas pressões subtropicais, ventos de oeste e baixas pressões subpolares.

**Figura 4** - modelo de circulação dos ventos na superfície terrestre para o dia 29/11/2021 às 23:00h (horário de Brasília).



Legenda: ZCIT - Zona de Convergência Intertropical, A = alta pressão e B = baixa pressão. Fonte: earth null school net (2021).

### Ventos de escala local

Centros de altas e baixas pressões atmosféricas podem ser estabelecidos na escala das zonas climáticas latitudinais, formando centros ciclônicos e anticiclônicos regionais, ou em escalas locais. Os grandes centros de altas ou baixas pressões regionais produzem ventos que se deslocam entre os trópicos e o equador (alísios), entre os trópicos e os círculos polares (ventos de oeste), e nas regiões polares (ventos polares).

Na escala local, os ventos mais conhecidos são as brisas. Elas se formam por conta das diferenças de pressão atmosféricas locais que se estabelecem, por exemplo, entre o oceano e o continente, ou entre uma montanha e um vale.

Para compreendermos a dinâmica das brisas que se estabelecem entre o oceano e o continente, é preciso saber que a água é um importante regulador de temperatura na natureza, pois é necessária uma grande quantidade de calor para elevar a sua temperatura. Isso faz com que regiões úmidas (com bastante vapor de água na atmosfera), ou próximas ao oceano, tenham menores variações de temperatura. Ao contrário do que ocorre com água, que conserva a temperatura, a superfície continental aquece e perde calor de forma mais rápida.

Durante o dia, o rápido aquecimento do continente favorece a formação de uma baixa pressão sobre a terra, e sobre o oceano, menos quente, estabelece-se uma alta pressão. Esse gradiente de pressão produz ventos locais que se deslocam do oceano para o continente, originando a brisa oceânica ou marítima. À noite, o continente resfria-se rapidamente enquanto o oceano conserva maior quantidade de calor, invertendo-se as áreas de mais baixas e altas pressões atmosféricas que haviam se estabelecido durante o dia. No horário noturno, a baixa pressão sobre o oceano favorece o deslocamento dos ventos do continente para o oceano, originando a brisa terrestre.

No caso das brisas entre vales e montanhas, a dinâmica desses ventos locais se estabelece por diferenças de aquecimento da superfície terrestre. Encostas de montanhas expostas a uma radiação solar mais intensa, podem aquecer de maneira mais rápida ao longo do dia do que as regiões de vales. Esse efeito cria uma pressão mais baixa sobre as encostas, favorecendo o deslocamento de brisa de vale em direção às montanhas. À noite, as encostas de montanhas perdem calor mais rapidamente do que os vales, originando uma brisa de montanha que se desloca em direção aos vales.

Esses ventos locais são importantes para a caracterização climática em escala de detalhe. O efeito das brisas pode modelar os horários mais ou menos favoráveis à ocorrência de chuvas, além da evidente mudança no sentido dos ventos e das variações de temperatura.

### **1.3.2 Altitude**

A altitude é a distância vertical de determinado ponto da superfície terrestre em relação ao nível do mar. Trata-se de um fator climático que influencia a variação dos valores da pressão atmosférica e da temperatura. Há uma relação inversa entre a altitude e esses elementos climáticos, portanto, locais mais elevados tendem a apresentar menores médias de pressão atmosférica e umidade relativa do ar. Em altitudes elevadas, o ar é rarefeito, ou pouco denso, e os climas são amenos ou frios. A gravidade terrestre concentra a maior massa atmosférica nos níveis mais baixos, onde o ar é mais denso. Em níveis mais elevados, a massa atmosférica e a densidade são menores, por este motivo, dizemos que o ar é rarefeito em altitude.

Mesmo em baixas latitudes é possível encontrar climas frios nas altas montanhas como na cordilheira dos Andes ou no topo do monte Kilimanjaro, no continente africano. Nesses exemplos, o fator altitude se sobrepõe à latitude para a determinação do regime térmico. Áreas elevadas localizadas em zonas temperadas e polares tendem a apresentar climas ainda mais frios. À medida que a latitude aumenta, a altitude onde são formadas as galerias permanentes nas paisagens diminui. A altitude definida para a qual ocorrem geleiras nas elevações do relevo é chamada de linha de neve, e está situada a 5000 m de altitude na região equatorial até o nível do mar nas regiões polares.

Por outro lado, regiões com baixa altitude tendem a apresentar temperaturas mais elevadas do que aquelas áreas altas que estão numa mesma zona climática. O aquecimento da atmosfera é maior em baixas altitudes, a partir do calor emitido pela superfície terrestre, e da maior pressão atmosférica próxima ao nível do mar.

A altitude é um importante fator geográfico do clima, que pode determinar os regimes térmicos em escala local ou regional. As informações apresentadas

permitem avaliar que a depender do valor da altitude, os tipos climáticos podem ser mais quentes ou mais frios.

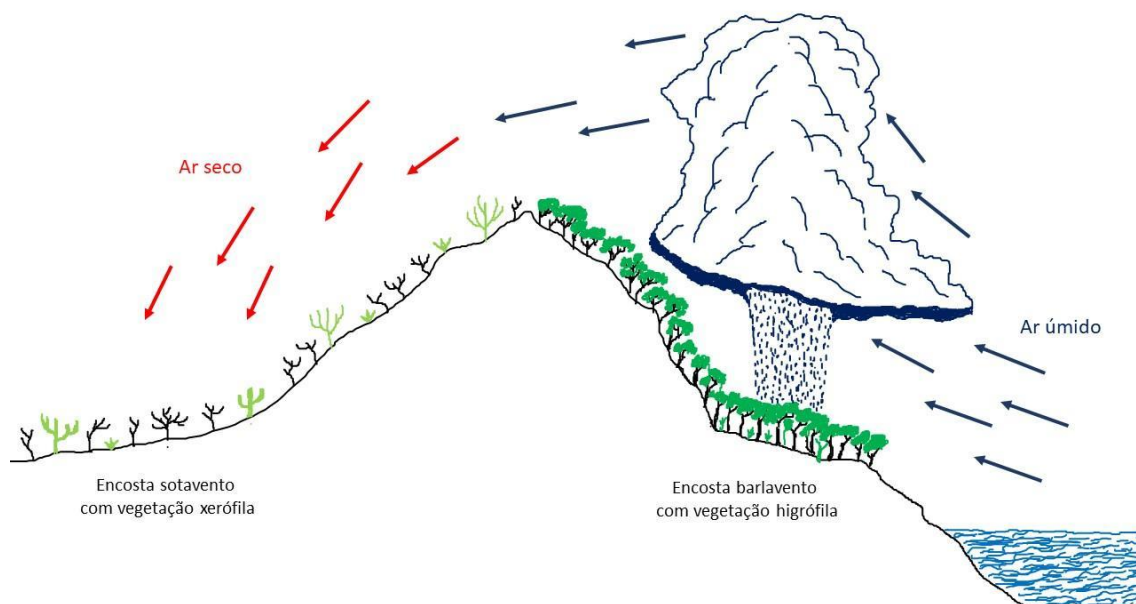
### 1.3.3 Relevo

O relevo pode ser compreendido como as formas que se apresentam na superfície da Terra. As feições de relevo são estruturadas por forças tectônicas (endógenas) e modeladas pela ação do clima e dos seres vivos (forças exógenas). A maneira como o relevo se apresenta nas paisagens pode barrar massas de ar ou favorecer o seu deslocamento sobre vastas extensões.

Cadeias de montanhas, serras e chapadas podem barrar os ventos concentrando a umidade na encosta orientada na direção dos oceanos e diminuir a umidade na encosta oposta, com face orientada para o continente. As encostas úmidas de montanhas são chamadas de barlavento, enquanto as encostas secas de sotavento. Ao ser barrada pelo relevo, uma massa de ar úmida com origem oceânica é forçada a ascender rapidamente na atmosfera, esse processo leva ao resfriamento da parcela de ar e à condensação do vapor de água. Logo, encostas orientadas para os oceanos, à barlavento, tendem a apresentar climas mais úmidos e atmosfera mais instável. Após ter descarregado sua umidade, o ar atravessa para a outra encosta do relevo frio e seco. A sotavento, o ar adquire movimento subsidente (de cima para baixo), como consequência de sua elevada densidade, e essa circulação desfavorece a formação de nuvens de chuva, produzindo condições de tempo mais estáveis.

Na figura 5 podemos observar o modelo de circulação atmosférica que se estabelece entre encostas a sotavento e barlavento do relevo. No barlavento, notamos a presença de uma nuvem de chuva formada a partir da ascensão do ar úmido quando encontra a barreira orográfica, e verificamos o estabelecimento de paisagens úmidas, associadas a uma cobertura vegetal higrófila (adaptada a ambientes úmidos). No sotavento, há o estabelecimento de paisagens secas associadas a uma vegetação xerófila (adaptada à deficiência hídrica do ambiente). No lado seco do relevo o ar apresenta movimento descendente e dificulta a formação de chuva. Por este motivo, áreas a sotavento de relevos proeminentes são chamadas de “sombras de chuva”.

**Figura 5** - esquema de circulação de vertentes barlavento e sotavento.



Fonte: autor

Quanto mais elevada a feição do relevo, maior será o efeito orográfico sobre a circulação atmosférica local ou regional. Algumas cordilheiras de montanhas como os Andes, que se estendem latitudinalmente no oeste da América do Sul, influenciam a circulação das massas de ar sobre o continente, com repercussões nos regimes pluviométricos (de chuva) continentais. Apesar dos relevos mais elevados atuarem como barreiras mais poderosas, estudos recentes mostraram que mesmo topografias modestas (a partir dos 100 m) são capazes de influenciar a circulação dos ventos em escala local.

Por outro lado, vastas regiões de planícies e depressões em baixa altitude favorecem o deslocamento das massas de ar. Esse fenômeno é observado no interior do Brasil, quando a massa equatorial úmida da floresta Amazônica se expande sobre grandes áreas do território nacional no verão, ou quando a massa de ar polar avança até latitudes mais baixas provocando a “friagem” ao sul da floresta amazônica.

Diante dos exemplos, podemos reforçar que o relevo é capaz de influenciar a dinâmica climática, influenciando os padrões espaciais de precipitação, temperatura e umidade.

### 1.3.4 Continentalidade e Maritimidade

A atmosfera interage constantemente com as superfícies oceânicas e continentais do planeta. Nas regiões costeiras, o efeito do oceano sobre a atmosfera é mais pronunciado. A grande quantidade de vapor de água presente na atmosfera de áreas litorâneas, principalmente aquelas banhadas por oceanos quentes, torna o clima mais ameno, ou seja, com menor variação de temperatura. A água é um importante regulador térmico na natureza, pois como possui um elevado calor específico tende a conservar a temperatura. Por este motivo, climas costeiros tendem a apresentar menores variações de temperatura e elevados valores de umidade relativa do ar. Dizemos então que os climas litorâneos recebem mais influência da maritimidade.

No interior dos continentes, a disponibilidade de água na atmosfera tende a ser menor como consequência da grande distância dos oceanos. Na atmosfera seca, a variação ou amplitude térmica tende a ser maior, ou seja, as temperaturas máximas são bastante elevadas e mínimas podem ser muito baixas. Além disso, diferente da água, a terra apresenta baixo calor específico, ou seja, ganha e perde calor com maior rapidez. Nesse sentido, as grandes massas continentais absorvem calor rapidamente durante o dia e perdem rapidamente durante a noite. Podemos afirmar, portanto, que no interior dos continentes, mais secos e com grande variação de temperatura, as características climáticas são influenciadas pela continentalidade.

De maneira resumida, consideramos que a maritimidade se refere a um conjunto de características atmosféricas proporcionadas pela proximidade do oceano, e a continentalidade está relacionada àquelas características climáticas resultantes da interação das superfícies continentais com a atmosfera. Climas marítimos tendem a apresentar menor variação de temperatura e da umidade relativa do ar, já os climas continentais apresentam maior amplitude térmica e maiores variações nos teores de umidade atmosférica.

### **1.3.5 Correntes marítimas**

Podemos compreender as correntes marítimas como grandes massas de água que se deslocam nos oceanos. O movimento das correntes marítimas, assim como o do ar atmosférico, é originado por diferenças de densidade e é influenciado pela rotação do planeta e pelos ventos. No caso dos oceanos, a temperatura e a salinidade determinam distinções de densidade entre as massas de água.

As correntes marítimas possuem um papel fundamental na dinâmica climática do planeta Terra, pois ajudam a distribuir o calor entre a região equatorial e os pólos. Aquelas que possuem origem nas regiões polares são correntes marítimas frias, e aquelas com origem em baixas latitudes são correntes quentes.

O efeito das correntes frias e quentes sobre a dinâmica climática é distinto. As correntes quentes que banham os litorais dos continentes favorecem a ocorrência de climas quentes e úmidos. Parte do calor transportado pelas correntes quentes favorece o aquecimento da atmosfera e promove evaporação intensa nos oceanos mais aquecidos. A grande disponibilidade de vapor de água e o calor estão relacionados à predominância de tipos de tempo instáveis, condizentes com elevados níveis de precipitação. As correntes marítimas frias possuem efeito inverso, produzem climas secos. De maneira geral, a ressurgência de águas frias em regiões costeiras está relacionada a condições atmosféricas anticiclônicas e estáveis. Nesses litorais banhados por águas oceânicas frias, há pouca disponibilidade de vapor de água na atmosfera e as paisagens tendem a ser desérticas. O deserto da Namíbia, no noroeste da África, e o deserto do Atacama, no oeste da América do Sul, são exemplos de desertos costeiros com origem relacionada à presença das correntes marítimas frias de Benguela e Humboldt, respectivamente.

Diante dos exemplos, podemos concluir que as correntes marítimas são fatores essenciais para a compreensão da dinâmica climática, pois estão diretamente relacionadas aos padrões de temperatura, umidade e precipitação atmosférica.

### **1.3.6 Seres vivos**

A interação dos seres vivos com a atmosfera ocorre a partir de suas atividades metabólicas (como a transpiração) ou como resultado da transformação da cobertura da terra, contribuindo com o incremento de gases como o vapor de água, o metano (CH<sub>4</sub>) e o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), ou com mudanças no balanço da radiação das paisagens.

Considera-se que a conservação dos ecossistemas, como os de florestas, são de grande importância para manutenção do equilíbrio climático local, regional e até global. Distintas coberturas da terra geram respostas variadas para o sistema climático. Áreas de solo exposto ou cobertas por geleiras apresentam valores mais elevados de albedo (índice de reflectância), ou seja, são capazes de refletir grande parte da radiação que atinge a superfície. Já as paisagens de florestas tendem a absorver mais energia, a qual é utilizada no metabolismo dos vegetais no processo de fotossíntese. Grandes florestas, como as equatoriais úmidas, a exemplo da Amazônia (no norte da América do Sul) e da floresta do Congo (África equatorial), também possuem um importante papel na manutenção da umidade e dos ciclos de chuvas nos trópicos continentais. A grande taxa de evapotranspiração dessas florestas contribui para a manutenção da umidade atmosférica.

Portanto, mudanças de cobertura de terra tendem a impactar o balanço de energia na atmosfera e, conseqüentemente, o equilíbrio do sistema climático. Nesse contexto, o ser humano possui destaque, pois, entre os seres vivos, é a espécie com maior poder de transformação dos recursos naturais, e com maior capacidade de modificação da cobertura da terra das paisagens planetárias. Ao longo de sua história no planeta, o ser humano substituiu florestas e outros ecossistemas por pastagens, áreas agrícolas e cidades. Suas atividades econômicas e seu elevado consumo dos recursos naturais gera grande quantidade de resíduos no ambiente, entre os quais podemos destacar os gases do efeito estufa, que contribuem para o aumento da temperatura global.

### **1.3.7 Centros de ação climáticos e as massas de ar**

Os tipos de tempo que podemos observar na atmosfera apresentam origem nos centros de ação climáticos, os quais correspondem aos centros ciclônicos, anticiclônicos e às frentes. Os centros ciclônicos, de baixa pressão atmosférica, estão habitualmente relacionados a tipos de tempo instáveis, já os centros anticiclônicos representam áreas de altas pressões atmosféricas que produzem tipos de tempo estáveis. As frentes correspondem a zonas de contato entre massas de ar com diferentes valores de temperatura e teores de umidade. Nessas zonas de contato entre tipos de ar atmosféricos frios e quentes predomina a instabilidade atmosférica. As regiões subpolares e as médias latitudes são as preferenciais para a formação de frentes, pois nelas ocorre o contato frequente entre o ar tropical (da célula de circulação de Hadley) e o ar polar (da célula de circulação polar).

Os centros de ação são considerados áreas fontes, ou de origem, das massas de ar, pois neles ocorre a formação do ar equatorial, tropical e polar. As massas de ar correspondem a grandes porções da atmosfera, na ordem de centenas ou milhares de quilômetros, onde ocorrem condições de tempo relativamente homogêneas. Em áreas influenciadas por uma mesma massa de ar, são esperadas condições atmosféricas similares em termos de temperatura, umidade relativa do ar, direção e velocidade dos ventos.

As massas de ar surgem em áreas de influência dos principais centros de ação do planeta Terra como as baixas pressões equatoriais, os anticiclones

subtropicais, as baixas pressões subpolares e os anticiclones polares. Elas podem ser classificadas de acordo com a origem em equatoriais (E), tropicais (T) ou polares (P). De acordo com a área fonte, se ocorre sobre os oceanos e continentes, também podem ser classificadas em marítimas (m) ou continentais (c). Uma determinada massa de ar pode ser modificada à medida que se desloca sobre uma superfície continental ou oceânica. Como exemplo, uma massa originalmente seca que se desloca sobre o oceano tende a adquirir umidade e modificar suas características originais. De maneira similar, uma massa fria que se desloca para baixas latitudes tende a adquirir calor e ter suas características alteradas.

As massas de equatoriais marítimas (Em) têm origem nas zonas de calmaria equatoriais, onde ocorre a convergência dos ventos alísios de nordeste e sudeste nas áreas de influência da ZCIT. O ar equatorial é bastante instável e quente, o que favorece o desenvolvimento de grandes nuvens de chuva. Portanto, o tipo de tempo característico da atuação de uma massa equatorial marítima tende a ser bastante quente, úmido e chuvoso. Ao longo da faixa equatorial da Terra, no domínio das massas equatoriais, grandes nuvens de tempestade chamadas de *cumulonimbus* podem ser observadas em imagens de satélite.

Os anticiclones tropicais ou subtropicais representam as áreas fonte das massas de ar tropicais. Essas massas de ar podem ter origem sobre os oceanos, sendo classificadas como massas Tropicais marítimas (mTm), ou podem ter origem sobre os continentes, sendo classificadas como massas Tropicais continentais (mTc). As mTms e as mTcs apresentam em sua origem condições atmosféricas anticiclônicas e, portanto, tipos de tempo estáveis. As massas tropicais continentais atuam preferencialmente sobre os grandes desertos tropicais, e estão relacionadas a uma atmosfera quente e seca. As massas tropicais marítimas deslocam-se sobre os oceanos tropicais e adquirem umidade em sua camada basal. Essa umidade é transportada pelos ventos alísios e pode contribuir para a ocorrência de tempo quente, úmido e, potencialmente, instável. As massas de ar tropicais marítimas estão relacionadas a atuação do cinturão dos ventos alísios na faixa intertropical do planeta. As massas de ar tropicais continentais são quentes e secas, estando associadas a tipos de tempo estáveis, baixa umidade relativa do ar nas horas quentes do dia e elevadas temperaturas máximas.

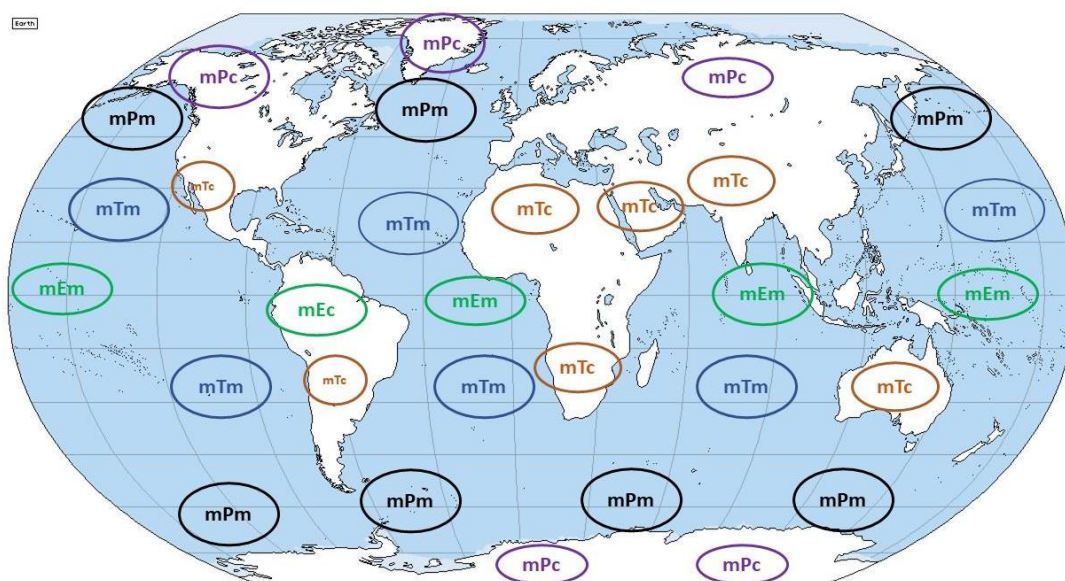
Nos pólos têm origem as massas de ar polares. Originalmente, o ar polar é frio e seco, gerando tipos de tempo marcados por temperaturas muito baixas. Ao migrar para as médias latitudes, e até para regiões subtropicais nos períodos de inverno, as massas polares fazem com que os valores de temperatura do ar diminuam rapidamente.

As regiões de contato das massas polares com o ar tropical são chamadas de frentes. Quando o ar frio avança sobre o ar quente, há a formação de uma frente fria. Nesse caso, o ar frio, mais denso, desloca-se a níveis inferiores, forçando o ar quente a ascender na atmosfera, o que gera instabilidade e formação de precipitação atmosférica. Quando o ar quente avança sobre o ar frio, há a formação de uma frente quente, também associada a formação de instabilidade.

Os climas das zonas latitudinais terrestres são caracterizados pela ação de massas de ar regionais predominantes em cada faixa climática. Os climas da zona equatorial apresentam maior frequência de atuação das massas equatoriais, os climas típicos da zona tropical têm influência das massas de ar equatoriais e tropicais. A zona temperada apresenta influência do ar tropical e do ar polar, enquanto os polos são caracterizados pela influência das massas frias e secas polares.

Na figura 6 podemos identificar as áreas fonte das principais massas de ar terrestres. Percebemos a relação da ZCIT com a origem das massas equatoriais marítimas, dos anticiclones de médias latitudes com as massas tropicais marítimas e continentais, e dos anticiclones polares com as massas frias e secas que atuam nos pólos. É importante destacar que as massas de ar não são estáticas, ou seja, apresentam uma dinâmica de expansão e contração. De maneira geral, as massas de ar equatoriais e tropicais podem ter maior expansão do verão, enquanto as polares intensificam-se no inverno.

**Figura 6** - Áreas fonte das massas de ar na atmosfera terrestre.



Fonte: modificado pelo autor.

#### 1.4 FATORES GEOGRÁFICOS DO CLIMA E DINÂMICA ATMOSFÉRICA DA REGIÃO NORDESTE DO BRASIL E DO ESTADO DE ALAGOAS

A região Nordeste do Brasil é uma macrorregião, definida pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), totalmente inserida na Zona Tropical do planeta. Esta condição geográfica confere a predominância de climas tropicais quentes ou megatérmicos.

O relevo regional é marcado pela predominância de terras baixas (com altitudes inferiores a 600 m). No interior da região predominam amplas depressões com altitude inferior a 500 m. As regiões litorâneas apresentam planícies, tabuleiros em embasamento geológico sedimentar ou colinas em embasamento cristalino com baixa altitude. As unidades do relevo com maiores valores de altitude (acima de 600 m) são o Planalto da Borborema, localizado no leste da região entre os estados do Rio Grande do Norte, da Paraíba, de Pernambuco e de Alagoas, a Chapada do Araripe, a Chapada do Apodi, a Chapada do Ibiapaba, a Chapada Diamantina e as chapadas do oeste baiano.

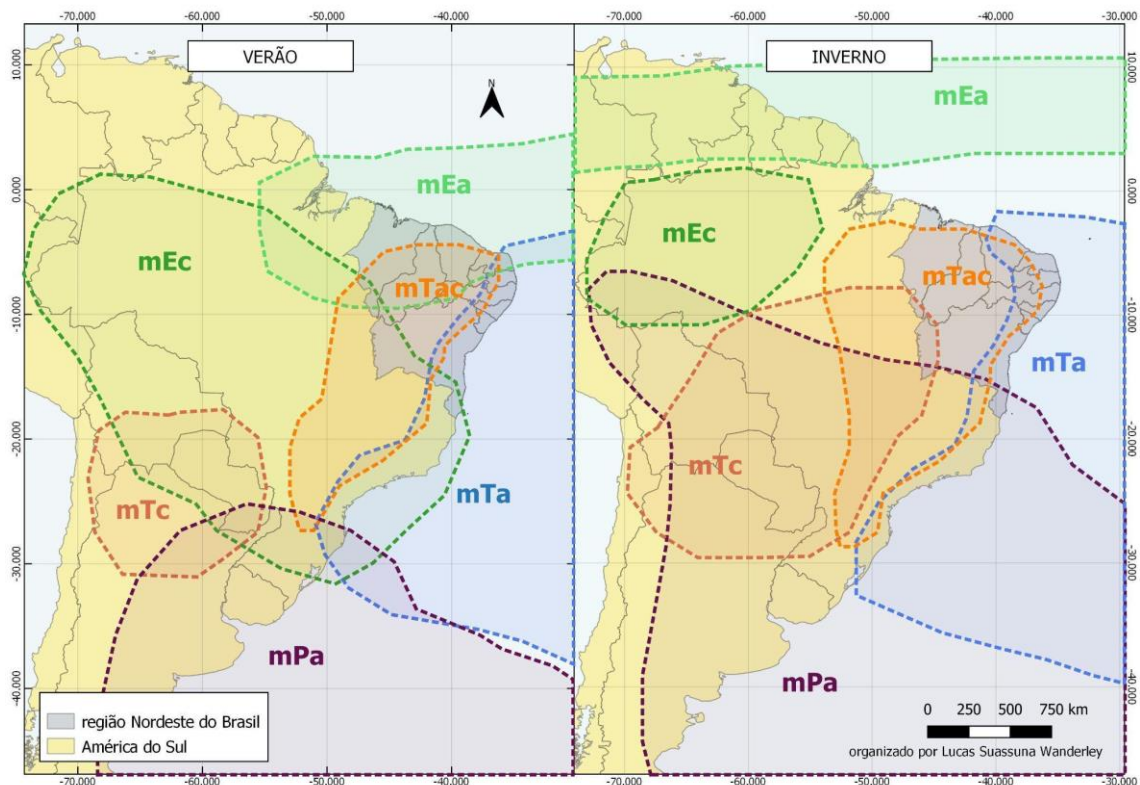
Apesar das cotas topográficas relativamente baixas, a interação do relevo regional com os elementos atmosféricos influencia a geografia dos climas. Encostas dos principais planaltos orientadas a barlavento apresentam maior umidade, e as encostas a sotavento tendem a apresentar menor umidade. As escarpas orientadas no sentido sudoeste para nordeste funcionam como barreiras mais eficientes para os

ventos alísios de sudeste. Depressões no interior do continente tendem a apresentar climas mais secos e temperaturas mais elevadas, a exemplo da depressão do rio São Francisco, onde ocorre um clima semiárido severo. As planícies litorâneas, Tabuleiros Costeiros e colinas da Zona da Mata da costa leste nordestina tendem a apresentar climas úmidos, especialmente nas áreas em que precedem compartimentos mais elevados de relevo. Nas áreas mais elevadas, em maciços residuais ou serras e chapadas, as temperaturas tendem a ser mais amenas, como ocorre em Triunfo-PE (no maciço da Baixa Verde), Água Branca-AL, Maciço de Baturité-CE, Chapada Diamantina-BA etc.

O Clima da região Nordeste é influenciado pela atuação de correntes marítimas quentes. Ao atingir o litoral do nordeste brasileiro, a corrente quente sul equatorial divide-se em dois fluxos, um segue paralelo à costa em direção ao sul do país e outro segue na direção noroeste paralelo à costa setentrional. As águas oceânicas quentes proporcionam a predominância de climas úmidos e semiúmidos no litoral brasileiro. No caso da região Nordeste, o litoral oriental apresenta maior teor de umidade, enquanto o litoral setentrional é mais seco, apresentando faixas semiáridas ao longo da costa dos estados do Rio Grande do Norte e do Ceará. No litoral norte outros fatores climáticos, como as massas de ar e o comportamento dos ventos, se sobrepõem ao efeito da corrente marítima quente.

No contexto regional, a latitude, o relevo e as correntes marítimas são fatores geográficos importantes para a caracterização climática. A interação desses fatores com as massas de ar origina os tipos climáticos nordestinos. A Figura 7 apresenta as principais massas de ar que atuam no território brasileiro nas estações do verão e do inverno.

**Figura 7** - Massas de ar que atuam sobre o território brasileiro nas estações do verão e do inverno.



Fonte dos dados: IBGE (2021). Organizado pelo autor. Legenda: mEc - massa Equatorial atlântica, mEc - massa Equatorial continental, mTa - massa Tropical atlântica, mTac - massa Tropical continentalizada, mTc - massa Tropical continental e mPa - massa Polar atlântica.

O território brasileiro é, predominantemente, influenciado por massas de ar de origem equatorial e tropical como consequência de sua posição geográfica. As porções austrais do território apresentam maior frequência de atuação da massa Polar atlântica (mPa).

No verão, há destaque para atuação das massas equatoriais sobre vastas regiões brasileiras. A massa Equatorial continental (mEc) possui origem sobre a floresta Amazônica e transporta calor e umidade para o centro sul do país no verão. Ventos úmidos de leste que se deslocam do oceano para o norte da América do Sul interagem com a floresta e conservam a umidade mesmo no interior do continente, dando origem a um ar quente e instável. Quando esses ventos encontram a barreira orográfica da cordilheira dos Andes a oeste da floresta Amazônica, a circulação de leste é desviada para sudeste, seguindo para o centro do continente. Essa circulação dos ventos úmidos proporciona a expansão da mEc, e é denominada “rios voadores”, por ser uma corrente de ar bastante úmida. A atuação dessa massa de ar contribui para a ocorrência de grandes volumes de chuva sobre importantes áreas agrícolas e mananciais brasileiros. Destaca-se que a presença da floresta Amazônica é um fator essencial para a gênese dessa massa de ar, e como consequência, para o equilíbrio do regime de chuvas de verão sobre o centro-sul do Brasil. Evidências científicas apontam que a devastação da floresta amazônica tem contribuído para a diminuição do transporte de umidade pela mEc, este é um fato preocupante diante das crescentes crises no abastecimento hídrico e na produção de energia (hidroelétrica) decorrentes na escassez de chuvas no centro sul do Brasil.

No nordeste brasileiro, a mEc possui atuação no oeste da região, contribuindo para ocorrência de chuvas de verão no sul do Maranhão, sul do Piauí e centro-sul da Bahia. Ocasionalmente, essa massa de ar pode provocar chuvas de verão, geralmente fortes trovoadas, no interior dos demais estados.

A massa Equatorial atlântica (mEa) possui origem na zona de convergência dos ventos alísios. No verão austral, as maiores temperaturas no oceano Atlântico Sul favorecem a migração das calmarias equatoriais da ZCIT para as proximidades da costa norte do Brasil. Esse ar fortemente úmido e instável constitui a mEa, a qual é a massa de ar mais importante para favorecer o regime de chuvas de verão e outono sobre o interior do Nordeste. Os Sertões do Rio Grande do Norte, Ceará, Piauí, Paraíba e Pernambuco dependem da atuação da mEa para que ocorram boas chuvas. Nos anos em que essa massa de ar não atinge o semiárido nordestino com a frequência habitual, ocorrem grandes secas que podem ocasionar impactos sobre as atividades agropecuárias e sobre o abastecimento hídrico.

No leste do Brasil, há destaque para a atuação da massa Tropical atlântica (mTa). Sua área fonte é o Anticiclone Semifixo do Atlântico Sul, posicionado sobre o oceano em latitudes subtropicais. Essa massa de ar está relacionada com os ventos alísios de sudeste e leste que atravessam o Atlântico e atuam no litoral brasileiro. É importante lembrar que este anticiclone corresponde a uma região de subsidência atmosférica (o ar se movimenta de cima para baixo) que conecta a circulação intertropical da célula de Hadley no hemisfério sul. Essa massa de ar, apesar de ter origem em um centro anticiclônico, desloca-se sobre correntes oceânicas quentes

nas proximidades do litoral brasileiro e transporta bastante umidade para a faixa litorânea do leste nordestino. Ao atravessar a superfície oceânica quente, esta massa de ar adquire umidade em suas camadas baixas, tornando-se úmida e potencialmente instável.

Ao encontrar encostas elevadas do relevo orientadas para leste, como ocorre no planalto da Borborema (entre os estados do Rio Grande do Norte e Alagoas), na Chapada Diamantina, na serra do Mar e na serra da Mantiqueira, a mTa pode produzir chuvas orográficas a barlavento. Ao longo da faixa litorânea, a interação dessa massa de ar com as brisas terrestres também pode favorecer a formação de chuva. Os ventos da brisa terrestre que sopram do interior em direção ao oceano convergem com os alísios e geram instabilidade ao longo do litoral durante a madrugada ou nas primeiras horas da manhã.

Quando os ventos alísios que constituem o domínio da mTa penetram no interior do continente eles tendem a perder umidade. Nesse processo, a mTa torna-se quente e seca, ocasionando um tipo de tempo estável nas paisagens interioranas. Após a modificação sofrida pela mTa ao interagir com a superfície continental, essa massa de ar passa a ser chamada de massa Tropical atlântica continentalizada (mTac). Essa massa de ar tropical seca atua frequentemente no interior da região Nordeste e dificulta a formação de chuva durante a maior parte do ano. No verão e outono a mTac apresenta uma retração para leste e diminuição de sua frequência de atuação no norte e sul da região Nordeste.

Durante o inverno, há uma mudança na dinâmica das massas de ar. A mEa migra para o hemisfério Norte como consequência da mudança de temperatura nas águas do Atlântico tropical, que se torna mais aquecido em latitudes setentrionais. A região mais aquecida sobre o oceano tropical é chamada de “equador térmico”, e está associada à atuação da mEa. A partir deste deslocamento, a mEa deixa de atuar sobre o Nordeste do Brasil, o que diminui as chuvas sobre o norte do semiárido nordestino.

No interior do Brasil, sobre as grandes áreas agrícolas do Centro-Oeste e Sudeste, ocorre redução das chuvas e intensifica-se o período de estiagem. A mEc contrai e passa a atuar de maneira frequente apenas no oeste amazônico, reduzindo o transporte de umidade para o centro do continente sul-americano. Por outro lado, ocorre a expansão de massa Tropical continental (mTc) que passa a influenciar os tipos de tempo de inverno. A mTc possui origem na região do Chaco, entre o sul da Bolívia, oeste do Paraguai e noroeste da Argentina, e é uma massa de ar quente e seca. No inverno, passa a gerar estabilidade atmosférica em grande parte do bioma Cerrado, contribuindo com a redução do nível dos reservatórios e da vazão dos rios.

Também no inverno, há expansão da mTa sobre a faixa leste do Brasil e da mTac sobre o interior das regiões Nordeste e Sudeste. No litoral do nordeste brasileiro, o fortalecimento dos ventos alísios da mTa favorece o aumento do transporte da umidade oceânica, o que ocasiona elevados volumes de chuvas ao longo do leste da região. No outono e inverno, esperam-se os maiores volumes de chuvas nas capitais nordestinas como Maceió, Recife e Natal. Por outro lado, o fortalecimento dos alísios no interior associa-se à mTac, contribuindo para a predominância de tipos de tempo quentes e secos. Sob a atuação da mTac, os dias tendem a apresentar temperaturas máximas bastante elevadas, no entanto, as temperaturas mínimas podem ser baixas ou amenas como consequência da rápida perda de calor durante a noite, proporcionada pela atmosfera seca.

A estação de inverno é marcada pela expansão da massa Polar atlântica (mPa), que está relacionada a um tipo de tempo frio e é responsável por reduzir

rapidamente as temperaturas. Essa massa de ar é constituída pelo avanço de ar polar que, ao ganhar força durante o inverno austral, pode atingir latitudes menores. A passagem da mPa é precedida por uma forte zona de instabilidade, a Frente Polar Atlântica (FPA), a qual representa o contato do ar polar com o ar tropical ou equatorial. Após a passagem da FPA, passam a dominar condições atmosféricas estáveis e frias típicas dos domínios da mPa. Essa massa de ar atua com maior frequência nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste, porém algumas entradas mais fortes de ar polar podem atingir latitudes menores do sul das regiões Norte e Nordeste. No sul da Amazônia, esses eventos de incursão do ar polar são chamados popularmente de “friagens”.

Apesar de ter rara atuação direta na região Nordeste do Brasil, a FPA contribui para os totais pluviométricos de inverno na costa leste. A FPA provoca perturbações, chamadas de Ondas de Leste, na pressão atmosférica as quais se deslocam de leste para oeste no domínio da mTa, e podem contribuir com a formação de chuvas intensas.

No Quadro 1 podemos consultar a síntese sobre as massas de ar que atuam no território brasileiro. São apresentadas as regiões de origem ou áreas fonte e o tipo de tempo esperado sob a atuação de cada uma delas.

**Quadro 1** - Massas de ar que atuam no território brasileiro e suas características.

<b>Massa de ar</b>	<b>Área fonte (origem)</b>	<b>Tipo de tempo</b>
massa Equatorial atlântica (mEa)	calmarias equatoriais na convergência dos ventos alísios	quente e úmido, com forte instabilidade.
massa Equatorial continental (mEc)	Floresta Amazônica	quente e úmido, com forte instabilidade
massa Tropical atlântica (mTa)	Anticiclone subtropical do Atlântico Sul	quente e úmido, potencialmente instável
massa Tropical atlântica continentalizada (mTac)	interação da mTa com a superfície continental	quente, seco e estável
massa Tropical continental (mTc)	Interior continental, região do Chaco.	quente, seco e estável
massa Polar atlântica (mPa)	Anticiclone polar ou subpolar sobre o Atlântico sul	tempo frio, estável ou potencialmente instável

Organizado pelo autor.

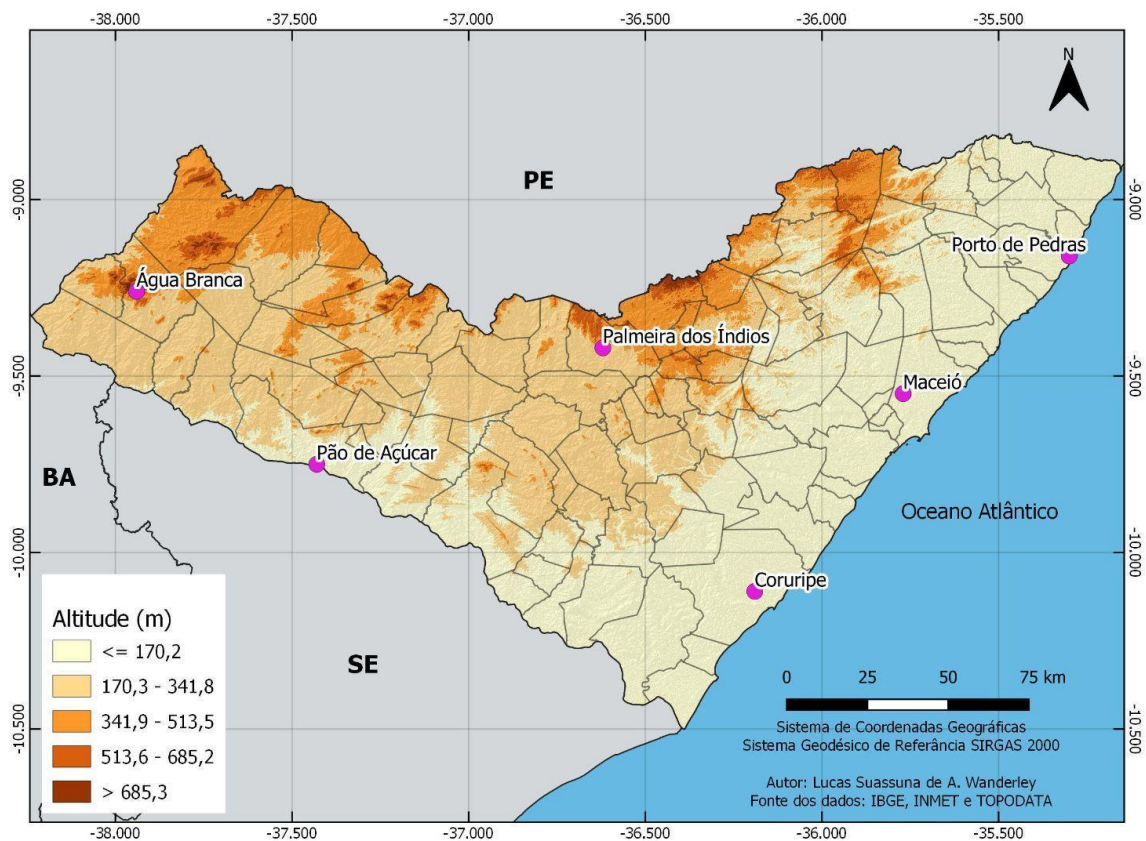
A compreensão da dinâmica das massas de ar, será fundamental para investigarmos características climáticas específicas regionais e locais. Para o estudo dos climas do estado de Alagoas, precisamos relacionar as escalas espaciais sinóticas (das massas de ar) com a escala regional ou sub-regional (efeito das formas de relevo amplas, influência da cobertura vegetal) e local (relevo, efeito das brisas, efeito urbano).

No estado de Alagoas, a gênese ou origem dos climas, ocorre pela interação de massas de ar tropicais e equatoriais com os fatores geográficos presentes nas unidades de paisagem do estado.

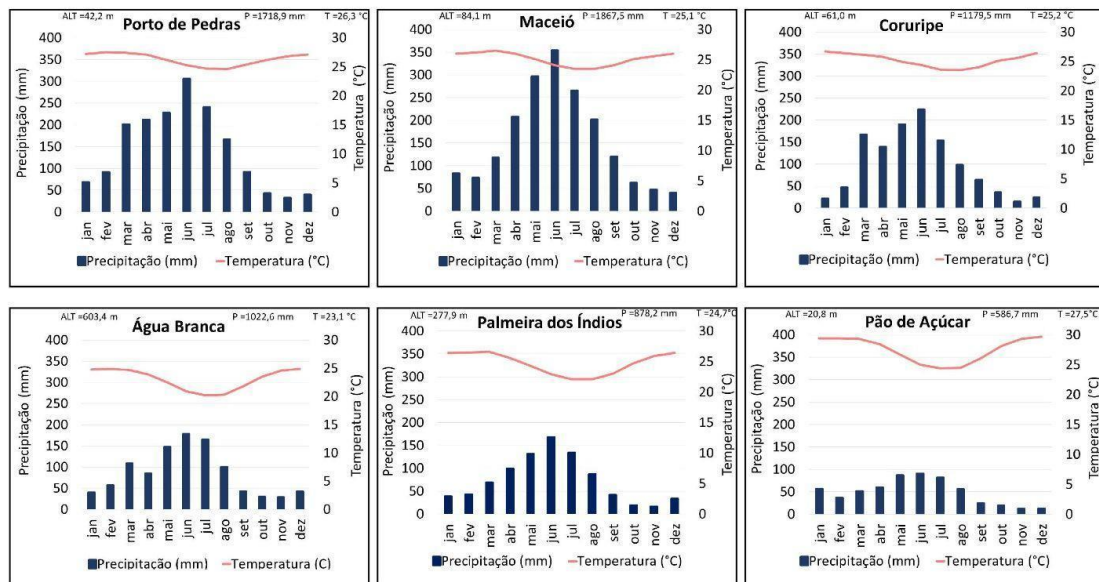
Uma maneira de sintetizarmos as características climáticas de determinado local é a partir da construção de climogramas. São gráficos utilizados para que seja feita uma leitura geral do comportamento da precipitação e da temperatura atmosférica. Estes gráficos apresentam dois eixos “Y”, correspondentes às referidas variáveis climáticas. No eixo “X” estão apresentados os meses do ano. Habitualmente, os valores mensais médios de precipitação são representados a partir de colunas, que indicam a altura de chuva precipitada em milímetros (mm), e os valores médios de temperatura mensal são representados por uma linha.

Na figura 8 são apresentados os climogramas do estado de Alagoas, construídos a partir de normais climáticas (séries históricas de 30 anos). Como suporte à análise dos gráficos, a figura também apresenta o mapa do estado de Alagoas, contendo a localização das estações meteorológicas onde foram coletados os dados e as cotas de altitude do território estadual.

**Figura 8** - Climogramas do estado de Alagoas das estações meteorológicas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).



### Climogramas



Fonte dos dados: IBGE e INMET (2021). Organizado pelo autor.

Quando comparamos os climogramas, observamos que a variável climática que melhor distingue o comportamento atmosférico entre as estações meteorológicas é a precipitação. Na região intertropical do planeta, a chuva é a variável com maior variabilidade no tempo e no espaço, as temperaturas tendem a ser elevadas, com pequena variação sazonal, pela proximidade em relação à linha equatorial. A variabilidade das chuvas nos trópicos ocorre por conta da variação sazonal (a partir da mudança de estações do ano) das massas de ar, que podem

estar contraídas ou expandidas. De modo predominante, o verão dos trópicos é marcado pela expansão das massas equatoriais que transportam umidade e modulam as chuvas de trovoadas típicas da estação, que se desenvolvem em dias quentes e úmidos. Já o inverno, tende a ser marcado pela expansão das massas tropicais continentais, quentes e secas, as quais caracterizam os tipos de tempo da estação seca.

No estado de Alagoas, a distribuição anual das chuvas não segue o padrão típico da zona Tropical do planeta, pois a maior parte do volume anual de precipitação ocorre nas estações de outono e inverno (de março a agosto). As chuvas de inverno estão relacionadas à expansão da mTa, que através do fortalecimento dos ventos alísios de leste e sudeste, transporta umidade do oceano Atlântico para o continente. Durante a primavera e o verão (de setembro a fevereiro), o fluxo de umidade diminui e as chuvas tornam-se menos comuns. São raras as atuações de massas de ar como a mEa, ou a mEa, no entanto, a atuação delas pode estar relacionada a ocorrência de trovoadas no verão.

Observa-se que as estações meteorológicas localizadas ao longo da faixa litorânea do estado apresentam os maiores índices pluviométricos médios. A estação de Porto de Pedras, no litoral norte, apresenta uma média pluviométrica de 1718,9 mm por ano, na estação de Maceió a média de altura de chuva anual é de 1867,5 mm, e em Coruripe 1179,5 mm. Tanto em Porto de Pedras quanto em Maceió e Coruripe, a proximidade do oceano (maritimidade) favorece uma elevada disponibilidade de umidade ao longo do ano. Os menores valores médios de chuva observados em Coruripe, quando comparados aos observados nas outras duas estações, é explicado pela interação dos ventos com a geometria da linha de costa, e da interação da mTa como o relevo mais elevado a oeste de Maceió e Porto de Pedras.

No interior do estado, passam a prevalecer as características continentais da mTac na maior parte do ano. Por esta razão, à medida que nos distanciamos do litoral os climas apresentam uma tendência de serem mais secos e caracterizados por tipos de tempo estáveis. Esse fato é constatado a partir da análise do climograma do município de Pão de Açúcar, no Sertão do estado, onde a média anual de chuva é de apenas 586,7 mm. O município de Palmeira dos Índios, localizado no Agreste de estado, apresenta volumes de precipitação inferiores aos observados no litoral, e maiores do que os observados em Pão de Açúcar, pois está situado em uma faixa de transição climática, sendo influenciado sazonalmente pela mTa e pela mTac.

O município de Água Branca, apesar de estar localizado no Sertão do estado, apresenta elevados valores médios anuais de precipitação para essa região. Esse fato ocorre por conta da influência do relevo, pois a estação meteorológica desse município está situada sobre uma serra (maciço residual do relevo) com 603 m de altitude. A encosta da serra, orientada para leste, retém maior quantidade de umidade, favorecendo índices pluviométricos superiores aos observados nas demais áreas do Sertão do estado.

Sobre o comportamento da temperatura média nas estações meteorológicas, podemos considerar que os climas são quentes, com valores médios anuais entre 23°C e 27°C. Ocorre uma ligeira variação na curva apresentada nos climogramas, os invernos são mais amenos e os verões são mais quentes. O comportamento da temperatura no estado é resultado da influência das massas de ar quentes predominantes (mTa e mTac) e de sua interação com o relevo. Áreas com menor altitude tendem a apresentar maiores valores médios de temperatura, como é o caso

da maior parte das estações meteorológicas analisadas, que estão situadas sobre terras baixas. Áreas mais elevadas, a exemplo da estação de Água Branca, tendem a registrar valores médios de temperatura mais amenos.

Podemos concluir através da análise dos climogramas que no estado de Alagoas predominam climas tropicais quentes, com expressiva variação dos valores de chuva entre as mesorregiões do Leste e do Sertão.

A dinâmica do clima está relacionada a uma expressiva diversidade de paisagens no estado de Alagoas. As mesorregiões do estado apresentam paisagens úmidas, semiúmidas e semiáridas. No Leste de Alagoas, predominam terras baixas, colinas e tabuleiros com climas semiúmidos e úmidos associados à formações florestais. Nessas paisagens, originalmente cobertas por florestas, hoje predominam cultivos de cana, pastagens e áreas urbanizadas, a mata nativa ocorre em pequenas áreas remanescentes. No Agreste do estado, a transição climática favorece a ocorrência de vegetação de transição entre a Mata Atlântica e a Caatinga. Nessa mesorregião, o uso da terra é referente, principalmente, à pecuária e à agricultura de “sequeiro” (que ocorre nos períodos chuvosos). No Sertão do estado, onde predomina o clima semiárido, com grande irregularidade das chuvas, o uso da terra é similar ao do Agreste, acrescido do turismo nas áreas que margeiam o rio São Francisco. Aqui predominam climas quentes e secos, com vegetação de Caatinga, solos rasos, rochosos e rios intermitentes.

Na Figura 9 podemos observar duas imagens referentes a unidades de paisagem do Sertão (A) e do Leste (B) de Alagoas. Na paisagem sertaneja percebemos características ambientais compatíveis com o clima semiárido quente, podemos verificar a vegetação de caatinga em escarpa íngreme, com solos rochosos às margens do Rio São Francisco, no município de Piranhas - AL. Na Figura 9 (B) é apresentada uma paisagem em clima úmido, com reduto de Mata Atlântico desenvolvido sobre relevo colinoso no município de Murici-AL.

**Figura 9** - paisagens semiárida (A) e úmida (B) no estado de Alagoas.



Autores das imagens: A - João Marcelo Sampaio (2021) e B - Taciana Santos (2021).

## 1.5 CLASSIFICAÇÕES CLIMÁTICAS

As classificações climáticas são importantes ferramentas para a caracterização dos tipos de clima e, nesse sentido, funcionam como sínteses de informações que podem ser utilizadas para o planejamento das atividades humanas. Existem diversos tipos de classificações climáticas, porém todos eles podem ser agrupados em duas categorias: as classificações estáticas e as dinâmicas. As estáticas utilizam séries longas de dados atmosféricos como a temperatura do ar e precipitação para agrupar os climas em classes ou tipos. As classificações dinâmicas são baseadas na circulação das massas de ar, e buscam descrever os sistemas atmosféricos que originam os tipos de tempo dominantes sobre determinadas regiões.

A classificação estática mais usual foi desenvolvida em 1900 por Wladimir Köppen. Seu esquema de síntese climática, chamado de classificação de Köppen, é baseado em um sistema de letras que descreve as características climáticas de um

determinado local. Cada letra é determinada a partir de critérios específicos. Esta classificação procurou estabelecer uma relação dos tipos climáticos com a vegetação.

A primeira letra de classificação se refere aos cinco principais tipos climáticos: **A**- climas tropicais ou equatoriais megatérmicos, **B** - climas secos, **C** - climas mesotérmicos ou temperados, **D** -climas continentais subpolares e **E** - climas frios polares.

A segunda letra da classificação é referente ao regime pluviométrico:

- **w** - aplica-se aos climas A, C e D. Representa o regime de chuvas de verão com inverno seco.
- **s** - aplica-se aos climas A, C e D. Representa o regime de chuvas de inverno e verões secos
- **f** - aplica-se aos climas A, C e D. Representa o regime de chuvas bem distribuídas ao longo do ano.
- **S** - aplica-se ao clima B. Representa os climas semiáridos de estepe.
- **W** - aplica-se ao clima B. Representa os climas desérticos.

A terceira letra é referente ao regime térmico:

- **a** - aplica-se aos grupos C e D. Representa a ocorrência de verões quentes.
- **b** - aplica-se aos grupos C e D. Representa a ocorrência de verões frescos ou amenos.
- **c** - aplica-se aos grupos C e D. Representa a ocorrência de verões frios.
- **d** - aplica-se ao grupo D. Representa a ocorrência de inverno muito frio.
- **h** - aplica-se ao grupo B. Representa um clima seco e quente.
- **k** - aplica-se ao grupo B. Representa um clima seco e frio.

No estado de Alagoas, de acordo com a classificação de Köppen, podem ser distinguidos dois grandes tipos climáticos. O primeiro deles é o clima tropical com estação seca de verão indicado pelas letras "As". Esse tipo climático abarca de maneira abrangente as mesorregiões do Leste e parte do Agreste do estado. O clima As está associado ao bioma de Mata Atlântica, e se associa a florestas ombrófilas e estacionais. O segundo tipo climático é o tropical semiárido, representado pelas letras "BSh". Esse tipo climático ocorre no Sertão do estado, e está relacionado com o bioma Caatinga.

No Brasil, o IBGE adota habitualmente a classificação de Edmon Nimer de 1979. Nessa proposta, Nimer combinou elementos de uma classificação dinâmica com os de uma classificação estática.

Para elaborar sua proposta de classificação climática, Nimer utilizou três tipos de critérios. O primeiro deles se refere ao aspecto dinâmico da atmosfera, ou seja, teve como objetivo descrever massas de ar e sistemas atmosféricos que atuam nas zonas climáticas. O segundo critério foi a temperatura do ar, e o terceiro a duração do período seco. O número de meses secos em cada tipo climático foi relacionado a um tipo de vegetação potencial (que provavelmente está associada ao tipo climático). Na Figura 10 podemos observar a classificação de Nimer para o território brasileiro.

**Figura 10** - classificação climática de Nimer (1979) para o território do Brasil.



Fonte: IBGE (2021)

No mapa da Figura 9, — identificamos os climas zonais e suas subdivisões, referentes aos tipos de climas brasileiros. O clima Equatorial abrange grande parte da região Norte, norte da região Centro-Oeste e extremo noroeste da região Nordeste. Este tipo climático zonal é caracterizado pela atuação persistente das massas de ar equatoriais. A mEc e a mEa garantem elevados índices de precipitação ao longo do ano, garantindo a predominância de climas quentes, úmidos e superúmidos, relacionados à ocorrência de florestas densas. As paisagens da zona Equatorial são compostas amplas áreas florestadas, inundáveis ou de terra firme do bioma Amazônia.

O clima Tropical da Zona Equatorial tem sua dinâmica relacionada às massas de ar tropicais e equatoriais. Durante o verão e outono, a mEa contribui para ocorrência de episódios concentrados de chuvas. Nessa estação, os dias são quentes, úmidos e muito instáveis. No inverno e na primavera os tipos de tempo passam a ser influenciados pela mTac, o que torna os dias quentes e secos. Quanto à duração do período seco nesta zona climática, ocorrem climas semiúmidos relacionados à vegetação do Cerrado principalmente no estado do Maranhão e climas semiáridos sobre as amplas paisagens da Caatingas sertanejas. Destaca-se que a fisionomia da Caatinga varia de acordo com a duração do período seco, para climas semiáridos com seis meses de seca, espera-se a ocorrência de formações arbóreas decíduas (perdem as folhas no período de estiagem), e a partir de sete meses de seca espera-se o predomínio de vegetação arbustiva decídua.

O clima Tropical do Nordeste Oriental apresenta predomínio de tipos de tempo relacionados a mTa (na faixa litorânea ou áreas de terras altas) e a mTac (nas depressões pré-litorâneas). Essa zona climática apresenta um período úmido, nas estações de outono e de inverno, e um período seco na primavera e no verão. No período chuvoso, a mTa transporta um grande fluxo de umidade para as áreas

costeiras, contribuindo para a ocorrência de intensos volumes de chuva. No início da primavera, o transporte de umidade oceânica perde força e as chuvas tornam-se mais escassas. Nas áreas de depressões pré-litorâneas, como no baixo São Francisco alagoano, ocorre influência da mTac no período de estiagem, com ocorrência de tipos de tempo muito quentes e secos. Nessa zona climática, o número de meses secos delimita climas úmidos ao longo da faixa litorânea, climas subúmidos (nas áreas de transição) e semiáridos no oeste de Alagoas, de Sergipe e no nordeste da Bahia.

O estado de Alagoas está inteiramente localizado na zona Tropical do Nordeste Oriental. Os climas úmidos ocorrem ao longo do litoral, sendo interrompidos apenas no extremo sul, nas proximidades da foz do São Francisco, onde ocorre o clima subúmido. Nas paisagens úmidas ocorriam formações florestais da Mata Atlântica, que deram lugar a plantios de cana, pastagens e áreas urbanas. Hoje a mata original é encontrada em pequenos fragmentos. O clima subúmido ocorre em faixas de transição entre os climas úmidos litorâneos e o semiárido. Nas paisagens subúmidas, com 4 a 5 meses secos, a vegetação potencial é de florestas estacionais semidecíduas e decíduas. O semiárido é o tipo climático dominante no oeste de Alagoas, com regime de chuvas muito irregular, elevadas temperaturas e longos períodos de estiagem. Nas paisagens semiáridas, predomina a vegetação da Caatinga, adaptada à escassez hídrica do ambiente. Nas terras secas do estado predomina a atividade agropecuária, e também há elevados níveis de degradação dos ecossistemas.

O clima Tropical do Brasil Central é marcado pela existência de duas estações bem definidas, uma úmida entre a primavera e o verão, e outra seca entre o outono e o inverno. Essa zona climática é controlada pela ação de massas de ar úmidas durante o verão, especialmente a mEc. Nessa estação, a umidade do ar espalha-se pelo interior do Brasil, favorecendo a ocorrência de tipos de tempo instáveis. No inverno, ocorre a expansão das massas secas continentais (mTc e a mTac). Ao longo de quase todo o ano, a mTa contribui para o transporte de umidade para as regiões serranas da faixa atlântica do sudeste brasileiro. No sul dessa zona climática também são relativamente frequentes as passagens de frentes frias, as quais contribuem com os totais pluviométricos registrados.

Na perspectiva das classes climáticas relativas ao comportamento térmico e da duração dos meses secos, há uma elevada diversidade de tipos de clima. As paisagens do Brasil central, inseridas nessa zona climática, são caracterizadas por predominância de climas quentes e semiúmidos. Ao sul e sudeste dessa zona climática, há ocorrência de climas úmidos quentes (no estado do Mato Grosso do Sul), úmidos e superúmidos, subquentes e mesotérmicos nas áreas de terras altas

O clima Temperado ocorre ao longo da região Sul do Brasil. Nesse tipo climático há expressiva variação da temperatura entre o verão e o inverno. Os invernos são marcados por baixas temperaturas, e os verões são quentes ou amenos. As chuvas ocorrem de modo bem distribuído ao longo do ano, como consequência das passagens frequentes da FPA. No inverno, os tipos de tempo são bastante influenciados pelas entradas de ar polar, contribuindo para o registro de baixos valores de temperatura, em especial nas áreas de terras altas. Durante o verão, a influência do ar tropical e até equatorial, no norte da região, elevam as temperaturas médias. Esses tipos climáticos da zona Temperada estão relacionados a paisagens de florestas mistas (com presença de pinhais) nas áreas elevadas do relevo e aos pampas, os quais correspondem a amplas colinas baixas com vegetação herbácea.

### **Proposta de atividade 2 - construção de gráficos climáticos**

Já compreendemos que a apresentação dos dados climáticos em formato gráfico pode ser muito útil para a descrição das características do clima de determinado local. Sabendo disso, organizem-se em grupos e com a ajuda dos docentes de geografia e informática baixe dados de normais climáticas (média de séries de 30 anos) de temperatura e precipitação disponíveis no site do Instituto Brasileiro de Meteorologia (INMET) - <https://portal.inmet.gov.br/normais>. Baixe as variáveis “Temperatura Média Compensada Mensal e Anual (°C)” e “Precipitação Acumulada Mensal e Anual”.

Em planilha eletrônica organizem os dados e monte climogramas referentes a pelo menos duas estações meteorológicas brasileiras. Não esqueça de nomear os eixos gráficos nem de colocar as unidades de medida. A seguir, descreva os gráficos comparando o comportamento das variáveis apresentadas em cada climograma. Após a descrição dos gráficos, a equipe deve pesquisar e apresentar os aspectos principais da dinâmica climática que explica o comportamento das variáveis climáticas. Para isso, associe a dinâmica atmosférica às principais massas de ar que atuam nos períodos chuvosos, secos, frios ou quentes.

Os resultados devem ser apresentados de maneira que cada gráfico esteja acompanhado de um texto de apoio que contenha as informações solicitadas.

### **Proposta de atividade 3 - leitura de paisagens**

Os discentes devem realizar esta atividade em grupo. A primeira etapa consistirá na captura de imagens de paisagens a escolha dos estudantes, seja urbana ou rural. Após a escolha de, pelo menos, duas imagens, deverá ser produzido texto ou podcast com descrição das paisagens escolhidas (abordar as características socioeconômicas e físicas). Na descrição, deverá ser incluído o papel do clima na composição daquela paisagem, ou seja, deverá ser comentado como as características climáticas regionais e locais interagem no espaço geográfico e contribuem com a sua dinâmica. Os resultados poderão ser apresentados de maneira física ou digital. A sugestão é que todos os grupos apresentem em sala de aula os seus resultados, e que sejam comparados os resultados a partir das variadas realidades apresentadas.

## **1.6 OS CICLOS DE VARIABILIDADE E MUDANÇAS CLIMÁTICAS**

O clima pode ser entendido como um padrão de comportamento da atmosfera, e é descrito por séries longas de dados. Os elementos climáticos podem variar a partir da ocorrência de anos, meses, dias, mais quentes, mais frios, mais secos ou mais chuvosos do que o padrão habitual. Essa flutuação nos dados atmosféricos corresponde à variabilidade de uma série climática, e pode ter causas diversas como as mudanças na temperatura sazonal dos oceanos, a maior ou menor atividade solar etc. Já as mudanças climáticas são variações persistentes dos

dados atmosféricos em determinado local, como por exemplo, uma tendência de aumento de temperatura ao longo de décadas seguidas.

### **1.6.1 Variabilidade climática**

Para compreendermos os conceitos de variabilidade e de mudança climática precisamos rever que o clima é um dos sistemas terrestres. O sistema climático corresponde à dinâmica da atmosfera, e seu funcionamento é fortemente influenciado pelos oceanos, pela superfície dos continentes, pelas geleiras e pela atividade solar. Mudanças na atividade solar e na temperatura dos oceanos, em ciclos já descritos na literatura científica, estão entre as principais causas da variabilidade climática global.

O fenômeno El Niño Oscilação Sul (ENOS) é um dos fatores mais importantes da variabilidade climática. Trata-se de um fenômeno oceânico e atmosférico capaz de alterar a circulação atmosférica, os regimes de precipitação e temperatura em amplas regiões do planeta Terra ao longo do ano. O ENOS ocorre em ciclos de 11 e 23 anos e seus impactos são percebidos de diferentes formas ao redor do planeta. A componente oceânica do fenômeno ENOS é chamada de El Niño quando as águas do oceano Pacífico tropical aquecem de maneira pronunciada. Quando as águas do oceano Pacífico estão mais frias do que as condições habituais, a componente oceânica recebe o nome de La Niña. A interação do oceano Pacífico mais quente ou mais frio do que o habitual, com a atmosfera, desencadeia mudanças nos campos de pressão atmosférica e de ventos. A componente atmosférica relacionada a essa mudança de pressão na atmosfera é chamada de Oscilação Sul.

O El Niño e La Niña apresentam impactos distintos sobre a circulação atmosférica global. Para o Brasil, os eventos de aquecimento do oceano Pacífico tendem a ocasionar estiagens prolongadas no norte e no nordeste do país, e chuvas mais abundantes sobre a região sul e parte do sudeste brasileiro. Quando ocorre o fenômeno La Niña, esperam-se períodos de estiagem mais longos sobre a região Sul e precipitações mais abundantes sobre o norte e nordeste do Brasil.

Os efeitos da variabilidade climática podem ter consequências positivas e negativas. Por exemplo, chuvas intensas contribuem para a recarga dos reservatórios e mananciais, todavia, apresentam potencial destrutivo quando ocorrem inundações ou deslizamentos de encostas em áreas urbanizadas ou habitadas. O conhecimento sobre o sistema climático pode ser útil na preparação de estratégias de convivência com a variabilidade do clima, diminuindo os riscos associados aos eventos climáticos extremos.

### **1.6.2 Mudanças climáticas**

As mudanças climáticas podem ser decorrentes de processos naturais ou ocasionadas por atividades humanas, através de alterações na composição atmosférica e a partir de modificações no uso e cobertura da terra.

Os ciclos naturais de mudanças climáticas têm ocorrido no planeta Terra ao longo de toda a sua história, pois os sistemas terrestres (atmosfera, hidrosfera, litosfera, biosfera, criosfera) são bastante dinâmicos. A ideia de estabilidade permanente na superfície terrestre é falsa, pois as paisagens do nosso planeta estão em constante mudança. Ao longo do período Quaternário (último período da era Cenozóica), que teve início há 2,6 milhões de anos, o nosso planeta vem passando por ciclos de mudanças climáticas. Os períodos mais frios são chamados de glaciais

e os mais quentes de interglaciais. Os registros dessas mudanças climáticas do Quaternário estão em geleiras ou depósitos sedimentares. As geleiras antigas preservam em suas camadas marcadores de mudanças climáticas, como os isótopos de oxigênio, os quais permitem reconstruir variações de temperaturas do passado.

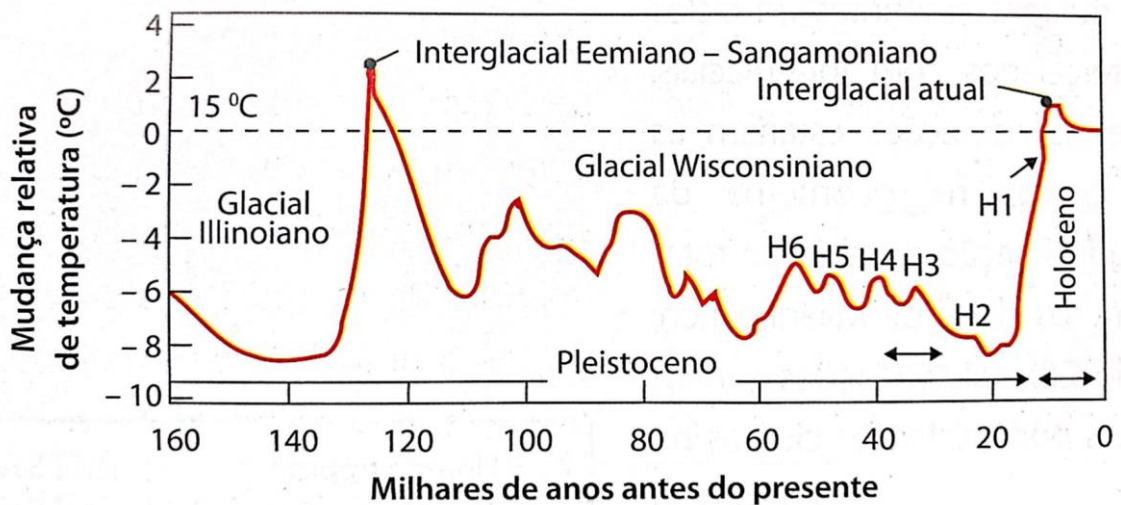
Os registros antigos mostram que os ciclos glaciais longos (cerca de 80 mil anos) são intercalados por períodos interglaciais mais curtos (cerca de 20 mil anos). Durante as glaciações, as geleiras crescem e avançam em direção às médias latitudes, enquanto o nível dos mares diminui. Nos interglaciais ocorre o inverso, há diminuição na cobertura de gelo e o nível dos mares se eleva. Atualmente, nos encontramos em um período interglacial que teve início há cerca de 11,5 mil anos. O último máximo glacial ocorreu entre 25 e 18 mil anos antes do presente.

As mudanças climáticas de ciclos longos ocorrem naturalmente e são explicadas pelos ciclos de Milankovitch. Esses ciclos estão relacionados a mudanças na órbita terrestre em torno do Sol em períodos de aproximadamente 100.000, 41.000 e 23.000 anos. Oscilações na órbita terrestre ocasionam variações na quantidade de radiação solar que chega aos hemisférios terrestres e desencadeiam processos físicos que levam a mudanças climáticas em escalas orbitais. A principal teoria que descreve as mudanças climáticas de periodicidade longa, relacionadas aos ciclos de Milankovitch, sugere que um maior ou menor aquecimento de verão no hemisfério norte desencadearia alterações nos mantos de gelo, promovendo retroalimentações lentas no sistema climático que induziriam mudanças na circulação da atmosfera.

Outras mudanças climáticas em escalas milenares, em intervalos de 1500 a 3000 anos, têm sido relacionadas a mudanças na circulação de correntes oceânicas do Atlântico. Esses ciclos mais “curtos” representam intervalos mais quentes ou mais frios inseridos em períodos glaciais e interglaciais.

Na Figura 11 podemos analisar o gráfico referente a mudanças de temperaturas médias globais nos últimos 160 mil anos no período Quaternário. Ressalta-se que esse período da escala de tempo geológico é dividido em duas épocas: o Pleistoceno e o Holoceno. Identificamos a existência de quatro grandes ciclos de mudanças climáticas de escalas orbitais (decorrentes de mudanças na órbita terrestre). A variação da curva de temperatura delimita essas mudanças climáticas a partir da existência de períodos mais frios e mais quentes. O primeiro ciclo glacial, chamado de Illinoiano durou até aproximadamente 130 mil anos antes do presente, o interglacial Eeminao ocorreu entre 130 e 110 mil anos atrás, o último período glacial, chamado de Wisconsiniano, ocorreu entre 110 e 10 mil anos atrás. A partir de 10 mil anos antes do presente, tem início o atual período interglacial, na época Holoceno. As letras H no gráfico representam mudanças climáticas milenares inseridos no último período glacial.

**Figura 11** - variações na temperatura média global nos últimos 160 mil anos.



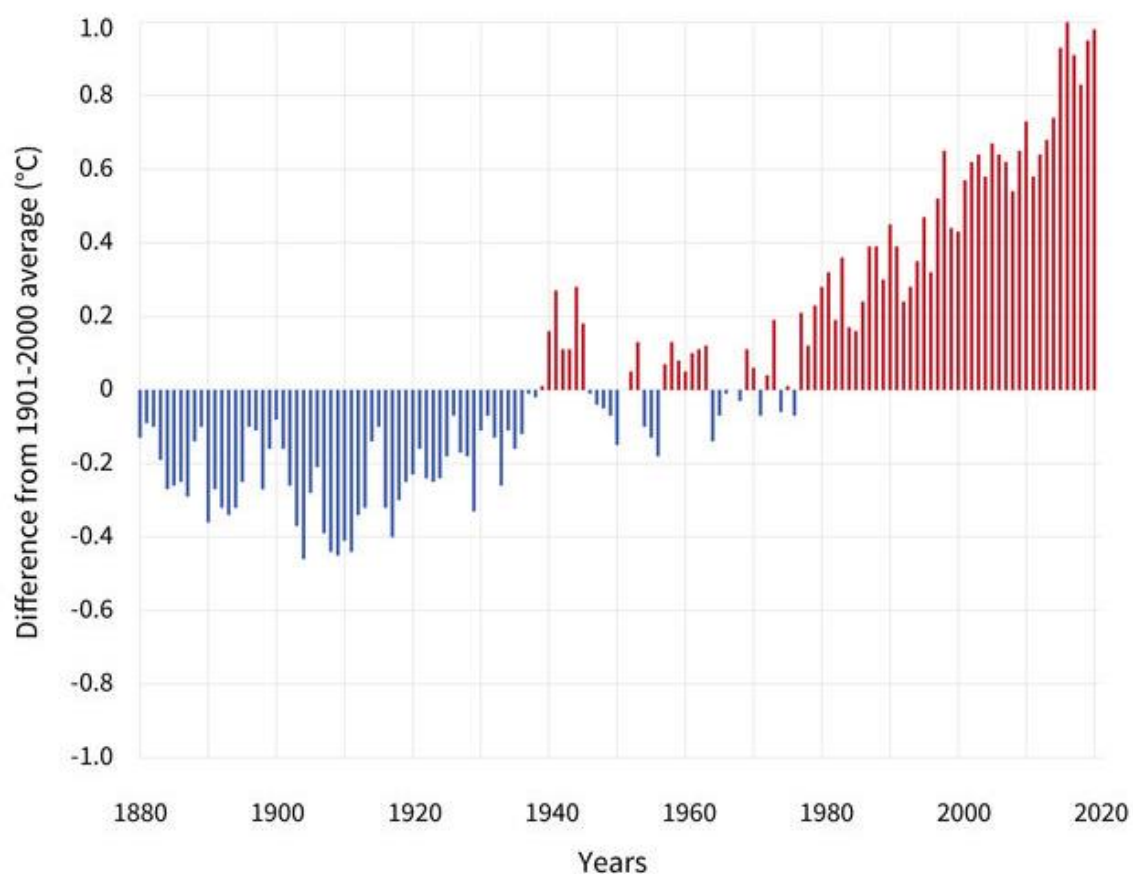
Fonte: WILSON et al. (2001).

O período mais quente do interglacial presente ocorreu há cerca de 5 mil anos, quando a média de temperatura global estava 1°C acima da temperatura atual. Entre o período mais quente no Holoceno e o presente, ocorreram variações na temperatura média da Terra, com intervalos mais quentes e outros mais frios. A partir da década de 1920, observou-se uma subida acelerada das temperaturas médias globais até os níveis registrados atualmente.

O aumento da temperatura ao longo do século XX e XXI é atribuído às atividades humanas. Essas mudanças climáticas, chamadas de antropogênicas, são distintas daquelas que ocorrem em ciclos longos, gerados por mudanças na órbita terrestre. Nesse caso, o acúmulo de gases do efeito estufa, lançados em grande quantidade na atmosfera pelas atividades humanas, tem gerado um desequilíbrio do sistema climático global. Os chamados gases do efeito estufa são responsáveis por reter calor na atmosfera terrestre, resultando no aumento das temperaturas médias globais. A queima dos combustíveis fósseis como o petróleo tem acelerado o ciclo do carbono, e aumentando a concentração de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) na atmosfera, um dos principais gases do efeito estufa.

Na Figura 12 observamos que o aumento da temperatura média global da superfície terrestre, através dos desvios anuais dos valores em graus Celsius (°C). A partir da década de 1980 observa-se um aquecimento acelerado, recordes de temperatura a partir da década de 2010.

**Figura 12** - Desvios da temperatura média da superfície do planeta Terra (1880 - 2020).



Fonte: NOAA (2021)

O ciclo natural de liberação do CO<sub>2</sub> na atmosfera acontece de modo lento, e é desencadeado pelas respostas dos sistemas terrestres a mudanças no balanço de radiação ao longo das estações do ano em milhares de anos, como resposta aos ciclos orbitais de Milankovitch. As atuais de tempo estão ocorrendo em uma escala de tempo muito curta, pois os seres humanos estão acelerando ou modificando o ciclo de liberação dos gases do efeito estufa na atmosfera. O Brasil está entre os dez países que mais contribuem para a emissão de CO<sub>2</sub> na atmosfera, principalmente por conta das queimadas. Portanto, nosso país apresenta um papel importante na redução das emissões, já que a redução das queimadas e conservação das nossas florestas são um importante ponto para reduzir os danos ocasionados pelo desequilíbrio do sistema climático. No entanto, a política ambiental brasileira tem falhado em promover redução das queimadas e da devastação dos nossos biomas.

O grupo de trabalho I do Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), em seu relatório de número seis de agosto de 2021, enfatizou o papel das atividades antrópicas (humanas) na atual mudança climática. O IPCC é uma organização científica e política das Nações Unidas (ONU), que tem como objetivo analisar e divulgar as informações científicas sobre as mudanças climáticas. Os relatórios do IPCC apresentam as principais evidências sobre as mudanças climáticas, os possíveis impactos globais e regionais, assim como estratégias de diminuir os impactos socioeconômicos.

No relatório seis de 2021, o IPCC trouxe evidências de que a temperatura terrestre continuará a aumentar em todos os cenários de emissão de gases do efeito

estufa até o final do século. De acordo com as projeções dos modelos de previsão, muito provavelmente o aquecimento de 1,5 a 2,0 °C será excedido ainda no século XXI, se as emissões não forem drasticamente reduzidas. Para a América do Sul, tem se observado um aumento rápido das temperaturas médias, numa velocidade maior do que a média global. Padrões de distribuição das chuvas tendem a mudar, com volumes maiores no noroeste e no sudeste do continente. Para o nordeste e sudoeste, prevê-se uma diminuição das precipitações. O aumento do nível médio do mar tem afetado o continente, e as previsões reforçam essa tendência nas próximas décadas com impactos nas regiões costeiras.

Essas previsões devem servir para que sejam pensadas e executadas soluções para mitigar (diminuir) os impactos previstos. Mudanças no ciclo hidrológico no continente sul-americano já afetam o abastecimento de água, a vida nos centros urbanos, as atividades agropecuárias e a produção de energia no Brasil. De alguma forma, toda a população mundial sofre os impactos da mudança climática, porém, o nível de vulnerabilidade das comunidades humanas não é o mesmo, o que faz a magnitude dos impactos ter grande variação no espaço geográfico. Comunidades com melhores condições de vida, que apresentam elevada disponibilidade de recursos técnicos tendem a sofrer menos efeitos negativos do que aquelas onde as condições de vida são precárias.

Em territórios como o Brasil, com grande disparidade socioeconômica, os desafios referentes às mudanças climáticas são diversos. A diminuição da vulnerabilidade social é um dos maiores desafios para que as comunidades se tornem mais resilientes, e consigam gerir os riscos climáticos de maneira mais efetiva.

#### **Proposta de atividade 4 - mudanças climáticas**

Com a ajuda dos docentes, identifique e descreva os principais fenômenos climáticos que ocasionam impactos negativos na comunidade em que você vive. Descrevam também como a organização do espaço geográfico pode ser um fator de agravamento dos impactos gerados por fenômenos climáticos.

Após a identificação desses fenômenos, pesquise se as mudanças climáticas podem agravar problemas socioambientais decorrentes da interação da sociedade com o clima na sua comunidade.

Agora, com as informações organizadas, pensem em estratégias e ações que poderiam contribuir com a solução ou mitigação dos problemas gerados pela mudança climática na sua comunidade.

Os resultados devem ser apresentados em um quadro síntese (seguindo o exemplo abaixo). Caso a equipe considere pertinente, poderá apresentar imagens e dados que tragam mais evidências sobre o tema em questão.

Quadro síntese (exemplo)

fenômeno climático	interações negativas	impactos	tendência	soluções
Estiagens severas	A comunidade depende da ocorrência de chuvas regulares e não possui tecnologia de irrigação.	Perda de produtividade das lavouras; falta de água	As estiagens tendem a ser mais longas nos próximos 50 anos	Utilização de espécies de plantas mais resistentes ao estresse hídrico; uso racional da água.

## 2 Referências

AYOADE, John O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. 9. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003. 332 p

BARROS, J.R.; ZAVATTINI, João Afonso. Bases conceituais em climatologia geográfica. Mercator - **Revista de Geografia da UFC**, v. 08, n. 16, 2009. p. 255-261

BARRY, R.G.; CHORLEY, R.J. **Atmosfera, Tempo e Clima**. Bookman Editora, 1 de jan. de 2009. 1

CHRISTOPHERSON, R. W. **Geossistemas – uma introdução à geografia física**.

Tradução: Francisco Eliseu Aquino (et al.). Porto Alegre: Bookman, 7ª edição, 2012

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Atlas Nacional do Brasil Milton Santos**. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: [IBGE | Biblioteca | Detalhes | Atlas nacional do Brasil Milton Santos / IBGE, Diretoria de Geociências.](#) – Acesso em outubro de 2021.

IPCC, 2021: **Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change** [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J. B. R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press. In Press.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo: oficina de texto, 2007.

WANDERLEY, L.S.A. **Proposta de classificação climática da região Nordeste do Brasil baseada na abordagem sinótica dos tipos de tempo**. Tese (Doutorado em Geografia) – Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal de Pernambuco. Recife, 217p., 2020.

### ANEXO 3 - questionário de avaliação docente

1. Você considera que o material didático proposto integrou outros temas de Geografia?  
( ) Sim ( ) Não ( ) Parcialmente
2. Você considera que o material didático proposto é consistente com a aplicação das categorias de análise geográfica?  
( ) Sim ( ) Não ( ) Parcialmente
3. No material didático proposto, o conteúdo está atualizado de acordo com as evidências científicas recentes (últimos 5 anos)?  
( ) Sim ( ) Não ( ) Parcialmente
4. No material didático proposto, você considera que o tema da climatologia é abordado de maneira contextualizada à realidade dos discentes?  
( ) Sim ( ) Não ( ) Parcialmente
5. As atividades propostas no material didático estão consonantes com o desenvolvimento das habilidades técnicas e criativas dos discentes?  
( ) Sim ( ) Não ( ) Parcialmente
6. A linguagem utilizada no material didático é apropriada para sua utilização no Ensino Médio Integrado?  
( ) Sim ( ) Não ( ) Parcialmente
7. Você considera pertinente a utilização do material didático na disciplina de geografia do Ensino Médio Integrado do Ifal?  
( ) Sim ( ) Não
8. Quais sugestões de refinamento você teria para contribuir com o material didático apresentado?