

UNIVERSIDADE FEDERAL FLUMINENSE – UFF  
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA

BEATRIZ BARCELLOS ZANIBONI

**“COMO UMA ONDA NO MAR”: ANÁLISE DE EVENTOS CLIMÁTICOS  
EXTREMOS A PARTIR DE SÉRIES HISTÓRICAS (1961-2020) PARA O LITORAL  
BRASILEIRO**

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ

2022

BEATRIZ BARCELLOS ZANIBONI

**“COMO UMA ONDA NO MAR”:ANÁLISE DE EVENTOS CLIMÁTICOS  
EXTREMOS A PARTIR DE SÉRIES HISTÓRICAS (1961-2020) PARA O LITORAL  
BRASILEIRO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à  
Universidade Federal Fluminense como  
requisito para a obtenção do grau Bacharel em  
Geografia.  
Sob orientação do Prof. Dr. Eduardo Manuel  
Rosa Bulhões

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ

2022

BEATRIZ BARCELLOS ZANIBONI

**“COMO UMA ONDA NO MAR”: ANÁLISE DE EVENTOS CLIMÁTICOS  
EXTREMOS A PARTIR DE SÉRIES HISTÓRICAS (1961-2020) PARA O LITORAL  
BRASILEIRO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
ao Instituto de Ciências da Sociedade e  
Desenvolvimento Regional – UFF, como  
requisito para a obtenção do título de Bacharel  
em Geografia.

Aprovado em \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2022

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Eduardo Manuel Rosa Bulhões (orientador)  
UFF – Universidade Federal Fluminense

---

Prof.a. Dr.a. Maria Carla Barreto Santos Martins (avaliadora)  
UFF – Universidade Federal Fluminense

---

Prof. Dr. Silvio Roberto de Oliveira Filho (avaliador)  
UFF – Universidade Federal Fluminense

*Dedico este trabalho a Deus, que através de sua abundante graça me auxiliou e me capacitou em cada momento ao longo da graduação.*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus por me fortalecer em cada momento e por conduzir cada etapa da minha graduação. Agradeço a Ele por ter me mantido firme e segura ao longo de momentos tão difíceis e incertos. Agradeço a Ele por me lembrar a todo momento da capacidade que me deu e das oportunidades que me foram dadas.

Agradeço também aos meus pais Daylton e Ana Cláudia, que sempre sonharam comigo e me incentivam a realizar cada um desses sonhos. Agradeço ainda a minha mãe por ter ficado no meu ouvido para tentar a Geografia. Hoje eu me sinto super realizada, mãe. Sou grata por todo esforço de vocês, por todo tempo de trabalho que vocês dedicaram para que pudesse chegar a este momento. Sei que este trabalho não representa nem um por cento de todo o suor e trabalho que vocês sempre dedicaram a mim e a minha irmã, mas sou extremamente a vocês e tenho o amor, dedicação e carinho de vocês como exemplo para mim.

Agradeço a minha irmã, Luísa, que sempre me lembra do meu valor e da minha capacidade, que sempre me aconselha e me auxilia. Agradeço a você, Luísa, pelo seu amor e dedicação a mim, por sempre cuidar de cada detalhe para que eu possa acertar sempre.

Agradeço a minha avó, Dona Léa, que sempre se esforçou por todos os seus netos. Sou muito grata a senhora e tenho certeza de que tudo que tenho feito, é graças a sua ajuda também.

Agradeço ao meu professor e orientador Eduardo Bulhões, pelos ensinamentos, atenção e toda disponibilidade que sempre dedicou a mim para ajudar a concluir este objetivo.

Sou grata ao meu noivo Lucas, por me incentivar, me ouvir e sempre se fazer presente, mesmo estando a longos quilômetros de distância, obrigada por se esforçar e dedicar seu tempo a mim.

Agradeço também aos amigos, em especial Ana Beatriz, Karen, Luiza e Mylena. A graduação e a estadia em Campos se tornaram mais leves e ainda mais divertidas com vocês.

Agradeço a cada professor, a cada amigo que convivi na Universidade Federal Fluminense. E a cada pessoa que contribuiu de alguma maneira com a minha graduação, o meu sincero agradecimento.

## **RESUMO**

O presente trabalho busca apresentar alguns resultados obtidos sobre eventos extremos calculados ao longo da zona costeira Brasileira. Para tal foram selecionados, a partir do Projeto Climdex, onze índices de extremos climáticos organizados para possibilitar a análise e respostas estatísticas sobre temperaturas máximas (TX), mínimas (TN) e precipitação (PREC). Foram utilizadas ferramentas programáticas gratuitas para todos os cálculos e apresentação dos resultados. Quanto aos resultados, os mesmos apontam um aumento nas taxas mínimas e máximas das temperaturas máximas e mínimas para o litoral brasileiro na ordem de +0,04°C e +0,03°C por ano. Há também uma tendência clara e semelhante de redução no percentual de dias mais frios (-0,08%) e de noites mais frias (-0,07%) por ano. Quanto aos índices de precipitação a tendência para o litoral brasileiro é de diminuição na ordem de -4,1 mm por ano, mas tal informação deve ser contextualizada na escala regional uma vez que as discrepâncias não são pequenas. Por fim, defende-se que as ferramentas para a análise e interpretação de um grande conjunto de informações e dados climáticos são fundamentais para diagnosticar e prognosticar as tendências de extremos climáticos e, especificamente para o litoral brasileiro, permite uma agenda de pesquisa relevante.

**Palavras-chave:** Climatologia Geográfica; Mudanças Climáticas; Geografia Física

## **ABSTRACT**

The present work aims to discuss some results obtained on extreme events calculated along the Brazilian coastal zone (ZCB). For such, eleven indices of climatic extremes were selected from the Climdex Project to enable analysis and statistical responses on precipitation (PRCT) and maximum (TX) and minimum (TN) temperatures. Free programmatic tools were used for all calculations and presentation of results. As for the results, they point to an increase in the minimum and maximum rates of maximum and minimum temperatures for the Brazilian coast in the order of  $+0.04^{\circ}\text{C}$  and  $+0.03^{\circ}\text{C}$  per year. There is also a clear and similar trend of reduction in the percentage of colder days ( $-0.08\%$ ) and colder nights ( $-0.07\%$ ) per year. As for precipitation rates, the tendency for the Brazilian coast is to decrease in the order of  $-4.1$  mm per year, but such information must be contextualized on a regional scale since the discrepancies are significant. Finally, it is argued that the tools for the analysis and interpretation of a large set of climate information and data are fundamental to diagnose and predict trends in climate extremes and, specifically for the Brazilian coast, allow for a relevant research agenda.

**Keywords:** Geographical climatology; Climate Change; Physical Geography

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Limites da Zona Costeira Brasileira	21
<b>Figura 2.</b> Paisagens do Litoral Brasileiro	22
<b>Figura 3.</b> Áreas de Atuação das Massas de Ar	26
<b>Figura 4.</b> Mudanças observadas nos extremos de calor e precipitação por região climática.	30
<b>Figura 5:</b> Recorte dos municípios litorâneos brasileiros incluindo a posição, tipo e nome das estações meteorológicas utilizadas como fonte de dados.	33
<b>Figura 6.</b> Composição entre Mapa e Gráfico representando a série histórica do índice <i>TXm</i> - <i>Temperatura Máxima Média</i> .	36
<b>Figura 7.</b> Composição entre Mapa e Gráfico representando a série histórica do índice <i>TNm</i> - <i>Temperatura Mínima Média</i> .	37
<b>Figura 8.</b> Composição entre Mapa e Gráfico representando a série histórica do índice <i>TXx</i> - <i>Máxima Mensal de Temperatura Máxima</i> .	38
<b>Figura 9.</b> Composição entre Mapa e Gráfico representando a série histórica do índice <i>TX90p</i> - Percentual de dias do ano em que a temperatura máxima foi maior que o 90º percentil.	39
<b>Figura 10.</b> Composição entre Mapa e Gráfico representando a série histórica do índice <i>TX10p</i> - Percentil de dias do ano em que a temperatura máxima foi menor que o 10º percentil.	40
<b>Figura 11.</b> Composição entre Mapa e Gráfico representando a série histórica do índice <i>TNn</i> - <i>Mínima Mensal de Temperatura Mínima</i> .	41
<b>Figura 12.</b> Composição entre Mapa e Gráfico representando a série histórica do índice <i>TNx</i> - <i>Máximo Mensal da Temperatura Mínima</i> .	42
<b>Figura 13.</b> Composição entre Mapa e Gráfico representando o índice <i>TN10p</i> - Percentual de Dias do Ano em que a Temperatura Mínima foi menor que o 10º percentil.	43
<b>Figura 14.</b> Composição entre Mapa e Gráfico representando o índice <i>PRCPTOT</i> - <i>Precipitação Total Anual</i> .	44
<b>Figura 15.</b> Composição entre Mapa e Gráfico representando o índice <i>R20mm</i> - Quantidade de Dias por Ano em que a Precipitação foi Maior que 20mm.	45
<b>Figura 16.</b> Composição entre Mapa e Gráfico representando o índice <i>R95p</i> - Precipitação Anual Total dos Dias em que a Precipitação foi maior que o 95º Percentil.	46

## ÍNDICE DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Índices de extremos climáticos selecionados para análise.....	36
---	----

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

**AR5** Quinto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas;

**AR6** Sexto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas;

**BDMEP** Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa;

**CIRM** Comissão Interministerial para os Recursos do Mar;

**CIT** Convergência Intertropical;

**INMET** Instituto Nacional de Meteorologia;

**IPCC** Intergovernmental Panel on Climate Change;

**MA** Massa Antártica;

**MEC** Massa Equatorial Continental;

**MEA** Massa Equatorial Atlântica;

**MEAN** Massa Equatorial do Atlântico Norte;

**MEAS** Massa Equatorial do Atlântico Sul;

**MEN** Massa Equatorial Norte;

**MEP** Massa Equatorial Pacífica;

**MPA** Massa Polar Atlântica;

**MPP** Massa Polar do Pacífico;

**MS** Massa Superior;

**MTA** Massa Tropical Atlântica;

**MTC** Massa Tropical Continental;

**MTP** Massa Tropical Pacífica;

**NE** Nordeste;

**NES** Nordeste da América do Sul;

**NSA** Norte da América do Sul;

**PNGC** Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro;

**PRCP** Precipitação total diária;

**SE** Sudeste;

**SES** Sudeste da América do Sul;

**TSM** Temperatura de Superfície do Mar;

**TX** Temperatura Máxima

**TN** Temperatura Mínima

## SUMÁRIO

<b>PRÓLOGO:</b>	13
<b>1. INTRODUÇÃO:</b>	14
1.1. ZONA COSTEIRA:	15
1.2. ASPECTOS CLIMÁTICOS DO LITORAL BRASILEIRO:	16
1.3. OBJETIVO	18
1.3.1 Objetivo Geral:	18
1.3.2. Objetivos Específicos:	18
1.4. JUSTIFICATIVA	19
1.5. ÁREA DE ESTUDO	19
<b>2. BASE CONCEITUAL</b>	24
2.1. CLIMA E CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA:	24
2.1.1. Sistemas Climáticos Atuantes no litoral Brasileiro:	25
2.1.2. Extremos Climáticos:	28
<b>3. MATERIAIS E MÉTODOS</b>	32
3.1. SÉRIE HISTÓRICA DE DADOS ATMOSFÉRICOS	32
3.2. ÍNDICES DE EXTREMOS CLIMÁTICOS	34
3.3. CÁLCULO DOS ÍNDICES E ANÁLISE DE DADOS:	35
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	36
4.1. ÍNDICES DE TEMPERATURAS MÉDIAS PARA O LITORAL BRASILEIRO:	36
4.2. ÍNDICES DE TEMPERATURAS MÁXIMAS (TX):	38
4.3. ÍNDICES DE TEMPERATURAS MÍNIMAS (TN):	40
4.4. ÍNDICES DE PRECIPITAÇÃO:	43
<b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	47
<b>REFERÊNCIAS</b>	48

## **PRÓLOGO:**

Do Oiapoque ao Chuí, a minha geração nunca enfrentou situações tão drásticas como essas que a atual conjuntura tem nos proporcionado. Caso você esteja lendo esse TCC no ano de 2022, conseguirá identificar exatamente do que estou falando: a Pandemia do Coronavírus (SARS-CoV-2). No mais, somado a isso, a sociedade vem enfrentando atualmente uma grande crise climática e econômica, o que permite que a sociedade se encontre cada vez mais vulnerável e suscetível a grandes impactos negativos. Pensando nisso, lembramos ainda de algumas imagens que viralizaram recentemente na internet sobre a grande onda de calor que afetou o Canadá e as fortes chuvas e enchentes que atingiram diversos países da Europa e da Ásia. De acordo com muitos especialistas do clima, essas chuvas foram caracterizadas como “sem precedentes”, um evento que não se esperava.

Podemos também ter como base o último Relatório sobre Mudanças Climáticas (AR6) publicado pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), que trouxe o fato de os Eventos Extremos não estão apenas se intensificando como têm sido mais recorrentes. Eventos que antes ocorriam de forma interdecadal, hoje podem ser percebidos em um tempo menor no espaço. A força e a recorrência de Eventos Climáticos Extremos têm sido intensificadas, e cabe a nós, pesquisadores, trazer de forma clara e concisa informações sobre esse assunto. Nesse contexto, cabe estabelecer aqui exatamente do que se trata eventos sem precedentes como esses: Extremos Climáticos. E é exatamente sobre isso que esse TCC fala.

## 1. INTRODUÇÃO:

Os Extremos Climáticos de acordo com Marengo *et. al.* (2009) ocorrem de muitas formas, como enchentes, secas prolongadas, ondas de calor e frio, tufões e tornados. Esses fenômenos meteorológicos conhecidos também como eventos extremos, não são incomuns, pelo contrário, se trata de ocorrências bastante características por todo entorno do Planeta, estão enraizados no cotidiano da sociedade. Acontece que, com o decorrer dos anos e o desenvolvimento tecnológico avançando cada vez mais, muitas alterações na Terra se desenvolveram, afetando diretamente no comportamento climático global. Em virtude de tais alterações, os chamados Extremos Climáticos passaram a se intensificar e se tornaram mais recorrentes que o normal.

Por se tratar de eventos comuns, é de se saber que a sociedade apresenta um certo costume em enfrentar momentos de altos índices pluviométricos, fortes secas, enchentes, frios extremos e calor extremo. Mas, ao se caracterizar tais eventos como eventos extremos, têm-se que levar em consideração o fato de que esses têm se tornado cada vez mais recorrentes, expondo a sociedade a um certo risco. Com eventos extremos cada vez mais recorrentes e intensos, as comunidades, sejam elas comunidades antrópicas ou outros tipos de comunidade (florística e faunística), podem ser expostas aos perigos e consequências gerados pela ação de eventos extremos. Grandes eventos de ressaca, chuvas muito intensas, secas prolongadas acabam por impactar diretamente a essas comunidades, criando uma situação de risco.

De acordo com Silva Dias (2014) a vulnerabilidade atual não tem precedentes e somado a isso, a intensa urbanização que se estende até para áreas de grande risco, deixando a população ainda mais vulnerável e exposta às drásticas consequências que esses eventos podem trazer. No mais, cabe ainda destacar que eventos de chuvas intensas, seca, frio e calor extremo, antes de qualquer outra região, afetam primeira e diretamente a região litorânea, criando alterações na morfologia, bem como na disposição da sociedade sobre as Zonas Costeiras.

Antes de adentrar ao conceito e definições da Zona Costeira, cabe ainda destacar dois importantes termos que se relacionam diretamente aos impactos que podem ser gerados para essas áreas com a ocorrência cada vez mais recorrente dos eventos extremos: vulnerabilidade e risco. Ambos os termos contribuem na compreensão de como os fenômenos físico-naturais influenciam na reconfiguração das comunidades à medida que eventos como os climáticos se processam em torno do globo. Cabe ainda destacar o fato de que os eventos por si só não são capazes de expor as comunidades, Marengo *et. al.* (2009) destaca que um desastre natural pode

ser decorrente de atividades humanas, como o desmatamento de encostas próximas a áreas urbanas ou construções em áreas de risco. Os autores ainda destacam que as chuvas dificilmente causam a morte de pessoas por si só, mas os deslizamentos produzidos por elas em áreas próximas a leitos de rios ou abaixo de inclinações desmatadas podem causar danos às populações.

De acordo com Nguyen et. al (2016) *apud*. Lins-de-Barros et. al. (2020), o conceito de vulnerabilidade costeira deve considerar a situação específica, ou seja, deve estar clara a ameaça ou perigo relacionado à condição de vulnerabilidade. Desta forma, Lins-de-Barros *et al.* (2020) destaca ainda que a vulnerabilidade está relacionada ao grau de impacto que um desastre pode causar, sendo influenciada pela exposição de uma comunidade ou de um sistema ambiental ao perigo, seu grau de suscetibilidade e resiliência, e os impactos causados. Trajber, Olivato e Marquezine (2015) destacam ainda que a vulnerabilidade corresponde a um conjunto de condições sociais, econômicas, políticas, culturais, técnicas, educativas e ambientais que deixam as pessoas mais expostas ao perigo.

Já para o conceito de risco, é importante considerar, como pontua Lins-de-Barros *et al.* (2020), que o mesmo está relacionado com a probabilidade de ocorrência de um determinado perigo. Trajber, Olivato e Marquezine (2015) confirmam o exposto quando consideram que risco é uma probabilidade de danos às comunidades. O risco representa então, alguma ameaça que poderá ocorrer e posteriormente, expor certa comunidade à vulnerabilidade. E quando relaciona-se ambos os conceitos ao conceito de eventos climáticos extremos, deve-se levar em consideração que os grandes eventos de ressaca, que estão atrelados a elevação do nível do mar e a intensificação de eventos meteorológicos; os eventos de frio extremo, que estão relacionados diretamente ao aquecimento da atmosfera, bem como as fortes ondas de calor, acabam por expor as comunidades, principalmente aquelas que se dispõem em zonas litorâneas aos riscos costeiros e, posteriormente, podem vulnerabilizar tais atores sociais.

### **1.1. ZONA COSTEIRA:**

A Zona Costeira, de acordo com a Comissão Interministerial para os Recursos do Mar (CIRM), se trata da área em que ar, mar e terra se conectam incluindo seus recursos renováveis ou não, e abrangendo uma faixa marítima e outra terrestre. Ou seja, se trata de uma área em que os sistemas atmosféricos, oceânicos e terrestres se conectam. Sendo assim, é possível afirmar que a Zona Costeira é aquela em que mais recebe perturbações da interação atmosfera-oceano. O ambiente costeiro pode ainda ser caracterizado como um dos mais dinâmicos, tendo sua

configuração morfológica alterada, reconfigurando assim a paisagem. Exemplo de eventos que podem contribuir com a reconfiguração da morfologia costeira são as ações antrópicas e principalmente os eventos climáticos. Por se tratar de um ambiente que estabelece conexão entre os sistemas oceano e atmosfera, é a Zona Costeira a primeira a perceber as interferências geradas pelas alterações climáticas, bem como os eventos climáticos.

A Zona Costeira do Brasil (ZCB), segundo Neves e Muehe (2008), "atravessa ao longo de toda essa extensão, diferentes ambientes climáticos, que variam do úmido equatorial e tropical ao semiárido no Nordeste e ao clima subtropical do Sul". Isso se dá pelo fato de que o "Litoral Brasileiro se estende desde a região equatorial do Hemisfério Norte até às latitudes subtropicais do Hemisfério Sul". (NEVES & MUEHE, 2008). Por ter uma grande extensão territorial, o Brasil recebe influência dos mais variados sistemas climáticos, que atrelados aos fatores condicionantes do clima, como: latitude, longitude, maritimidade, continentalidade, massas de ar, vegetação e o relevo, a forma pela qual os sistemas climáticos se desenvolvem ao longo do território brasileiro é distinta, e até mesmo ao longo do litoral, há diferenciação.

## **1.2. ASPECTOS CLIMÁTICOS DO LITORAL BRASILEIRO:**

O Brasil é um país de grande extensão, apresentando dimensões quase que continentais, atrelado às suas dimensões, destaca-se ainda o fato de a tropicalidade como uma de suas principais características. Apesar de sua tropicalidade, e por estar inserido quase que majoritariamente na zona intertropical da Terra, fatores condicionantes do clima e outros fatores, influenciam diretamente na formação de diferentes tipos climáticos, e essa diferenciação climática que o Brasil possui, permite a configuração das grandes riquezas de paisagens que se distribuem por toda extensão do território brasileiro (MENDONÇA & DANNI-OLIVEIRA, 2007).

Como mencionado por Mendonça e Danni-Oliveira (2007), a atmosfera é dinâmica e suscetível a mudanças em curtos prazos de tempo, em escala de minutos a horas. A sua dinâmica está associada à ação de centros de ação e de massas de ar, sendo elas quentes ou frias, úmidas ou secas, estáveis ou instáveis, e a atuação de tais centros e massas caracteriza os mais variados climas. Ainda de acordo com os autores, no caso do Brasil, são seis os centros de ação que trabalham, e junto desses centros algumas massas de ar têm o seu papel na determinação das condições climáticas.

Na porção norte do país, nas proximidades da linha do Equador, são dois anticiclones que agem, sendo eles o Anticiclone dos Açores, no hemisfério norte, e o Anticiclone do

Atlântico, nos hemisférios sul, este é ainda conhecido como Anticiclone de Santa Helena. Os respectivos centros de ação são produtores das Massa Equatorial do Atlântico Norte (MEAN) (associadas aos alísios de nordeste (NE)) e Massa Equatorial do Atlântico Sul (MEAS) (associadas aos alísios de sudeste (SE)), por essa ordem. Em direção mais ao interior do Brasil, não se atendo somente ao litoral, há ainda um outro centro de ação - nas proximidades da planície amazônica - que é responsável pela produção da Massa Equatorial Continental (MEC), que junto das massas de ar citadas anteriormente, é responsável por fornecer condições de umidade de calor à atmosfera (MENDONÇA & DANNI-OLIVEIRA).

Ainda para a região norte e para parte da região nordeste, os autores supracitados destacam a influência da Convergência Intertropical (CIT), que exerce influência direta na formação de condições de calmaria, promovida por processos de convecção, e de formação de condições de nebulosidade e pluviosidade. Tais condições são responsáveis por revelar justamente que a atmosfera não está estática, e que está em constante movimentação, sendo assim, dinâmica.

Para as porções mais ao sul, próximo aos 30° de latitude ao sul, como destacado por Mendonça e Danni-Oliveira (2007), existem os centros de ação tropicais, sendo que um tem origem oceânica - Anticiclone do Atlântico -, e o outro, de origem continental - Depressão do Chaco. Os autores ainda destacam que esses dois centros de ação podem ser considerados como semifixos, por apresentarem uma movimentação que acompanha a diferença do balanço energético entre o continente e o oceano ao longo do verão e inverno.

Retornando novamente ao interior do país, existem duas massas de ar responsáveis por aumentar e reduzir a umidade em alguns períodos do ano, sendo elas a Massa Tropical Atlântica (MTA) e a Massa Tropical Continental (MTC). A MTA é aquela responsável por levar umidade para as áreas mais interiores do país por meio de ondas de calor de leste e nordeste. Já a MTC é aquela responsável por reduzir o nível de umidade em alguns períodos entre os meses de setembro e abril. Ambas as massas de ar agem ao longo desses meses, e são responsáveis por influenciar as características das elevadas temperaturas no centro-sul, leste e sul do território brasileiro (MENDONÇA & DANNI-OLIVEIRA, 2007).

Há ainda, de acordo com os autores, a atuação de um último centro de ação, que é o Anticiclone Migratório Polar. Este, por sua vez, é gerado a partir do acúmulo de ar polar que se concentra nas regiões de baixa pressão subpolar do Pacífico Sul e ao se deslocar, realiza uma trajetória de sudeste para nordeste se subdividindo em dois ramos, o da Massa Polar Atlântica (MPA) e Massa Polar do Pacífico (MPP). Conforme se deslocam em direção ao país, suas

características de baixa temperatura vão se modificando e sua atuação ao longo do país é responsável pela produção de frentes frias (MENDONÇA & DANNI-OLIVEIRA, 2007).

Tendo em pauta o estudo da Zona Costeira, um último aspecto climático importante a ser destacado é o de maritimidade, como já foi pontuado aqui, o clima é condicionado por diversos fatores, sendo um deles a maritimidade. Tal fator é responsável por garantir que as amplitudes térmicas sejam atenuadas no decorrer do dia, ao passo que a água ganha e perde calor de forma mais lenta, permitindo que haja um balanço de calor mais equilibrado para as Zonas Costeiras. A água fornece então, além de umidade, uma distribuição uniforme do calor para essas áreas, principalmente. Além disso, as Zonas Costeiras são ainda aquelas a receberem primeiramente todos os efeitos gerados pela ação dos centros de ação e das massas de ar.

Já se sabe então que, os mais variados centros de ação e massas de ar agem sobre o país. As suas grandes dimensões permitiram ainda que Mendonça e Danni-Oliveira (2007) pudessem caracterizar o Brasil como o “continente Brasil”. Junto a esses centros e essas massas de ar, é possível destacar a importância de estudos baseados em análise de dados climáticos para compreender que tais agentes climáticos têm alterado a sua forma de agir sobre o litoral brasileiro. Alguns eventos são gerados a partir da ação de massas de ar sobre o litoral, eventos como chuvas, ressacas, secas, calor e frio são resultantes da atuação dessas massas de ar e dos centros de ação sobre determinada área. A atuação desses agentes ao longo do tempo gera diferentes condições que são analisadas através dos dados climáticos, e é a partir desses que é possível afirmar e destacar a ocorrência de eventos extremos, bem como se estes têm se intensificado e têm sido mais recorrentes, e quais têm sido as evidências que indicam a ocorrência destes eventos extremos ao longo do litoral brasileiro.

### **1.3. OBJETIVO**

#### 1.3.1 Objetivo Geral:

Fazer uma caracterização climática da Zona Costeira do Brasil a partir de séries históricas de dados meteorológicos.

#### 1.3.2. Objetivos Específicos:

- a) analisar indicadores de extremos climáticos para o litoral brasileiro;
- b) analisar a variabilidade interdecadal das condições atmosféricas médias para o litoral brasileiro;

#### **1.4. JUSTIFICATIVA**

Assuntos relacionados ao clima ganharam mais atenção atualmente, em especial os eventos de extremos climáticos que repercutem fortemente na mídia. Defronta-se diariamente com assuntos de eventos climáticos extremos, assim como evidencia-se a vulnerabilização da sociedade em virtude de tais eventos, bem como ainda é notório o negacionismo climático e, em alguns casos, a ausência de explicações bem fundamentadas para que de fato a comunicação científica seja estabelecida, e a sociedade esteja a par de que eventos são esses e o motivo pelo qual esses eventos têm sido tão agressivos ultimamente.

Dentro desse contexto, a geografia, enquanto ciência, apresenta uma concepção interdisciplinar, dialogando com as ciências da natureza e ciências sociais. Através desta capacidade de dialogar, algumas especialidades da geografia como a climatologia e a geomorfologia exercem um papel importante em construir essa base de conhecimento, a fim de explicar de forma clara e concisa o que são esses eventos climáticos extremos que o mundo vem presenciando de forma cada vez mais recorrente e incisivo atualmente, e como tais eventos podem ser detectados e podem impactar a costa brasileira.

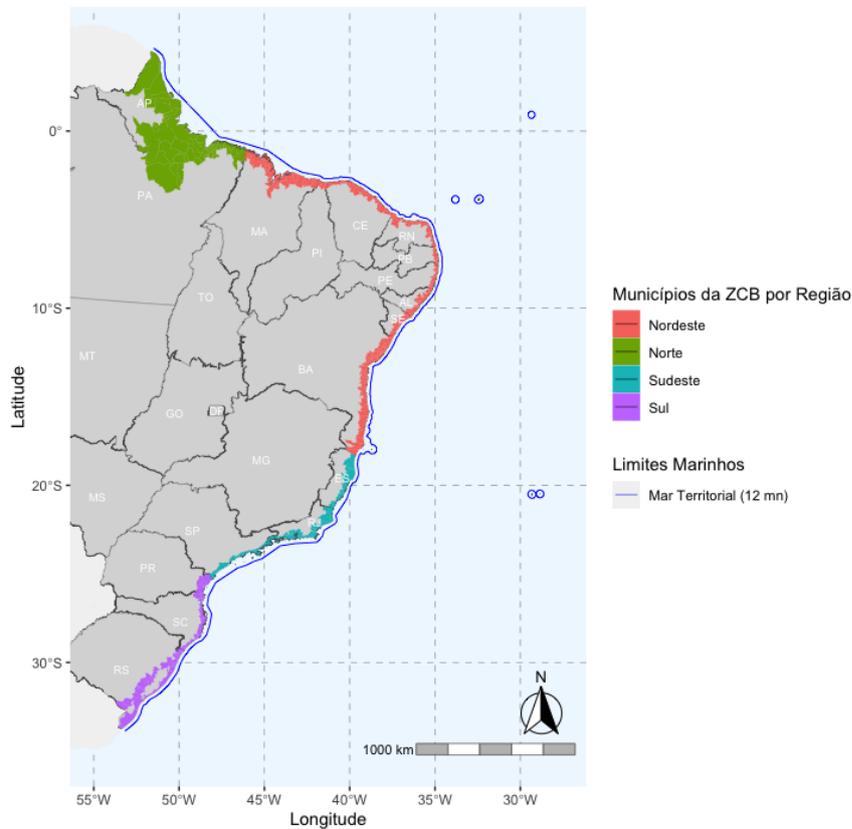
Compreendendo tal perspectiva, é fundamental o desenvolvimento de estudos relacionados ao clima, para que a comunicação e a divulgação científica sejam realizadas de forma clara, explicando que tais eventos ocorrem por uma combinação dos elementos do clima (ex. umidade, pressão, temperatura, precipitação, radiação solar) e sua variabilidade somado às mudanças climáticas provocadas pela ação humana. A utilização e interpretação das séries históricas auxiliam na compreensão da ocorrência de tais eventos, e permitem que seja elaborada uma melhor explicação dos eventos climáticos extremos sobre a Zona Costeira do Brasil. Utilizando-se da geografia, climatologia e geomorfologia sob um mesmo plano, é possível desenvolver estudos sobre o assunto em questão.

#### **1.5. ÁREA DE ESTUDO**

A Zona Costeira e Marinha, em uma de suas definições mais comumente utilizadas, é caracterizada como “o espaço geográfico de interação do ar, mar e terra, incluindo todos os seus recursos ambientais, sendo eles renováveis ou não” (BRASIL, 2004). Ainda dentro dessa definição, Rodriguez e Windevoxhel (1998) caracterizam a Zona Costeira como uma área sujeita a grande interferência de atividade humana e que abriga grandes riquezas ecológicas, sendo ainda uma área terrestre influenciada por processos oceânicos e uma área oceânica influenciada por processos que ocorrem em área terrestre.

A Zona Costeira do Brasil, daqui em diante denominada ZCB, foi definida pela Constituição Federal de 1988 em seu artigo de número 225, parágrafo 4, como patrimônio nacional ao lado da Mata Atlântica, Serra do Mar, Pantanal Mato-Grossense e Floresta Amazônica, visando assim assegurar a preservação de tais áreas.

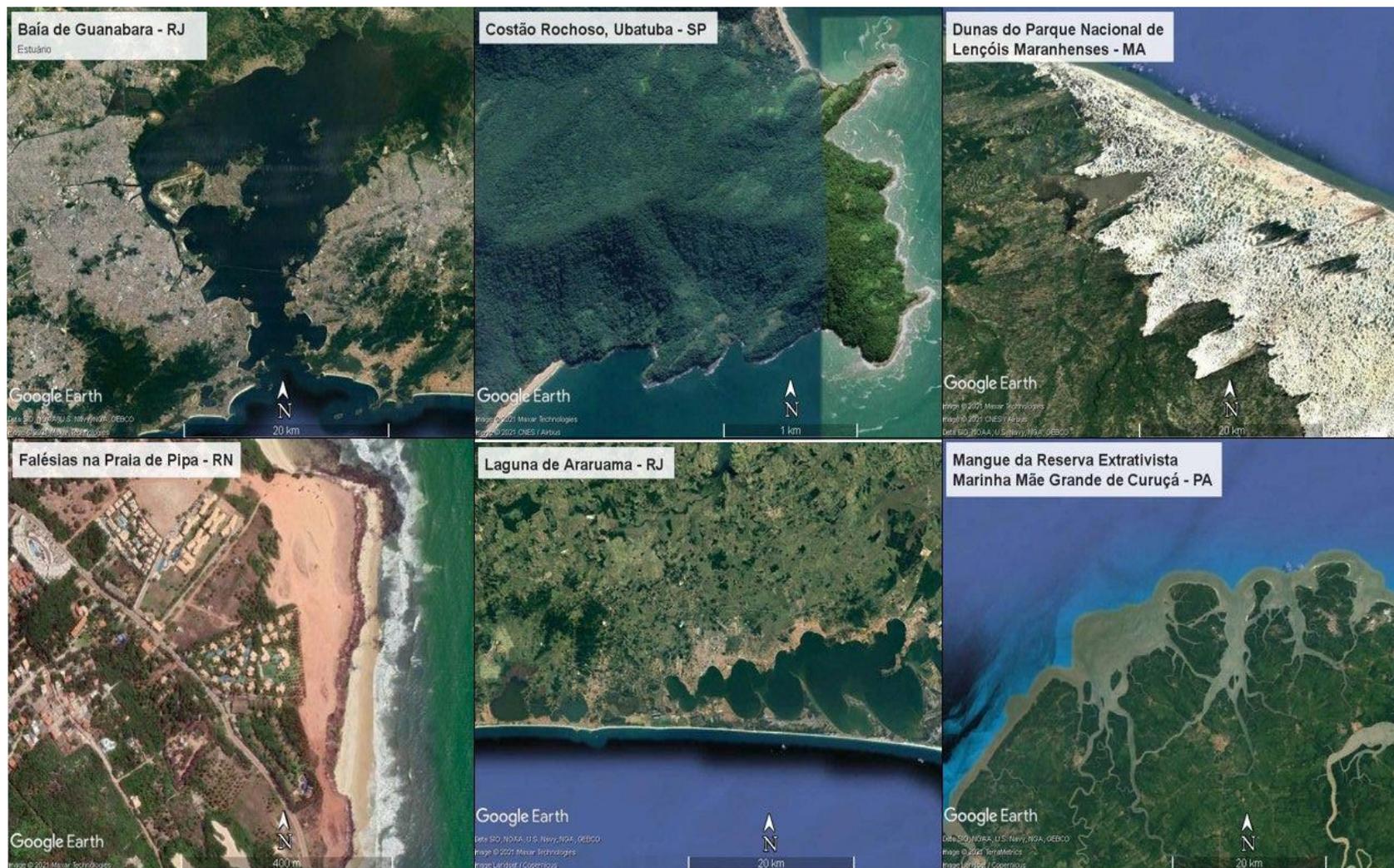
Levando-se em conta a sua localização, a ZCB (**Figura 1**) se estende desde a foz do rio Oiapoque, que está localizado na latitude 4°30' ao Norte, até os extremos do Sul 33°44'S, onde se localiza a foz do rio Chuí. Sendo assim, está majoritariamente inserida na faixa climática intertropical. É voltada para o Oceano Atlântico e percorre cerca de 20 mil quilômetros considerando as reentrâncias de baías e estuários. Possui uma área aproximada de 524 mil km<sup>2</sup>, sendo que 425,7 mil km<sup>2</sup> correspondem a faixa territorial dos 442 municípios, sendo distribuídos ao longo de 17 estados costeiros (MMA, 2008 e BULHOES et al. 2022).

**Figura 1.** Limites da Zona Costeira Brasileira

Fonte: Dados IBGE e Marinha do Brasil

De acordo com o Decreto 5.300/2004, em seu Artigo 3º, a ZCB, considerada desde a Constituição de 1988 como patrimônio nacional, corresponde ao espaço geográfico no qual ar, mar e terra interagem, incluindo seus recursos naturais ou não. De acordo com a seção I, a faixa marítima se estende por 12 milhas náuticas (cerca de 22,22 km) que é medido a partir da linha de base, compreendendo assim, o mar territorial. Já a faixa terrestre, de acordo com a seção II do Artigo 3º, é o espaço que é compreendido pelos limites dos municípios que sofrem influência direta dos fenômenos ocorrentes na Zona Costeira.

A Zona Costeira é uma área que recebe grandes perturbações naturais, como a interferência do clima, por exemplo. Sendo ela a primeira a receber os efeitos gerados. De acordo com Muehe (2010), a ZCB inclui variadas formas (**Figura 2**) como ampla ocorrência de falésias sedimentares, estuários, promontórios cristalinos e planícies costeiras que estão sujeitas a modificações intensas em sua morfologia por conta das mudanças climáticas. A respeito dessa afirmação, fica claro então que toda a extensão litorânea é aquela em que recebe de forma direta e primária a influência do clima, refletindo assim em sua morfologia e consequentemente trazendo danos e alterações para aqueles que se distribuem ao longo de sua extensão.

**Figura 2.** Paisagens do Litoral Brasileiro

Fonte: Google Earth Pro.

Por se tratar de uma área de grande aporte paisagístico, Gruber *et al.* (2003) consideram que a Zona Costeira é aquela com maior estresse ambiental a nível mundial, estando submetida a forte pressão por intensas e diversificadas formas de uso do solo, configurando assim uma zona que necessita de um aporte bem consistente de gestão ambiental. Em virtude disso, se faz necessário a observação do Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (PNGC), criado pela Lei Federal nº 7.661 de 1988 com o intuito de promover uma utilização sustentável dos recursos naturais disponíveis nas áreas marinhas costeiras. O PNGC tem ainda a função de evidenciar que a Zona Costeira é uma área que abriga uma concentração de diferentes ecossistemas que já sofrem com grandes perturbações naturais, como a influência do próprio clima, por exemplo. Com isso, a criação e uso do PNGC, têm-se o intuito de preservar tais ecossistemas das atividades antrópicas.

Constata-se então que a zona costeira é uma área suscetível às mais variadas interferências, sejam elas antrópicas ou naturais. Cabe ainda apontar aqui o fato de que a zona costeira possui uma grande importância na questão de esvair as águas que fluem no interior do país para o mar, bem como se trata de uma área que recebe grandes efeitos de variados sistemas de circulação atmosférica, que justificam todos os eventos climáticos recorrentes ao longo de toda a extensão territorial.

Os 442 municípios que pertencem a ZCB, conforme a Portaria MMA, nº 34, de 02 de Fevereiro de 2021 estão listados no Anexo I deste trabalho e estão distribuídos pelos 17 estados e 4 regiões da zona costeira do país sendo 58 municípios inseridos na região Norte (11 no Amapá e 47 no Pará); 230 inseridos na região Nordeste (39 no Maranhão, 5 no Piauí, 23 no Ceará, 29 no Rio Grande do Norte, 13 na Paraíba, 17 em Pernambuco, 27 em Alagoas, 24 em Sergipe, 53 na Bahia); 67 municípios inseridos na zona costeira da Região Sudeste (18 no Espírito Santo, 33 no Rio de Janeiro e 16 em São Paulo); e, por fim, 87 municípios pertencentes à zona costeira da região Sul do país (7 no Paraná, 41 em Santa Catarina e 39 no Rio Grande do Sul).

## 2. BASE CONCEITUAL

### 2.1. CLIMA E CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA:

De acordo com Obregón e Marengo (2007) o clima é definido através de seus elementos, de suas variações e tendências e de índices integradores. Todas essas informações são obtidas, em sua maior parte, por meio de estações meteorológicas operantes no território nacional. A análise de dados de eventos extremos passa pela observação e coleta atenta dos dados disponíveis nessas estações.

A compreensão e a caracterização do clima de uma determinada área ocorre pelo estudo do comportamento dos diferentes tipos de tempo durante um período de, pelo menos, 30 anos. Um outro elemento a ser destacado quando o assunto é clima é o fato de sua distribuição ser diferente pela superfície da Terra, por conta de dois diferentes fatores: (i) à interação dos diferentes elementos constitutivos do clima, cujos principais são: temperatura, umidade e pressão atmosférica. De acordo com Mendonça e Danni-Oliveira (2007), os elementos do clima são definidos por atributos físicos que representam as propriedades da atmosfera geográfica de um dado local e manifestam-se por meio de precipitação, vento, nebulosidade, ondas de calor e frio, entre outros. E (ii) os fatores geográficos que interferem nas manifestações dos climas nas diferentes áreas do planeta, entre eles podem ser citados: continentalidade, maritimidade, relevo e altitude.

Além dos dois fatores condicionantes do clima, cabe ainda destacar que a Terra apresenta um formato aproximadamente esférico, sendo correto caracterizá-la como um geoide. Esse formato influencia diretamente na incidência dos raios solares sobre a superfície terrestre, que acaba por ser desigual. Em virtude disso, a distribuição da radiação solar pelo planeta, é desigual, caracterizando assim os diferentes tipos de clima e as diferentes Zonas Climáticas da Terra, que são a Zona Polar; Zona Temperada (ou de médias latitudes) e Zona Intertropical.

De acordo com Cavalcanti *et al.* (2009), a atmosfera apresenta grande complexidade, de forma que a manifestação dos diferentes tipos de tempo se dá através da ocorrência de chuvas e mudanças de temperatura constantes. Esses processos se relacionam diretamente à passagem de ciclones e anticiclones, bem como a entrada de uma frente fria ou mesmo de uma frente quente, ocorrência de tempestades, entre outros sistemas. É a Climatologia Dinâmica que analisa e realiza o estudo dessa movimentação dos sistemas atmosféricos, a fim de explicar os fenômenos climáticos persistentes.

Através da Climatologia Dinâmica é possível trazer uma breve conceituação sobre os mais variados sistemas climáticos que atuam no Brasil, e há de se considerar o fato de que sistemas climáticos não agem isoladamente, eles se comportam de forma conjunta, possuindo uma certa persistência e seguem trajetórias praticamente metódicas ao longo dos anos de uma região para outra (NIMER, 1989).

O Brasil é um país com dimensões quase continentais, sua extensão permite que os mais diferentes fatores condicionantes do clima e outros fatores tenham influência na formação dos mais variados tipos climáticos. Além de sua grande extensão em área, a localização do Brasil entre trópicos, permite que as mais diferentes massas de ar circulem, além ainda da interação das chamadas circulações secundárias, ou seja, a participação de frentes frias, frentes quentes, ciclones e anticiclones ao longo da área.

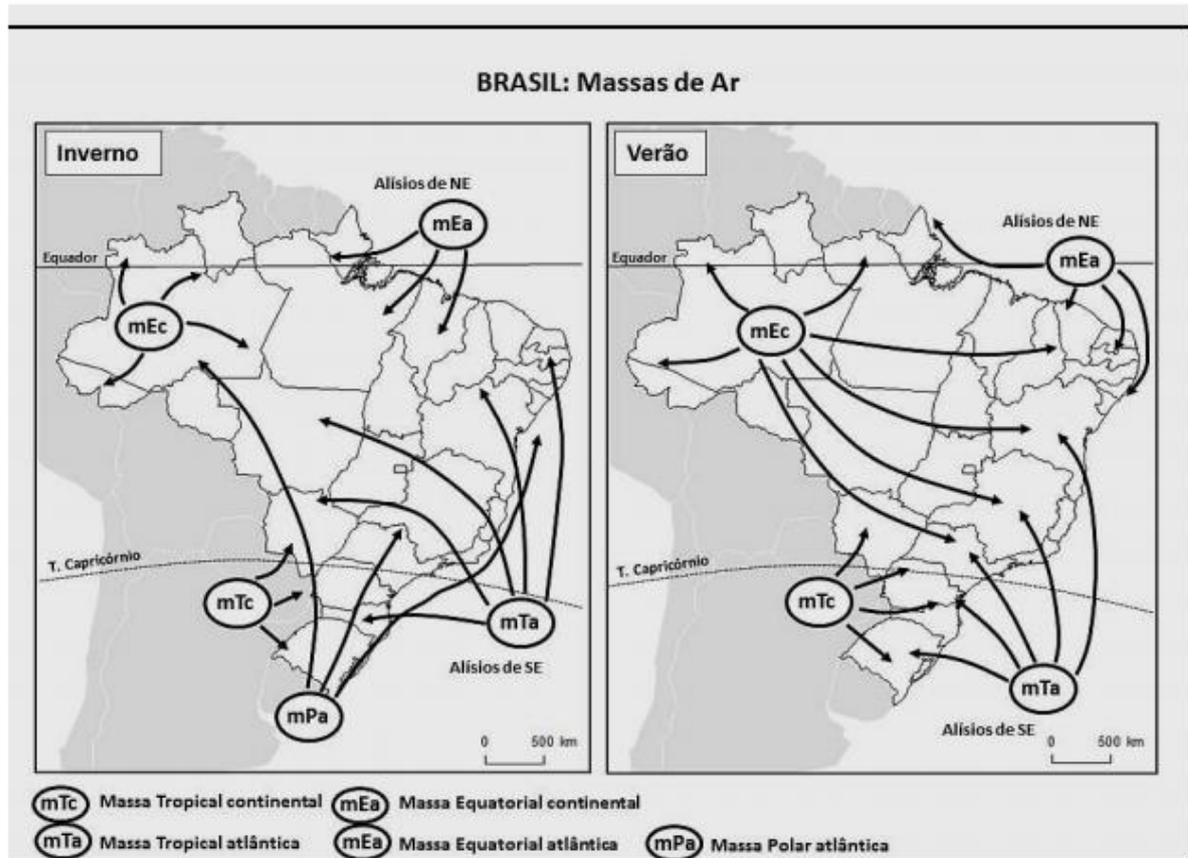
#### 2.1.1. Sistemas Climáticos Atuantes no litoral Brasileiro:

De acordo com Nimer (1989), todas as massas de ar responsáveis pelas condições climáticas na América do Sul atuam no Brasil, direta ou indiretamente. Entre as massas de ar que atuam (**Figura 3**), o autor destaca as seguintes: Equatorial atlântica (mEa), Equatorial continental (mEc), Equatorial pacífica (mEp), Equatorial Norte (mEn), Tropical Atlântica (mTa), Tropical continental (mTc), Tropical pacífica (mTp), Antártica (mA), Polar atlântica (mPa), Polar pacífica (mPp), Superior (mS).

Nimer (1989) aponta que para entender os mecanismos de cada massa de ar sobre as regiões, inclusive sobre a Zona Costeira destas, deve-se ater a algumas condições: as regiões de origem e propriedades das massas de ar, a distribuição média da pressão e vento (circulação normal) e, finalmente, as perturbações (circulação secundária). Todas essas condições, agem em conjunto, expressando a dinamicidade da atmosfera.

As Massas Equatoriais que agem sobre o continente são quatro, Massa Equatorial Continental (mEc), Massa Equatorial Pacífica (mEp), Massa Equatorial Atlântica (mEa) e Massa Equatorial Norte (mEn), sendo três de origem oceânica e uma continental. Apesar de agirem em conjunto ao longo da área de extensão do Brasil, destaca-se aqui duas dessas massas de origem marítima, por terem influência mais acentuada sobre a ZCB: Massa Equatorial Atlântica (mEa) e Massa Equatorial Norte (mEn). Todas essas duas têm como característica em comum a sua formação sobre o oceano Atlântico.

**Figura 3.** Áreas de Atuação das Massas de Ar



Fonte: <http://www.not1.com.br/clima-e-massas-de-ar-do-brasil-mapas-e-climogramas-regioes-brasileiras/> (adaptado)

Fonte: Xdaquestao.

Como aponta Nimer (1989), a mEa forma-se na zona de alísios de SE do anticiclone do Atlântico Sul, conhecido como anticiclone de Santa Helena. Ainda de acordo com o autor, a mEa é composta de duas correntes, uma inferior fresca e carregada de umidade fornecida pelo oceano, e outra superior quente e seca. Essas características acabam impedindo a troca vertical do vapor, assegurando bom tempo. Entretanto, a sua forma de ação sobre o litoral se desenvolve de maneira instável, causando fortes chuvas, isso ocorre por conta da descontinuidade térmica que se eleva e enfraquece, permitindo que ocorra a ascensão conjunta de ambas as camadas dos alísios.

A mEn forma-se na zona dos alísios de NE no anticiclone do Atlântico Norte, conhecido como anticiclone dos Açores. É uma massa de ar quente e úmida e com características instáveis. Ela age de forma mais intensa sobre a ZCB nas regiões Norte e Nordeste ao longo do verão do Hemisfério Sul, provocando eventos de forte chuva sobre essas regiões, evidenciando-se ainda mais no Nordeste devido ao relevo que intensifica os eventos de precipitação sobre determinadas áreas (Nimer, 1989).

As massas tropicais que agem sobre o continente são duas, sendo uma de origem oceânica, Massa Tropical Atlântica (mTa), e a outra continental, Massa Tropical Continental (mTc). Destaca-se a mTa, que tem ação direta sobre o litoral. De acordo com Nimer (1989), a mTa se forma na região oceânica mais quente do Atlântico Sul, adquirindo assim característica quente e úmida. O movimento de ar nessa região é dado pelo anticiclone subtropical. Por se formar sobre o oceano a sua primeira característica é a de umidade, conforme essa massa de ar segue avançando em direção à América do Sul, nas proximidades do Brasil, vai adquirindo calor e tornando-se quente e úmida. Próximo à costa brasileira, essa massa de ar torna-se instável, promovendo eventos de precipitação.

Há ainda três massas de ar que se formam nas latitudes mais altas, próximas aos polos, que exercem grande influência sobre a ZCB. Apesar de se formarem numa zona em comum, cada massa de ar adquire sua característica própria influenciada por centros de ação, se sua zona de formação é mais próxima ao polo ou em uma zona de transição entre os polos e a zona tropical, e, conseqüentemente, influenciam de distintas formas o litoral. De acordo com Nimer (1989), as massas de ar em questão são, Massa Antártica, que se constitui pelo continente antártico e pela banquisa fixa, ou seja, pela camada superficial de gelo. O autor destaca ainda o fato de a massa de ar apresentar isoterma de 0° na superfície do mar, onde se instala um anticiclone permanente e estável. Apesar de ser uma massa de ar que tenha influência sobre o litoral brasileiro, são as Massas Polares e Massa Superior que desempenham esse papel com maior evidência.

As Massas Polares se formam na zona subantártica ocupada pelo *pack* e outros gelos flutuantes levados pelas correntes antárticas. Trata-se de uma zona de transição entre o ar polar e o tropical. Dessa zona partem os anticiclones subpolares que periodicamente invadem o continente sul-americano, com ventos de SW a W (NIMER, 1989). Essa massa de ar exerce maior influência nas regiões sul e sudeste do Brasil, diminuindo as temperaturas, conforme avança para o centro do país e pelo litoral, esta massa vai perdendo suas características e enfraquecendo. Cabe ressaltar ainda que sua atuação é mais intensa nos meses de inverno.

A Massa Superior, um pouco menos conhecida e falada no meio acadêmico por conta de incertezas sobre sua explicação, também exerce uma importância relativamente considerável ao longo do litoral. Como sua própria denominação faz referência, a Massa Superior se forma nos níveis elevados dos centros de ação, adquirindo assim características mais secas e quentes. Sua influência pode ser percebida sobretudo no verão (NIMER, 1989).

Embora seja de grande importância conhecer cada massa de ar que age sobre a ZCB, é importante ter em mente o fato de que esses não são os únicos sistemas climáticos atuantes. De

acordo com Nimer (1989) periodicamente a circulação geral da atmosfera é perturbada pelo aparecimento de frentes, ciclones e anticiclones móveis, que tem um importante papel para a manutenção da atmosfera.

### 2.1.2. Extremos Climáticos:

Os eventos climáticos citados anteriormente - como enchentes, secas prolongadas, ondas de calor e frio, tufões e tornados - ocorrem naturalmente. No entanto, eles vêm se apresentando de forma cada vez mais intensa e frequente ao redor do Mundo, podendo então serem definidos como extremos climáticos. De acordo com Silva Dias (2014) os Eventos Climáticos Extremos estão enraizados na história. Não se trata de um evento incomum e que iniciou seu processo de ocorrência na atualidade, mas é caracterizado como algo recorrente. O que o torna um evento incomum é a sua relação com as mudanças climáticas, que influenciam na frequência e também intensidade que tais eventos vem ocorrendo.

É possível observar que, ao longo dos tempos, os eventos extremos vêm sofrendo modificações na forma com a qual ocorrem, influenciando assim que as comunidades sejam expostas a riscos de desastres de maneira mais corriqueira e, conseqüentemente, a uma possível vulnerabilidade. Mas, para que se reconheça os impactos, não basta analisar as alterações médias em valores de temperatura e precipitação – embora esses sejam fatores muito importantes na análise observacional desses componentes atmosféricos.

A alteração na ocorrência dos eventos extremos através dos expressivos impactos que esses trazem para a sociedade e para os ecossistemas em geral. Alguns dos exemplos de eventos extremos que estão sofrendo com a constante alteração da normalidade são, por exemplo: aumento da duração de ondas de calor, uma grande e perceptível elevação na frequência de chuvas fortes e intensas e das secas.

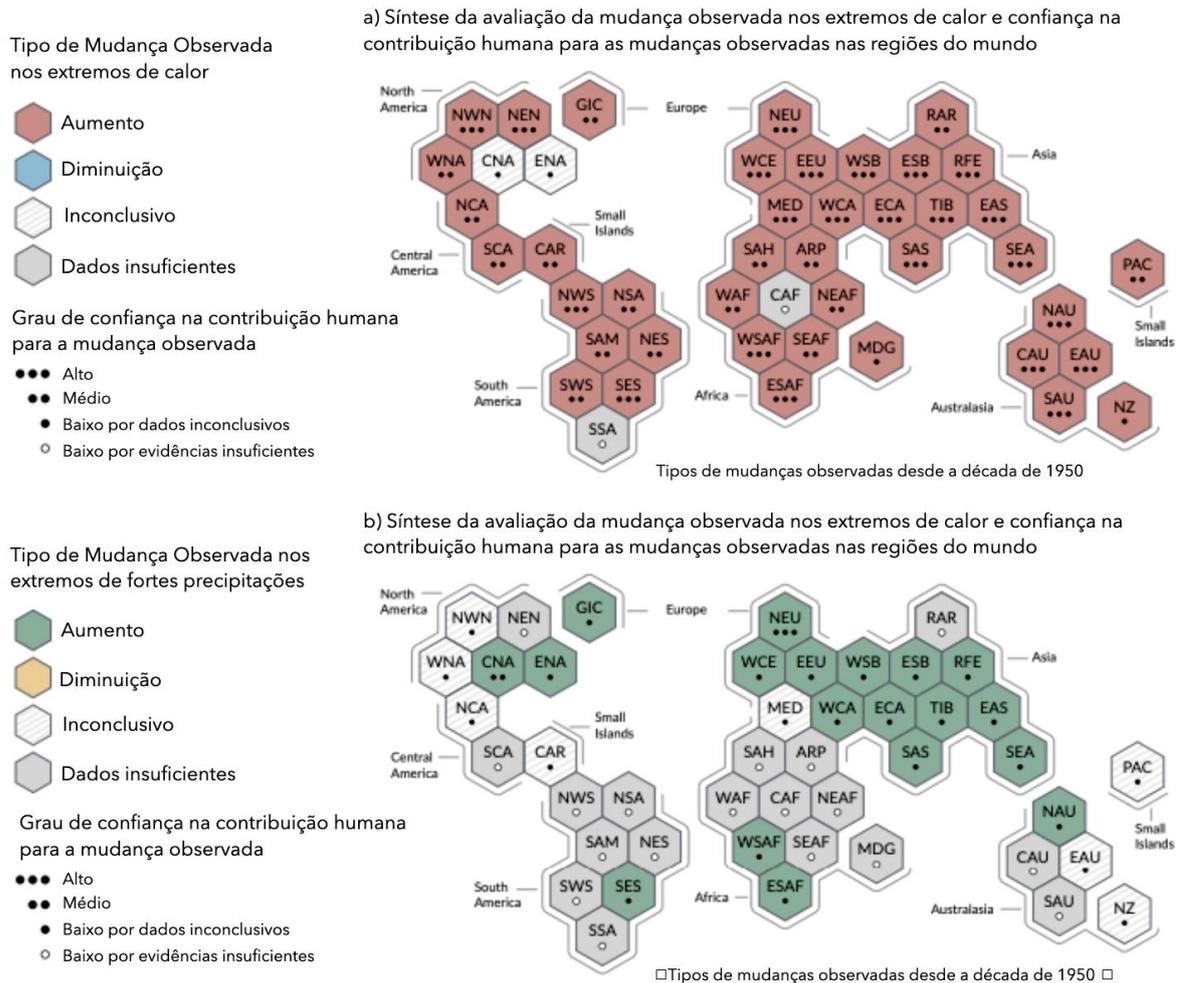
Na maior parte dos casos, pode-se atrelar essa alteração na frequência e intensidade de ocorrência de eventos climáticos às mudanças climáticas globais. Ou seja, os eventos extremos são caracterizados por um tipo de evento comum, que ocorriam de forma espaçada e com uma frequência e intensidade menor ao que se presencia atualmente. Tal fato pode ser vinculado à acentuada presença da atividade antrópica ao redor do globo terrestre. Podem existir casos em que momentos de seca ou momentos de maior pluviosidade venham a ser intensificados, prolongando seu tempo de ação sobre uma determinada área, bem como é possível observar o aquecimento de outras diversas áreas ao longo das décadas.

O Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) em seu sexto relatório publicado no ano de 2021 (AR6), trouxe afirmações enfáticas sobre a influência das atividades humanas e a intensificação de ocorrência de eventos extremos. O aumento total da temperatura da superfície global causado pelo homem foi de 1,07°C comparando dados entre o período 1850-1900 e 2010-2019. Já a precipitação média global sobre os continentes aumentou desde 1950 com uma taxa mais rápida de aumento desde a década de 1980. (IPCC, 2021)

Apesar de ter sido considerado que as atividades humanas estão impactando o clima e conduzindo a extremos climáticos de forma global em seu relatório anterior (AR5), o IPCC trouxe afirmações ainda mais concretas em seu AR6 de que o aquecimento global tem se relacionado de forma direta aos eventos extremos, confirmando que é praticamente certo que os extremos de calor se tornaram mais frequentes e mais intensos na maioria das regiões terrestres desde 1950 (**Figura 4**) enquanto que os extremos de frio tornaram-se menos frequentes e menos graves. Ainda afirma que alguns extremos quentes recentes observados na última década teriam sido extremamente improváveis de ocorrer sem a influência humana no sistema climático. Em números, os extremos de calor que ocorriam uma vez a cada dez anos antes da influência humana no clima estão hoje provavelmente ocorrendo em uma taxa 2,8 vezes maior, já aqueles eventos que ocorriam uma vez a cada 50 anos estão agora provavelmente ocorrendo em uma taxa 4,8 vezes maior. Esse aquecimento tem agido como uma fonte alimentadora das condições climáticas extremas, intensificando assim a velocidade e a recorrências de eventos como: ondas de calor, ciclones, inundações e chuvas intensas que ocorrem globalmente (IPCC, 2021). Sobre os eventos de seca, aqueles que ocorriam uma vez por década estão ocorrendo 1,7 vezes mais nos dias de hoje e os eventos de chuvas fortes estão provavelmente ocorrendo 1,3 vezes com maior frequência atualmente, e as projeções para aumentos na temperatura média global tendem também a aumentar essas taxas.

Ainda sobre os dados recentes compilados pelo IPCC (2021), na Figura 4, especificamente o litoral brasileiro está inserido nas regiões globais denominadas NSA (Norte da América do Sul); NES (Nordeste da América do Sul); SES (Sudeste da América do Sul) e é evidente o aumento nos extremos de calor (a) observado desde os anos 1950 para todas essas regiões. Quanto à detecção das chuvas mais fortes o aumento neste indicador só é diagnosticado para a região SES uma vez que os dados são inconclusivos para NSA e NES.

**Figura 4.** Mudanças observadas nos extremos de calor e precipitação por região climática.



Fonte: Adaptado de IPCC (2021).

Os eventos climáticos extremos podem ser analisados através do que convencionou-se chamar de Climatologia Geográfica, ou seja, ela acompanha a variabilidade climática diária e mensal através de um compilado anual, observando as mudanças de temperatura e também de índice de pluviosidade em determinadas áreas. Essa variabilidade climática é compreendida como Ritmo Climático, pois observa os fenômenos atmosféricos ao longo de um período agindo em conjunto. Em outras palavras, o ritmo climático se trata de uma análise dinâmica relacionada aos sucessivos processos de interação atmosférica e, conseqüentemente, de uma interação também com o oceano.

É de se saber que há uma interação entre atmosfera e oceano, o que caracteriza o sistema Oceano-Atmosfera. Esse sistema envolve toda uma gama de processos que ocorrem em ambos

os sistemas de uma forma integrada. Ou seja, eventos atmosféricos e oceânicos se conectam em um único evento, caracterizando assim esse sistema único. Uma importante representação dessa interação pode ser observada através da Temperatura de Superfície do Mar (TSM). Quando se observa alterações na TSM, o sistema térmico da atmosfera sofrerá uma consequente alteração. É possível observar tal fato, por conta da intensificação de eventos ciclônicos, por exemplo. Observa-se desta forma então, que existe uma correlação de eventos atmosféricos e oceânicos, e os ciclones tropicais são um modelo de representação dessa interação oceano-atmosfera.

Por agirem como um grande e único sistema, as alterações na TSM acabam por implicar no ritmo climático, pois observa-se uma intensificação de alguns eventos, como a formação de ciclones. Dessa forma, o ambiente litorâneo acaba por ser o primeiro a sofrer com essas alterações. Assim, “na escala climática, essas são justamente as regiões onde espera-se sofrer mais diretamente o impacto das mudanças climáticas através do aumento do nível do mar e de um eventual aumento de eventos extremos como ressacas, alagamentos e erosão costeira” (PEZZI *et al*, 2015, p. 10). Esses fenômenos ocorrem, justamente, pelo fato de que conforme se processa uma perturbação nesse sistema oceano-atmosfera, o ritmo climático acaba por sofrer uma alteração e, conseqüentemente, eventos extremos se formam com maior frequência afetando, primeiramente, as regiões litorâneas, por serem aqueles que têm maior proximidade com os oceanos.

“O oceano supre a atmosfera com vapor d’água e energia que, conseqüentemente, influenciam o ciclo hidrológico e o balanço energético da atmosfera. A atmosfera, por sua vez, fornece para os oceanos água na forma de precipitação que afeta a origem das massas d’água, além de momentum e energia calorífica, que força as ondas, as correntes geradas pelo vento e a circulação termohalina global” (PEZZI *et al*, 2015. p. 10).

Entende-se que há uma grande dificuldade de se relacionar o ritmo climático à eventos oceanográficos, mas quando se leva em consideração os sistemas atmosférico e oceânico, como um só sistema integrado, é possível analisar que há um diferente comportamento do ritmo climático. E pode-se integrar também ambos esses sistemas pelo fato de estarem sempre em uma constante troca.

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

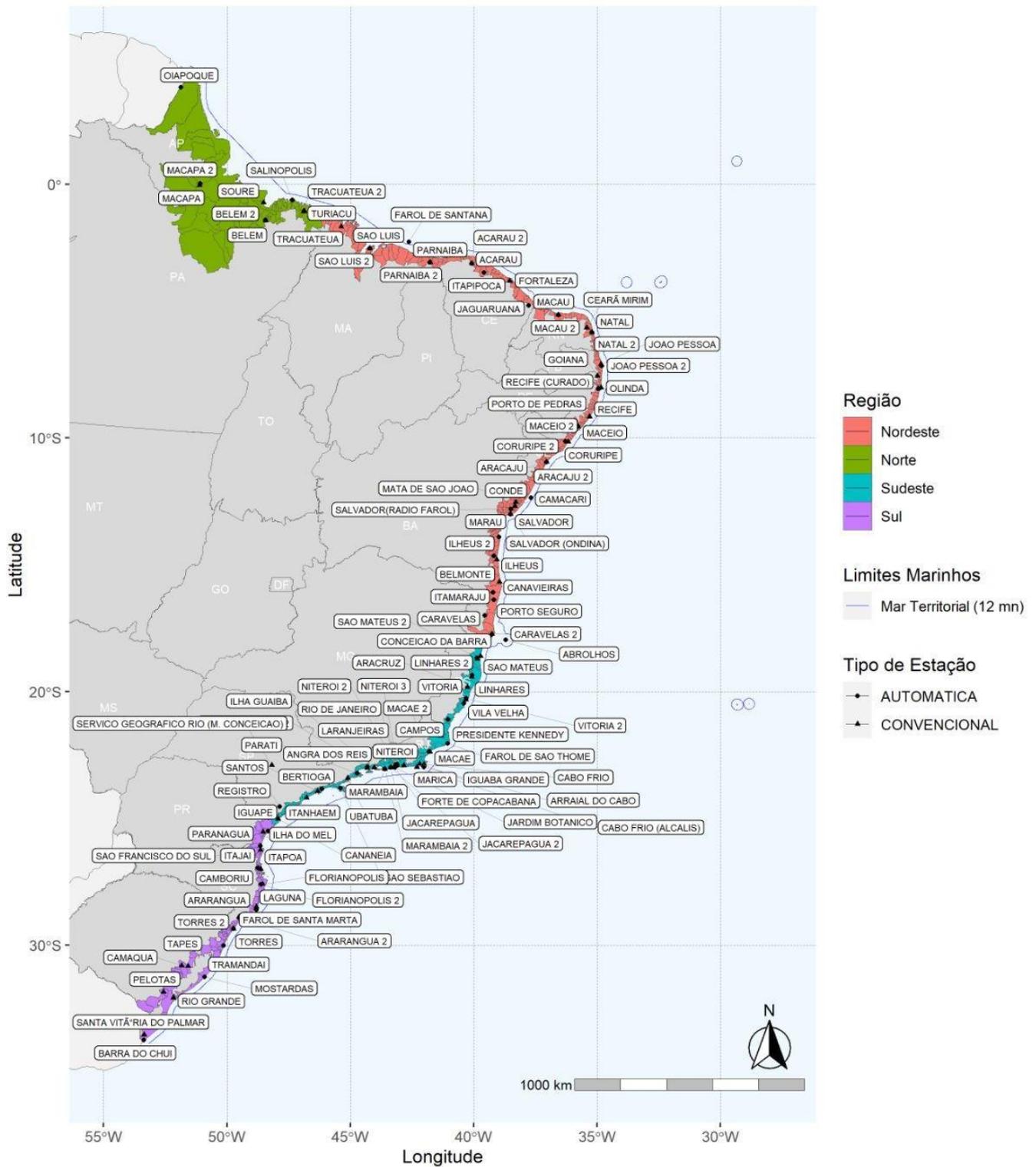
Toda a análise, coleta e processamento dos dados foi feita através de etapas para que se elaborasse o presente trabalho. Optou-se por dividir em quatro distintas etapas, desde a análise de dados junto a plataformas digitais, até a coleta dos mesmos para seguir para o processamento de cada dado, a fim da elaboração de mapas, gráficos e tabelas. Além destas três etapas, buscou-se também em trabalhos acadêmicos informações como os índices de extremos climáticos.

#### 3.1. SÉRIE HISTÓRICA DE DADOS ATMOSFÉRICOS

Para a primeira etapa - a de análise dos dados - utilizou-se o Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP). O BDMEP abriga variados dados meteorológicos de forma digital, tais dados consistem em séries históricas das várias estações meteorológicas, sendo elas automáticas ou convencionais. O BDMEP é um banco de dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Após a análise do que havia disponível, realizou-se a extração desses dados em formato de anotação, e posteriormente, transformou-se esses dados de texto em planilhas no Excel, com todas as informações de temperatura e precipitação.

As séries históricas analisadas cobrem o período de 1961-2020, contendo dados diários de temperatura máxima (TX), temperatura mínima (TN) e precipitação total (PRCP). Coletou-se dados de estações distribuídas ao longo de todo o litoral brasileiro, sendo elas, 64 estações convencionais, que são aquelas que retornam dados mais antigos, e de 54 estações automáticas (**Figura 5**), que retornam dados mais recentes (BULHÕES et al, 2022). Os dados diários das 118 estações foram previamente analisados e verificou-se que de uma forma geral a fração de dados faltantes é bastante discrepante e para PRCP é de 13,4% ( $\pm 12,7\%$ ), para a TX é 11,9% ( $\pm 11,9\%$ ) e 12,8% ( $\pm 14,2\%$ ) para a TN. Cerca de 39% das estações têm registros iniciando em 1961, e 62% têm registros finalizando em 2020 (BULHÕES et al, 2022). Apesar da dificuldade de se obter registros diários contínuos, a seleção de índices não pressupôs o preenchimento dessas lacunas e inicialmente não se considera que há impactos negativos para a pesquisa. Para a construção dos resultados, optou-se por agrupá-los utilizando médias regionais.

**Figura 5:** Recorte dos municípios litorâneos brasileiros incluindo a posição, tipo e nome das estações meteorológicas utilizadas como fonte de dados.



Fonte: Bulhões *et al*, 2022

### 3.2. ÍNDICES DE EXTREMOS CLIMÁTICOS

Com base no que foi extraído do BDMEP, utilizou-se o Projeto Climdex<sup>1</sup> como base para possibilitar a análise e respostas estatísticas sobre extremos climáticos de temperatura e precipitação. O Projeto Climdex se trata de um conjunto de índices que permite a compreensão dos extremos climáticos de temperatura e precipitação e como eles têm se apresentado ao longo dos anos nos mais variados lugares da Terra. Os índices calculados pelo Climdex são estatísticos e anuais sobre o clima, através deles é possível descobrir o dia mais quente do ano, o dia mais seco ou mais chuvoso, dentre outros. Cada índice pode ser calculado com base em dados estatísticos observados ou modelados.

Existem diversos índices de extremos climáticos, para o presente trabalho foram selecionados apenas 11 deles. Pode-se observar este compilado de índices na Tabela 1:

**Tabela 1: Índices de extremos climáticos selecionados para análise**

Índice	Definição	Unidade
<b>TXm</b>	Temperatura Máxima Anual Média.	°C
<b>TNm</b>	Temperatura Mínima Anual Média.	°C
<b>TXx</b>	Dia Mais Quente. Máximo mensal de temperatura máxima.	°C
<b>TX90p</b>	Fração de Dias Quentes. Percentual de dias do ano em que a temperatura máxima foi maior que o 90º percentil.	%
<b>TX10p</b>	Fração de Dias Frios. Percentil de dias do ano em que a temperatura máxima foi menor que o 10º percentil.	%
<b>TNn</b>	Noite Mais Fria. Mínimo mensal de temperatura mínima.	°C
<b>TNx</b>	Noite Mais Quente. Máximo mensal de temperatura mínima.	°C
<b>TN10p</b>	Fração de Noites Frias. Percentual de dias do ano em que a temperatura mínima foi menor que o 10º percentil.	%
<b>PRCPTOT</b>	Precipitação Total Anual.	mm
<b>R20mm</b>	Número de dias com chuvas muito fortes. Quantidade de dias por ano em que a precipitação foi maior que 20mm.	número de dias
<b>R95p</b>	Dias muito molhados. Precipitação anual total dos dias em que a precipitação foi maior que o 95º. Percentil	%

Fonte: Silva e Dereczynski (2013); Bulhões et al. (2022).

<sup>1</sup> <https://www.climdex.org/>

Cada índice tem por função analisar os valores e representar o resultado correspondente à sua característica. Para que se compreenda de maneira mais didática o que cada um deles representa, buscou-se por algumas definições através da plataforma do Projeto Climindex, Silva e Dereczynski (2013) e Bulhões et al. (2022).

Para os índices de temperatura, utilizou-se para o presente trabalho: *TXm*, *TNm*, *TXx*, *TX90p*, *TX10p*, *TNn*, *TNx*, *TN10p*. O índice *TXm* retorna o valor da temperatura máxima anual média. O índice *TNm* retorna o valor da temperatura mínima anual média. Os índices *TX10* e *TX90p* retornam o percentual anual de dias em que a temperatura máxima foi inferior ao décimo percentil, e o percentual anual de dias em que a temperatura máxima foi superior ao nonagésimo percentil. Os índices *TNn* e *TNx* retornam, respectivamente, os valores do mínimo mensal da temperatura mínima, e os máximos mensais da temperatura mínima. O índice *TN10p* retorna a porcentagem anual de dias em que a temperatura mínima foi inferior ao décimo percentil.

Para os índices de precipitação, utilizou-se: *PRCPTOT*, *R95p* e *R20mm*. O índice *PRCPTOT* totaliza de forma anual em milímetros a soma nos dias em que houve precipitação. O índice *R95p*, retorna em milímetros por ano, a quantidade de precipitação acumulada nos dias em que ela foi maior que o nonagésimo quinto percentil. E, por fim, o índice *R20mm*, que totaliza o número de dias por ano em que a precipitação diária foi superior a vinte milímetros (20mm).

### **3.3. CÁLCULO DOS ÍNDICES E ANÁLISE DE DADOS:**

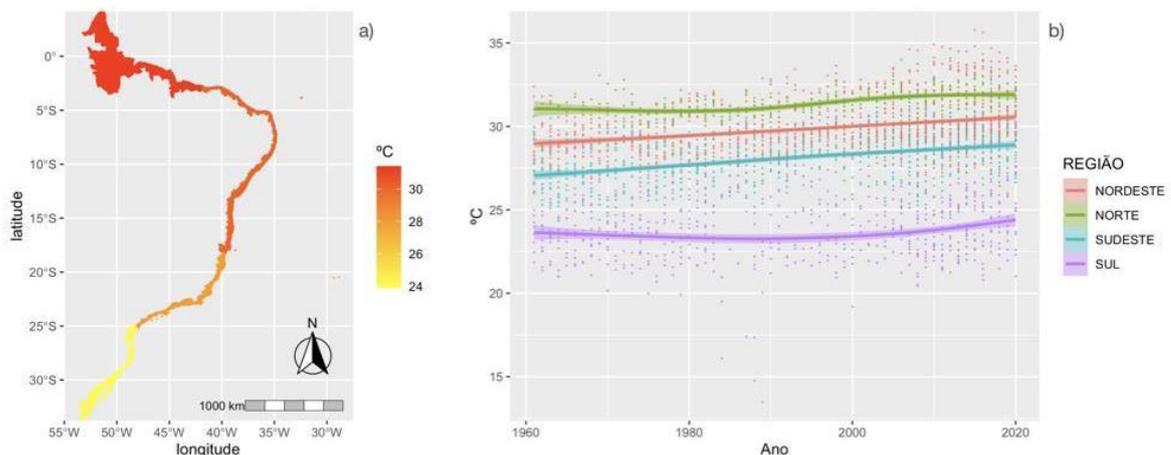
A organização, manipulação, cálculos estatísticos e processamento de todos esses índices foram feitas através de uma ferramenta e pacotes de programação em linguagem R. Cada um desses processos da última etapa contribuiu para que mapas, gráficos e tabelas fossem gerados dentro dessa ferramenta. Destaca-se que o R e RStudio foram as ferramentas utilizadas, e elas consistem em um software livre de ambiente de desenvolvimento integrado para R, é uma ferramenta amigável e que permite que muitos resultados sejam gerados a partir de comandos, instalação de diferentes tipos de pacotes. Para o presente trabalho, utilizou-se diversos pacotes, dentre eles, destaca-se o *ggplot2* que permitiu a geração dos mapas e gráficos anexados no presente trabalho.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. ÍNDICES DE TEMPERATURAS MÉDIAS PARA O LITORAL BRASILEIRO:

A série histórica TXm (temperatura máxima média) retornou um valor médio de 28,4°C para a ZCB, sendo as médias por região de 29,9°C para a região Nordeste; 31,1°C para a região Norte; 29,2°C para a região Sudeste e 23,6°C para a região Sul. Tendo em vista que os dados foram organizados por região, observa-se que os valores de temperatura mais elevados foram registrados ao longo do litoral Norte, o que já se esperava, pois como afirma Nimer (1989), se trata de uma região caracterizada por longos trechos planos próximos ao nível do mar e ainda ser cortada de um extremo ao outro pelo paralelo do Equador, o que qualifica o clima quente. Já a região que apresentou temperaturas com valores mais baixos, foi a região sul. Considerando as informações e o mapa (**Figura 6a**), observa-se um aumento zonal da TXm do sul em direção ao norte.

**Figura 6.** Composição entre Mapa e Gráfico representando a série histórica do índice *TXm* - Temperatura Máxima Média.

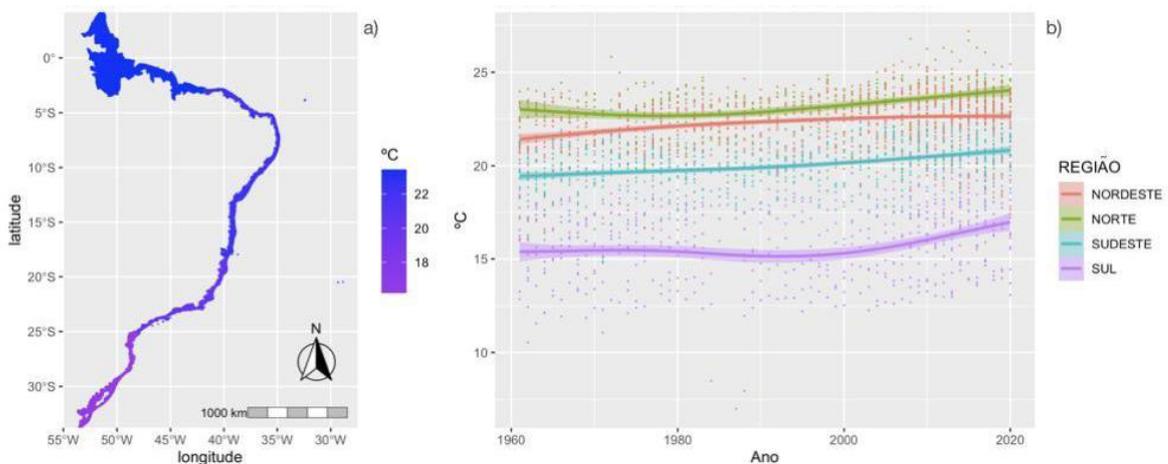


Fonte: Dados IBGE e INMET; Bulhões *et al.* (2022)

Já em relação ao gráfico (**Figura 6b**) que agrupa um compilado de informações em uma série histórica de temperatura máxima anual por região, permite assinalar um aumento da temperatura ao longo dos 60 anos representados, sendo a partir de 1990 o ponto em que esse aumento se registrou de forma mais relevante.

A série histórica TNm (Temperatura mínima média) fornece os resultados anuais por região da temperatura mínima média e ele retornou um valor médio de 20,6°C para a ZCB, sendo o maior valor registrado para a região Norte, 23,1°C. E o menor valor registrado para a região Sul, 15,9°C. O mapa (**Figura 7a**), fornece a informação de que há um aumento positivo das temperaturas da região Sul em direção à região Norte.

**Figura 7.** Composição entre Mapa e Gráfico representando a série histórica do índice *TNm* - *Temperatura Mínima Média*.



Fonte: Dados IBGE e INMET; Bulhões *et al.* (2022)

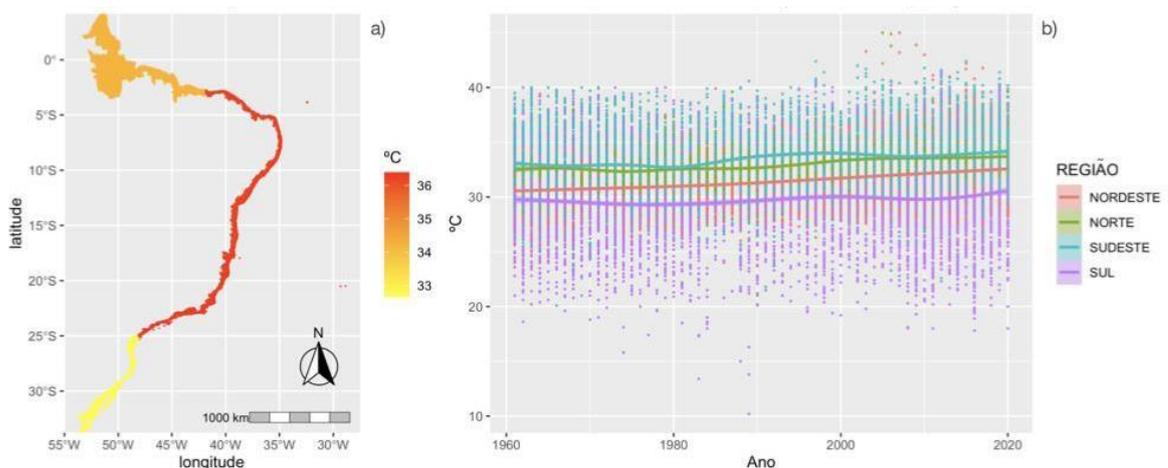
Já o gráfico (**Figura 7b**) indica também uma tendência de aumento das temperaturas ao longo do período analisado. Sendo as regiões Sudeste e Sul as que apresentam uma significância maior desses aumentos. Observa-se que a região Sudeste, destacada em azul no gráfico, segue quase que uma constante crescente em seus valores de aumento da temperatura. A região Sul - representada em lilás no gráfico - já apresenta uma certa curva, e tem um aumento significativo próximo aos anos 2000.

Ambos os resultados de Temperatura Média para a ZCB retornaram um certo aumento nos valores dentro do período de 60 anos analisados. É possível afirmar, com base nos dados obtidos e processados no RStudio, que a Temperatura Máxima Média teve um incremento de aproximadamente 2°C dentro do período analisado. Da mesma forma, a Temperatura Mínima Média recebeu um incremento de aproximadamente 2° C, sendo as regiões Sudeste e Sul aquelas que tiveram um incremento ligeiramente superior às demais.

## 4.2. ÍNDICES DE TEMPERATURAS MÁXIMAS (TX):

A Figura 8 apresenta resultados para a TXx (Máxima Mensal de Temperatura Máxima), ou dias mais quentes. Tendo em vista a média global do máximo mensal de temperatura máxima entre o período analisado (1961-2020), o maior registro por região foi de 34°C para a região Sudeste; 32,7°C para a região Norte; 31,5°C para a região Nordeste e 29,5°C para a região Sul. Diferente das temperaturas médias, é possível observar que as temperaturas máximas não seguem um aumento zonal, mas registram valores distintos ao longo da ZCB. Cabe ainda destacar que por mais que a região Sudeste tenha sido aquela em que registrou um valor médio mais alto da TXx, o valor mais alto por estação foi de 45°C na estação Belém 2. Para a ZCB, o TXx registrado foi de 31,9°C.

**Figura 8.** Composição entre Mapa e Gráfico representando a série histórica do índice TXx - Máxima Mensal de Temperatura Máxima.

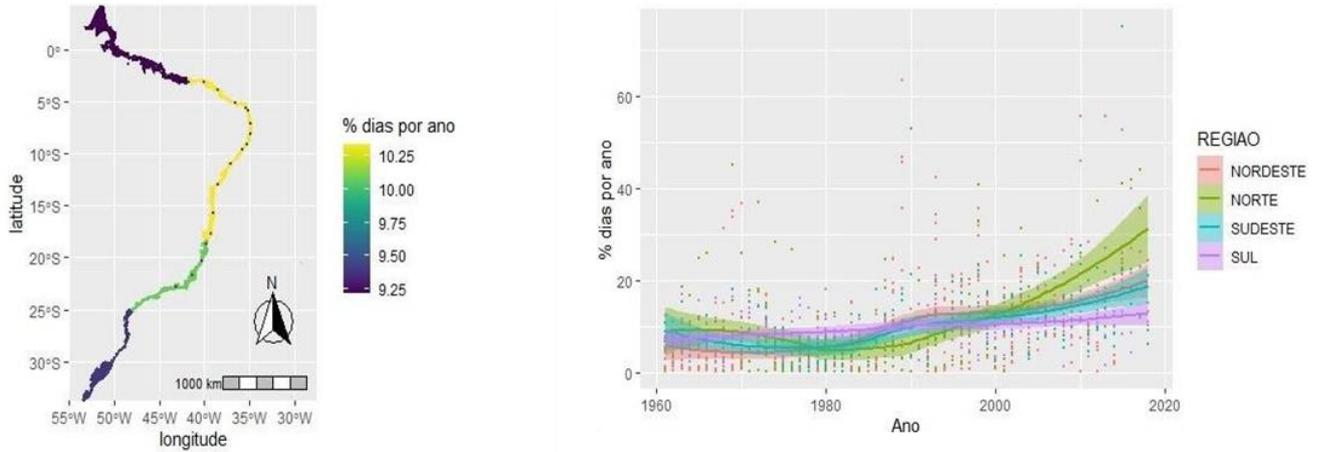


Fonte: Dados IBGE e INMET; Bulhões *et al.* (2022)

Os maiores valores de TXx podem ser observados entre as regiões Sudeste e Nordeste, como mostra o mapa (**Figura 8a**). Os incrementos nos valores da Máxima Mensal de Temperatura Máxima são observados no gráfico (**Figura 8b**), sendo as regiões Sudeste e Sul aquelas que apresentam maior incremento, e a região Norte que registrou um incremento menor, considerando principalmente o intervalo de 1990-2020.

Os resultados para o índice TX90p (Percentual de dias do ano em que a temperatura máxima foi maior que o 90º percentil) representam a fração dos dias mais quentes do ano. Para a ZCB o índice foi de 9,2%. Para o litoral Norte, as variações interanuais do índice foram de 9,5%; para o Nordeste, 9,2%; para o Sudeste, 9,5% e para o litoral Sul, 9,1%.

**Figura 9.** Composição entre Mapa e Gráfico representando a série histórica do índice TX90p - Percentual de dias do ano em que a temperatura máxima foi maior que o 90º percentil.

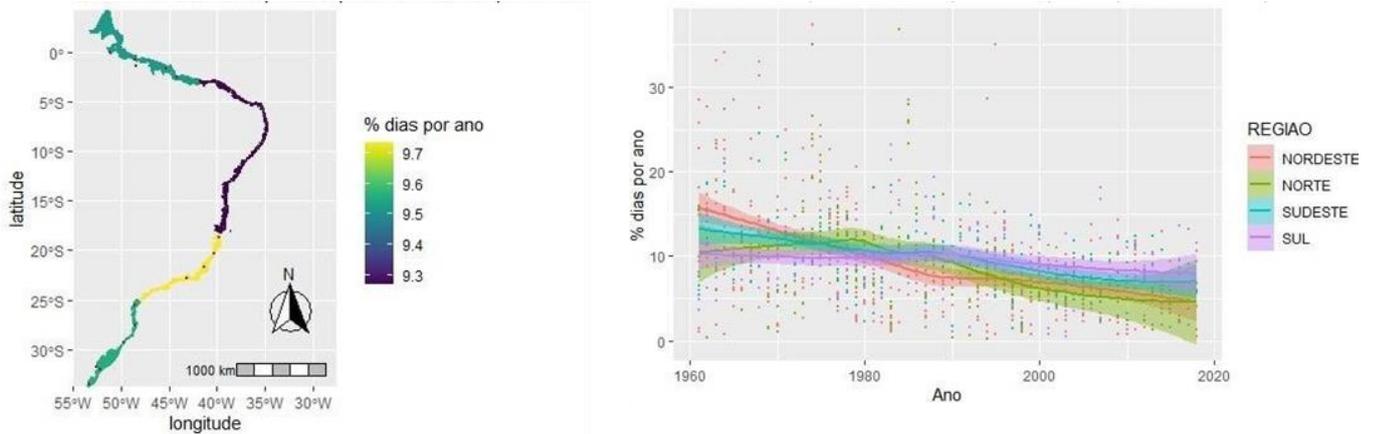


Fonte: Dados IBGE e INMET; Bulhões *et al.* (2022)

Por mais que as variações regionais tenham sido pouco expressivas, nota-se no gráfico (Figura 9b), que a fração de dias mais quentes do ano vem aumentando, sobretudo a partir de 1990, com destaque para a região Norte.

Os resultados para o índice TX10p (Percentil de dias do ano em que a temperatura máxima foi menor que o 10º percentil) representam a fração de dias mais frios. Através dos resultados obtidos é possível calcular esta fração e identificar as variações ao longo dos anos e das regiões. Para a Zona Costeira Brasileira (ZCB), o resultado foi de 9,5%, com variações regionais pouco expressivas. Região Norte, 9,5%; região Nordeste, 9,3%; região Sudeste 9,7% e região Sul, 9,5%.

**Figura 10.** Composição entre Mapa e Gráfico representando a série histórica do índice TX10p - Percentil de dias do ano em que a temperatura máxima foi menor que o 10º percentil.



Fonte: Dados IBGE e INMET; Bulhões *et al.* (2022)

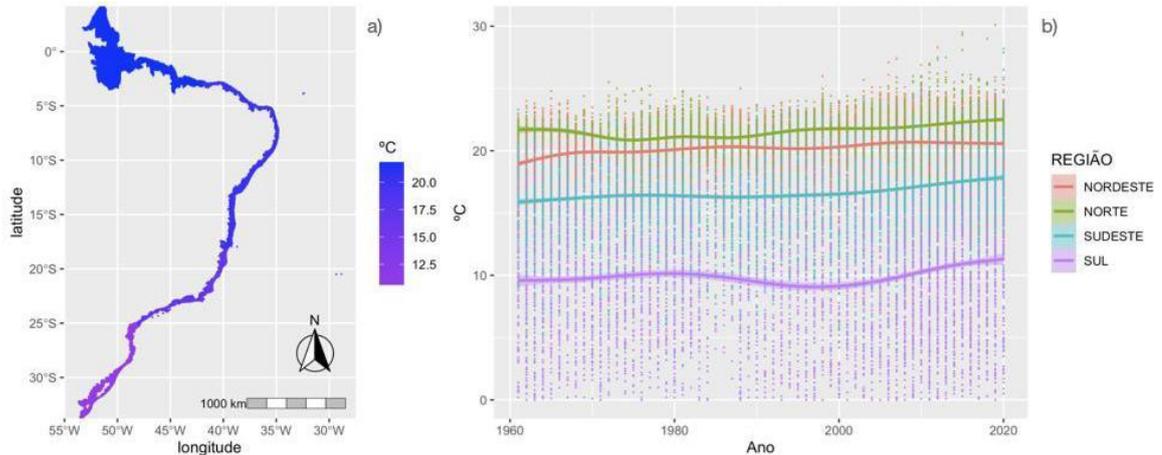
Por se considerar a fração de dias mais frios do ano, e tendo em vista todo o apanhado bibliográfico já abordado, não é novidade o fato de que a TX10p vem diminuindo ao longo das décadas. É ainda importante lembrar que o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas aponta em seu sexto relatório (AR6) sobre a influência da atividade humana no clima, bem como a contribuição ao aumento das temperaturas do globo.

O gráfico representado (Figura 10b) mostra ainda que as regiões Norte e Nordeste foram aquelas que registraram maior redução, enquanto as regiões Sul e Sudeste, menores reduções na fração de dias mais frios do ano.

### 4.3. ÍNDICES DE TEMPERATURAS MÍNIMAS (TN):

Os índices de temperatura mínima são identificados pela sigla TN, a figura 11 apresenta os resultados da Mínima Mensal de Temperatura Mínima (TNn). Tal índice considera a noite mais fria dentro da série histórica analisada, ele considera o momento de cada mês, a cada ano em que houve o registro da noite mais fria para cada região. Destaca-se que a região que apresentou a média global mais baixa da TNn foi a Sul, marcando 10,2°C. Em contrapartida, a região Norte foi a que registrou a marca de temperatura mínima mais alta, 21,5°C. Para a ZCB a TNn foi de 17,5°C, sendo a distribuição para cada região nos seguintes valores: região Nordeste, 20,4°C; região Norte, 21,5°C; região Sudeste, 17,9°C e região Sul, 10,2°C.

**Figura 11.** Composição entre Mapa e Gráfico representando a série histórica do índice *TNn - Mínima Mensal de Temperatura Mínima*.

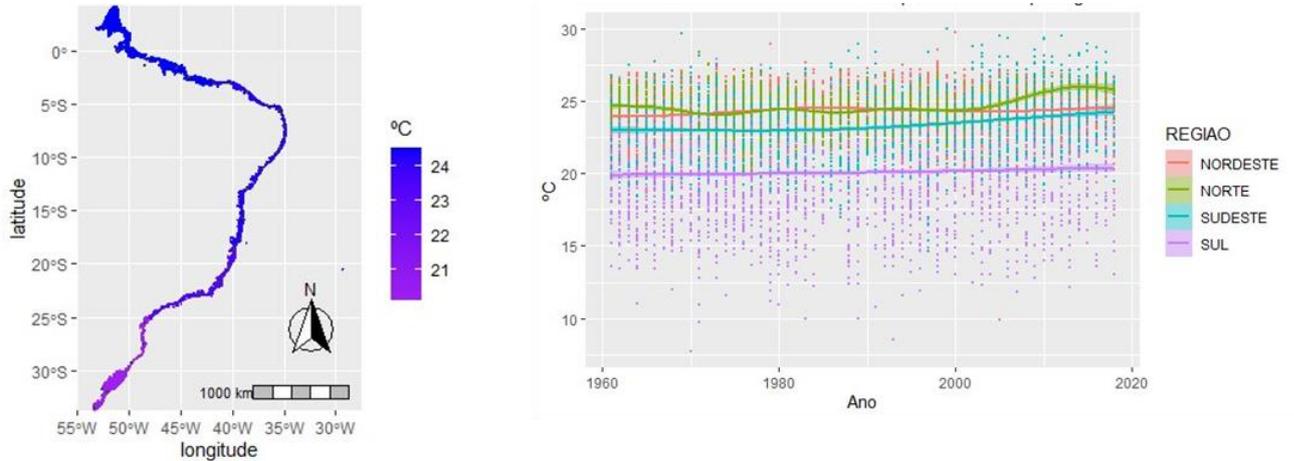


Fonte: Dados IBGE e INMET; Bulhões *et al.* (2022)

Observa-se no mapa (**Figura 11a**) que a temperatura aumenta da direção sul-norte de forma gradativa, o que já era de se esperar. Ao se analisar a série histórica representada pelo gráfico (**Figura 11b**), existem oscilações nas constantes de temperatura, sobretudo na constante em lilás, que representa a região Sul. Entretanto, ao passo em que há oscilações, há também um considerável incremento para todas as regiões, ou seja, à medida em que se observa as variações interdecadais, é possível constatar que os valores da *TNn* receberam um incremento, elevando a temperatura para todas as regiões. É possível analisar este incremento de forma mais clara a partir da década de 1990, no qual todas as constantes seguem um padrão positivo. Destaca-se ainda para a série histórica as regiões que tiveram o maior e menor incremento de temperaturas, sendo respectivamente Sudeste e Sul.

A **Figura 12** representa o índice *TNx* que traz os resultados do Máximo Mensal da Temperatura Máxima, noite mais quente. Os resultados obtidos permitiram calcular a média global para a ZCB de 23°C, que ao comparar com o mapa (**Figura 12a**), observa-se uma tendência zonal, ou seja, as temperaturas crescem no sentido sul-norte. Os maiores registros da *TNx* foram para a região Norte, 24,5°C; seguida pelas regiões Nordeste e Sudeste, 24,3°C e 23,4°C respectivamente; e a região Sul foi aquela que registrou o menor valor da *TNx*, com 20,1°C.

**Figura 12.** Composição entre Mapa e Gráfico representando a série histórica do índice  $TNx$  - *Máximo Mensal da Temperatura Mínima*.

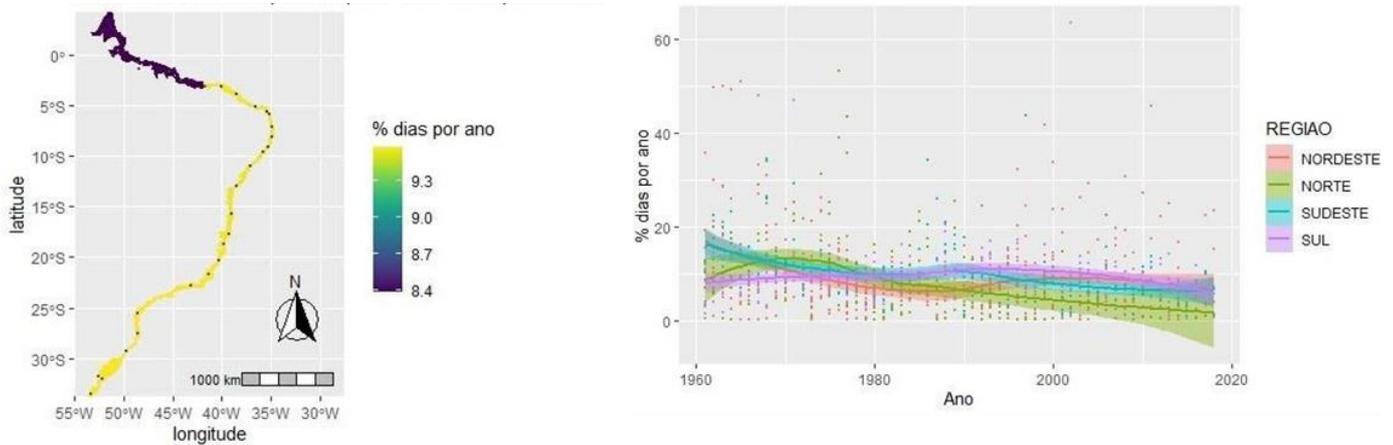


Fonte: Dados IBGE e INMET; Bulhões *et al.* (2022)

Ao considerar a série histórica (**Figura 12b**), identifica-se a tendência de crescimento dos valores da  $TNx$  ao longo das décadas, sendo as regiões Norte e Sudeste as que apresentam o incremento de maior destaque. Este aumento ganha maior atenção, sobretudo, a partir de 1990 e pós anos 2000, quando as constantes de cada região têm um crescimento positivo maior.

Quanto ao índice  $TN10$  (Percentual de Dias do Ano em que a Temperatura Mínima foi menor que o 10º percentil) ou fração de noites mais frias. Tem-se para a ZCB o valor de 9,2%. No que há de se observar no mapa (**Figura 13a**), as variações espaciais para a ZCB não são tão significativas, mantendo um padrão de Sul a Nordeste e distinguindo-se na região Norte, o que não é de se estranhar, tendo em vista o que foi analisado até aqui sobre as temperaturas para a região Norte, ou seja, esta é a que apresenta os valores de temperatura mais elevados para quase todos os índices.

**Figura 13.** Composição entre Mapa e Gráfico representando o índice TN10p - Percentual de Dias do Ano em que a Temperatura Mínima foi menor que o 10º percentil.



Fonte: Dados IBGE e INMET; Bulhões *et al.* (2022)

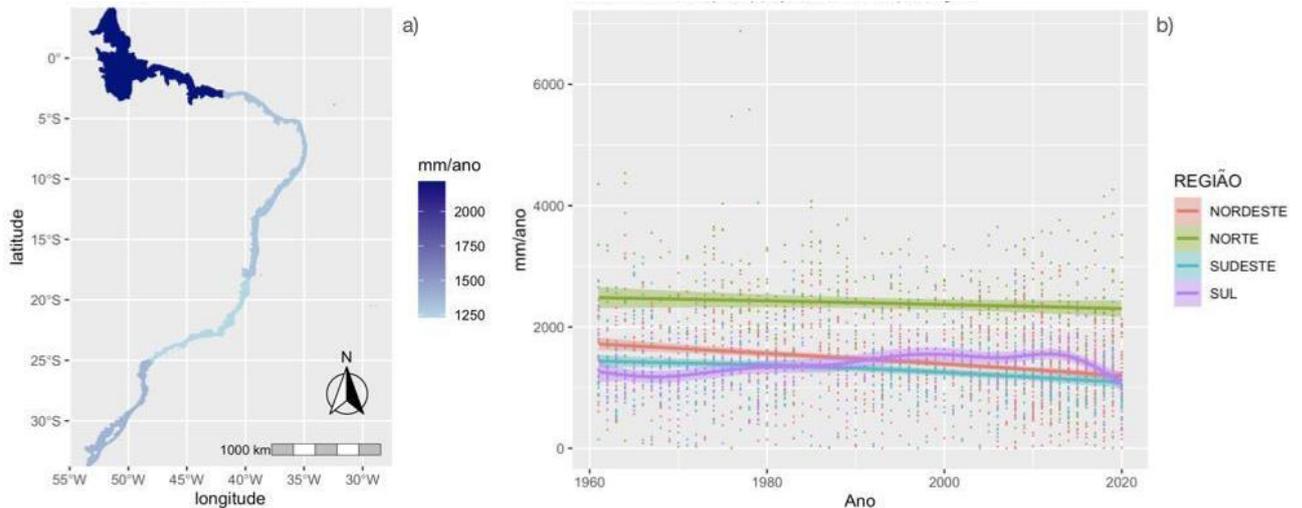
As variações da TN10p ao longo da costa considerando a série histórica são maiores. Sendo a região Sudeste a que apresentou a maior porcentagem da fração de noites mais frias, 9,6%; seguida pela região Sul, 9,5%; região Nordeste, 9,4% e, por fim a região Norte, 8,5%. Ainda considerando a série histórica (**Figura 13b**), é possível observar uma tendência negativa, ou seja, ao longo das décadas o número de noites frias tende a diminuir, ao passo que o número de noites quentes cresce.

#### 4.4. ÍNDICES DE PRECIPITAÇÃO:

Acompanhando os índices de temperatura, é necessário considerar os índices de precipitação. Assim como observou-se variações ao longo das décadas para as temperaturas, é possível observar variações ainda mais sérias para os índices de precipitação. Obregón e Marengo (2007) apontaram, inclusive, que a tendência é negativa para os índices de precipitação, sobretudo para o de Precipitação Total Anual.

A **Figura 14** representa o índice PRCPTOT (Precipitação Total Anual), os resultados da média global para a ZCB foram de 1449 mm/ano, com variações regionais consideráveis. Destaca-se o litoral Norte como mais úmido 2421,6 mm/ano, e o litoral Sudeste como o mais seco 929,5 mm/ano. Os valores registrados para as demais regiões foram, 1402,2 mm/ano para a costa Nordeste e 1402,8 mm/ano para a costa Sul.

**Figura 14.** Composição entre Mapa e Gráfico representando o índice *PRCPTOT - Precipitação Total Anual*.

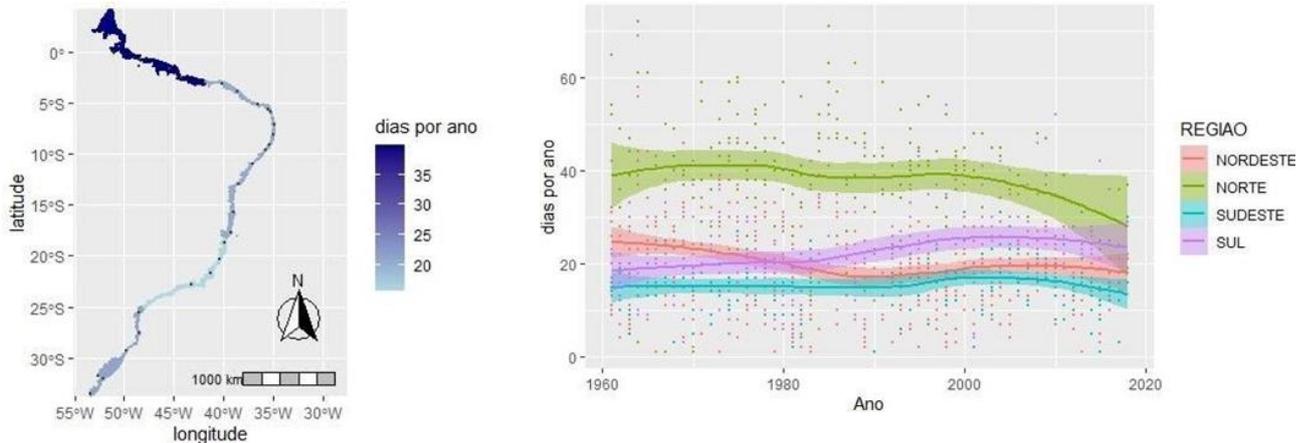


Fonte: Dados IBGE e INMET; Bulhões *et al.* (2022)

Considerando a série histórica analisada (**Figura 14b**) é evidente a diminuição dos padrões de precipitação para todas as regiões e, considerando cada constante de cada região, essa tendência de diminuição nos valores de precipitação caem anualmente. Esta queda nos valores é ainda mais evidente a partir da década de 1990, sobretudo para as regiões Sudeste e Nordeste.

É possível identificar eventos de chuvas extremas através da análise de série histórica, sobretudo entre os registros de chuvas muito fortes, e os resultados podem ser analisados através do índice R20mm (Quantidade de Dias por Ano em que a Precipitação foi Maior que 20mm). A média do número de dias por ano em que a precipitação foi maior que 20mm dentro da série histórica analisada para a ZCB foi de 24,4 dias/ano. Sendo a costa Norte com a maior quantidade de dias por ano, 39,4 dias/ano; e a costa Sudeste com a menor quantidade de dias por ano, 15,7 dias/ano. Para as demais regiões, os valores foram de 20,4 dias/ano para a costa Nordeste e 21,9 dias/ano para a costa Sul.

**Figura 15.** Composição entre Mapa e Gráfico representando o índice R20mm - Quantidade de Dias por Ano em que a Precipitação foi Maior que 20mm.

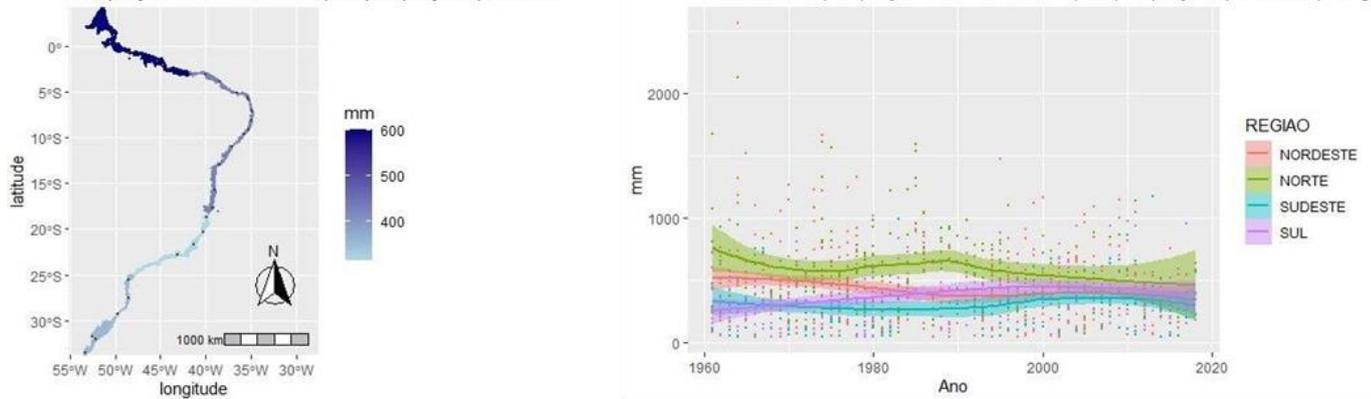


Fonte: Dados IBGE e INMET; Bulhões *et al.* (2022)

Considerando a série histórica (**Figura 15b**), observa-se uma tendência sutil de redução deste índice, exceto para as regiões Sudeste e Nordeste, que apresentam uma tendência de diminuição maiores que as demais.

Quanto aos números de dias muito molhados, representados pelo índice R95p (Precipitação Anual Total dos Dias em que a Precipitação foi maior que o 95º percentil), os resultados mostram para a Zona Costeira Brasileira 424,5 mm/ano, sendo distribuídos de forma bem desigual regionalmente. Observa-se tal evidência no mapa abaixo, sendo a região Norte a que apresenta o R95p com maior número de dias muito molhados, e a região Sudeste com menor número de dias muito molhados. Os resultados em mm/ano para cada região são: 592,6 mm/ano para a costa Norte; 427,1 mm/ano para a costa Nordeste; 312,2 mm/ano para a costa Sudeste e 366,1 mm/ano para a costa Sul.

**Figura 16.** Composição entre Mapa e Gráfico representando o índice R95p - Precipitação Anual Total dos Dias em que a Precipitação foi maior que o 95º Percentil.



Fonte: Dados IBGE e INMET; Bulhões *et al.* (2022)

No que se observa na série histórica (**Figura 16b**) é uma tendência global de redução para tal índice, sendo as regiões Sudeste e Nordeste com as maiores tendências.

No que se observou, a tendência de aumento nos valores, sobretudo de temperatura, é evidente. Para todos os índices de temperatura, foi possível constatar que os valores tendem a crescer ao longo das décadas, principalmente os valores de temperatura mínima. Os resultados obtidos conseguem dialogar com Alexander *et. al.* (2005). Os autores afirmam que os indicadores de temperatura registram mudanças significativas em extremos de temperatura associados ao aquecimento, principalmente se esses valores forem associados aos de temperatura mínima. Alexander *et. al.* (2005) afirmam ainda que 70% das áreas continentais amostradas para um estudo global, registraram diminuição significativa no número de noites frias e um consequente aumento no número de noites quentes.

Quanto aos índices de precipitação, foi possível observar através das análises regionalizadas que a tendência é de diminuição dos padrões de chuva. De acordo com Costa *et. al.* (2020) a tendência, sobretudo para o índice PRCPTOT é negativa, destacando as regiões Nordeste e Sudeste, e um aumento dos valores de chuva para as regiões Norte e Sul. O presente trabalho apresenta resultados semelhantes aos apresentados por Costa *et. al.* (2020), no qual os resultados dos índices PRCPTOT, R20mm e R95p, revelam os valores mais baixos para ambas as regiões.

Quanto ao índice R20mm, que representa os eventos de extrema chuva, é possível afirmar que tais eventos tendem a se intensificar ainda mais. Costa *et. al.* (2020) afirmam que os dias secos tendem a ficar ainda mais secos, e da mesma forma os dias muito molhados e de chuvas fortes e muito fortes, tendem a ficar ainda mais intensos.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os principais resultados obtidos para o presente trabalho apontam para uma tendência expressiva de aumento nos valores de temperatura, sobretudo aqueles referentes aos de temperatura mínima. Foi possível ainda identificar que a tendência de chuvas, em especial os valores de precipitação total anual, é de redução significativa. Com base nestes resultados obtidos, é possível afirmar da importância da análise e dos cálculos estatísticos sobre os dados de temperatura máxima, mínima e de precipitação para a costa brasileira, através da observação de séries históricas, é possível identificar o quão expressivos são os efeitos das mudanças climáticas e da variabilidade climática.

Observou-se que as temperaturas seguem uma tendência positiva ao longo de toda costa, em especial as temperaturas mínimas. De acordo com Bulhões *et. al.* (2022), o número anual de dias de verão, ou seja, de dias mais quentes, vem aumentando em 9 dias por década. Da mesma forma, os autores afirmam que as noites frias e mais frias acompanham uma redução de -0,08% e -0,07% ao ano, o que indica um aumento no número de noites tropicais. Para os índices de precipitação, Bulhões *et. al.* (2022) indicam para a costa brasileira uma redução em seus valores. O presente trabalho identificou resultados semelhantes aos resultados propostos pelos autores.

Por fim, é importante destacar que a utilização de ferramentas de análise e interpretação de dados, como o R, contribuem para que as tendências de eventos climáticos extremos possam ser identificadas e que de alguma forma a sociedade fique a par de situações como essa. É evidente que o Brasil, sobretudo a costa brasileira vem sendo impactada por eventos extremos, e através da análise de tais eventos e a comparação com os dados de séries históricas, é possível identificar como esses eventos vêm ocorrendo ao longo das décadas e quais são as tendências para o futuro. Ainda cabe destacar, que estudos com base na análise e interpretação de dados permite ainda expandir os horizontes de estudo da Geografia, contribuindo ainda mais com as pesquisas da área.

## REFERÊNCIAS

- ALEXANDER, L.V. et al. Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation. *Journal of Geophysical Research*, V. 111, 2006. <https://doi.org/10.1029/2005JD006290>
- BRASIL. Constituição (1988), Capítulo VIII - Da Ordem Social. Art. 225. Disponível em: <[https://www.senado.leg.br/atividade/const/con1988/con1988\\_15.03.2021/art\\_225\\_.asp](https://www.senado.leg.br/atividade/const/con1988/con1988_15.03.2021/art_225_.asp)>. Acesso em: 24 de jul. 2021.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Decreto nº5.300 de 7 de Dezembro de 2004. Regulamentada pela lei nº 7.661, que institui o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro - PNGC, dispõe sobre regras de uso e ocupação da zona costeira e estabelece critérios de gestão da orla marítima e dá outras providências. Presidência da República. Casa Civil. 7 dez. 2004.
- BULHOES, E.; ZANIBONI, B.; RODRIGUES, T.N.; BARROS, M.S. Extremos Climáticos na Zona Costeira Brasileira. *Revista Confins* (submetido), 2022.
- CAVALCANTI, I. F. A; FERREIRA, N. J; SILVA, M. G. A. J; DIAS, M. A. F. S; Tempo e clima no Brasil. São Paulo:Oficina de textos, 2009. 464p.
- CIRM. **2º Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (PNGC II)**. Brasília: MMA. 1997.;
- COSTA, R.L. et al. Analysis of climate extremes indices over northeast Brazil from 1961 to 2014. *Weather and Climate Extremes*, V. 28, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.wace.2020.100254>
- Datasets for Indices of Climate Extremes – Climdex. Disponível: <http://www.climdex.org/index.html>
- GRUBER N.L.S; BARBOZA E.G. & NICOLODI J.L. (2003) – **Geografia dos Sistemas Costeiros e Oceanográficos: Subsídios para Gestão Integrada da Zona Costeira**. Gravel (ISSN 1678-5975), 1:81-89, Porto Alegre, RS, Brasil. Disponível em: [http://www.ufrgs.br/gravel/1/Gravel\\_1\\_07.pdf](http://www.ufrgs.br/gravel/1/Gravel_1_07.pdf)
- HIERA, M.D. ; SOUZA FILHO, E. E. ; BORSATO, V.A. **As Massas de Ar Atuantes na Bacia Hidrográfica Paraguai 3 Durante os meses de Verão em Padrões de Precipitação Chuvoso, Habitual e Seco**. 2016. (Apresentação de Trabalho/Simpósio)
- LINS-DE-BARROS, F. M.; PAULA. D. P. de; SOUSA, P. H. G. Vulnerabilidade costeira: conceitos, abordagens e aplicações. In: MUEHE, D.; LINS-DE-BARROS, F. M.; PINHEIRO, L. (orgs.) *Geografia Marinha: oceanos e costas na perspectiva de geógrafos*. Rio de Janeiro: PGGM, 2020. p. 631-654. ISBN 978-65-992571-0-0
- MARENGO, José A. et. al. Mudanças climáticas e eventos extremos no Brasil. **Rio de Janeiro: FBDS**, 2009;

- MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. *Climatologia: noções básicas e climas do Brasil*. São Paulo: Oficina de Texto, 2007. 206 p.
- Ministério do Meio Ambiente (BR). Portaria MMA nº 34 de 02 de Fevereiro de 2021. Aprova a listagem atualizada dos municípios abrangidos pela faixa terrestre da zona costeira brasileira. Diário Oficial da União. 3 fev 2021; Seção 1:53.
- MUEHE, D. . **Brazilian coastal vulnerability to climate change**. Pan-American Journal of Aquatic Sciences, v. 5, p.173-183. 2010.
- NATIVIDADE, U. A.; GARCIA, S. R.; TORRES, R. R. **Tendência dos Índices de Extremos Climáticos Observados e Projetados no Estado de Minas Gerais**. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 32, n. 4, p. 600-614, 2017.
- NEVES, C, E MUEHE, D (2008b) Vulnerabilidade, impactos e adaptação a mudanças do clima: a zona costeira. (Vulnerability, Impacts, and Adaptation to Climate Change: The Coastal Zone) CGEE Strategic partnerships. 27, 217-296.
- NIMER, Edmon. **Climatologia do Brasil** / Edmon Nimer. - 2. ed. - Rio de Janeiro: IBGE, Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais. 1989. pp. 9-31. (422p).
- OBREGON G, MARENGO JA (2007) **Caracterização do clima do Século XX no Brasil: Tendências de chuvas e temperaturas médias e extremas**. Relatório 2, Ministério do Meio Ambiente - MMA, Secretaria de Biodiversidade E Florestas – SBF, Diretoria de Conservação da Biodiversidade – DCBio Mudanças Climáticas Globais e Efeitos sobre a Biodiversidade - Sub projeto: Caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do Século XXI. Brasília, Fevereiro 2007.
- PAINEL INTERGOVERNAMENTAL SOBRE MUDANÇAS DO CLIMA (IPCC sigla em inglês). Quinto Relatório de Avaliação. 2014. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/ar5/syr/>
- PAINEL INTERGOVERNAMENTAL SOBRE MUDANÇAS DO CLIMA (IPCC sigla em inglês). Sexto Relatório de Avaliação. 2021. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/assessment-report/ar6/>
- PEZZI, L.P.; SOUZA, R.B.; QUADROS, M.F.L. **Uma revisão dos Processos de Interação Oceano-Atmosfera em Regiões de Intenso Gradiente Termal do Oceano Atlântico Sul Baseada em Dados Observacionais**. 2015. Revista Brasileira de Meteorologia, 31: 428-453, 2016a.;
- RODRIGUES, T. N. . **Análise de séries históricas de dados meteorológicos no Litoral Brasileiro**. Monografia de Graduação (Geografia). Universidade Federal Fluminense; 2017

- RODRIGUEZ, J. J. e WINDEVOXHEL, N. J. **Análisis Regional de La situación de La zona marina costera Centroamericana**. BID, Washington D. C. No – ENV 121, 1998.
- SANTOS, C.A.C; SATYAMURTY, P.; SANTOS, E.M. **Tendências de índices de extremos climáticos para a região de Manaus-AM**. Acta Amazonica, v.42, p.329-336, 2012.
- SANTOS, S.R.; SANSIGOLO, C.A.; NEVES, T.T.A.T.; CAMPOS, T.L.O.B; SANTOS, A.P.P. **Frequências dos Eventos Extremos de Seca e Chuva na Amazônia Utilizando Diferentes Bancos de Dados de Precipitação**. Revista Brasileira de Geografia Física, v. 10, n. 2, 2017.;
- SILVA DIAS, M.A.F. 2014. Dossiê: **Clima (Eventos climáticos extremos)**. Revista USP, 103: 33-40.;
- SILVA, W. ; DEREZYNSKI, C. P. ; CHANG, M. ; FREITAS, M. ; MACHADO, B. J. S. ; CHARGEL, L. T. ; RUGGERI, J. **Tendências observadas em indicadores de extremos climáticos de temperatura e precipitação no estado do Paraná**. Revista Brasileira de Meteorologia , v. 30, p. 181-194, 2015.;
- SILVA, W. L. ; DEREZYNSKI, C.P. **Caracterização Climatológica e Tendências Observadas em Extremos Climáticos no Estado do Rio de Janeiro**. Anuário do Instituto de Geociências (UFRJ. Impresso) , v. 37\_2, p. 123-138, 2014.
- TRAJBER, Rachel; OLIVATO, Débora; MARQUEZINE, V. **Conceitos e termos para a gestão de riscos de desastres na educação. Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais [internet]. São Paulo: CEMADEN, v. 201, 2015.**

**ANEXO I - LISTA DOS MUNICÍPIOS QUE COMPÕEM A FAIXA TERRESTRE  
DA ZONA COSTEIRA BRASILEIRA DE ACORDO COM A PORTARIA MMA Nº  
34 / 2021**

**REGIÃO NORTE:**

AMAPÁ (11): Amapá, Calçoene, Cutias, Itaubal, Macapá, Mazagão, Oiapoque, Pracuúba, Santana, Tartarugalzinho e Vitória do Jari.

PARÁ (47): Abaetetuba, Afuá, Anajás, Ananindeua, Augusto Corrêa, Bagre, Barcarena, Belém, Benevides, Bragança, Breves, Cachoeira do Arari, Capanema, Castanhal, Chaves, Colares, Curralinho, Curuçá, Gurupá, Inhangapi, Magalhães Barata, Maracanã, Marapanim, Marituba, Melgaço, Muaná, Oeiras do Pará, Ponta de Pedras, Portel, Primavera, Quatipuru, Salinópolis, Salvaterra, Santa Bárbara do Pará, Santa Cruz do Arari, Santa Izabel do Pará, Santarém Novo, Santo Antônio do Tauá, São Caetano de Odivelas, São João da Ponta, São João de Pirabas, São Sebastião da Boa Vista, Soure, Terra Alta, Tracuateua, Vigia, Viseu.

**REGIÃO NORDESTE:**

MARANHÃO (39): Água Doce do Maranhão, Alcântara, Anajatuba, Apicum-Açu, Araióses, Arari, Axixá, Bacabeira, Bacuri, Bacurituba, Barreirinhas, Bequimão, Cajapió, Cândido Mendes, Carutapera, Cedral, Central do Maranhão, Cururupu, Godofredo Viana, Guimarães, Humberto de Campos, Icatu, Luís Domingues, Mirinzal, Morros, Paço do Lumiar, Paulino Neves, Porto Rico do Maranhão, Primeira Cruz, Raposa, Rosário, Santa Rita, Santo Amaro do Maranhão, São João Batista, São José de Ribamar, São Luís, Serrano do Maranhão, Turiaçu, Tutoia, Viana.

PIAUI (5): Bom Princípio do Piauí, Cajueiro da Praia, Ilha Grande, Luís Correia, Parnaíba.

CEARÁ (23): Acaraú, Amontada, Aquiraz, Aracati, Barroquinha, Beberibe, Camocim, Cascavel, Caucaia, Chaval, Cruz, Eusébio, Fortaleza, Fortim, Icapuí, Itapipoca, Itarema, Jijoca de Jericoacoara, Paracuru, Paraipaba, Pindoretama, São Gonçalo do Amarante, Trairi.

RIO GRANDE DO NORTE (29): Areia Branca, Arês, Baía Formosa, Caiçara do Norte, Canguaretama, Ceará Mirim, Extremoz, Galinhos, Grossos, Guamaré, Macaíba, Macau, Maxaranguape, Mossoró, Natal, Nísia Floresta, Parnamirim, Pedra Grande, Pendências, Porto do Mangue, Rio do Fogo, São Bento do Norte, São Gonçalo do Amarante, São Miguel do Gostoso, Senador Georgino Avelino, Tibau, Tibau do Sul, Touros, Vila Flor.

PARAÍBA (13): Alhandra, Baía da Traição, Bayeux, Caaporã, Cabedelo, Conde, João Pessoa, Lucena, Marcação, Mataraca, Pitimbu, Rio Tinto, Santa Rita.

PERNAMBUCO (17): Abreu e Lima, Barreiros, Cabo de Santo Agostinho, Fernando de Noronha, Goiana, Igarassu, Ilha de Itamaracá, Ipojuca, Itapissuma, Jaboatão Guararapes, Olinda, Paulista, Recife, Rio Formoso, São José Coroa Grande, Sirinhaém, Tamandaré.

ALAGOAS (27): Atalaia, Barra de Santo Antônio, Barra de São Miguel, Coqueiro Seco, Coruripe, Feliz Deserto, Igreja Nova, Japaratinga, Jequiá da Praia, Maceió, Maragogi, Marechal Deodoro, Messias, Murici, Paripueira, Passo de Camaragibe, Penedo, Piaçabuçu, Pilar, Porto Calvo, Porto de Pedras, Rio Largo, Roteiro, Santa Luzia do Norte, São Luís do Quitunde, São Miguel dos Milagres, Satuba.

SERGIPE (24): Aracaju, Barra dos Coqueiros, Brejo Grande, Carmópolis, Divina Pastora, Estância, General Maynard, Ilha das Flores, Indiaroba, Itaporanga d'Ajuda, Japarutuba, Japoatã, Laranjeiras, Maruim, Neópolis, Nossa Senhora do Socorro, Pacatuba, Pirambu, Riachuelo, Rosário do Catete, Santa Luzia do Itanhy, Santo Amaro das Brotas, São Cristóvão, Siriri.

BAHIA (53): Alcobaça, Araçás, Aratuípe, Belmonte, Cachoeira, Cairu, Camaçari, Camamu, Canavieiras, Candeias, Caravelas, Cardeal da Silva, Catu, Conde, Dias d'Ávila, Entre Rios, Esplanada, Igrapiúna, Ilhéus, Itabuna, Itacaré, Itanagra, Itaparica, Ituberá, Jaguaripe, Jandaíra, Lauro de Freitas, Madre de Deus, Maragogipe, Marauí, Mata de São João, Mucuri, Nazaré, Nilo Peçanha, Nova Viçosa, Pojuca, Porto Seguro, Prado, Salinas de Margarida, Salvador, Santa Cruz Cabrália, Santa Luzia, Santo Amaro, São Félix, São Francisco do Conde, São Sebastião do Passé, Saubara, Simões Filho, Taperoá, Una, Uruçuca, Valença, Vera Cruz.

### **REGIÃO SUDESTE:**

ESPÍRITO SANTO (18): Anchieta, Aracruz, Cariacica, Conceição da Barra, Fundão, Guarapari, Itapemirim, Jaguaré, Linhares, Marataízes, Piúma, Presidente Kennedy, São Mateus, Serra, Sooretama, Viana, Vila Velha, Vitória.

RIO DE JANEIRO (33): Angra dos Reis, Araruama, Armação dos Búzios, Arraial do Cabo, Belford Roxo, Cabo Frio, Campos dos Goytacazes, Carapebus, Casimiro de Abreu, Duque de Caxias, Guapimirim, Iguaba Grande, Itaboraí, Itaguaí, Macaé, Magé, Mangaratiba, Maricá, Mesquita, Nilópolis, Niterói, Nova Iguaçu, Paraty, Quissamã, Rio das Ostras, Rio de Janeiro, São Francisco do Itabapoana, São Gonçalo, São João da Barra, São João do Meriti, São Pedro da Aldeia, Saquarema, Seropédica.

SÃO PAULO (16): Bertioga, Cananéia, Caraguatatuba, Cubatão, Guarujá, Iguape, Ilhabela, Ilha Comprida, Itanhaém, Mongaguá, Peruíbe, Praia Grande, Santos, São Sebastião, São Vicente, Ubatuba.

### **REGIÃO SUL:**

PARANÁ (7): Antonina, Guaraqueçaba, Guaratuba, Matinhos, Morretes, Paranaguá, Pontal do Paraná.

SANTA CATARINA (41): Araquari, Araranguá, Balneário Arroio do Silva, Balneário Barra do Sul, Balneário Camboriú, Balneário Gaivota, Balneário Piçarras, Balneário Rincão, Barra Velha, Biguaçu, Bombinhas, Camboriú, Capivari de Baixo, Florianópolis, Garopaba, Garuva, Governador Celso Ramos, Içara, Imaruí, Imbituba, Itajaí, Itapema, Itapoá, Jaguaruna, Joinville, Laguna, Maracajá, Navegantes, Palhoça, Passo de Torres, Paulo Lopes, Penha, Pescaria Brava, Porto Belo, Santa Rosa do Sul, São Francisco do Sul, São João do Sul, São José, Sombrio, Tijucas, Tubarão.

RIO GRANDE DO SUL (39): Arambaré, Arroio do Sal, Arroio do Padre, Arroio Grande, Balneário Pinhal, Barra do Ribeiro, Camaquã, Capão da Canoa, Capão do Leão, Capivari do Sul, Chuí, Cidreira, Cristal, Dom Pedro de Alcântara, Imbé, Itati, Jaguarão, Mampituba, Maquiné, Morrinhos do Sul, Mostardas, Osório, Palmares do Sul, Pelotas, Rio Grande, Santa Vitória do Palmar, Santo Antônio da Patrulha, São José do Norte, São Lourenço do Sul, Tapes, Tavares, Terra de Areia, Torres, Tramandaí, Três Cachoeiras, Três Forquilhas, Turuçu, Viamão, Xangri-Lá.