

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA
CÂMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

FABYOLLA LOPES DO PRADO

**AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS E SUAS RELAÇÕES COM OS USOS
MÚLTIPLOS DA ÁGUA E A DISPONIBILIDADE DOS RECURSOS
HÍDRICOS**

Ilha Solteira
2024

FABYOLLA LOPES DO PRADO

**AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS E SUAS RELAÇÕES COM OS USOS
MÚLTIPLOS DA ÁGUA E A DISPONIBILIDADE DOS RECURSOS
HÍDRICOS**

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – UNESP, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil.

Área de Concentração: Recursos hídricos e tecnologias ambientais.

Orientadora: Prof^a Dr^a
Liliane Lazzari Albertin

FICHA CATALOGRÁFICA
Desenvolvido pelo Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação

P896m Prado, Fabyolla Lopes do.
As mudanças climáticas e suas relações com os usos múltiplos da água e a disponibilidade dos recursos hídricos / Fabyolla Lopes do Prado. -- Ilha Solteira: [s.n.], 2024
166 f. : il.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Área de conhecimento: Recursos Hídricos e Tecnologias Ambientais, 2024

Orientador: Liliane Lazzari Albertin

Inclui bibliografia

1. Alterações climáticas. 2. El Niño. 3. Ondas de calor. 4. Secas.

IMPACTO POTENCIAL DESTA PESQUISA

A presente dissertação possui impacto potencial relacionado aos 13º, 14º e 15º objetivos dos “*17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável no Brasil (ODSs)*”, sendo eles: Ação contra a mudança global do clima, Vida na água e Vida terrestre, respectivamente. Por possuir caráter informativo, espera-se um impacto social na sociedade, objetivando a consciência dos seres humanos e a saúde do meio ambiente num todo.

POTENTIAL IMPACT OF THIS RESEARCH

This dissertation has a potential impact related to the 13th, 14th and 15th objectives of the “*17 Sustainable Development Goals in Brazil (SDGs)*”, namely: Action against global climate change, Life in water and Life on land, respectively. As it has an informative nature, it is expected to have a social impact on society, aiming to raise the awareness of human beings and the health of the environment as a whole.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS E SUAS RELAÇÕES COM OS USOS
MÚLTIPLOS DA ÁGUA E A DISPONIBILIDADE DOS RECURSOS HÍDRICOS

AUTORA: FABYOLLA LOPES DO PRADO

ORIENTADORA: LILIANE LAZZARI ALBERTIN

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em Engenharia Civil, área:
Recursos Hídricos e Tecnologias Ambientais pela Comissão Examinadora:

Profa. Dra. LILIANE LAZZARI ALBERTIN (Participação Virtual)
Departamento de Engenharia Civil / Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP

Prof.^a Dr.^a ROSANE FREIRE BOINA (Participação Virtual)
Departamento de Química e Bioquímica / Universidade Estadual Paulista (UNESP) - Faculdade de Ciências e
Tecnologia - Câmpus de Presidente Prudente

Profa. Dra. SANDRA MARIA DE MELO (Participação Virtual)
Meio Ambiente / Faculdade de Tecnologia de Araçatuba - FATEC

Ilha Solteira, 31 de julho de 2024



Documento assinado digitalmente

LILIANE LAZZARI ALBERTIN

Data: 15/08/2024 16:36:06-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dedico este trabalho, especialmente, ao meu filho Bernardo e ao meu marido Luís Fernando, que tanto me ajudaram. Amo vocês.

AGRADECIMENTOS

Principalmente, agradeço a Deus e aos meus dois maiores amores: meu filho Bernardo e meu marido Luís Fernando, que tanto me ajudaram. Agradeço aos meus pais, Luiz e Alaide, por tudo o que me ensinaram e que me fizeram.

Especialmente, agradeço a minha irmã Paty, simplesmente por ter esse papel na minha vida, e por sempre ficar feliz pelas minhas conquistas.

Agradeço também a todos os meus amigos, principalmente a Gabriela Bergamasco, a Noemi Leite e a Naiara Zacarias, por sempre me ajudarem, e aos meus sogros, Elaine e João. A vida fica mais leve com vocês.

Infinitamente, agradeço a minha orientadora Liliane. Obrigada por me aceitar, orientar e ensinar. Agradeço também as professoras Juliana Heloisa e Rosane, por tanto aprendizado nas primeiras disciplinas que cursei no mestrado, onde adquiri experiências que levo para a vida. Vocês três fizeram muita diferença na minha caminhada. A professora Rosane, agradeço também por ter aceito ser membro de minha banca de defesa.

Agradeço ainda, de forma muito especial, ao professor César Gustavo, que muito me ajudou e incentivou, à professora Sandra Maria de Melo, por tamanha simpatia, disponibilidade e ensinamentos em meu exame de qualificação e defesa, e à minha professora Adriana Vieira, que também aceitou ser membro da defesa.

Todos contribuíram muito para o desenvolvimento deste trabalho, e por isso, sou muito grata a cada um de vocês. Muito obrigada!

“O futuro dependerá daquilo que fazemos no presente”
Mahatma Gandhi

RESUMO

As mudanças no clima que alteram o regime de chuvas podem provocar o aumento da ocorrência de eventos hidrológicos extremos, como as inundações e as secas. Consequentemente, impactam na qualidade e na disponibilidade hídrica, interferindo nos usos múltiplos da água, como no funcionamento dos ecossistemas, na saúde humana e nas atividades econômicas. Dessa forma, para haver preservação e uso consciente é necessário haver conhecimento. Levando em consideração a importância deste assunto, o presente trabalho tem por objetivo realizar uma revisão de literatura a respeito das mudanças climáticas e as suas consequências nos recursos hídricos. A metodologia utilizada foi a pesquisa bibliográfica, reunindo estudos e artigos científicos retirados das bases de dados *Scientific Electronic Library Online (SciELO)*, *Science Direct*, *Research Gate* e *Google Acadêmico*, com período de busca entre agosto de 2023 e junho de 2024. Por possuir caráter informativo, espera-se um impacto social nos leitores, objetivando a consciência dos seres humanos e a saúde do meio ambiente num todo. Pode-se concluir que as mudanças climáticas vêm interferindo nos recursos hídricos desde meados de 1800, com o início dos processos de urbanização, onde as atividades humanas começaram a depender cada vez mais de atividades que estimulam o aumento da concentração atmosférica dos gases que provocam o efeito estufa.

Palavras-chave: alterações climáticas; El Niño; ondas de calor; secas.

ABSTRACT

Changes in the climate that alter the rainfall regime can cause an increase in the occurrence of extreme hydrological events, such as floods and droughts. Consequently, they impact water quality and availability, interfering with the multiple uses of water, such as the functioning of ecosystems, human health and economic activities. Therefore, for there to be preservation and conscious use, knowledge is necessary. Taking into account the importance of this subject, the present work aims to carry out a literature review regarding climate change and its consequences on water resources. The methodology used was bibliographic research, bringing together studies and scientific articles taken from the Scientific Electronic Library Online (SciELO), Science Direct, Research Gate and Google Scholar databases, with a search period between August 2023 and June 2024. Because it has informative character, it is expected to have a social impact on readers, aiming to raise the awareness of human beings and the health of the environment as a whole. It can be concluded that climate change has been interfering with water resources since the mid-1800s, with the beginning of urbanization processes, where human activities began to depend increasingly on activities that stimulate an increase in the atmospheric concentration of gases that cause climate change. greenhouse effect.

Keywords: climate change; El Niño; hot flashes; dry.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Ilustração simplificada do ciclo da água	19
Figura 2 – Efeitos da urbanização no ciclo da água	21
Figura 3 – Permeabilidade do solo	22
Figura 4 – Divisor de águas.....	24
Figura 5 – Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo ..	14
Figura 6 – Evolução do Plano Nacional de Recursos Hídricos.....	16
Figura 7 – Panorama dos Usos da Água no Brasil	14
Figura 8 – Os usos da água.....	39
Figura 9 – Representação dos principais sistemas de irrigação	42
Figura 10 – Mapa global de áreas irrigadas	43
Figura 11 – Demandas de captação de água no Brasil.....	44
Figura 12 – Comparação entre as capacidades de carregamento.....	46
Figura 13 – Evolução do processo de eutrofização associado ao uso e ocupação do solo	47
Figura 14 – Superfície da água com floração	49
Figura 15 – Termoclina em situações normais.....	72
Figura 16 – Termoclina em situações de El Niño.....	74
Figura 17 – Termoclina em situações de La Niña	77
Figura 18 – O oceano Pacífico em condições normais	79
Figura 19 – Caracterização do ano neutro.....	79
Figura 20 – O oceano Pacífico em condições de El Niño.....	80
Figura 21 – Caracterização do ano El Niño	81
Figura 22 – Caracterização do ano com La Niña	82
Figura 23 - Padrões de teleconexão atmosférica	84
Figura 24 - Exemplos de anomalias mensais de TSM.....	89
Figura 25 – Região Niño 1+2	90
Figura 26 – Região Niño 1+2 no globo terrestre	91
Figura 27 - Gráfico do Índice Niño 1+2.....	91
Figura 28 – Região Niño 3	92
Figura 29 – Região Niño 3 no globo terrestre	92
Figura 30 – Gráfico do Índice Niño 3.....	93
Figura 31 – Região Niño 3.4	94
Figura 32 – Região Niño 3.4 no globo terrestre	94
Figura 33 – Gráfico do Índice Niño 3.4.....	95
Figura 34 – Região Niño 4.....	95
Figura 35 – Região Niño 4 no globo terrestre	96
Figura 36 – Gráfico do Índice Niño 4.....	96
Figura 37 – Números das regiões	97
Figura 38 – Índice ONI	98
Figura 39 – Comparação dos índices	101
Figura 40 – Maiores temperaturas médias (1961-2023)	111

Figura 41 - Anomalia (diferença entre a temperatura observada e a média histórica de 1991 – 2020) de Temperatura Média do Ar (TMA) no Brasil por ano (1961-2023).....	113
Figura 42 - Temperaturas extremas combinadas com a seca no Brasil no ano de 2023.....	117
Figura 43 – Maior temperatura registrada no ano de 2024	119
Figura 44 – Índice IN022 nas regiões brasileiras	121
Figura 45 – Simbologia de inundações, alagamentos e enxurradas	124
Figura 46 – Representação dos fenômenos de alagamento, enchente e inundação.....	125
Figura 47 – Índice Integrado de Seca (IIS3) de abril/2024 (média municipal).....	130
Figura 48 – Ciclo climático dos incêndios	132
Figura 49 – Série histórica de focos por bioma e ano.....	137

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Responsabilidades dos entes no Plano Nacional de Recursos Hídricos	17
Tabela 2 – Índice ONI (1950-2024).....	99
Tabela 3 - Comparação do total de focos ativos detectados pelo INPE em cada mês, no período de 1998 até 24/maio	134
Tabela 4 - Comparativo anual do número de focos de incêndios por Biomas do Brasil (todos os anos no intervalo de jan. até 23/maio)	138

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1– Evolução da criação de Comitês de Bacias Hidrográficas no Brasil	19
Gráfico 2 - Usos Consuntivos Setoriais no ano de 2022.....	21
Gráfico 3 – Evolução dos Usos Setoriais da Água no Brasil (2019-2022).....	14
Gráfico 4 – Uso da água no ambiente doméstico	40
Gráfico 5 – Perdas na distribuição de água nas regiões brasileiras	55
Gráfico 6 – Índices de perdas nos países do mundo	56
Gráfico 7 – Causas dos conflitos pela água.....	59
Gráfico 8 – Períodos em que as anomalias chegaram a mais de 2°C no oceano Pacífico	75
Gráfico 9 - Número de casos de dengue e o fenômeno El Niño	104
Gráfico 10 - Número de casos óbitos por dengue e o fenômeno El Niño.....	105
Gráfico 11 – Consumo médio de água nos últimos anos (2014-2022).....	122
Gráfico 12 – Quantidade de focos ativos detectados no primeiro quadrimestre.....	137

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	14
1.1 Justificativa	15
2 OBJETIVOS	17
2.1 Objetivo geral.....	17
2.2 Objetivos específicos	17
3 METODOLOGIA	18
4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	19
4.1 Ciclo Hidrológico.....	19
4.2 Bacias hidrográficas	23
4.2.1 Divisão Hidrográfica Nacional	24
4.3 Histórico da gestão de recursos hídricos no Brasil	14
4.4 Os múltiplos usos da água	20
4.4.1 Abastecimento humano	40
4.4.2 Abastecimento industrial.....	40
4.4.3 Irrigação.....	41
4.4.4 Navegação	44
4.4.5 Assimilação e transporte de poluentes	46
4.4.6 Recreação	49
4.4.7 Preservação de ecossistemas	50
4.4.8 Geração de energia.....	51
4.5 Desperdício e escassez	53
4.6 Conflitos.....	57
4.7 Disponibilidade hídrica.....	60
4.8 Balanço hídrico	62
4.9 Mudanças Climáticas.....	64
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	66
5.1 Consequências das Mudanças Climáticas	66
5.1.1 Ondas de calor.....	68
5.1.2 Fenômenos climáticos: El Niño e La Niña	71
5.1.3 Impactos econômicos e sociais	102
5.2 Consequências nos Recursos Hídricos.....	108

5.2.1 Temperatura.....	110
5.2.2 Eventos extremos de precipitação.....	122
5.2.3 Incêndios.....	130
6 CONCLUSÃO.....	140
REFERÊNCIAS.....	142

1 INTRODUÇÃO

Desde o início da civilização humana, a importância da água para a sobrevivência já era observada. Os nômades e as primeiras comunidades buscavam habitar próximos aos rios para sanar as suas necessidades básicas como dessedentação, alimentação e higiene.

No passado, o ser humano tinha a visão de que os recursos hídricos eram inesgotáveis, por conta da utilização restrita às pequenas comunidades existentes. Mas, com o aumento populacional, agregado a outros fatores como, por exemplo, a intensa urbanização e o aquecimento global, que são causas da ameaça de escassez de água no mundo (Tundisi, 2008), a visão humana foi progressivamente mudando, conduzindo a ações voltadas ao uso racional dos recursos hídricos, que implicou na elaboração de leis, a fim de melhor gerenciar a utilização da água.

Hoje se tem a ideia da água como bem finito e dotado de valor econômico, tornando as análises do balanço entre usos e oferta hídrica cada vez mais importantes, ao revelar regiões de déficits de acesso à água e risco aos setores produtivos (ANA, 2019).

Pode-se afirmar que o Brasil tem um privilégio quanto à disponibilidade hídrica total, mas a sua distribuição é desigual durante o ano e também em seu território, devido a fatores como a variação por regiões da demanda por seu uso (Augusto *et al.*, 2012), a infraestrutura hídrica adequada para o seu aproveitamento e conservação, e a gestão político-administrativa dos entes federados, sobretudo dos municípios, para se prover regulação nos termos da lei (Galvão Junior; Paganini, 2009).

O consumo crescente dos recursos hídricos tem resultado cada vez mais em dificuldades e conflitos, não só pela sua falta, mas também pela degradação da qualidade. Outra vulnerabilidade está relacionada aos desastres naturais, que vem sendo mundialmente mais frequentes, e que por sua vez, está diretamente ligado às mudanças climáticas desencadeadas pela ação antrópica (UNICEF, 2022).

O que vem acontecendo, desde o início da Revolução Industrial no século XVIII, é que o aumento na intensidade da emissão de gases de efeito estufa (GEE), e a dependência do ser humano, cada vez maior, de atividades conquistadas pela globalização que envolvem a emissão de CO₂ e metano, por exemplo, está retendo cada vez mais calor na atmosfera. Isso causa o denominado aquecimento global, que implica nas mudanças climáticas.

Muitos países enfrentam períodos incertos e irregulares de chuvas, e as previsões mostram que as mudanças climáticas vão tornar a disponibilidade de água cada vez menos

previsível e confiável, ocasionando as crises hídricas, que por sua vez, implicam na qualidade dos recursos hídricos (Marengo, 2008c).

Além disso, ondas de calor e de frio, fenômenos climáticos (como o El Niño e La Niña), chuvas concentradas num pequeno espaço de tempo e as secas prolongadas em algumas regiões, que influenciam no sistema climático, vem impactando os recursos hídricos, o tempo e o clima mundial (Oliveira, 2001).

Levando em consideração a importância deste assunto, o presente trabalho tem por objetivo realizar uma revisão bibliográfica a respeito das mudanças e dos fenômenos climáticos, relacionando as suas consequências com os recursos hídricos, usos múltiplos da água, qualidade e disponibilidade hídrica.

1.1 Justificativa

Baseado nas teorias de diversos autores, observa-se a extrema importância de se fazer, urgentemente, o uso consciente dos múltiplos usos da água. As vantagens são numerosas quando se utilizam técnicas adequadas, uma vez que a tomada de decisão nesse aspecto traz consequências de cunho positivo, tanto para o meio ambiente, quanto para os que dele dependem. Num sistema onde tudo está interligado, desde o ciclo hidrológico local, até as mais severas globais consequências da interferência humana, ter conhecimento sobre esse assunto é de fundamental importância, pois, muitas vezes é observado a falta informação, fazendo com que as pessoas se utilizem dos recursos naturais indevidamente.

A intervenção antrópica tem acelerado a degradação da natureza. Tem-se, nesse sentido, os desmatamentos, poluição das águas e florestas, uso indevido dos recursos e de energia. Por isso, quando o assunto é sustentabilidade, é corriqueiro ouvir a frase: “Faça a sua parte e contribua com a preservação do meio ambiente”. Mas, o que é fazer a sua parte? Será que todos os humanos sabem interpretar isso?

No dia a dia, as pessoas possuem alguns hábitos que geram impactos ambientais e, muitas vezes, nem sabem. Por isso é importante conhecer quais são esses hábitos, além, é claro, de saber o que se pode fazer para mudá-los. A título de exemplo: muitos desconhecem que não se pode jogar óleo de cozinha no esgoto ou no lixo comum, e por isso, acabam poluindo o meio ambiente, sem ter ideia do quanto isso é prejudicial; ou, pessoas que fazem descarte de remédios e suas embalagens, mesmo que vazias, no vaso sanitário, pois podem contaminar os sistemas de tratamento de esgoto, os agentes ambientais e causar impactos ambientais e sanitários, e

ainda tem-se também o descarte inapropriado de pilhas e baterias, que quando jogados de maneira incorreta, podem contaminar o solo e até os lençóis freáticos.

Portanto, os objetivos informativos fazem parte da temática, sendo eles responsáveis pela fundamentação deste trabalho. Assim, a pesquisa objetivou relacionar os fenômenos climáticos, que atualmente encontram-se muito presente na vida humana, principalmente pelos seus impactos diretos nos usos múltiplos da água, com as consequências nos recursos hídricos, a fim de demonstrar o quanto a disponibilidade hídrica vem sendo ameaçada pelas mudanças climáticas, tornando-se imprescindível garantir acesso e conhecimento científico acerca do tema.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Realizar uma revisão de literatura, por meio de pesquisa bibliográfica, reunindo estudos sobre as mudanças e os fenômenos climáticos, relacionando as suas consequências com os recursos hídricos, que influenciam diretamente nos usos múltiplos da água, na qualidade e na disponibilidade hídrica.

2.2 Objetivos específicos

Verificar se as mudanças climáticas são naturais e sempre aconteceram, ou se tem cunho antropogênico;

Pesquisar como as alterações climáticas foram iniciadas ou começaram a ficar mais evidentes;

Relacionar a interferência das mudanças climáticas com os extremos climáticos e meteorológicos, e também com o ciclo hidrológico e quais impactos possuem essa relação;

Analisar até que ponto as mudanças climáticas interferem no ciclo hidrológico e como podem afetar os recursos hídricos, tanto na qualidade como na quantidade;

Entender se as mudanças climáticas possuem alguma relação com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável;

Oferecer conhecimento, de forma simples e didática, respondendo aos objetivos desta pesquisa, para todos os que buscam informações, sejam da área ou não, sobre as mudanças climáticas, mostrando como elas interferem nos recursos hídricos, baseando-se em situações já registradas, e que antes eram apenas previsões;

Acentuar a necessária observância por parte de todo cidadão sobre o uso consciente dos recursos hídricos e a preocupação com a saúde do meio ambiente.

3 METODOLOGIA

Esta é uma revisão bibliográfica que reúne estudos e artigos científicos retirados das bases de dados *Scientific Electronic Library Online* (SciELO), *Science Direct*, *Research Gate* e Google Acadêmico. Como critério de exclusão, foram descartados os materiais que desviassem do tema proposto, não mencionando fatos relacionados à disponibilidade hídrica, usos múltiplos da água e mudanças e fenômenos climáticos. Os descritores utilizados durante as buscas foram: Disponibilidade Hídrica; Usos da água; Escassez Hídrica; Mudanças Climáticas; Eventos Extremos; Ondas de Calor; Fenômenos Climáticos; El Niño; La Niña. As buscas pelos materiais iniciaram-se no mês agosto de 2023, sendo todos os artigos científicos utilizados para extração de dados baixados e salvos em pastas separadas, de acordo com os seus conceitos e revisões.

Quanto aos critérios de inclusão dos dados, foram selecionados artigos científicos, observando-se a categoria e qualidade da revista, que abordavam informações sobre o tema escolhido, ou seja, sobre as mudanças e os fenômenos climáticos, como El Niño e La Niña, tanto no Brasil, quanto a nível global.

Também foram utilizados banco de dados e informações de órgãos governamentais, como: Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA); Fundação Nacional de Saúde (FUNASA); Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB); Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE); Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos/Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CPTEC/INPE); Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais/Ministério Da Ciência, Tecnologia e Inovação (CEMADEN/MCTI). Todos esses dados e informações foram extraídos dos sites oficiais de cada instituição.

Foram também utilizadas séries históricas de dados dos sites da UNIFEI, do INPE e Ministério da Saúde, baixadas e salvas na extensão de planilhas para facilitar a análise de dados, e posteriormente, a elaboração de gráficos.

4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

4.1 Ciclo Hidrológico

A importância da água para a existência de vida no planeta Terra é incomensurável, e não requer maiores exposições. Afinal, o clichê “Sem água não há vida” é de uma simplicidade e veracidade singulares, capaz de exibir sua significância mundial. Além das funções vitais utilizada por todo e qualquer ser vivo, podemos utilizá-la para produção de energia, produção de alimentos, navegação, e tantas outras vertentes que influenciam consideravelmente a saúde e a economia global.

O ciclo hidrológico (figura 1), mais conhecido como ciclo da água, ocorre pela mudança de seus estados físicos (vapor, líquido e sólido), com a movimentação horizontal e vertical entre oceanos, atmosfera e superfície terrestre. Em adição a tais movimentos, temos o fluxo dos seres vivos e ambientes, além da influência direta da energia solar, da rotação da Terra, e da gravidade. Pode-se observar este ciclo em diversas escalas espaciais e temporais, acordando com o que se deseja salientar e/ou pesquisar.

Figura 1 – Ilustração simplificada do ciclo da água



Fonte: Collischonn; Dornelles (2013).

Destaca-se Tundisi (2003), com breve citação sobre a sustentação da vida pela preponderância o ciclo hidrológico:

A característica essencial de qualquer volume de água superficial localizada em rios, lagos, tanques, represas artificiais e águas subterrâneas são a sua instabilidade e mobilidade. Todos os componentes sólidos, líquidos e gasosos (as três fases em que a água existe no planeta Terra) são parte do ciclo dinâmico da água, ciclo este, perpétuo. A fase mais importante deste ciclo para o homem é justamente a fase líquida, em que ela está disponível para pronta utilização (Tundisi, 2003, p. 31).

Aprofundando e detalhando sucintamente o ciclo da água, pode-se descrevê-lo por sete processos distintos e complementares (Miranda; Oliveira; Silva, 2010):

- a) Evapotranspiração: etapa que deve ser dividida em dois subconjuntos:
 - Evaporação: transformação da água líquida ou sólida em vapor, por meio de fenômenos físicos;
 - Transpiração: perda de água terrestre para a atmosfera, em forma de vapor, decorrentes de ações físicas e fisiológicas dos vegetais.
- b) Precipitação: água acumulada na atmosfera, que atinge a Terra em forma de chuva, neve ou granizo;
- c) Chuva: consequente da evapotranspiração de superfícies quentes e úmidas, gerando vapor de água atmosférico, é a água em estado líquido que precipita sobre a superfície terrestre;
- d) Interceptação das precipitações: qualquer tipo de obstáculo (vegetação, por exemplo), que retém, impede ou dificulta a infiltração da água das chuvas no solo;
- e) Infiltração: penetração da água nas variadas camadas do solo, influenciada pela Lei da Gravidade;
- f) Armazenamento da água no solo: redistribuição da água no solo, após cessada sua infiltração;
- g) Escoamento superficial: oriundo das precipitações, é o deslocamento da água pela superfície terrestre, por efeito da gravidade.

A globalização e os avanços da urbanização sobre a natureza, sobretudo nas bacias hidrográficas, geraram interferência no ciclo da água, alterando o equilíbrio existente em suas etapas e modificando sua dinâmica e ocorrência nas áreas urbanas (figura 2).

Figura 2 – Efeitos da urbanização no ciclo da água



Fonte: Sodré (2012).

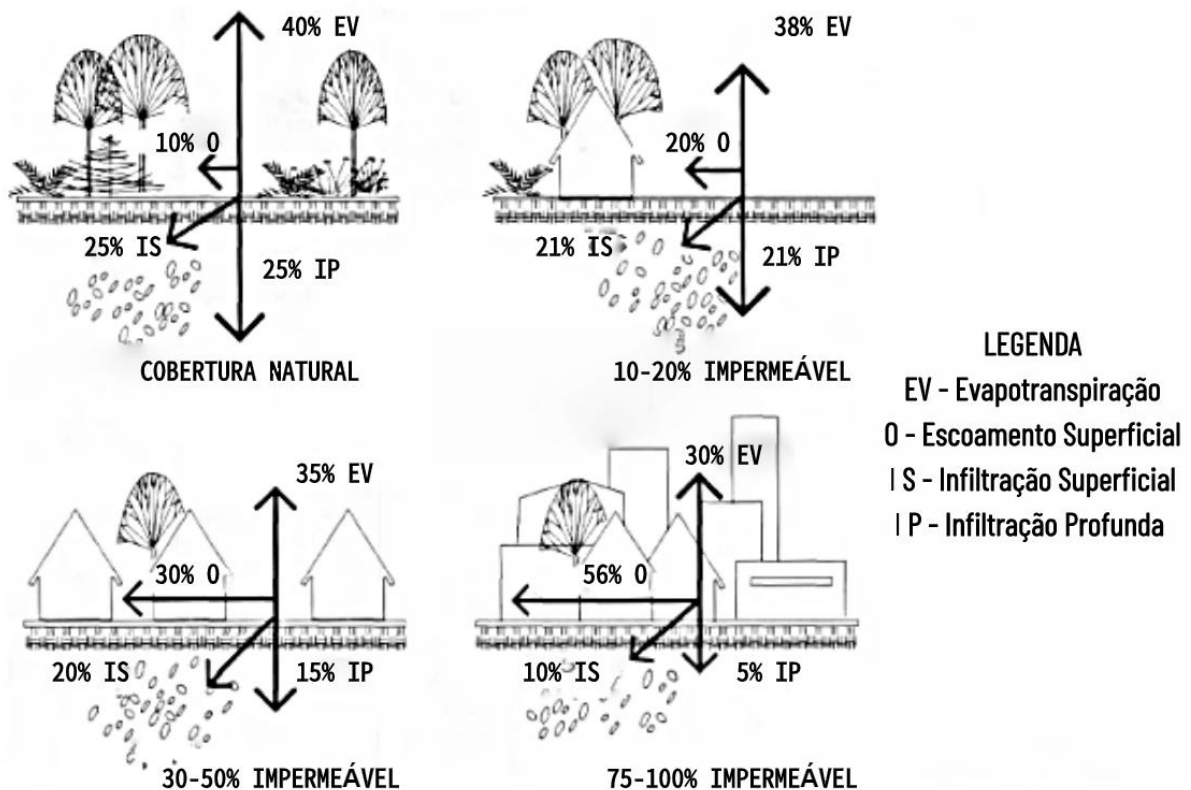
A impermeabilização do solo, a remoção da vegetação, a canalização de águas pluviais e fluviais, e a poluição de modo geral, são alguns dos fatores que agravam os processos de inundação de planícies e erosão do solo, alterando a qualidade ambiental das cidades, provocando tragédias cada vez mais constantes e intensas.

O conhecimento da impermeabilidade da bacia hidrográfica é importante para a realização de estudos hidrológicos. O modelo hidrológico é uma ferramenta apropriada para representar, entender e simular o comportamento de uma bacia hidrográfica por meio do equacionamento dos processos (Tucci, 1998).

Na modelação matemática dos processos hidrológicos, é preciso conhecer algumas características da bacia como a sua área, declividade, cobertura do solo, porcentagem de áreas impermeáveis, canais de drenagem e relevo da bacia, e também seus dados hidrológicos como vazão, precipitação e evapotranspiração (Campana, 1992).

Para Ragan e Jackson (1975), a porcentagem impermeável é o mais importante dos parâmetros. Com a impermeabilização dos solos há uma alteração do ciclo hidrológico local. A porcentagem de escoamento superficial aumenta, enquanto diminuem a da infiltração e da evapotranspiração, conforme mostra a figura 3.

Figura 3 – Permeabilidade do solo



Fonte: Environmental Protection Agency (1993).

A impermeabilização das superfícies também danifica a qualidade da água. O escoamento superficial leva os poluentes que se encontram depositados nas superfícies impermeáveis até os corpos receptores. Os contaminantes podem ser organismos que fazem mal à saúde, matéria orgânica, nitrogênio e fósforo, pesticidas, metais tóxicos, óleos e graxas e essa poluição da água é chamada de poluição difusa (Schueler, 1994).

Felizmente, o crescente aumento quantitativo e qualitativo das pesquisas, análises, debates e conferências sobre a preservação da natureza, a utilização recursos hídricos, e todos os fatores que influenciam direta ou indiretamente no ciclo hidrológico, em nível global, trazem esperança e lucidez, na busca por essas melhorias ambientais e consequentemente de toda vida terrestre.

Fritzen e Binda (2011) alertam sobre tais preocupações, e propõem melhorias para a situação:

O planejamento ambiental e urbano deve ser pautado em minimizar o impacto no ciclo hidrológico. Se as obras de drenagem forem pensadas de modo que reproduzam o ambiente natural, mas ao mesmo sirvam para atender as necessidades da população que ocupam o espaço natural, o risco tanto para a sociedade quanto para o ambiente será minimizado (Fritzen; Binda, 2011, p. 250).

Por meio de um projeto online, denominado *Global River Runner*, desenvolvido pelo jornalista gráfico Sam Learner, da equipe de Visualização de Dados do jornal

Financial Times, é possível fazer a simulação do caminho que uma gota de chuva percorre, supondo que ela corra para um riacho e a partir daí para um destino final. O projeto pode ser acessado por meio do link “<https://river-runner-global.samlearner.com/>” (Organização Árvore Água, 2024).

4.2 Bacias hidrográficas

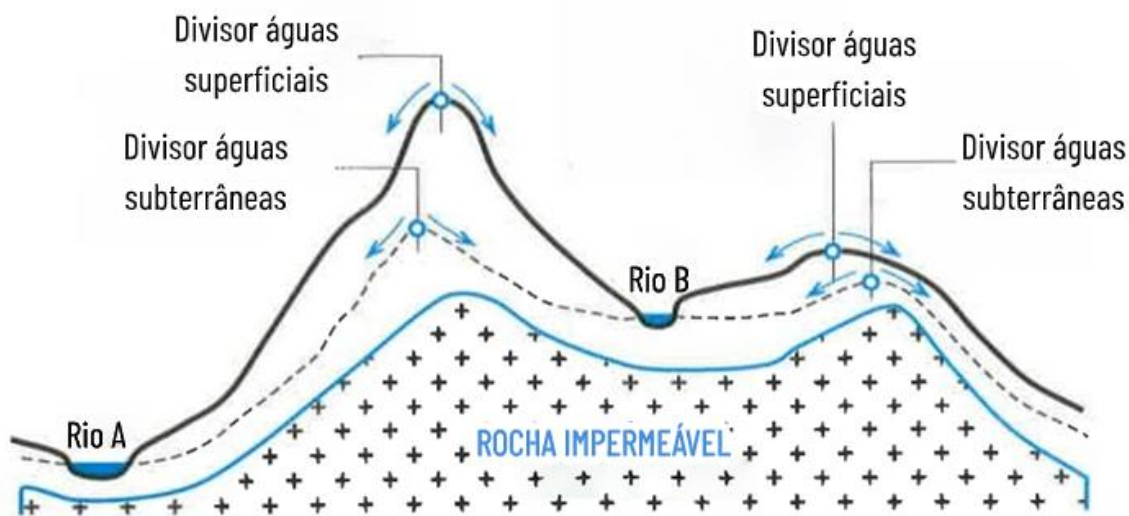
As bacias hidrográficas podem ser entendidas como toda a área que envolve os rios, riachos, nascentes e afluentes que orientam, por meio dos desníveis naturais do solo, todos os cursos d’água para um mesmo rio principal. A água flui sempre das áreas mais altas para as mais baixas.

Tucci (1997) define a bacia hidrográfica como sendo uma área de captação natural da água que faz convergir o escoamento para um único ponto de saída, compondo-se de um conjunto de superfícies vertentes e de uma rede de drenagem formada por cursos de água que confluem até resultar em um leito único no seu exutório.

Por Collischonn e Dornelles (2013), as bacias hidrográficas são definidas por um curso d’água, um ponto ou seção transversal desse curso, denominado exutório, e por seu relevo. O relevo geralmente é extraído de um mapa topográfico, onde também é possível identificar os divisores de água, dos pontos mais altos para os mais baixos.

Esse divisor, quando identificado pela altitude, é chamado de divisor de águas superficiais (figura 4), por conta que a água escoar sobre a superfície do solo. A água que infiltra, por outro lado, pode dar origem a um divisor de águas subterrâneas.

Figura 4 – Divisor de águas



Fonte: Collischonn; Dornelles (2013).

As bacias hidrográficas brasileiras são amplas e constituídas por rios considerados abundantes e importantes para a sua localidade, e por isso, o Brasil é classificado como dono da maior reserva de água doce e potável. Assim, faz-se necessário uma gestão de recursos hídricos adequada e eficiente, que não prejudique e nem sobrecarregue as bacias e que explore seus recursos de maneira consciente, sustentável e economicamente viável, mantendo a preservação do meio ambiente e respeitando os limites da natureza (Kiefer, 2023).

4.2.1 Divisão Hidrográfica Nacional

Em 2003, com a publicação da Resolução nº 32/2003 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos, houve a instituição da Divisão Hidrográfica Nacional (DHN), classificadas em doze regiões hidrográficas. A região hidrográfica foi definida como o espaço territorial brasileiro compreendido por uma bacia, grupo de bacias ou sub-bacias hidrográficas contíguas com características naturais, sociais e econômicas homogêneas ou similares, com vistas a orientar o planejamento e o gerenciamento dos recursos hídricos (ANA, 2015).

Ao contrário das bacias hidrográficas, que podem ultrapassar os limites nacionais, as regiões hidrográficas são restritas ao espaço territorial brasileiro.

Em 2019, com o objetivo de melhor organizar, sistematizar e promover a geração

de informações e estatísticas, em diversos âmbitos, por bacias e regiões hidrográficas, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) elaboraram uma base de dados geográficos de bacias e rediscutiram a Divisão Hidrográfica Nacional (IBGE, 2021).

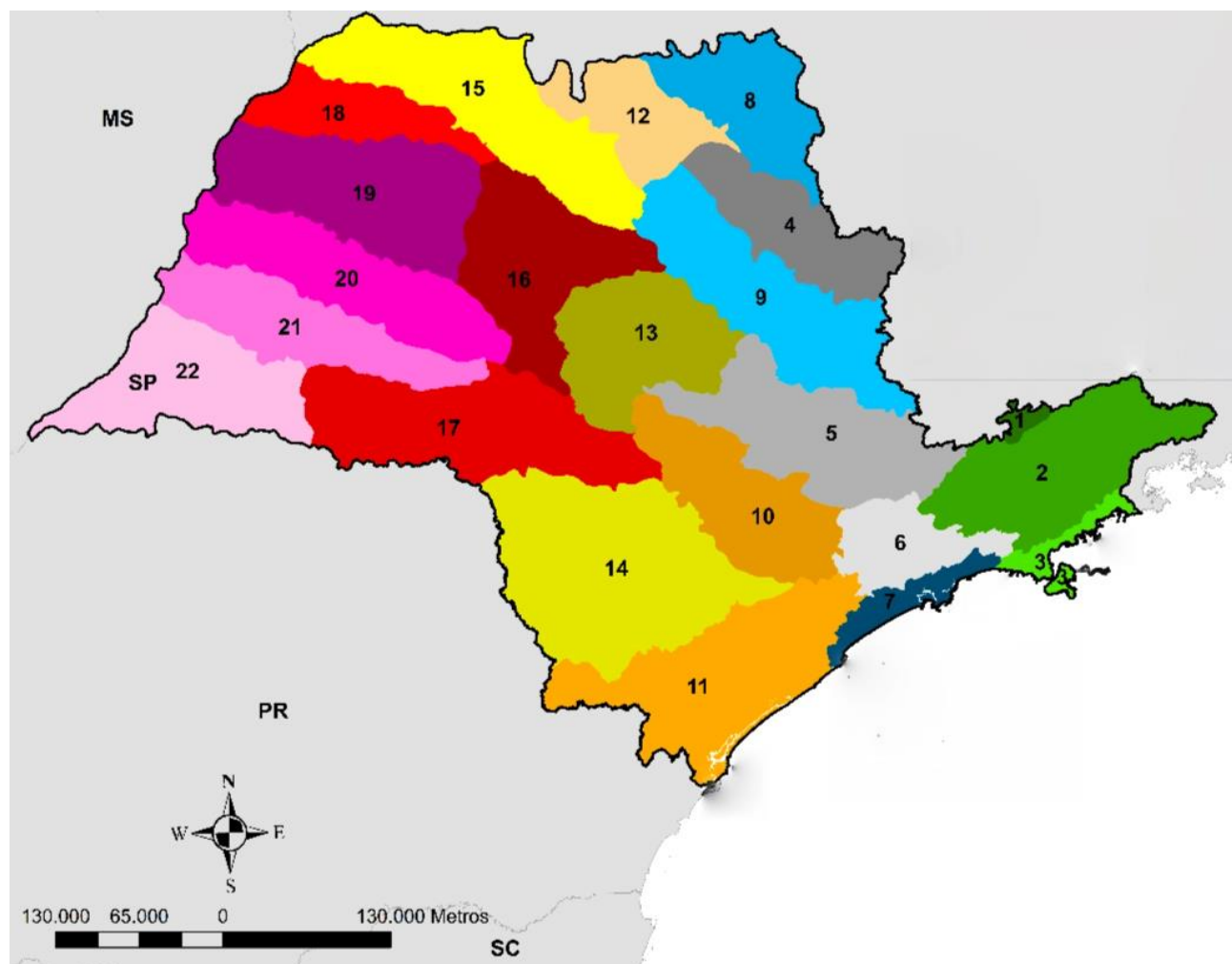
Essa divisão foi reformulada em diferentes níveis, propondo limites, nomes e códigos para a inclusão de tais recortes hidrográficos no Quadro Geográfico de Referência para Produção, Análise e Disseminação de Estatísticas (que permite a integração entre as estatísticas produzidas pelo IBGE e um conjunto de recortes geográficos do território brasileiro), divulgado pelo IBGE em 2019, e para adoção pela ANA e demais entes do Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos (SINGREH). Ambas instituições passaram a ter então uma base hidrográfica para o intercâmbio de dados e informações a respeito não só de recursos hídricos, como também de diversos aspectos ambientais e socioeconômicos (IBGE; 2021, 2022).

A “nova base” da Divisão Hidrográfica Nacional, produzida pela parceria entre o IBGE e ANA, apresenta três camadas que abrangem todo o território brasileiro, cada uma delas referente a um nível: Macrorregiões Hidrográficas, Mesorregiões Hidrográficas e Microrregiões Hidrográficas, tendo sido produzida a partir da Base Hidrográfica Ottocodificada da ANA (ANA, 2021b).

As bacias hidrográficas do Estado de São Paulo orientam a divisão em 22 Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos (UGRHI) (figura 5), instituída pela Lei nº 9.034/1994 e posteriormente revogada e substituída pela Lei nº 16.337/2016, para gestão dos recursos hídricos considerando os usos múltiplos da água, como abastecimento público, dessedentação animal, irrigação, navegação e uso industrial, e contemplam os 645 municípios do Estado. Essa divisão também levou em consideração critérios hidrológicos, ambientais, socioeconômicos e administrativos, e foi motivada pela necessidade de viabilizar e otimizar fluxos técnico, político e administrativo, de forma que ambas as divisões, por bacia hidrográfica e por UGRHI, coexistissem na política estadual (SEMIL, 2020).

No site do Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH) (2024), no link “<https://www.snirh.gov.br/portal/snirh-1/aceso-tematico/divisao-hidrografica>” é possível acessar um mapa interativo de divisão das bacias. Ao clicar num local de interesse, têm-se as informações das bacias nas escalas micro, meso e macro do lugar selecionado.

Figura 5 – Unidades de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo



Fonte: Adaptado de Atlas Sanca (2023).

4.3 Histórico da gestão de recursos hídricos no Brasil

Entende-se por recursos hídricos as águas superficiais e subterrâneas que se encontram disponíveis para ser utilizadas (Braga *et al.*, 2005). O Brasil é, nesse quesito, muito privilegiado, tem a maior quantidade de recursos hídricos gerados por precipitações atmosféricas, tem domínio de grandes bacias hidrográficas e grande parte do Aquífero Guarani (Sales *et al.*, 2019).

O país também possui uma ampla disponibilidade de água potável, mas a distribuição desse recurso é irregular, pois regionalmente a disponibilidade não acompanha o tamanho da população. Para se fazer o controle e proteção desses recursos, a fim de preservar a quantidade e qualidade das águas e se evitar os conflitos motivados pelos usos múltiplos, foi definida e criada a gestão dos recursos hídricos (Sales *et al.*, 2019).

A elaboração de políticas públicas permitiu cuidar da gestão da água de forma colegiada, contribuindo para dirimir os conflitos no uso e buscar soluções a longo prazo que trazem benefícios para toda sociedade (Di Mauro; Silveira; Souza, 2020).

O principal desafio é a gestão sustentável entre a oferta e a demanda da água, de forma que as atuais gerações supram as suas necessidades sem comprometer a disponibilidade para as futuras gerações. A gestão consiste em implementar as políticas de identificação e desenvolvimento de fontes de água e demanda, além da introdução de instrumentos que promovam a sua conservação e uso eficiente (Gomes; Barbieri, 2004).

No Brasil, a regulamentação desse assunto iniciou-se na década de 1930, fundamentando-se num modelo centralizado e sob forte influência do setor elétrico. Com a Constituição Federal de 1988, começou a ser criado um novo sistema de gestão, integrado, democrático e descentralizado, tendo a bacia hidrográfica como unidade de referência e gerenciamento. Este sistema combina a aplicação de diferentes mecanismos de regulação, contemplando instrumentos de comando e controle, econômicos e de educação ambiental. O planejamento é compartilhado entre o poder público, organizações da sociedade civil e usuários, integrando decisões sobre desenvolvimento, uso de água, saneamento e meio ambiente, envolvendo uma diversidade de agentes com objetivos contraditórios, fazendo com que os interesses de uns funcionem como reguladores dos interesses de outros (Gomes; Barbieri, 2004, p. 1).

Nesse período, a preocupação principal não era ambiental, mas sim a necessidade de gerar energia hidrelétrica para suprir as demandas das cidades em rápido crescimento e industrialização, influenciadas pela transição do Brasil rural para o Brasil urbano, ocorrida entre a segunda metade do século XIX e a primeira metade do século XX. Foi esse cenário que marcou o surgimento das primeiras regulamentações sobre o uso dos recursos hídricos (Talamone; Ferraz Júnior, 2024b).

A Política Nacional de Recursos Hídricos no Brasil foi estabelecida pela Lei Federal nº

9.433, de 08/01/1997, conhecida como Lei das Águas. Nela, também foram colocadas as diretrizes básicas para a gestão das águas no país e seus instrumentos, como os planos de recursos hídricos, para orientar o uso das águas, estabelecendo parâmetros e segurança jurídica (IBGE, 2021). Tem os seguintes fundamentos (Brasil, 1997):

- I – a água é um bem de domínio público;
- II – a água é um recurso natural limitado, dotado de valor econômico;
- III – em situações de escassez, o uso prioritário dos recursos hídricos é o consumo humano e a dessedentação de animais;
- IV – a gestão dos recursos hídricos deve sempre proporcionar o uso múltiplo das águas;
- V – a bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos;
- VI – a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades (Brasil, 1997).

No artigo 5º da Lei Federal nº 9.433/1997 tem-se os instrumentos da política de recursos hídricos, fundamentais para a sua aplicação. São eles (Brasil, 1997):

- I – os Planos de Recursos Hídricos;
- II – o enquadramento dos corpos de água em classes, segundo os usos preponderantes da água;
- III – a outorga dos direitos de uso de recursos hídricos;
- IV – a cobrança pelo uso de recursos hídricos;
- V – a compensação a municípios;
- VI – o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos (Brasil, 1997).

A Lei Federal nº 9.433/1997 também instituiu, no âmbito de gestão integrada, o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGRH), responsável por coordenar, planejar, regular e controlar o uso da água, a preservação e a recuperação dos mananciais, além de realizar a cobrança pelo seu uso (Di Mauro; Silveira; Souza, 2020).

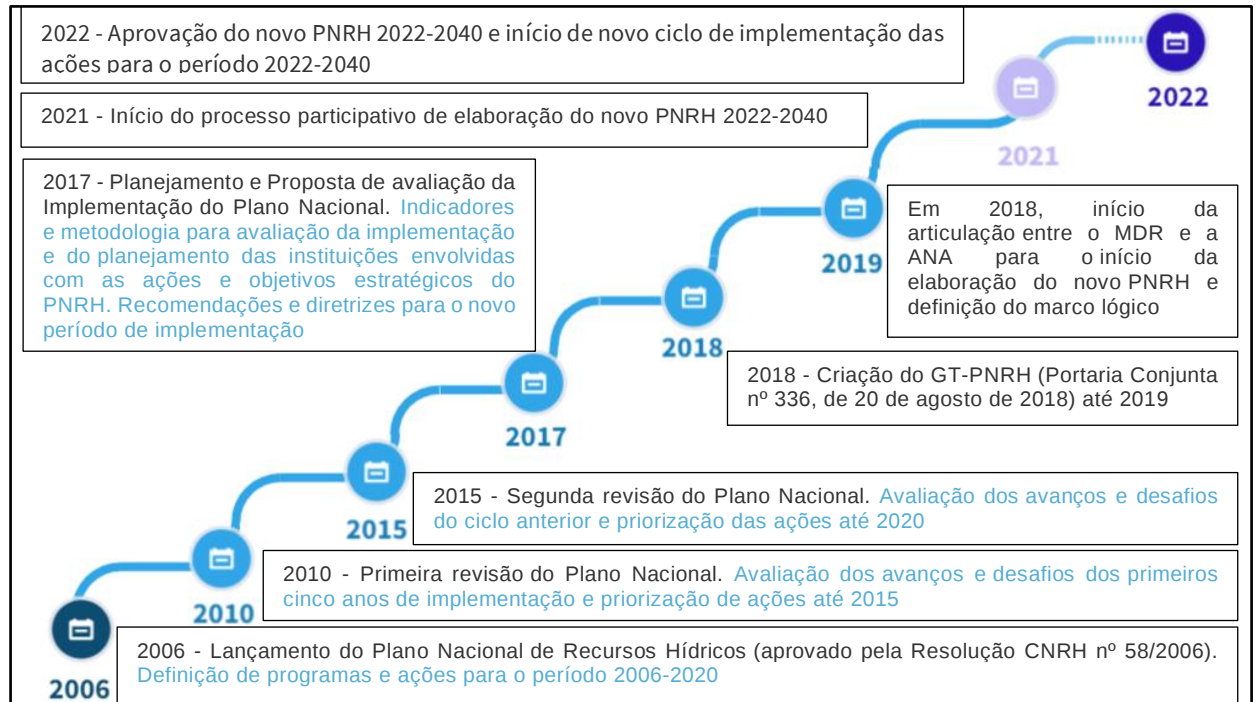
Di Mauro, Silveira e Souza (2020) ainda definem o Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), que tem caráter articulador dos planejamentos da Política com os planos estaduais, regionais e dos setores usuários. Suas funções são de arbitrar, deliberar, analisar propostas de alterações em legislação, estabelecer diretrizes complementares e gerais, definindo critérios para outorgas, e principalmente, monitorar a implantação da Política Nacional de Recursos Hídricos.

Os planos de recursos hídricos são planos diretores de longo prazo que visam orientar a implementação da Política e o gerenciamento dos recursos hídricos (Lei Federal nº 9.433 de 1997, art. 7º) e podem ser elaborados por bacias hidrográficas, por estados e para o país (art. 8º) (Plano Nacional de Recursos Hídricos, 2022).

O Plano Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) foi elaborado de 2003 a 2005 e aprovado por meio da Resolução nº 58 de 30/01/2006 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH). É um instrumento de gestão multidisciplinar, participativo e

permanente, relacionados à melhoria das disponibilidades hídricas, à redução dos conflitos pelo uso da água e dos eventos hidrológicos críticos e à valorização da água como um bem socioambiental relevante (IBGE, 2021). Na figura 6 tem-se a evolução do PNRH.

Figura 6 – Evolução do Plano Nacional de Recursos Hídricos



Fonte: Adaptado de ANA (2021d).

O Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR), por meio da Secretaria Nacional de Segurança Hídrica (SNSH), é o órgão responsável pela Política Nacional de Recursos Hídricos, contando em sua estrutura institucional com o Conselho Nacional de Recursos Hídricos e com a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (PNRH, 2022).

Cabe ao MDR, por meio da SNSH, a coordenação da elaboração, das revisões e do acompanhamento do Plano Nacional de Recursos Hídricos, contando com a participação da ANA por meio do aporte técnico necessário para elaboração das suas etapas e em articulação com o CNRH por meio da sua Câmara Técnica de Planejamento e Articulação (CTPA) (PNRH, 2022).

A tabela 1 informa as responsabilidades dos entes sobre o Plano Nacional de Recursos Hídricos.

Tabela 1 – Responsabilidades dos entes no Plano Nacional de Recursos Hídricos

Entes	Aprovação	Elaboração/Revisões	Implementação Execução
CNRH - Conselho Nacional de Recursos Hídricos	Aprovar o Plano Nacional de Recursos Hídricos (Lei Federal nº 9.433/1997)	Promover a articulação do planejamento de recursos hídricos com os planejamentos nacional, regional, estaduais e dos setores usuários (Lei Federal nº 9.433/1997)	Acompanhar a execução do Plano Nacional de Recursos Hídricos e determinar as providências necessárias ao cumprimento de suas metas (Lei Federal nº 9.433/1997)
CTPA - Câmara Técnica de Planejamento e Articulação	Analisar o Relatório de Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil (Resolução CNRH nº 180/2016)	Propor medidas de articulação com outros níveis de planejamento e planos setoriais (Decreto nº 10.000/2019)	Acompanhar, analisar e emitir parecer sobre o PNRH, sua implementação e suas revisões (Lei Federal nº 9.433/1997)
MDR - Ministério do Desenvolvimento Regional	-	Coordenar a elaboração e a atualização do Plano Nacional de Recursos Hídricos (Decreto nº 10.290/2020)	Monitorar a implementação do Plano Nacional de Recursos Hídricos (Decreto nº 10.290/2020)
ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico	-	Elaborar o Diagnóstico do PNRH (Resolução do CNRH nº 180/2016)	Supervisionar a implementação do Plano Nacional de Recursos Hídricos (Lei Federal nº 9.984/2000)

Fonte: Adaptado de PNRH (2022).

No âmbito das bacias hidrográficas, o Plano de Recursos Hídricos é realizado especificamente para determinada bacia ou região hidrográfica, visando orientar o Comitê de Bacia Hidrográfica, de maneira que os recursos hídricos localizados na área possam ser administrados de forma sustentável, assegurando os usos e metas previstos. A bacia hidrográfica é adotada como a unidade territorial para a implementação da Política Nacional dos Recursos Hídricos e para a atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (IBGE, 2021).

Os Comitês de Bacias Hidrográficas (CBHs) são considerados como Parlamentos

das Águas e têm como objetivo a gestão participativa e descentralizada dos recursos hídricos por meio da implementação dos instrumentos técnicos de gestão, da negociação de conflitos e da promoção dos usos múltiplos da água na bacia hidrográfica. Os comitês devem integrar as ações de todos os governos, seja no âmbito dos municípios, dos estados ou da União (ANA, 2021c)

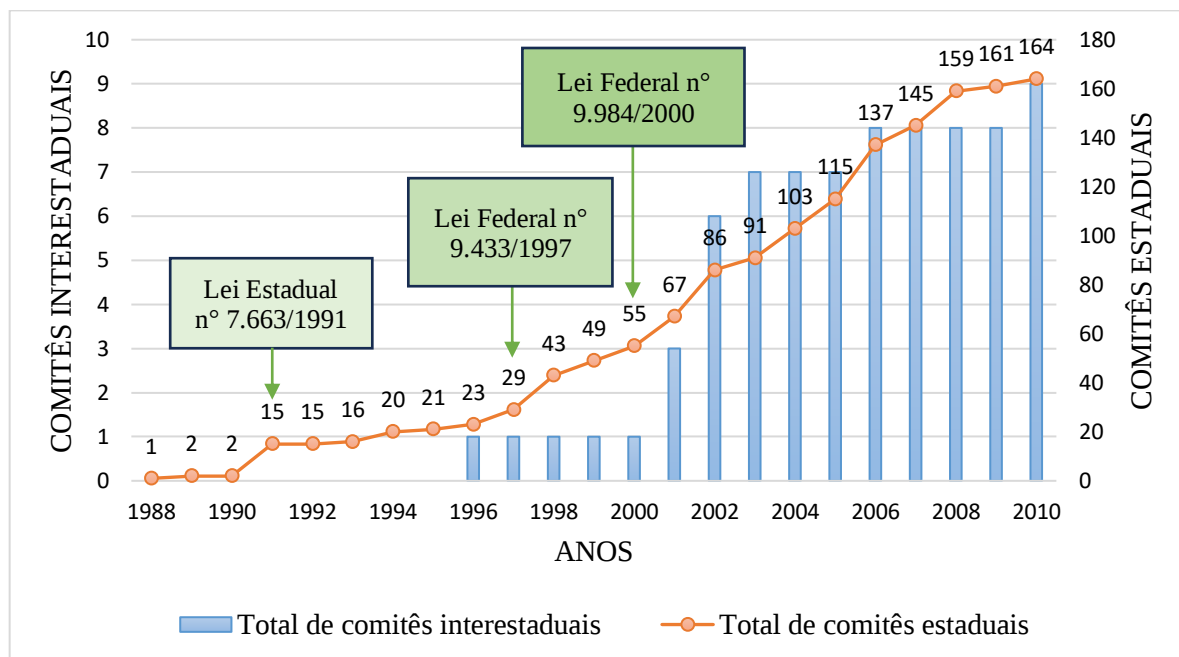
Foi no período de 1980 a 1990 que houve a inclusão dos comitês como instâncias de gestão de recursos hídricos de uma bacia hidrográfica, num momento que havia uma situação de mudanças estruturais do governo, resultante, dentre vários fatores relevantes, do processo de mobilização social incrementado com a redemocratização do país. Além disso, em 1985, denúncias de contaminação do Rio dos Sinos aumentaram a necessidade de fiscalização e de controle dos lançamentos nos corpos d'água da bacia. Em 1987, grupos organizados setoriais realizaram um seminário sobre essa questão. Foi proposta, nesse evento, a criação do Comitê de Preservação, Gerenciamento e Pesquisa da Bacia do Rio dos Sinos (ANA, 2011).

Em 1988 esse comitê foi criado pelo Decreto Estadual do Rio Grande do Sul nº 32.774/1988. A composição do Comitê do Rio dos Sinos não se limitava à representação governamental, fazendo parte universidades, movimentos ecológicos, entidades empresariais, prefeituras municipais, câmaras de vereadores e outras organizações da sociedade civil. Foi considerada então a primeira experiência brasileira na instituição de comitê de bacia, e teve como referência o modelo francês (ANA, 2011).

Em 1991, o estado de São Paulo promulgou a Lei Estadual nº 7.663, que instituiu o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos de São Paulo e foram criados órgãos colegiados, consultivos e deliberativos, como o Conselho de Recursos Hídricos (CRH), para o debate das questões com relevância estadual, e os comitês de bacia hidrográfica, com atuação em unidades hidrográficas em território paulista. Em 1993, foi criado o Comitê das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí, e no final de 1996 já existiam 18 comitês paulistas instalados (ANA, 2011).

O gráfico 1 ilustra a evolução da criação de comitês de bacia no Brasil, onde se observa o aumento considerável no número de comitês após a promulgação da Lei das Águas em 1997, bem como o aumento no número de comitês em bacias de rios de domínio da União (bacias interestaduais), após a criação da ANA em 2000 (ANA, 2011).

Gráfico 1– Evolução da criação de Comitês de Bacias Hidrográficas no Brasil



Fonte: ANA (2011).

Com o intuito de garantir a segurança hídrica para o desenvolvimento sustentável do Brasil, a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, entidade que também é responsável por implementar a Política Nacional de Recursos Hídricos e por coordenar a gestão compartilhada e integrada no âmbito do Sistema Nacional de Gerenciamento dos Recursos Hídricos, busca frequentemente a ampliação do conhecimento sobre o balanço hídrico em todo território nacional (ANA, 2019).

A Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico – ANA foi criada pela Lei Federal nº 9.984, de 17 de julho de 2000 (ANA, 2014), mas passou a ser chamada assim, de acordo com o novo marco legal do saneamento básico instituído pela Lei Federal nº 14.026 de 15/07/2020, mantendo no entanto, a sua sigla anterior, que se referia apenas à Agência Nacional de Águas (IBGE, 2021).

No âmbito de São Paulo, outra agência importante é a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), criada em 1968, pelo Decreto Estadual nº 50.079/1968, responsável pelo licenciamento e controle de atividades potencialmente poluidoras no estado, visando à preservação e recuperação da qualidade ambiental, e por conta da sua experiência e pioneirismo, também é exercida na esfera federal, sobretudo pela sua atuação no Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), Ministério do Meio Ambiente – MMA, Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA e Associação Brasileira de Entidades Estaduais de Meio Ambiente (ABEMA)

(CETESB, 2018).

A CETESB foi criada em 1968 com a denominação inicial de Centro Tecnológico de Saneamento Básico. Em 1973, tornou-se a Companhia Estadual de Tecnologia de Saneamento Básico e de Controle de Poluição das Águas, pioneira nas áreas de saneamento e ambiental no Brasil, sendo não só a primeira agência ambiental em território nacional, como também a maior e mais bem equipada do país. Em 2009, quando entrou em vigor a Lei Estadual de São Paulo nº 13.542/2009, sancionada pelo Governo do Estado, a agência ambiental paulista ganhou uma nova denominação e novas atribuições, principalmente no processo de licenciamento ambiental. A sigla CETESB permaneceu, mas a empresa passou a denominar-se oficialmente Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (Alonso, 2009; CETESB, 2023).

4.4 Os múltiplos usos da água

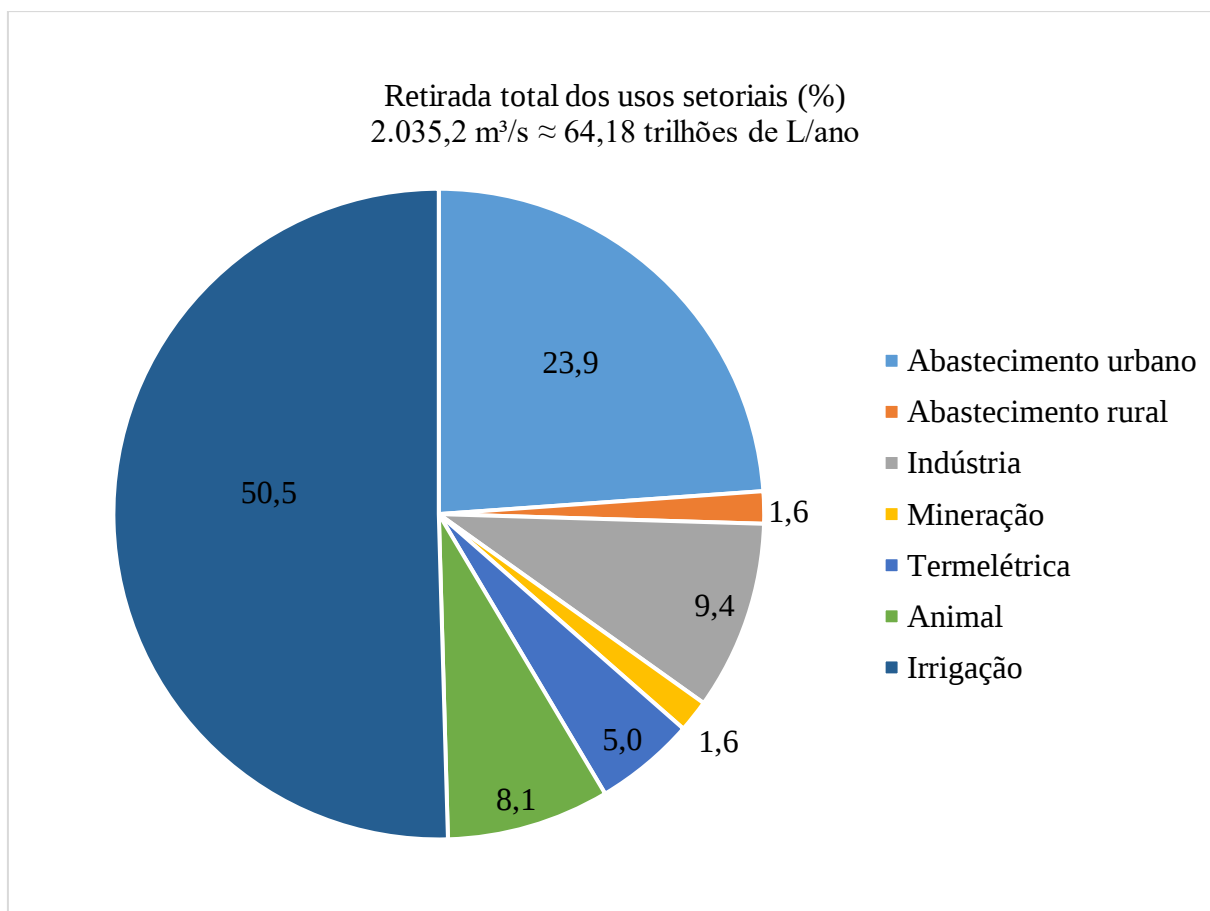
A proporção de água que é retirada para cada tipo de uso e que retorna ao ambiente é variável, sendo nesse sentido, os usos classificados em consuntivos e não consuntivos. Consuntivos, quando consomem água, e não consuntivos, quando não consomem diretamente, mas dependem da manutenção de condições naturais ou de operação da infraestrutura. Portanto, cada uso possui suas características relacionadas à quantidade e à qualidade, alterando e dependendo das condições das águas superficiais e subterrâneas (ANA, 2024a).

São exemplos de usos consuntivos o abastecimento humano, o abastecimento industrial, a irrigação e a pecuária. São usos não consuntivos a geração de energia hidrelétrica, navegação, recreação, harmonia paisagística, assimilação de efluentes e pesca (Fundação Nacional de Saúde, 2019).

Dos usos consuntivos é possível estimar o consumo setorial. Essa estimativa compreende a retirada (água total captada para um uso), o consumo (água retirada que não retorna diretamente aos corpos hídricos), e o retorno (parte da água retirada para um determinado uso que retorna para os corpos hídricos). Resumidamente, o consumo é a diferença entre a retirada e o retorno.

O gráfico 2 mostra as porcentagens dos usos consuntivos setoriais do Brasil de acordo com a última versão do Relatório de Conjuntura da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico – ANA (2024a).

Gráfico 2 - Usos Consuntivos Setoriais no ano de 2022

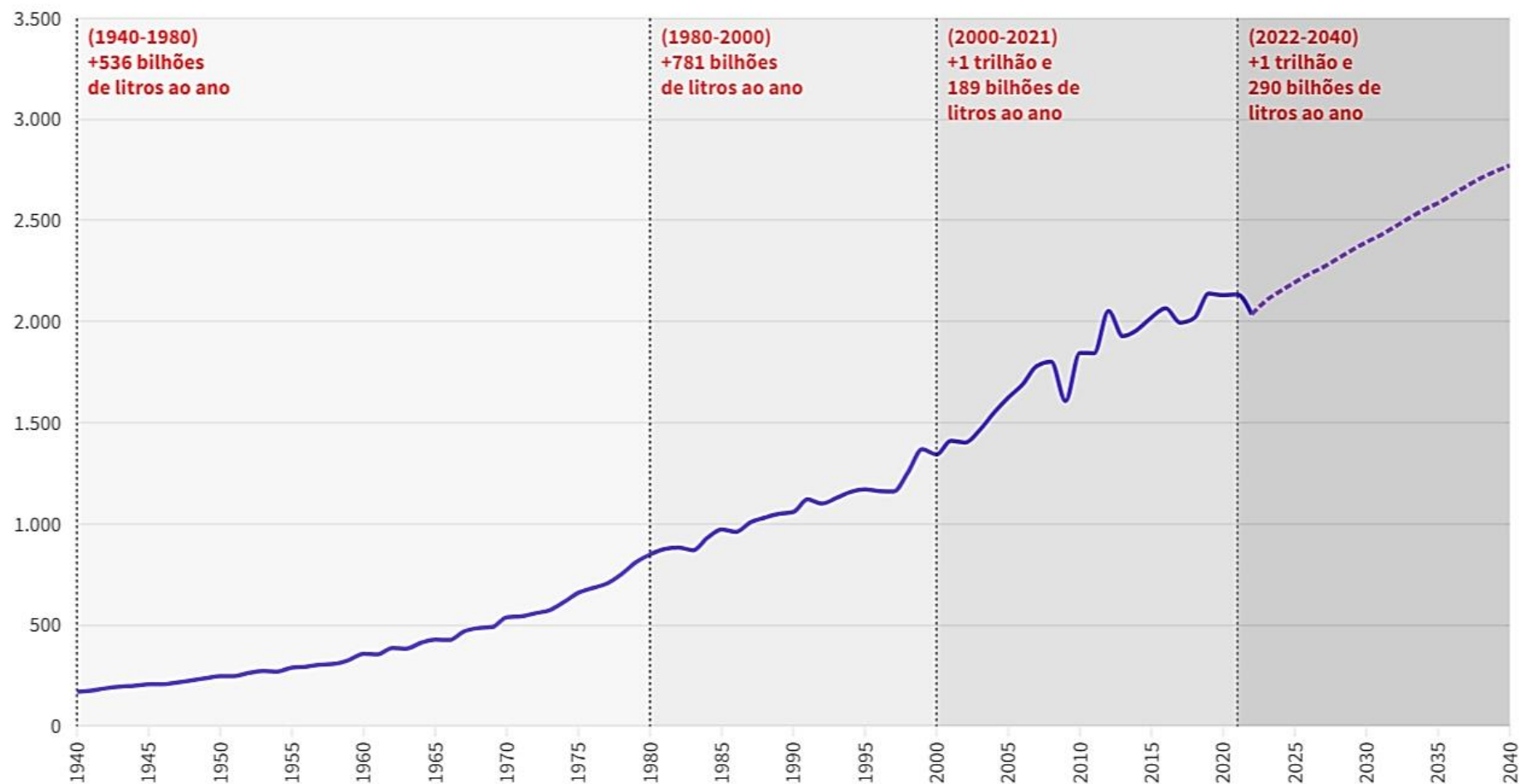


Fonte: Adaptado de ANA (2024a).

Os usos da água tiveram uma evolução bem significativa ao longo dos anos, atenuados ou intensificados pelas mudanças climáticas. A retirada para os usos setoriais chegou em 536 bilhões de litros médios anuais entre 1940 e 1980, aumentando para 781 bilhões entre 1980 e 2000 e para 1 trilhão e 189 bilhões entre 2000 e 2021. Entre 2022 e 2040, a estimativa é que tenha um incremento de cerca de 30% de retirada do recurso, representando uma expansão de uso de 1 trilhão e 290 bilhões de litros de água médios ao ano, tendo a agricultura irrigada como principal participação (ANA, 2024a). A figura 7 mostra esse panorama no Brasil.

Conforme Figueredo (2021), as maiores vazões captadas são indicadas pelos usos consuntivos, oferecendo a verificação de qual área que demanda maior atenção quanto as vazões de outorgas.

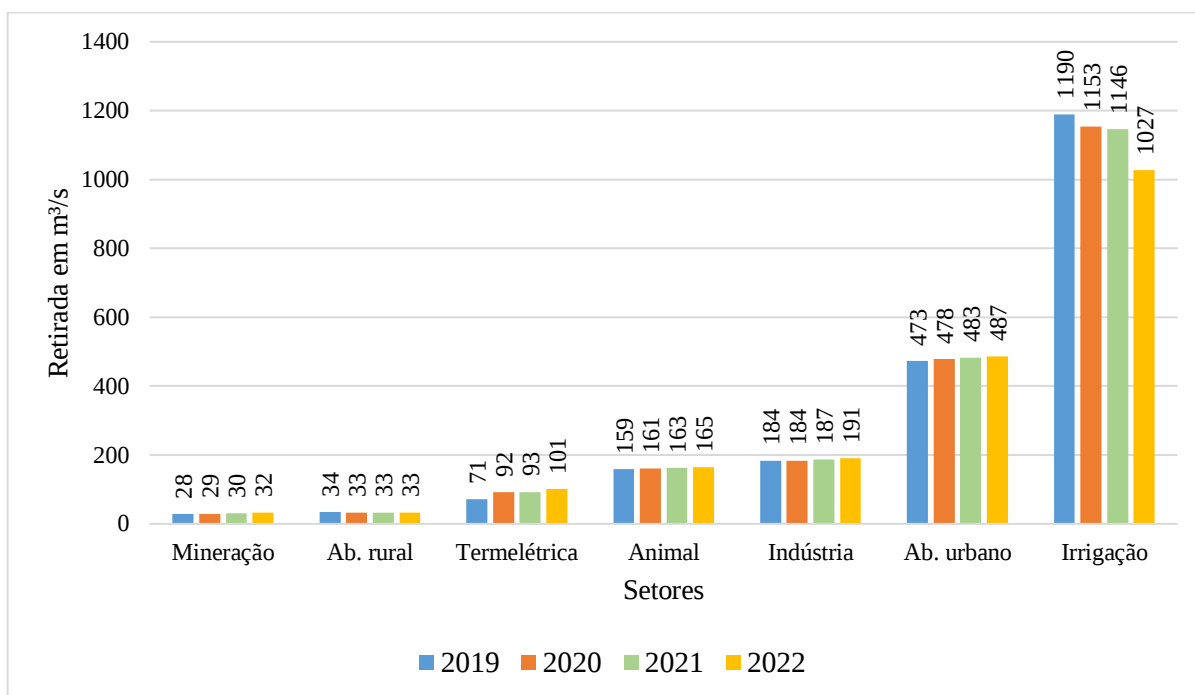
Figura 7 – Panorama dos Usos da Água no Brasil



Fonte: ANA (2024a).

A intensificação dos eventos extremos, como as secas, aumenta a demanda da água, principalmente quando aliada às irregularidades de temperatura, afetando consideravelmente o consumo direto para irrigação, conforme pode ser analisado no gráfico 3. Em períodos ocorridos sob a influência do El Niño, como foi o ano de 2019, é possível notar essa relação, quando a retirada no setor atingiu 1.190 m³/s (ANA, 2023).

Gráfico 3 – Evolução dos Usos Setoriais da Água no Brasil (2019-2022)



Fonte: Adaptado de ANA (2023).

O ser humano usa a água principalmente para abastecimento urbano, irrigação, dessedentação animal, geração de energia elétrica, navegação, diluição de efluentes, pesca, recreação e paisagismo (Collischonn; Dornelles, 2013), entre outros, conforme a figura 8.

Figura 8 – Os usos da água

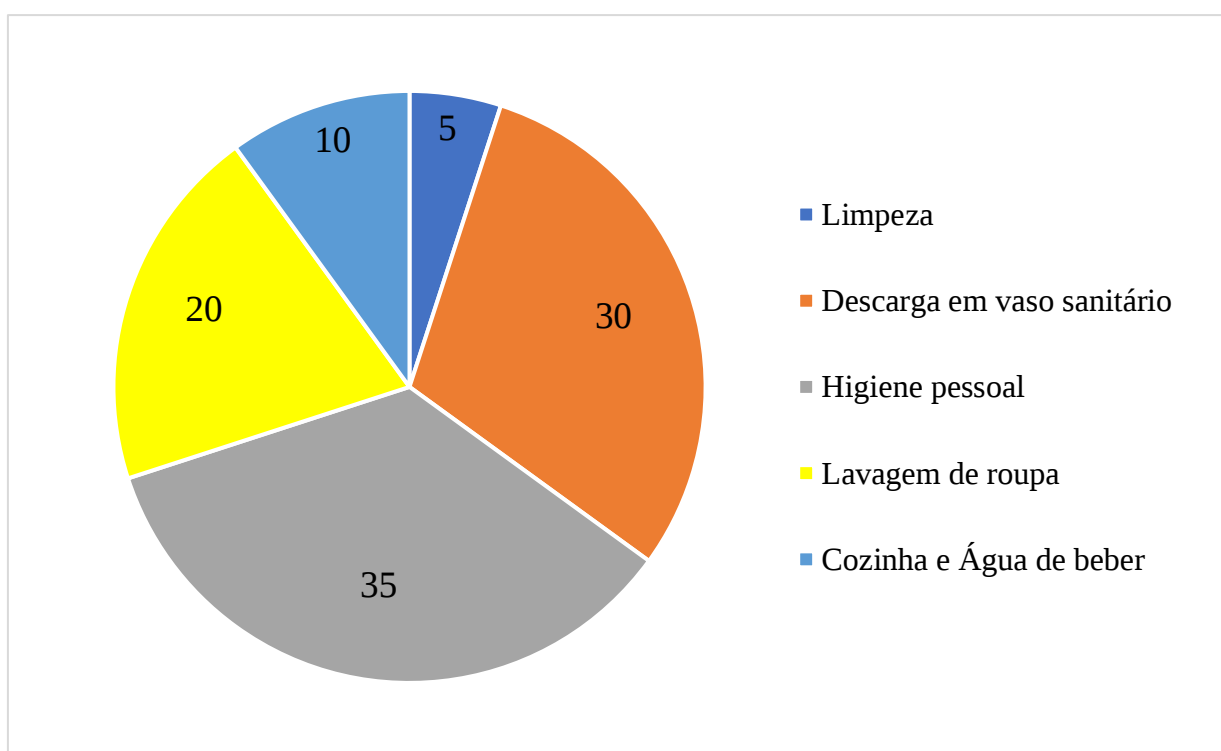


Fonte: ANA (2024a).

4.4.1 Abastecimento humano

De acordo com Collischonn e Dornelles (2013) o abastecimento humano é considerado o uso mais nobre, devido ao fato do homem necessitar da água para sua sobrevivência. Nesse sentido, a água é utilizada diretamente para bebida, preparo das refeições, higiene pessoal, funções domésticas como lavagem de roupas, carros e utensílios, irrigação de jardins e também para recreação. As porcentagens do uso da água no ambiente doméstico encontram-se no gráfico 4.

Gráfico 4 – Uso da água no ambiente doméstico



Fonte: Adaptado de Collischonn; Dornelles (2013).

4.4.2 Abastecimento industrial

A maioria das empresas tem a água com um dos insumos necessários para seus processos, ao mesmo passo que seus efluentes gerados são potencialmente prejudiciais ao meio ambiente. Assim, o número de empresas que adotaram posturas mais eficientes para gestão e uso racional da água vem crescendo. A gestão inconciente desse recurso pode prejudicar à imagem das empresas, comprometendo o seu atendimento legal, aumento dos gastos de produção e do risco de escassez de água (Gerbens-Leenes; Hoekstra, 2008).

A água se diversifica muito nas aplicações desse setor, pois depende do tipo de

produto, serviço e processos a qual está associada. Pode ser aplicada como matéria-prima, como reagente e solvente de substâncias sólidas, líquidas e gasosas, na lavagem de materiais, como veículo de suspensão e em operações envolvendo resfriamento e transmissão de calor. Existe uma variação das vazões de retirada nos estados brasileiros, que dentre eles, destaca-se o estado de São Paulo, com vazões de retirada de 57,9 m³/s, o que corresponde a cerca de 30% do total no País (189,2 m³/s) (ANA, 2019).

Captar água direto de um corpo d'água muitas vezes implica na necessidade de tratamento, de acordo com o uso na qual ela será destinada, devendo ser respeitados e resguardados a legislação vigente, a saúde humana e o meio ambiente. Toda captação direta do manancial exige autorização do poder público (outorga de direitos de uso). A Agência Nacional de Águas emite outorgas em águas de domínio da União (rios que cruzam mais de um estado, como o São Francisco), sem ônus ao requerente. A outorga para rios estaduais é concedida pelo órgão estadual correspondente. No caso de São Paulo é o Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE), que concede outorgas para rios estaduais e para água subterrânea no estado de São Paulo (Confederação Nacional das Indústrias, 2017).

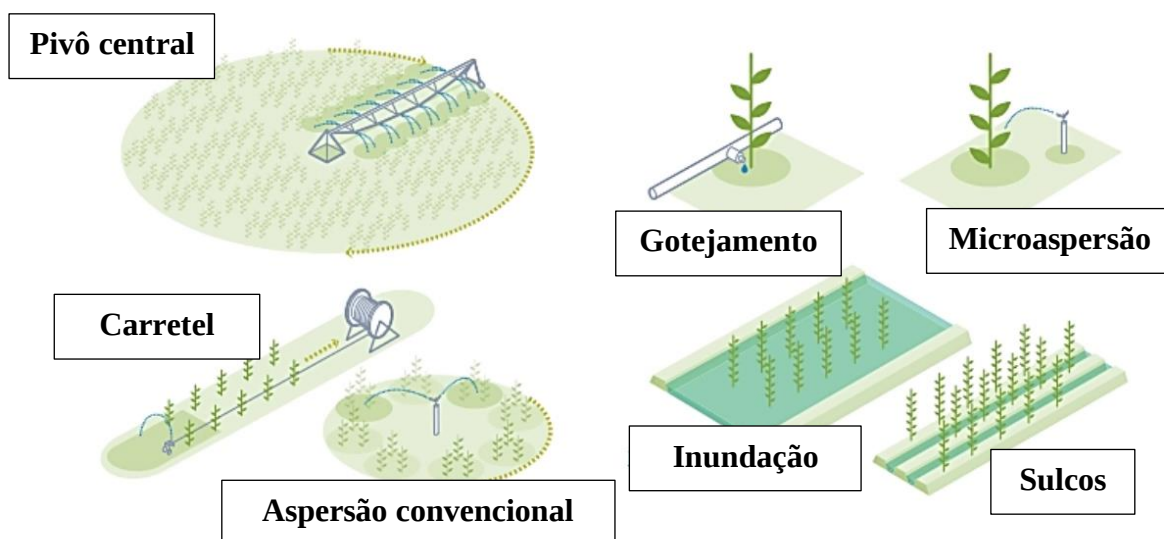
4.4.3 Irrigação

O uso da irrigação visa fornecer água às plantações em período de déficit hídrico, quando a chuva é insuficiente para manter as condições de crescimento. É utilizado também para obter melhor produtividade e para as atividades agrícolas ficarem menos dependentes das variações climáticas (Collischonn; Dornelles, 2013).

A atividade é classificada como um uso consuntivo, pois modifica as suas condições na medida em que é extraída do ambiente e armazenada, ficando indisponível para outros usos naquela localidade e tempo. A maior parte dela é consumida pela evapotranspiração dos cultivos, não retornando diretamente aos corpos hídricos do qual foi retirada (ANA, 2021a).

A representação dos principais sistemas de irrigação encontra-se na figura 9.

Figura 9 – Representação dos principais sistemas de irrigação

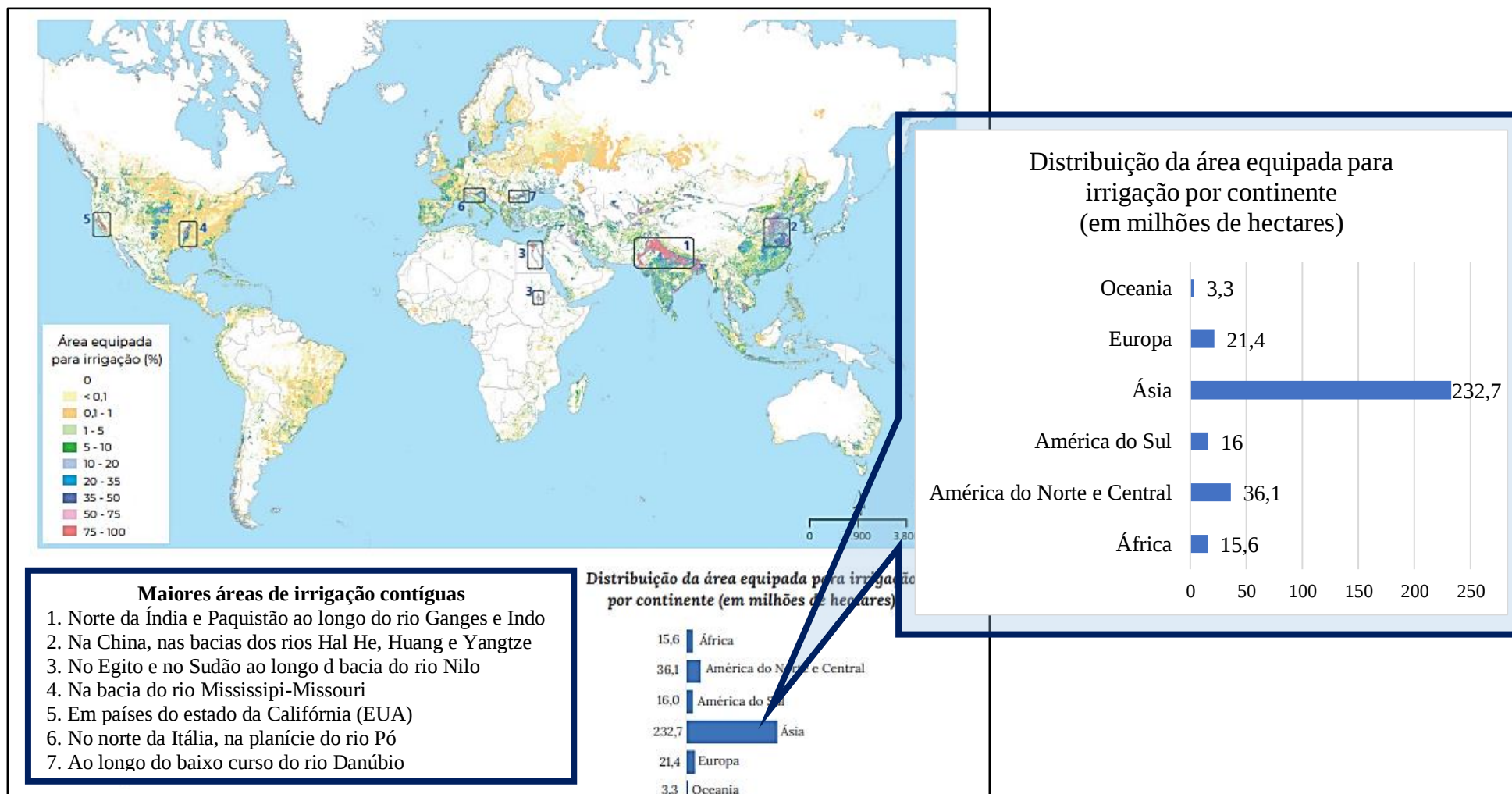


Fonte: ANA (2021a).

De acordo com os dados da *Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)* (2020), o Brasil está entre os dez países com a maior área equipada para irrigação do mundo. Os primeiros são a China e a Índia, com aproximadamente 70 milhões de hectares (Mha) cada, seguidos dos EUA (26,7 Mha), do Paquistão (20,0 Mha) e do Irã (8,7 Mha). O Brasil ficou na sexta posição com 8,2 Mha. Porém, a irrigação no nosso país é considerada modesta diante do potencial estimado, à área agrícola total, à extensão territorial e ao conjunto de fatores físico-climáticos favoráveis, inclusive a boa disponibilidade hídrica (ANA, 2021a).

A figura 10 mostra o mapa global das áreas equipadas para irrigação com um panorama geral das regiões com principais concentrações.

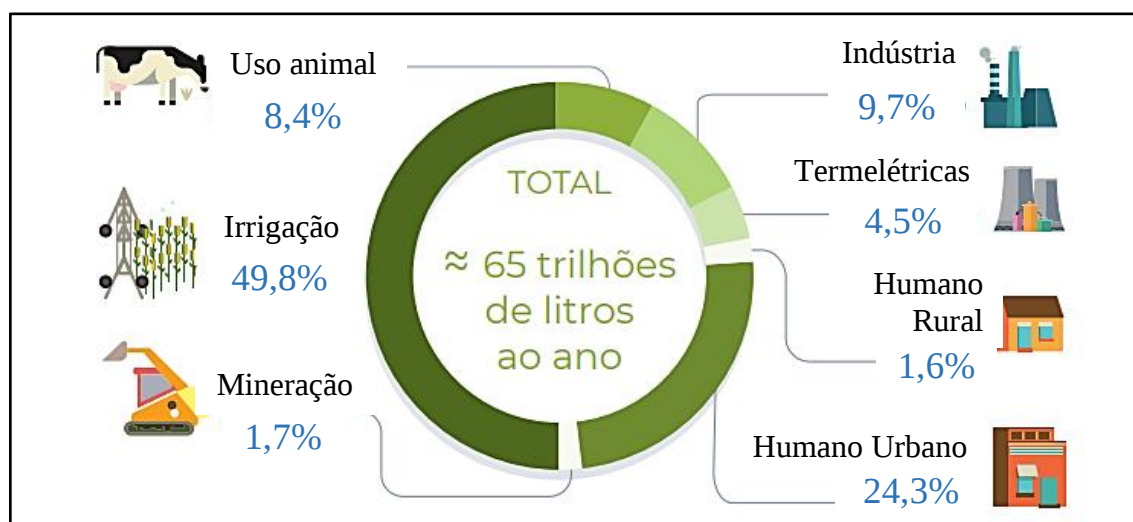
Figura 10 – Mapa global de áreas irrigadas



Fonte: Adaptado de ANA (2021a).

No Brasil, esse uso vem aumentando muito a cada ano (Rebouças *et al.*, 2006). Segundo dados disponibilizados pela ANA, a irrigação é responsável por cerca de 50% da captação de água bruta em mananciais superficiais e subterrâneos no Brasil, liderando a maior demanda de captação (figura 11). Essa participação da irrigação é semelhante à observada na média global (ANA, 2021a).

Figura 11 – Demandas de captação de água no Brasil



Fonte: ANA (2021a).

4.4.4 Navegação

Esse uso é classificado com não consuntivo, pois não afeta diretamente a quantidade de água local, e refere-se quando as vias dos rios, canais ou lagos são utilizadas para locomoção. Porém, embora o transporte hidroviário seja uma opção bem viável economicamente, precisa muita vezes de infraestrutura para se desenvolver, tendo em vista que não podem ser realizados em rios com velocidade excessiva e com baixo calado, sendo necessário o investimento em obras hidráulicas, como construção de eclusas, barragens e estabilização do leito do rio (Collischonn; Dornelles, 2013).

De acordo com dados do Portal Governo do Estado de São Paulo (2023), a hidrovía Tietê-Paraná bateu recorde de movimentação de cargas em 2023, e somente nos primeiros seis meses, foram transportadas 810,7 mil toneladas, 76% a mais que o mesmo período de 2022. Segundo Natália Resende, na época secretária de Meio Ambiente, Infraestrutura e Logística, esse resultado mostra a importância do modal para a logística econômica do estado de São Paulo, explicando que a hidrovía é um eixo fundamental para o escoamento de produtos e bens, e terá ainda mais importância quando for finalizado o rebaixamento do

canal no reservatório de Nova Avanhandava, próximo ao município de Buritama, no interior de São Paulo.

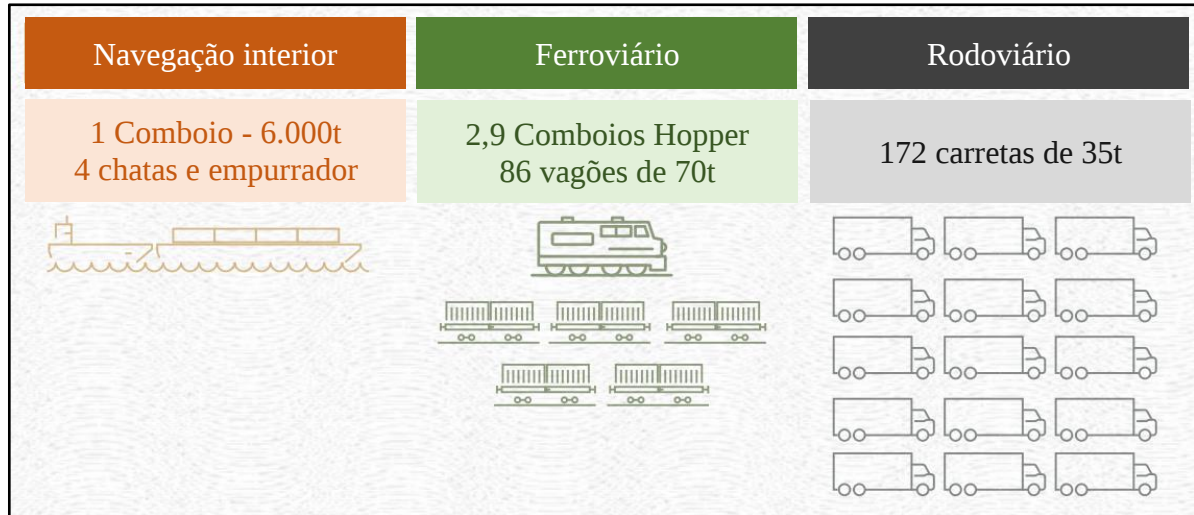
Grandes Construções (2024) afirma que, a cidade de São Paulo passará a ter transporte público hidroviário a partir de fevereiro de 2024, na represa Billings, no qual o pagamento poderá ser feito com bilhete único. Como uma alternativa para que haja diminuição no uso de automóveis, contará com capacidade para 60 usuários sentados, duas portas laterais exclusivas para as operações de embarque e desembarque de passageiros, espaço para três cadeirantes e banheiro acessível, espaço para acomodação de bicicletas, ar-condicionado e tomada USB, com a possibilidade de se integrar com os demais transportes públicos da cidade.

A utilização da hidrovia como meio de transporte traz muitos benefícios, como menor consumo de combustível (e por consequência no frete dos produtos), redução da emissão de gases poluentes (como o dióxido de carbono) e diminuição do tráfego nas estradas, reduzindo o número de acidentes e os custos com logística, o que faz com que os produtos cheguem com um valor menor no consumidor final (Secretaria de Agricultura e Abastecimento, 2018).

Possui também grande capacidade de carregamento, menor custo por tonelada-quilômetro e o fato da infraestrutura requerida geralmente ter baixo custo de implantação, quando comparada com os demais meios de transporte. Algumas das desvantagens, porém, são a baixa velocidade e maior limitação no acesso a esse tipo de serviço, ao contrário do que ocorre, por exemplo, com o transporte rodoviário. Por conta de todas essas características, o transporte hidroviário é mais adequado e comumente utilizado na movimentação de cargas de baixo valor agregado, não perecíveis, de grande tonelage e em trechos de maiores distâncias (Confederação Nacional do Transporte, 2019).

Quanto a sua capacidade de carregamento, a fim de equiparar cargas, pode-se comparar um comboio de quatro barcaças (chatas) com 2,9 composições férreas de, aproximadamente, 30 vagões cada ou a 172 carretas, conforme ilustrado na figura 12 (Confederação Nacional do Transporte, 2019).

Figura 12 – Comparação entre as capacidades de carregamento



Fonte: Adaptado de Confederação Nacional do Transporte (2019).

Um levantamento feito pela Confederação Nacional do Transporte (CNT) (2019), aponta que uma vez obtida a carga máxima, o frete hidroviário pode custar em torno de 40% do frete rodoviário e 70% do ferroviário.

4.4.5 Assimilação e transporte de poluentes

Os corpos d'água são também utilizados para assimilação e transporte dos despejos que neles são lançados, como esgoto doméstico e industrial, pois é utilizada a sua capacidade de diluição e autodepuração para diminuir a concentração de poluentes e levá-los para longe de onde foram gerados. Muitas vezes a quantidade de poluentes lançados, mesmo quando tratados, tem concentração maior do que a encontrada nos rios, fazendo com que qualidade daquele local fique inapropriada para outros usos, como recreação e preservação de ecossistemas (Collischonn; Dornelles, 2013).

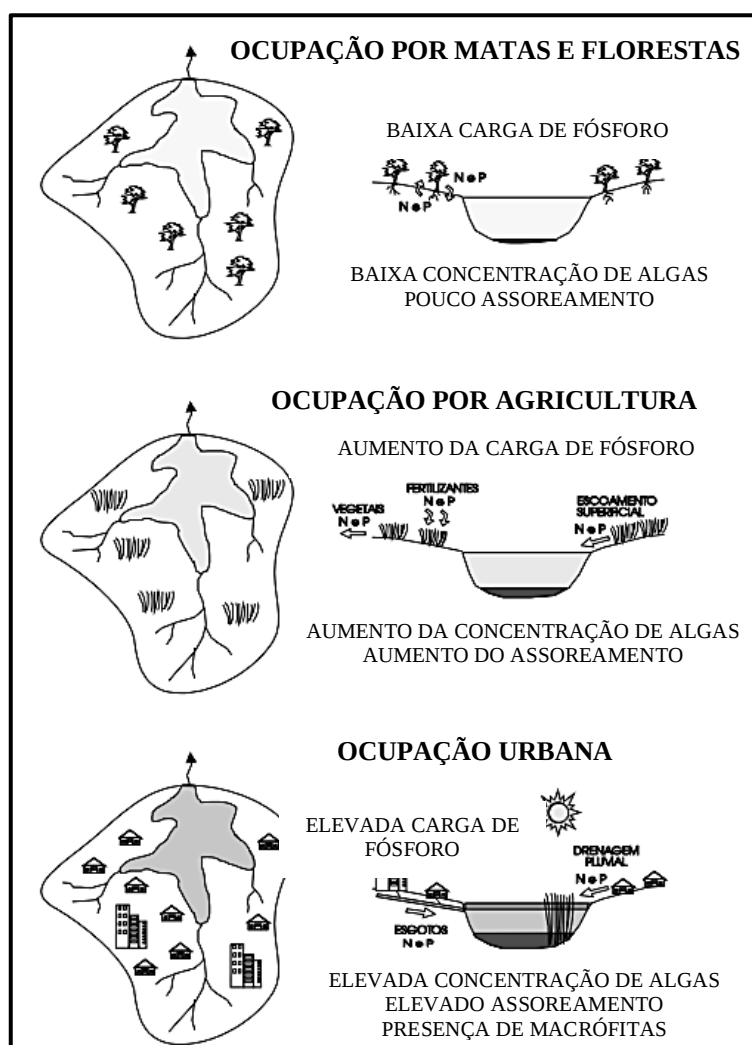
Esse tópico está intimamente ligado à qualidade dos recursos hídricos, pois os fatores de uso e ocupação de suas bacias de drenagem podem afetar diretamente na qualidade da água, contribuindo para o aumento de nutrientes e, consequentemente, acelerando o processo da eutrofização, que por sua vez, prejudica a preservação do ecossistema e dos seus usos (Becker *et al.*, 2009; Medeiros *et al.*, 2015).

A eutrofização é o crescimento excessivo das plantas aquáticas a níveis que são considerados como causadores de interferências com os usos desejáveis do corpo d'água, tendo como principal fator de estímulo o nível excessivo de nutrientes, principalmente nitrogênio (N) e fósforo (P) (Von Sperling, 1996).

Embora as causas de eutrofização seja mais comumente relacionado à ação antrópica, provocada pelo homem por meio da poluição das águas através do acúmulo de lixo doméstico, do despejo de efluentes sem tratamento adequado e do uso de fertilizantes que contaminam a superfície, também é possível ter causas naturais, que possui como desencadeadores, por exemplo, os nutrientes trazidos pelas chuvas, que erodem e lavam a superfície terrestre, além do processo de decomposição de folhas das próprias árvores que caem nos corpos d'água.

A figura 13 ilustra a possível sequência do processo de eutrofização num corpo d'água, como um lago ou represa. O nível de eutrofização está usualmente associado ao uso e ocupação do solo predominante na bacia hidrográfica (Von Sperling, 1996).

Figura 13 – Evolução do processo de eutrofização associado ao uso e ocupação do solo



Fonte: Von Sperling (1996).

A maior parte dos nutrientes da bacia hidrográfica é retida dentro de um ciclo praticamente fechado. As plantas, ao morrerem e caírem no solo se decompõem, liberando nutrientes. Na primeira situação, das regiões de matas e florestas, é muito alta a capacidade

de infiltração da água de chuva no solo. Como consequência, os nutrientes lixiviam pelo solo, onde são absorvidos pelas raízes das plantas, voltando a fazer parte da sua composição, fechando o ciclo. Assim, o aporte de nutrientes nos corpos d'água é reduzido. Pode-se considerar que o corpo d'água apresente ainda um nível trófico bem primário.

Na segunda situação, quando há a retirada da vegetação natural da bacia para ocupação por agricultura, acontece uma etapa intermediária de deterioração de um corpo d'água. Com essa retirada, há uma retirada também não compensada naturalmente de nutrientes, causando uma quebra no ciclo interno dos mesmos. Para compensar e tornar a agricultura mais intensiva são adicionados fertilizantes, produtos com elevados teores dos nutrientes nitrogênio e fósforo.

Os agricultores, visando garantir uma produção elevada, adicionam quantidades elevadas de N e P, frequentemente superiores à própria capacidade de assimilação dos vegetais. Além disso, há também uma redução da capacidade de infiltração no solo. Assim, os nutrientes, já adicionados em excesso, tendem a escoar superficialmente pelo terreno, até atingir os corpos d'água. O aumento do teor de nutrientes no corpo d'água causa aumento do número de algas e, em consequência, dos outros organismos, situados em degraus superiores da cadeia alimentar, atingindo com os peixes. Vale a pena ressaltar que esta elevação relativa da produtividade do corpo d'água pode ser até bem-vinda, dependendo dos usos previstos. O balanço entre os aspectos positivos e negativos dependerá, em grande parte, da capacidade de assimilação de nutrientes do corpo d'água.

No terceiro caso, quando se substitui a área agricultável da bacia hidrográfica por ocupação urbana, uma série de consequências irá ocorrer numa taxa bem mais rápida, como por exemplo, assoreamentos e transporte maior de nutrientes que são gerados em escalas ainda maiores, que contribui para uma elevação no teor de algas na represa.

O maior fator de deterioração está associado aos esgotos oriundos das atividades urbanas, pois contêm nitrogênio e fósforo, presentes nas fezes e urina, nos restos de alimentos, nos detergentes e outros subprodutos. A contribuição de N e P através dos esgotos é bem superior à contribuição originada pela drenagem urbana.

Portanto, uma grande elevação de N e P aos recursos hídricos traz uma elevação nas populações de algas e outras plantas, e dependendo da capacidade de assimilação do corpo d'água, a população de algas poderá atingir valores bastante elevados, trazendo muitos problemas. Em um período de elevada insolação, utilizada na fotossíntese, as algas poderão atingir superpopulações, evento denominado de floração das águas, constituindo uma camada superficial, como um caldo verde, impedindo a penetração da luz nas camadas

inferiores, causando a morte das algas situadas nestas regiões. A morte destas algas causa outra série de problemas, como grau de crescimento bacteriano, mortandade de peixes e reintrodução dos compostos reduzidos em toda a massa líquida, com grande deterioração da qualidade da água, na assimilação de poluentes e na capacidade de transporte.

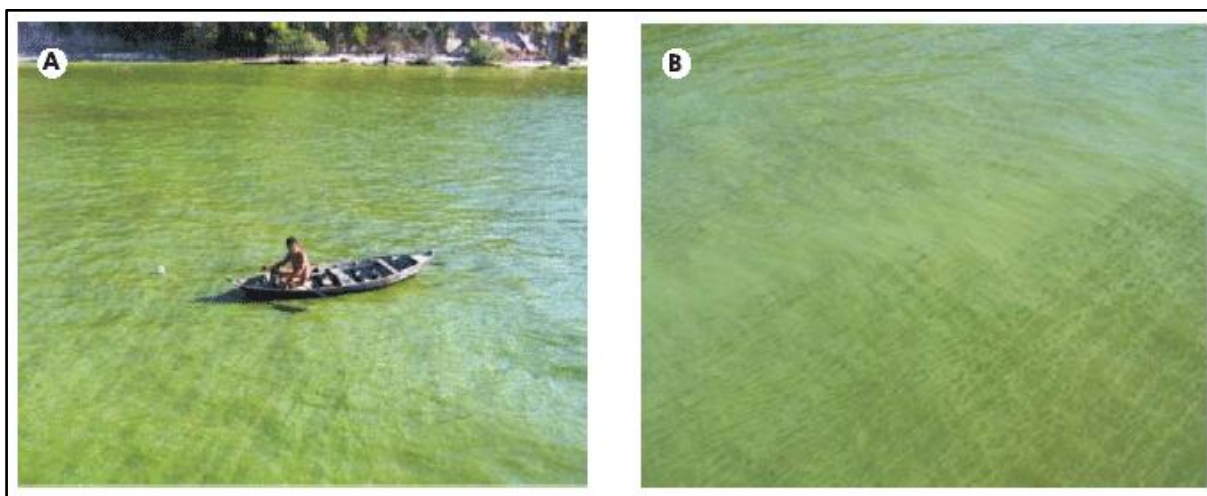
4.4.6 Recreação

Trata-se de um uso não consuntivo realizado no próprio curso d'água, frequentemente realizado em rios com uma qualidade que seja relativamente boa, podendo ter contato direto com a água, como para natação e esportes aquáticos, ou indireto, como para pesca (Collischonn; Dornelles, 2013).

O processo de eutrofização também impactará nesse uso, pois como principais efeitos indesejáveis tem-se os problemas estéticos e recreacionais, diminuição do uso da água para lazer, balneabilidade e redução geral na atração turística devido às frequentes florações das águas, crescimento excessivo da vegetação, distúrbios com mosquitos e insetos, eventuais maus odores e mortandades de peixes (Von Sperling, 1996).

Algumas algas desenvolvidas com o aumento dos nutrientes, como por exemplo as cianobactérias, representam um sério risco à saúde da população, em razão da capacidade de produzirem potentes toxinas, denominadas cianotoxinas. Elas interferem no equilíbrio dos ecossistemas aquáticos, criam uma camada superficial que altera a transparência do meio, podendo conduzir à desoxigenação do corpo d'água, como mostra a figura 14.

Figura 14 – Superfície da água com floração



Fonte: Sa (2010).

As cianotoxinas causam muitos danos à saúde humana e a vários organismos

aquáticos. São classificadas em neurotóxicas, hepatotóxicas ou dermatotóxicas (CETESB, 2013):

- Neurotoxinas: São compostos alcalóides de ação rápida, produzidos por gêneros de cianobactérias, com característica no bloqueio neuromuscular;
- Hepatotoxinas – São as causadoras mais comuns de intoxicações. Apresentam ação mais lenta, causando a morte entre poucas horas e poucos dias, em decorrência de hemorragia hepática e choque hipovolêmico;
- Dermatotóxicas: São toxinas que causam irritação quando entram em contato com a pele.

Oliveira (2005) afirma que sob condições normais, apenas uma porção dessas toxinas é liberada pelas células viáveis para a água. Mas, quando ocorre a lise da célula, seja pelo decaimento natural ou por ação de agentes químicos que promovem a ruptura da célula, a toxina intracelular é liberada para a coluna d'água.

4.4.7 Preservação de ecossistemas

É de interesse comum da sociedade que os ecossistemas sejam preservados, conservando seus recursos hídricos, fauna e flora. Para que essa manutenção aconteça, uma parcela da água precisa permanecer nos ambientes aquáticos e, necessariamente, com uma qualidade que seja suficiente para a preservação da vida, dos ciclos e dos seres que ali habitam. Esse tópico está intimamente ligado com a qualidade da água, assim como para assimilação e transporte de poluentes, para se ter uma íntegra manutenção da natureza, manter a umidade do ar, abastecer lençóis freáticos, conservar a vida de plantas e a saúde dos seres vivos (Collischonn; Dornelles, 2013).

Para que a conservação da natureza seja possível também é preciso se atentar às bacias hidrográficas. O Brasil possui uma extensa rede fluvial, dono da maior reserva de água doce mundial, abrigando uma rica biodiversidade. Por isso, requer uma gestão de recursos hídricos eficiente, que não esgote nem sobrecarregue as bacias hidrográficas e explore seus recursos de maneira sustentável e economicamente viável, sem deixar de promover a preservação do meio ambiente e respeitando as populações locais.

O mau uso afeta e coloca em risco a vida dos seres vivos e das atividades humanas. Além disso, o aquecimento global vem modificando o ciclo hidrológico da Terra e, como consequência, os padrões de chuvas nas cidades e no campo, agravando ainda mais as mudanças climáticas (Lima, 2012).

Para se planejar um uso racional e consciente dos recursos hídricos é necessário haver gestão e meios de instrumentos eficientes e adequados, que conte com fiscalizações, e que deva satisfazer e contemplar as diferentes necessidades de desenvolvimento econômico e social, objetivando a diminuição do atrito dos vários consumidores que fazem diferentes usos, e nos conflitos entre as entidades regionais, nacionais e internacionais.

Uma vez que o país detém um grande volume de água disponível, se bem administrado, grandes áreas podem ser beneficiadas. Para tal feito, durante a elaboração e execução das políticas de gestão das águas, todas as entidades com direito de intervenção na problemática devem participar ativamente do processo. A União e os Estados elaboram leis e tentam gerir este recurso de acordo com suas disponibilidades e necessidades. União e Estados se esforçam para preservar os recursos hídricos de sua dominialidade. Mas, devido aos grandes territórios e a grande rede de drenagem da maioria dos Estados brasileiros, o alcance dos instrumentos de gestão nem sempre é satisfatório para surtir efeitos positivos em determinados lugares. Nessa perspectiva, o município tem papel fundamental na gestão dos recursos hídricos. Apesar dos cursos de água serem de domínio Federal ou Estadual, os municípios são peças chaves para a preservação dos recursos hídricos dentro de seus limites (Santos, 2013, p. 10-11).

Um estudo realizado na Espanha, publicado em 2024 na revista científica *Ocean Science*, informou que a hidrografia do Oceano Ártico sofreu grandes mudanças nas últimas duas décadas. A extensão do gelo marinho sofreu uma queda de mais de 10% por década e a quantidade de água doce líquida aumentou principalmente por conta do derretimento das geleiras. As imagens por satélite da salinidade da superfície do mar no Ártico, nesse estudo, podem contribuir para caracterizar melhor as mudanças na água doce nas regiões. A salinidade dos oceanos e o conteúdo de água doce estão intimamente relacionados, de modo que o aumento ou diminuição em um, implica numa diminuição ou aumento no outro (Umbert *et al.*, 2024).

Outro estudo de abril de 2021 publicado na revista científica *Frontiers* afirma que somente de 2% a 3% da superfície terrestre está ecologicamente intacta, e que desta porcentagem sem modificação, apenas 11% são consideradas como áreas protegidas. Portanto, é possível afirmar que 97% das áreas terrestres do planeta já foram modificadas antropologicamente (Plumptre *et al.*, 2021).

4.4.8 Geração de energia

A geração de energia hidrelétrica se dá pelo movimento e força das águas, através do processo de transformação da sua energia potencial, quando ela passa por um desnível, ou seja, por uma diferença de altura, que posteriormente se transforma em elétrica no interior das turbinas das usinas. A potência de uma hidrelétrica é proporcional ao produto

da descarga (ou vazão) pela queda, sendo essa última definida pela diferença de altitude do nível da água a montante (acima) e a jusante (abaixo) da turbina. A vazão de um rio dependerá das características da bacia hidrográfica, como o clima, a geologia, os solos e a vegetação (Collischonn; Dornelles, 2013).

É um importante uso da água caracterizado como uso não consuntivo. No Brasil, as usinas hidrelétricas são a principal fonte de geração do sistema elétrico. A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) atualmente adota três classificações para hidrelétricas: Centrais Geradoras Hidrelétricas com Capacidade Reduzida (CGH) (potência igual ou inferior a 5 MW de potência instalada), Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH) (entre 5 MW e 30 MW de potência instalada) e Usina Hidrelétrica (UHE) (superior a 30 MW de potência instalada). No final de 2022, conforme dados da ANEEL, o Brasil possuía 1.444 empreendimentos hidrelétricos em operação, sendo 799 CGHs, 428 PCHs e 217 UHEs (ANA, 2024a).

Os reservatórios hidrelétricos visam à geração de energia, mas podem apresentar outras finalidades além do uso principal pretendido, como controle de cheias, abastecimento público, recreação, turismo, navegação, pesca esportiva, sendo que sua qualidade deve ser adequada para suprir todos os usos (Tundisi; Tundisi, 2008; Tundisi, 2014).

No planejamento de construção de hidrelétricas são realizados estudos sobre as projeções do uso consuntivo da água para o período de concessão e também de impacto ambiental, visando estimar a disponibilidade de água no local e a energia a ser gerada, em consonância com as diretrizes e cenários do Plano Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), e considerando vazões mínimas para manutenção de ambientes, espécies e processos ecológicos à jusante das usinas hidrelétricas (Soito, 2019).

Dados dos boletins de monitoramento do sistema elétrico do Ministério de Minas e Energia (MME), mostraram que em 2022 houve um aumento de 8% (15.367 MW) na capacidade total do sistema, consideradas todas as fontes de energia, sendo que os maiores incrementos foram por geração eólica e solar. Em dezembro de 2022, a capacidade instalada do Brasil era de 205.527 MW, sendo 109.798 MW provenientes somente de fontes hidráulicas (ANA, 2024a).

O Brasil bateu recorde de demanda energética no dia datado de 17 de março de 2024, impulsionado pelas ondas de calor, segundo o Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS). O Sistema Interligado Nacional (SIN) registrou, no dia recorde, um pico de demanda de 102.478 MW. A carga média do dia também foi recorde com 91.338

Mwmed. Desde novembro de 2023, o SIN vem registrando sucessivos recordes na demanda instantânea de carga, em função das ondas de calor, disse ainda o Operador Nacional em nota sobre o resultado (CNN Brasil, 2024).

4.5 Desperdício e escassez

No Brasil ainda existem hábitos que contribuem para a má gestão dos recursos hídricos. Esses costumes infelizmente agravam ainda mais a situação da escassez. Pode-se citar como exemplo a torneira mal fechada, o banho extremamente demorado, a mangueira e a torneira ligada sem uso, a lavagem das calçadas, a limpeza excessiva nos carros, além das perdas que ocorrem nos sistemas de abastecimento.

Estima-se que o uso da água deverá crescer 24% até 2030, superando a marca de 2,5 milhões de litros por segundo. O problema não está apenas no alto consumo de água, que contribui na escassez, mas também num outro fator muito importante, que se trata dos desperdícios que ocorrem no processo de transporte e utilização desse recurso. De acordo com estudos, a cada 100 litros de água tratada no Brasil, somente 63 litros são consumidos e os 37 restantes são perdidos (Barbieri; Meale; Guerra, 2020).

Os fatores que contribuem para esse cenário são vazamentos, ligações irregulares, falta de medição ou medição incorreta e grandes secas, devido a uma série de fatores, como falta de conscientização sobre o uso e de regulamentação sobre tecnologia de reuso, assim como pouco investimento em infraestrutura. Quase 40% da água tratada é desperdiçada, principalmente devido a vazamentos. Literalmente, bilhões de litros de água tratada são jogados fora. Uma pesquisa realizada pelo Instituto Sabe Brasil mostrou que a redução de desperdícios, em apenas 10%, pode gerar receita de R\$ 1,3 bilhão (Barbieri; Meale; Guerra, 2020).

O monitoramento do consumo médio de água é uma importante ferramenta de controle operacional, planejamento e gerenciamento. Ela contribui para dimensionar sistemas de abastecimento em municípios com aumento populacional e para reverter o crescimento de consumo em áreas com menor disponibilidade hídrica (Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento, 2023).

Para o gerenciamento de perdas de água, a medição contínua é um instrumento importante para auxiliar no controle dos sistemas de abastecimento. Ela abrange todas as etapas da operação, desde a captação de água bruta até a distribuição e consumo da água tratada. Resumidamente, o conjunto de medições permite identificar as diferenças, ou seja, as perdas entre o volume de água produzido e o de fato consumido (Sistema Nacional de Informações

sobre Saneamento, 2023).

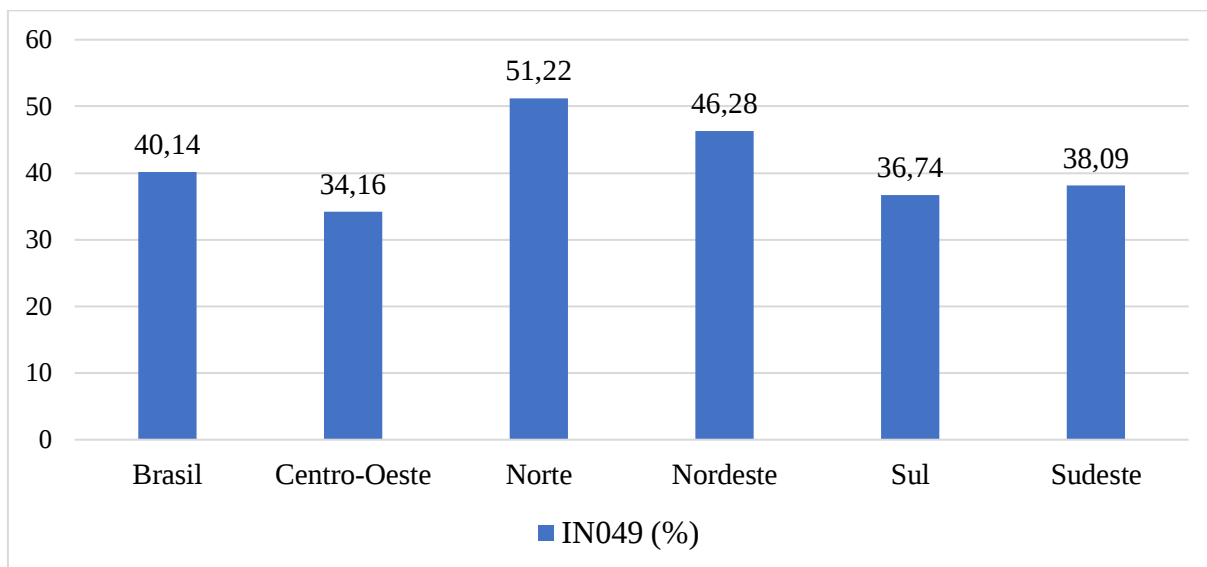
Um fator muito importante para a avaliação das atividades de abastecimento de água e de distribuição do operador de saneamento é a o volume de perdas do sistema, cujo diagnóstico deve ser desenvolvido com base em índices competentes. Quando os níveis se encontram elevados e com padrões de crescimento gradual, há a necessidade de maiores esforços para reduzir possíveis ineficiências no âmbito do planejamento, da manutenção, do direcionamento dos investimentos, e de atividades operacionais e comerciais (GO Associados, 2022).

Um estudo denominado *Perdas de água potável (2022, ano base 2020): Desafios para disponibilidade hídrica e avanço da eficiência do saneamento básico no Brasil*, realizado pelo Instituto Trata Brasil, em parceria institucional com a ASFAMAS (Associação Brasileira dos Fabricantes de Materiais para Saneamento) e a *Water.org* e com elaboração da consultoria GO Associados, a partir de dados públicos do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, ano base 2020), contemplou uma análise do Brasil, das 27 Unidades da Federação e as cinco regiões, bem como as 100 maiores cidades do país (GO Associados, 2022).

O estudo divulgou que o volume de água perdida nos sistemas brasileiros de distribuição equivale a 7,8 mil piscinas olímpicas de água tratada desperdiçada diariamente ou mais de sete vezes o volume do Sistema Cantareira, que é maior conjunto de reservatórios para abastecimento do Estado de São Paulo. Mesmo considerando apenas os 60% deste volume que são de perdas físicas (vazamentos), estamos falando de uma quantidade suficiente para abastecer mais de 66 milhões de brasileiros em um ano, equivalente a um pouco mais de 30% da população brasileira em 2020 (GO Associados, 2022).

Das regiões brasileiras, a que possui maior precariedade nos serviços é a Norte, com perdas de aproximadamente 51%. Depois, a Nordeste com perda de aproximadamente 46 % da água potável nos sistemas de distribuição. A região Sul é a que possui o melhor número, com quase 37%. Somando essas perdas, tem-se um número que se encontra no topo do gráfico, quando em comparação internacional. Com base nos dados do ano de 2021, o país registrou alto índice de perdas físicas, e isso pode-se verificado no gráfico 5 por regiões, e depois no gráfico 6 a nível mundial (GO Associados, 2022).

Gráfico 5 – Perdas na distribuição de água nas regiões brasileiras

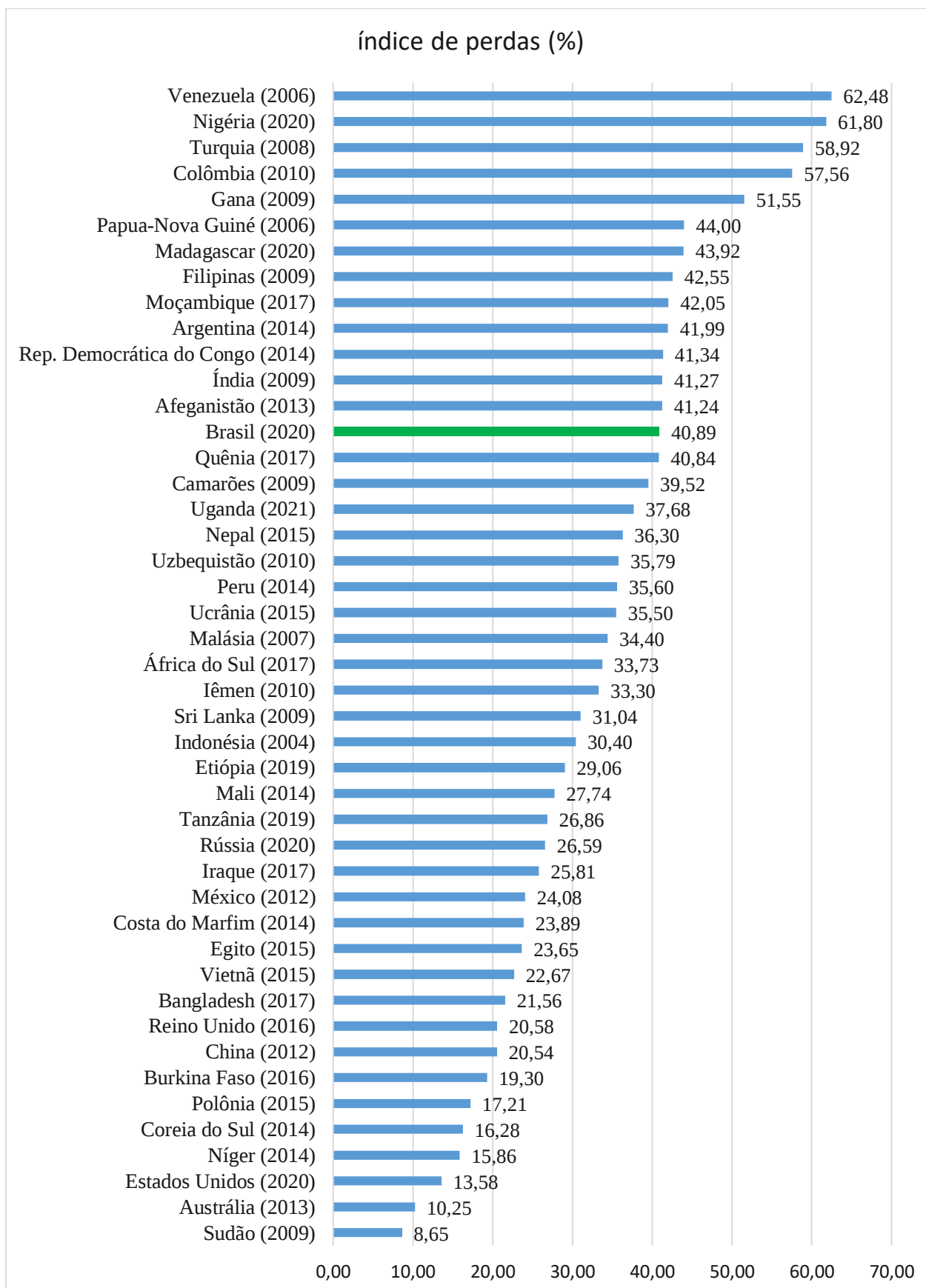


IN049: É um indicador que procura aferir a relação entre a água perdida na distribuição com relação ao total produzido e importado, obedecendo a uma expressão matemática.

Fonte: GO Associados (2022).

O gráfico 6 apresenta os índices de perdas de cada país no ano com dados mais recentes. Para fins de visualização, considera-se a seleção de países cujas estimativas populacionais do Banco Mundial, para o ano de 2020 (ou anteriores porque foi considerado os últimos dados divulgados), eram superiores a 20 milhões de habitantes. Contém um total de 45 países observados, cujas populações somadas correspondem a aproximadamente 80% da população mundial no período.

Gráfico 6 – Índices de perdas nos países do mundo



Fonte: GO Associados (2022).

Em caso de escassez hídrica, a Política Nacional de Recursos Hídricos, estabelece que o abastecimento público e o consumo por animais (dessedentação) são prioridades (Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento, 2023).

4.6 Conflitos

A *Netherlands Organization for Scientific Research* (NOSR) (2007), traduzida para *Organização Holandesa para Pesquisa Científica*, define conflito como: “um processo que começa quando um indivíduo ou grupo percebe diferenças e oposições entre si e outro indivíduo ou grupo, sobre interesses e recursos, crenças, valores ou práticas que interessam a eles”.

Há muitos registros de guerras hídricas, geradas por disputas resultantes da quantidade e qualidade do recurso, principalmente nos locais em que é historicamente escasso. Um destaque especial vem sendo dado à crescente incidência de conflitos pelo uso e gestão dos recursos hídricos. Existem vários fatores propulsores, como a escassez, as mudanças climáticas, a distribuição desigual de recursos, o crescimento populacional, a poluição das águas e a má gestão (Lanna, 2008; Campos; Fracalanza, 2010).

Os conflitos de interesses surgem com as relações sociais entre os usuários e se materializam-se em disputas entre os grupos e classes sociais para organizar o território da maneira mais adequada aos seus objetivos e de modo que seja mais adequado aos seus interesses (Castro, 2005).

O conhecimento sobre os usos da água é frequentemente aprimorado por meio de levantamentos, estudos setoriais e cadastros de usuários. Para que distintos setores usufruam da água, a ANA realiza estudos e emite normas no âmbito nacional que garantem o acesso aos recursos hídricos, evitando-se conflitos e desperdícios.

Diversos conflitos pelo uso da água se originaram em disputas por poder e, atualmente, abrangem disputas regionais e dentro dos próprios países (Vargas, 2007; Campos; Fracalanza, 2010).

De acordo com Shiva (2006), com a chegada dos colonizadores europeus nas Américas, ficou nítida a vontade das grandes potências da época em dominar os rios. Esse domínio da água era planejado como uma importante estratégia para a exploração da natureza em uma perspectiva de colocar o controle humano sobre o meio ambiente como a única maneira de desenvolvimento e crescimento econômico. Os rios que se guiavam pelo seu curso natural eram vistos como um sinal de desperdício e má gestão.

Os projetos de desvio de água desse período tinham o aumento de água disponível para

consumo como argumento principal. Porém, não se mostrou verídico. Com o tempo, as represas se mostraram como uma vantagem de repassar o controle da água doce das Américas para os governos centrais e colonizadores europeus. As populações nativas foram excluídas das negociações para a exploração dos recursos hídricos, do processo de decisão e da efetivação de mudanças em cursos de rios e lagos (Shiva, 2006).

Ainda de acordo com Shiva (2006), na prática, esse mecanismo foi uma maneira de transferir o controle da água doce de uma comunidade para outra. Houve interferência no ambiente natural de onde aquele recurso natural se encontrava e uma alteração da sua gestão.

Um estudo realizado por Peixoto, Soares e Ribeiro (2021) sobre os conflitos pela água no Brasil, mostrou como os números sobre o assunto vieram aumentando na última década, assim como quais são as suas causas e consequências. Segundo eles, a gestão de recursos hídricos é a forma que se busca resolver os problemas de escassez da água, mas a forma com que os recursos hídricos estão sendo geridos no Brasil não tem diminuído ou resolvido os conflitos decorrentes, e que muito pelo contrário, as estruturas hierárquicas ligadas ao sistema de gestão de recursos hídricos têm fortalecido a atuação de grupos hegemônicos.

Para a produção da cartografia do estudo, foi considerada como fonte principal dados produzidos pelo CEDOC Dom Tomás Balduino (Comissão Pastoral da Terra – CPT, 2020), que desde 1985, realiza o trabalho de cadastro dos conflitos e injustiças no campo, e desde 2009, tem produzido relatórios sobre os conflitos envolvendo a água nesse segmento do território brasileiro. A pesquisa demonstrou a evolução não cumulativa desses conflitos, a quantidade de famílias afetadas e suas consequências nos estados brasileiros, entre os anos de 2010 e 2019, e para o ano de 2019, os setores produtivos causadores dos conflitos (Peixoto; Soares; Ribeiro, 2021).

Somente pela CPT, foram registrados 1.764 conflitos entre 2009 e 2019, sendo observado um grande crescimento dos conflitos a partir de 2014. Praticamente em todos os estados brasileiros houve conflitos, com exceção somente de dados registrados no Distrito Federal e Roraima (Peixoto; Soares; Ribeiro, 2021).

Considera-se o número de famílias mobilizadas como o principal impacto social. Nesse sentido, os estados mais afetados são: Pará (127.213), Rio de Janeiro (69.963), Bahia (64.831), Minas Gerais (40.186), Roraima (33.524) e Pernambuco (25.621). Juntos, possuem mais de 77% do total de 466.370 famílias mobilizadas por conflitos relacionados à água nos períodos da pesquisa (Peixoto; Soares; Ribeiro, 2021).

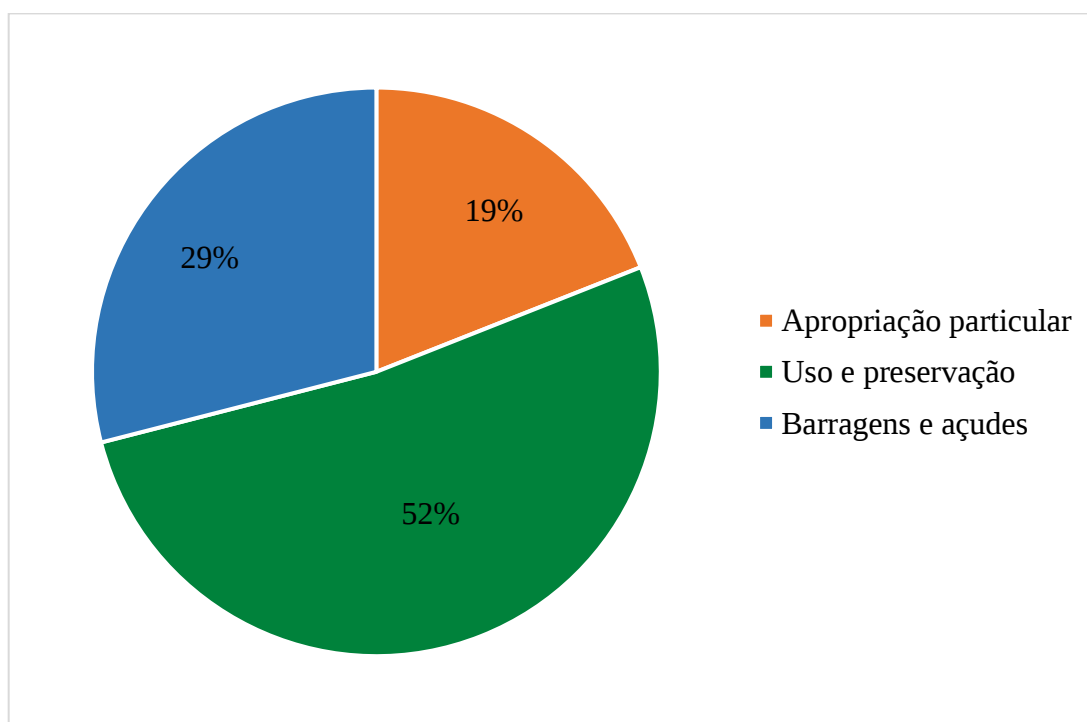
Ainda segundo o estudo realizado por Peixoto, Soares e Ribeiro (2021), as principais causas dos conflitos (gráfico 7) são problemas com a:

- Qualidade da água (uso e preservação): mais frequente no setor leste do país, por se tratar de uma parte mais industrializada como resultado da expansão das relações capitalistas que resultou no crescimento urbano e metropolização, gerando maior potencial de poluição e contaminação da água.

- Expansão do agronegócio: correspondente ao setor Norte do país, envolvendo estados fronteiriços entre as regiões Norte e Nordeste. Por conta da topografia plana e o baixo custo das terras comparado às áreas consolidadas do Centro-Sul, os empreendedores investiram mais por meio de uma forte agricultura mecanizada, principalmente para a produção de grãos, especialmente soja, milho e algodão.

- Expansão da atividade hidrelétrica: atividade que vem ocorrendo de maneira muito intensa na região Norte. Assim, mesmo que a construção de barragens e açudes correspondam a cerca de 29% das causas dos conflitos, no Amapá, Pará, Tocantins, Mato Grosso e Rondônia essa foi a principal causa de conflitos, com destaque para Rondônia e Pará, onde a construção de barragens causa cerca de 100% e 80% dos conflitos, respectivamente.

Gráfico 7 – Causas dos conflitos pela água



Fonte: Peixoto; Soares; Ribeiro (2021).

Quanto às consequências mais percebidas há a poluição ou destruição dos recursos hídricos, o não cumprimento de medidas legais e a diminuição do acesso à água. A poluição ficou mais visível nos estados onde ocorreram mais conflitos. Em Minas Gerais, os desastres socioambientais de Mariana e Brumadinho contribuíram para esse cenário. Ademais, grandes

idades são verdadeiras fontes difusas de poluição em função do lançamento de esgotos domésticos e industriais, e, assim, os piores índices de qualidade das águas são normalmente registrados próximo das principais regiões metropolitanas do país (Peixoto; Soares; Ribeiro, 2021).

Uma maneira de se prevenir ou diminuir conflitos, que vem sendo utilizada pelo governo dos países, é a implementação de políticas específicas nesse assunto, e a alteração da organização do aparelho burocrático, seja através da adoção de diversos modelos de gestão ou de reformas administrativas (Correia *et al.*, 2012; Moreira *et al.*, 2012; Denicola *et al.*, 2015).

No Brasil, vem sendo incluído nas agendas de pesquisa no Brasil, os trabalhos que identificam conflitos no nível local, em determinadas regiões, e as políticas adotadas (Carneiro; Assis, 2013; Amorim; Ribeiro; Braga, 2016).

As políticas de gerenciamento de recursos hídricos se constituem também para a mediação dos conflitos (Machado, 2019). De acordo com a Lei Federal nº 9.433/1997 da Política Nacional de Recursos Hídricos, compete aos Comitês de Bacia Hidrográfica promover o debate das questões relacionadas a recursos hídricos e articular a atuação das entidades, bem como arbitrar, em primeira instância administrativa, os conflitos envolvendo tais recursos (Brasil, 1997).

4.7 Disponibilidade hídrica

Pode-se afirmar que o Brasil é privilegiado quanto à disponibilidade hídrica total, porém a distribuição da água é desigual em seu território e durante o ano porque a disponibilidade de água depende em grande parte do clima (Marengo, 2008c).

O ciclo anual das chuvas e de vazões no Brasil varia muito entre as bacias, e a variação interanual do clima, associada aos fenômenos de El Niño, La Niña, ou à variabilidade na temperatura da superfície do mar do Atlântico Tropical e Sul podem gerar desequilíbrios climáticos, que produzem grandes secas, como em 1877, 1983 e 1998 no Nordeste, 2004-2006 no Sul do Brasil, 2001 e 2014 no Centro-Oeste e Sudeste, e em 1926, 1983, 1998 e 2005 na Amazônia (Marengo; Dias, 2006; Marengo, 2007; Marengo *et al.*, 2008 a, b).

O ciclo hidrológico de uma bacia hidrográfica é influenciado pelas suas características físicas, pelo clima e pelas atividades antrópicas. Com o aumento generalizado dos problemas de escassez de água e do número de desastres relacionados com a água, o estudo dos impactos da variabilidade climática, das alterações climáticas e

do uso da terra induzidas pelo homem, tanto na hidrologia como nos recursos hídricos, tornou-se uma importante área de investigação em hidrologia (Scanlon *et al.*, 2007).

Os chamados eventos climáticos extremos, principalmente aqueles que possuem relação com a precipitação, possuem potencial elevado para alterar a qualidade hídrica de reservatórios e, por consequência, a sua disponibilidade. As secas prolongadas são grandes responsáveis pela intensificação da eutrofização, onde a concentração de nutrientes é elevada, causando impacto de forma severa na dinâmica de luz e temperatura, favorecendo o crescimento da produtividade primária no local (Moreira *et al.*, 2023).

As estiagens ou as chuvas intensas são fenômenos que impactam os corpos aquáticos superficiais. Esses eventos podem causar variações significativas no volume armazenado desses ecossistemas, que em conjunto com outras características da bacia hidrográfica, como tipo e uso do solo, agricultura, pecuária e urbanização, podem resultar na degradação da qualidade da água (Stockwell *et al.*, 2020).

As mudanças climáticas são consideradas uma grande ameaça à qualidade ambiental e nota-se um crescimento na intensidade, frequência e duração dos Eventos Climáticos Extremos (ECEs) em todas as regiões do planeta, causando insegurança hídrica e alimentar para milhões de pessoas no planeta (IPCC, 2022).

Com a intensificação desses eventos, as secas e as enchentes têm se tornado cada vez mais fortes, prolongadas e frequentes, provocando redução do volume acumulado em reservatórios de água durante o período das secas e intenso carregamento de nutrientes, por escoamento superficial, nos períodos úmidos.

Por muito tempo se perdurou a ideia de que os recursos hídricos eram inesgotáveis, pois foi historicamente tratado como um bem infinito. As gerações mais antigas foram criadas com o mito de que o Brasil é um país riquíssimo em água, e que ela seria um problema crônico só no Nordeste, no semiárido. Com o aumento populacional que hoje é uma das causas da ameaça global de escassez de água no mundo, a visão humana foi mudando, conduzindo a ações voltadas ao uso racional dos recursos hídricos, que implicou na elaboração de leis, a fim de melhor gerenciar a utilização da água.

A demanda crescente dos recursos hídricos tem resultado cada vez mais em dificuldades e conflitos, não só pela sua falta, mas também pela degradação da qualidade. Por isso, garantir o acesso a esse recurso, com qualidade a toda população será um dos principais desafios para os próximos gestores.

A Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico calcula que 80,0% do volume de água utilizada nas atividades domésticas e econômicas se transforma em esgoto que deve ser

tratado antes de retornar aos corpos hídricos (Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento, 2023).

Historicamente tratado como um bem infinito, a água é um dos recursos que mais vem nos dando alertas de que não resistirá por muito tempo às intervenções humanas ambientais e às mudanças climáticas.

Os padrões de qualidade e potabilidade da água são determinados pelo Ministério da Saúde (Portaria GM/MS Nº 888/2021) e contemplam o produto distribuído por sistema (redes públicas) e/ou soluções alternativas coletivas (poços, cisternas, dentre outros). O monitoramento é coordenado pela Secretaria de Vigilância em Saúde (SVS/MS) e envolve Secretarias de Saúde dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios e responsáveis pelo controle da qualidade da água (Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento, 2023).

4.8 Balanço hídrico

As consequências das mudanças climáticas podem ser analisadas atualmente em várias localidades do mundo. Alterações na dinâmica da temperatura média do ar e da precipitação pluvial acabam impactando na quantidade e qualidade da água, que é recurso vital para a sobrevivência humana (Ma *et al.*, 2008).

Essas consequências são analisadas tanto na oferta, quanto na procura dos recursos hídricos. As mudanças na dinâmica das chuvas provocam variações na distribuição temporal do ciclo da água, proporcionando aumento da demanda e influenciando também na quantidade disponível desse recurso em algumas áreas, gerando conflitos (Cunha; Oliveira; Nunes, 2002; Santos; Galvínio; Moura, 2010).

De acordo com a ANA (2015) o balanço hídrico é um meio de analisar a disponibilidade hídrica/demandas consuntivas e disponibilidade hídrica/diluição de efluentes, nos apresentando a oferta de água disponível em condições satisfatórias para os múltiplos usos, respectivamente, quantitativa e qualitativamente (ANA, 2015).

A realização do balanço hídrico climatológico (BHC) em diferentes locais, com dados climáticos de uma rede de monitoramento, é das formas de monitorar o armazenamento de água no solo, permitindo a realização do planejamento e gestão de recursos hídricos, zoneamento agroclimático e a classificação do clima (Yamada, 2011). O cálculo do balanço hídrico também é visto como um indicador climatológico da disponibilidade hídrica em uma região (Pereira; Villa Nova; Sedyama, 1997)

De Villa *et al.* (2022) afirmam que conhecer a época de maior disponibilidade e

déficit hídrico é muito importante para tomar decisões. Contribui, por exemplo para:

- O planejamento de construção de novas barragens, para que sejam construídas a fim de realizar o armazenamento de água em locais onde tem déficit hídrico;
- A gestão dos sistemas de irrigação, de forma que sejam utilizados no momento mais adequado para o atendimento da cultura e, conseqüentemente, preservando os mananciais;
- Realizar estimativas a nível de bacia hidrográfica e de propriedade rural, controlando-se a disponibilidade de água para as plantas.

Santos, Hernandez e Rossetti (2010) afirmam que a análise das estimativas do balanço hídrico favorece o planejamento agropecuário e as práticas de controle da produção, porque oferece dados que facilitam aos produtores identificar as condições climáticas que fragilizam o seu sistema produtivo.

Segundo Silva e Bracht (2010) o balanço hídrico climático (BHC) resumidamente é a contabilização de água no solo, ou ainda, a computação das entradas e saídas de água em determinado sistema. Essa contabilização dos fluxos é medida em volume e em uma unidade de tempo (Libardi, 2005).

A metodologia de estimativa do balanço hídrico foi proposta por Thornthwaite em 1948 e Thornthwaite e Mather em 1955 (Pinheiro, 2010).

Para o cálculo do BHC é necessário definir a capacidade de água disponível (CAD), chuva total (P) e a estimativa da evapotranspiração potencial (Etp) em cada período (Monteiro *et al.*, 2011).

No ciclo hidrológico, o ponto de entrada da água se dá através da precipitação pluvial (P) e a saída pela evapotranspiração potencial (Etp), que se trata da água que retorna à atmosfera, tanto pela evaporação do solo e das águas superficiais, quanto pela transpiração dos vegetais. O balanço hídrico é resultante da quantidade de água que entrou e saiu de uma determinada camada do solo em função de um intervalo de tempo, caracterizando os períodos secos e úmidos do local analisado (Sales, 2014; Parreira *et al.*, 2019)

As mudanças climáticas e de uso da terra podem gerar mudanças nos processos do ciclo hidrológico e que apresentam relação direta com evaporação e vazão em corpos hídricos, assim como com a evapotranspiração (ET) das plantas (Sipek *et al.*, 2020).

4.9 Mudanças Climáticas

As mudanças climáticas podem ser definidas como as transformações, a longo prazo, nos padrões climáticos que estão causando um aquecimento maior do que o normal no globo terrestre, afetando ecossistemas, saúde humana e bem-estar, com potenciais riscos econômicos e ecológicos (Bandh, 2021).

Sejam influenciadas por causas naturais, quando ocorridas por meio de variações no ciclo solar, ou antrópicas, quando causadas pela ação humana, elas sempre existiram. Há histórico de geleiras nas regiões próxima a linha do Equador no passado, onde hoje se situa a região considerada como a mais quente do planeta (Almeida; Carneiro, 1995). Isso mostra, por exemplo, como as mudanças climáticas radicais acontecem e se consolidam, permitindo apontar como a Terra mudou ao longo de 4,5 bilhões de anos (Guerra; Queiroz; Silva, 2021).

Esses fatos acontecem devido à natureza estar sempre em constante transformação. Os processos geológicos se consolidam, habitual e naturalmente, de forma tão lenta, que a ação humana não pode mitigar. E nesse sentido, as mudanças climáticas são um bom exemplo (Guerra; Queiroz; Silva, 2021). Essa lentidão é explicada pela tectônica de placas, que resulta em muitos efeitos, como o resfriamento de grandes áreas continentais, mudanças de continentes para as regiões polares e de correntes marinhas e atmosféricas, e ainda a formação de novas cordilheiras (Eerola, 2003).

De acordo com Crutzen (2002) “nos três últimos séculos, os efeitos dos humanos no ambiente global se intensificaram. Por causa dessas emissões antropogênicas de dióxido de carbono, o clima global poderá distanciar-se significativamente do comportamento natural”.

Foi desde meados de 1800, com a contribuição do processo de industrialização e urbanização, que as atividades do homem têm sido o principal impulsionador das mudanças climáticas, principalmente por conta da queima de combustíveis fósseis, como o carvão, o petróleo e o gás, que geram emissões de gases de efeito estufa (GEE) e atuam como um cobertor em volta da Terra, retendo o calor do sol e aumentando as temperaturas. Além disso, o esgotamento e má gestão de recursos naturais também são fatores que contribuem para a aceleração do aquecimento global (Guerra, 2009; Guerra; Queiroz; Silva, 2021).

Com a Revolução Industrial, a poluição tanto física, quanto atmosférica, passou a ser um problema para os seres vivos. Anteriormente já havia indícios de poluição, mas o agravamento foi se intensificando, até chegar aos níveis atuais, não apenas porque a indústria é a principal responsável pelo lançamento de poluentes no meio ambiente, mas também porque a Revolução Industrial representou a consolidação e a mundialização do capitalismo, que tem

na indústria a sua atividade econômica, que influencia diretamente na urbanização, com grandes concentrações humanas nas cidades (Guerra; Queiroz; Silva, 2021).

A urbanização é uma fonte de poluição que tem como consequência o alto acúmulo de resíduos sólidos e grandes volumes de esgoto e de trânsito, por exemplo. A natureza vai, via de regra, deixando de existir para dar lugar a um meio ambiente transformado, produzido pela sociedade moderna. O ser humano deixa de viver em sincronia com a natureza, e passa a dominá-la, dando origem ao que se chama de “segunda natureza”, ou seja, a natureza modificada pelo homem, com os seus rios canalizados, solos cobertos por asfalto, vegetação nativa completamente devastada e fauna original da área muito diferente da “primeira natureza” (Leal; Farias; Araújo, 2008).

De acordo com a FUNASA (2019), a poluição do ar pode ser definida como sendo a alteração da qualidade do ar, resultante de atividades que direta ou indiretamente:

- Prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar dos seres vivos;
- Criem condições adversas às atividades sociais e econômicas;
- Afetem desfavoravelmente a qualidade do ar;
- Lancem matéria ou radiação em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos por lei.

Um dos problemas graves decorrentes da poluição atmosférica refere-se ao aumento da temperatura média da Terra, causada pelo lançamento de gases na atmosfera, principalmente o dióxido de carbono, o metano, os óxidos de nitrogênio, o óxido de enxofre e os hidrocarbonetos. Este aumento de temperatura é conhecido como efeito estufa. Pode-se citar aterros para lixo, indústrias, transporte, edificações, agricultura e uso da terra como os principais emissores.

Entre as consequências das mudanças climáticas estão as secas intensas, a escassez de água, os períodos incertos e irregulares de chuva, os grandes incêndios, o aumento do nível do mar, os fenômenos El Niño e a La Niña, as inundações, o derretimento do gelo polar, as tempestades calamitosas e o declínio da biodiversidade, podendo afetar a nossa saúde, o cultivo de alimentos, além das nossas habitações, segurança e trabalho.

A crescente intensificação de eventos extremos, como enchentes e inundações, desflorestamentos, queimadas e consequentes emissão de gases poluentes, dentre outros fenômenos, preocupam muito países que têm se esforçado para compreender a atual conjuntura ambiental e mitigar seus impactos. É possível, nesse sentido, citar o Brasil como exemplo de nação atingida pelas referidas alterações climáticas, que há alguns anos era conhecido como imune a eventos naturais catastróficos. O país vem sendo atingido frequentemente por ciclones, chuvas intensas e desertificações (Ribeiro, 2010).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir do levantamento literário realizado nas bases bibliográficas, foram selecionados os artigos e pesquisas que relacionavam o tema das mudanças climáticas com os recursos hídricos, totalizando em 60 artigos, salvos em pastas separadas, de acordo com as temáticas, que foram sendo introduzidas na presente dissertação pelas seções, além das séries históricas baixadas em planilhas, que posteriormente foram utilizadas para a elaboração dos gráficos inseridos.

As mudanças climáticas não incluem apenas o aquecimento global, mas também uma série de efeitos colaterais como derretimento de geleiras, aumento do nível do mar, eventos climáticos extremos e impactos na biodiversidade e na saúde humana. Após a análise das informações selecionadas para a elaboração da presente dissertação, pode-se verificar que as consequências das alterações climáticas estão intimamente ligadas com os recursos hídricos.

5.1 Consequências das Mudanças Climáticas

As consequências das mudanças climáticas afetarão o globo terrestre de diversas formas, de acordo com a geologia do solo, do grau de urbanização, da disponibilidade hídrica, dos aspectos da fauna e flora, entre outros. Vale a pena ressaltar que, os impactos das mudanças climáticas variam também com a capacidade de adaptação das sociedades e de cada país, diretamente relacionado com o seu nível de desenvolvimento. Países em desenvolvimento e subdesenvolvidos, portanto, sofrerão mais notadamente esses impactos (Barboza *et al.*, 2017).

As alterações climáticas são um dos maiores desafios a nível mundial, afetando principalmente o setor da água, pelo impacto da elevação da temperatura e das ondas de calor, chuvas torrenciais ou ausência de precipitação e períodos de seca prolongada.

Na África, simuladores de modelos climáticos mostram uma tendência de que em 2080 haverá o aumento de 5 a 8% das áreas semiáridas e áridas, que impactará diretamente na qualidade de vida populacional, que já sofre nesse sentido atualmente. Na Ásia, até 2050 há projeção de diminuição da disponibilidade de água, que impactará fortemente em pressões na indústria, agricultura, urbanização e dinâmica social. Na Oceania, simula-se que até 2030 haverá grande perda da biodiversidade em locais que hoje possui alta quantidade de espécies, como a grande barreira de corais da Austrália. Além disso, as alterações climáticas poderão mudar o tempo de floração da agricultura de alguns produtos, como o trigo, e as secas e

incêndios deverão aumentar, prejudicando também na agricultura (Mendelsohn, 2014; Wang *et al.*, 2015)

Na Europa e na América do Norte, projeta-se aumento nas ocorrências de enchentes e erosões, redução das geleiras, frequência maior nas ondas de calor e redução na quantidade de água. Nas regiões polares, com o derretimento das geleiras, prevê-se impacto nas correntes marítimas, aumento de invasão de animais exóticos e consequências nas comunidades que habitam próximo ao Ártico (IPCC, 2007; Juras, 2013).

Na América Latina e no Caribe, as alterações climáticas, como elevação da temperatura já ocorrida em 1°C e o derretimento das camadas de gelo, haverá tendência de impactos na geração de energia, agricultura e disponibilidade de água, o que consequentemente agravará a economia. A região Nordeste do estado de Amazonas poderá ter um aumento de 5°C graus na temperatura e diminuição de até 25% no volume de chuvas nos próximos 25 anos, segundo pesquisa do projeto Vulnerabilidade à Mudança do Clima, feito em parceria com o Ministério do Meio Ambiente, que identificou a vulnerabilidade à mudança do clima em 62 municípios localizados na região Amazônica (Fundação Oswaldo Cruz, 2016).

Os recursos hídricos superficiais menores, como os lagos, pântanos e pequenos rios estão secando na região dos Andes, o que poderá comprometer o abastecimento das cidades como La paz, Bogotá e Quito. O leste da Amazônia poderá sofrer com a agricultura em regiões mais secas, como o semiárido, podendo se dificultar por conta dos altos graus de salinização do solo. O aumento do nível do mar favorecerá às inundações das cidades litorâneas. A maior absorção no mar do dióxido de carbono (CO₂), também conhecido como gás carbônico, poderá impactar no branqueamento dos recifes de corais, destruindo assim, a fauna marinha e a quantidade de peixes. Portanto, pode-se afirmar que a disponibilidade de água, a agricultura, a fauna, flora e a geração de energia serão comprometidas (Juras, 2013; Lee *et al.*, 2010; Velez *et al.*, 2007; Rui-Li; Geng, 2013).

Pesquisas e estudos vêm investigando os efeitos das mudanças climáticas na América do Sul com diferentes variáveis atmosféricas, como precipitação, temperatura, temperatura máxima e mínima e extremos climáticos (secas e enchentes) Algumas das observações detectadas são variações na temperatura média, máxima e mínima, redução ou aumento da precipitação, aumento nos dias secos consecutivos (CDD), aumento na frequência de dias e noites quentes em contraste com a diminuição de dias e noites frias (Alves *et al.*, 2020; Avila-Diaz *et al.*, 2022; Blenkinsop; Alves; Smith, 2021; Marengo *et al.*, 2021).

Foi possível observar que as mudanças climáticas na Cordilheira dos Andes indicaram um acréscimo de aproximadamente 0,24° C por década, redução da precipitação por volta de

4% na Colômbia e Equador, 11 mm por década no Peru, e 12% na porção da Argentina, Chile e toda Patagônia. No Brasil, as alterações indicam aumento da temperatura média na bacia Amazônica de 0,7° C por década, aumento no número de dias quentes, da estação seca em 6 dias por década desde 1980 e uma redução de 20 mm na precipitação ao sul da bacia (Villacís, 2008; Senamhi, 2009; Falvey; Garreaud, 2009; Marengo *et al.*, 2012; Marengo *et al.*, 2009; Carvalho *et al.*, 2011; Dai, 2011; Shi *et al.*, 2019).

5.1.1 Ondas de calor

De acordo com o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) (2023), ondas de calor podem ser caracterizadas como o mínimo de 6 dias consecutivos em que a temperatura máxima superou um limiar de ao menos 10% do que é considerado extremo, comparado a um período de referência.

Segundo o estudo realizado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), a pedido do MCTI e coordenado pelo pesquisador Lincoln Alves, os números de dias com ondas de calor no Brasil passaram de 7 para 52 em 30 anos, tendo como base dados climáticos dos últimos 60 anos (MCTI, 2023).

A pesquisa também permitiu mostrar as tendências nas séries de precipitação, temperatura máxima e mais três índices derivados que são considerados extremos climáticos, sendo eles: dias consecutivos secos (CDD), precipitação máxima em 5 dias (RX5day) e ondas de calor (WSDI).

Os dados foram obtidos por meio de cálculos efetuados para todo o Brasil, considerando o período de 1961 a 2020. Os especialistas estabeleceram 1961 a 1990 como período de referência, e efetuaram análises segmentadas sobre o que aconteceu com o clima para três períodos: 1991-2000, 2001-2010 e 2011-2020.

No período de 1991 a 2000, as anomalias positivas de temperatura máxima não ultrapassaram a média de 1,5°C. Mas, atingiram 3°C em alguns locais para os anos de 2011 a 2020, como foco na região Nordeste e localidades próximas. Nesse período, a média de temperatura máxima no Nordeste era de 30,7°C e foi subindo aos poucos para 31,2°C em 1991-2000, 31,6°C em 2001-2010 e 32,2°C em 2011-2020.

As alterações de precipitação acumulada também foram analisadas, destacando-se duas regiões contraditórias entre os períodos de 2011 e 2020. Enquanto houve queda na taxa média de precipitação, com variações entre -10% e -40% do Nordeste até o Sudeste e na região central

do Brasil, observou-se aumento entre 10% e 30% na área que abrange os estados da região Sul e parte dos estados de São Paulo e Mato Grosso do Sul.

Ainda de acordo com os dados do estudo do INPE, o clima já está mudando e afeta o Brasil de diferentes formas, tendo em vista que ele possui dimensões continentais. Enquanto em algumas regiões há aumento de temperatura, em outras se observa aumento da precipitação ou ocorrência de seca.

As informações divulgadas no último relatório do IPCC mostraram que as mudanças climáticas estão afetando várias regiões do mundo de maneiras diferentes. As análises do estudo do INPE informaram que o Brasil já vivencia essas transformações, sofridas pelo aumento na frequência e intensidade de eventos climáticos extremos, em diversas regiões, desde 1961 e que a tendência é que se agravarão nas próximas décadas, numa proporção diretamente relacionada com o aquecimento global (MCTI, 2023).

Um outro estudo, publicado na Revista Portuguesa de Cardiologia, informou que as consequências das mudanças climáticas ameaçam à sociedade, à biodiversidade, à disponibilidade de alimentos e de recursos, e ainda incluem, um risco aumentado de doenças cardiovasculares (CV) e mortalidade cardiovascular (Caldeira *et al.*, 2023).

De acordo com os dados da pesquisa de Caldeira *et al.* (2023), atualmente o aquecimento global e as ondas de calor (ou temperaturas extremas) são apontados como ameaças cardiovasculares e eventos cardiovasculares, como mortalidade cardiovascular, enfarte do miocárdio, insuficiência cardíaca, acidente vascular cerebral e hospitalizações cardiovasculares. O estudo apontou também a poluição do ar como um intensificador dos riscos CV relacionados com a temperatura.

A pesquisa explica que a relação entre as ondas de calor com o fator de risco cardiovascular está no desequilíbrio do sistema nervoso autônomo em direção ao aumento do tônus simpático (o que leva a taquicardia), devido aos mecanismos de termorregulação, redução da pressão arterial e desidratação devido às altas temperaturas. Nessas condições, aumenta-se a frequência cardíaca e o débito cardíaco, aumentando também a demanda miocárdica. Essas alterações podem induzir inflamação sistêmica e levar a um quadro pró-trombótico, colocando pressão adicional no sistema cardiovascular, predispondo indivíduos mais vulneráveis, neste sentido, a ruptura da placa aterosclerótica e ao subsequente aumento do risco de infarto do miocárdio.

Segundo o estudo feito por Kew *et al.* (2023), publicado pela Rede Mundial de Atribuição, ou *World Weather Attribution (WWA)*, em inglês, o aquecimento global agravado pela ação antrópica tornou o calor mais intenso, na fase de transição entre inverno e primavera,

na América do Sul. Além do Brasil, altas temperaturas também foram registradas na Bolívia, na Argentina e no Paraguai, chegando a mais de 40 °C em algumas cidades. A pesquisa também informou que, apesar de uma influência do El Niño, as mudanças climáticas foram o principal fator da onda de calor.

O trabalho pegou como base os dez dias consecutivos mais quentes, ou seja, onde o calor foi mais extremo, em agosto e setembro no Brasil, Paraguai e algumas regiões da Bolívia e Argentina. Foram utilizados dados meteorológicos e simulações de modelos computacionais para comparar o clima atual (após cerca de 1,2 °C de aquecimento global, em relação ao fim do século XIX) com o clima anterior ao período considerado como “a era da industrialização”. Concluiu-se que, devido às alterações climáticas induzidas pelo homem, o evento teria sido de 1,4 a 4,3 °C mais frio se os humanos não tivessem “aquecido” o planeta. Devido à forte tendência, a mudança na probabilidade não ficou bem definida, mas mostra que houve um aumento de, pelo menos, 100 vezes.

Os resultados afirmaram que as ondas de calor extremo na América do Sul fora dos meses de verão teriam sido improváveis sem as mudanças climáticas antrópicas, que tornaram as temperaturas regionais entre os 1,4°C e 4,3°C mais quentes para a época. O estudo, formado por 12 especialistas, ainda alertou que se as emissões de gases de efeito estufa não forem reduzidas, haverá ondas de calor cada vez mais frequentes e intensas.

Durante o período estudado, regiões como a do sul do Brasil e países próximos a localização, sofreram com as anomalias intensas na temperatura por mais de 50 dias. As capitais Cuiabá e São Paulo, enfrentaram o começo de primavera mais quente dos últimos 63 anos. O pico do evento extremo chegou a alcançar temperaturas com mais de 7°C para a época do ano na região Sudeste, sul da Bahia, leste de Goiás e Mato Grosso do Sul e centro-norte do Paraná.

O estudo ainda apresentou que o aumento de eventos extremos de calor impacta na saúde humana. É citado que, principalmente na Amazônia e nas regiões norte e central da América do Sul, já aconteçam muitos casos de estresse térmico, situação encontrada quando o corpo começa a sentir sintomas, indo desde a casos de cefaleia até casos mais graves, como óbitos.

Segundo Dos Santos *et al.* (2024) entre os anos de 2000 a 2018, ocorreram no Brasil 48.075 mortes atribuídas aos efeitos das ondas de calor, tendo como causas mais frequentes as doenças circulatórias, respiratórias e o agravamento de condições crônicas prévias diante do calor extremo. Esse número supera em mais de vinte vezes o número de mortes por deslizamentos de terra no mesmo período.

5.1.2 Fenômenos climáticos: El Niño e La Niña

Conforme Oliveira (2001) uma interação que influencia no sistema climático do planeta é a que acontece entre a superfície dos oceanos e a baixa atmosfera que se situa junto a ele. O processo de troca de energia e umidade que ocorre nesse meio influencia no comportamento do clima, e as alterações destes processos podem afetar o clima tanto regional, quanto global.

O fenômeno denominado El Niño representa o aquecimento anormal das águas superficiais e subsuperficiais do Oceano Pacífico Equatorial. O termo é derivado do espanhol, e faz referência à presença de águas quentes que aparecem na costa norte do Peru na época de Natal, e por isso, os pescadores do local chamaram a presença dessas águas de *Corriente de El Niño*, referenciando ao “Niño Jesus” ou “Menino Jesus” (Oliveira, 2001).

Hoje, as alterações do sistema climático, que são conhecidas globalmente como “El Niño” e “La Niña”, representam anomalias que acontecem no sistema oceano-atmosfera no oceano Pacífico Tropical, e que tem consequências no tempo e no clima mundial. Nesse sentido, considera-se não somente a presença das águas quentes ou frias, mas também as mudanças na atmosfera próxima à superfície do oceano, que ocorrem com as mudanças dos ventos alísios (que sopram de leste para oeste) na região equatorial. Com essas alterações, começam a ser observadas mudanças da circulação da atmosfera nos níveis baixos e altos, determinando mudanças nos padrões de transporte de umidade, e assim, mudanças na distribuição das chuvas em regiões tropicais e de latitudes médias e altas. Em algumas regiões do globo também são observados aumento e diminuição anormais de temperatura (Oliveira, 2001).

Ainda segundo Oliveira (2001), para melhor entender como funciona a atmosfera durante uma situação normal, de El Niño ou La Niña, é interessante fazer três distintas analogias entre o oceano Pacífico e os ventos alísios atuantes com uma grande piscina e um ventilador, respectivamente, considerando, primeiro, as seguintes etapas:

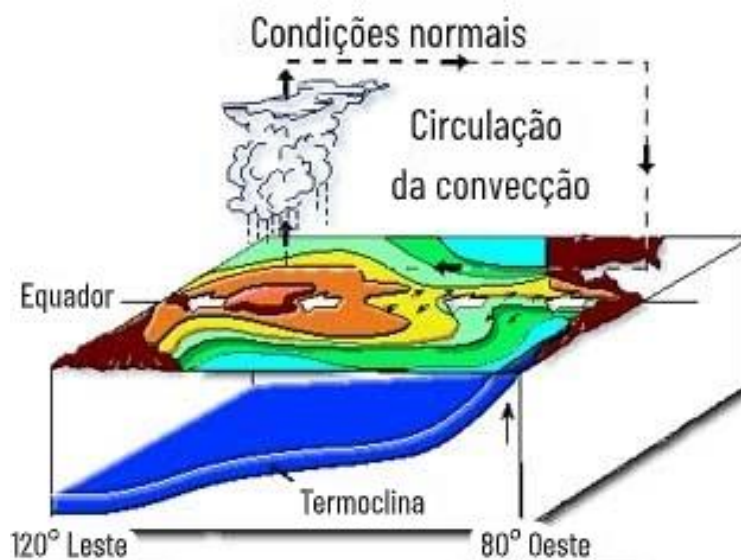
- Imaginar uma piscina num dia de sol, e em uma de suas bordas, inserir um grande ventilador da largura da borda da piscina;
- Ligar o ventilador;
- Observar a turbulência que o vento gerará na água da piscina;
- Será possível perceber, com o passar do tempo, um represamento e desnível da água no lado da piscina que se encontra oposto ao ventilador. Esse desnível significa que o nível da água próximo ao ventilador será menor, e isso ocorre porque o vento está empurrando as águas superficiais quentes para o outro lado, expondo as águas mais frias das partes mais profundas

da piscina. Esse processo consiste no padrão normal de circulação que é observado no oceano Pacífico, quando não há a presença do El Niño.

Existem estimativas de uma diferença de 50 cm a mais entre o nível do mar da Indonésia quando comparado com o do Equador, e de que a temperatura das águas do Pacífico Ocidental sejam 8°C mais elevada do que na região Oriental. Portanto, as águas mais quentes são observadas no oceano Pacífico Equatorial Oeste. Junto à costa oeste da América do Sul, as águas do Pacífico são um pouco mais frias. Onde elas são mais quentes, há maior evaporação, e por isso o ar sobe e há formação de nuvens numa grande proporção. O contrário acontece nas regiões de onde o ar é vindo dos altos níveis da troposfera, região que fica entre a superfície e cerca de 15 km de altura. Isso se justifica porque os movimentos do ar se compensam, de maneira que se ele sobe numa situada região, desce em outra, e por isso, se nas regiões próximas à superfície ele vai de oeste para leste, ao contrário, nos altos níveis, ele vai de leste para oeste. Assim é que surge a chamada célula de Circulação de Walker, que consiste nos movimentos ascendentes no Pacífico Central/Ocidental e movimentos descendentes no oeste da América do Sul e com ventos de leste para oeste próximos à superfície (ventos alísios) e de oeste para leste em altos níveis da troposfera. (Costa, 2014).

Um conceito que vale a pena ser visto, neste momento, é o da região denominada como Termoclina. Trata-se de onde há uma brusca mudança na temperatura do oceano, dividindo as águas mais quentes (acima desta região) das águas mais frias (abaixo desta região), onde em situações normais fica mais rasa junto à costa oeste da América do Sul e mais profunda no Pacífico Ocidental (figura 15) (Oliveira, 2001).

Figura 15 – Termoclina em situações normais



Fonte: Kumar; Singh; Singh (2010).

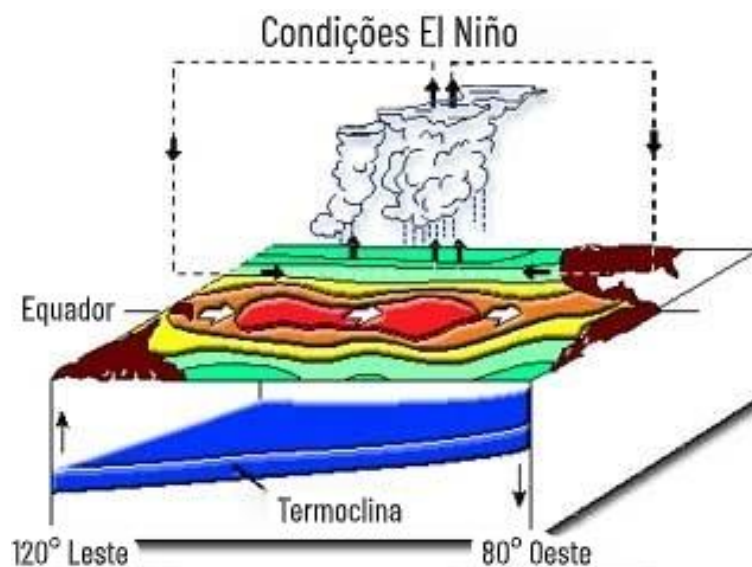
Voltando à analogia proposta por Oliveira (2001), a fim de entender agora como funciona a atmosfera durante uma situação de El Niño, é interessante considerar as seguintes etapas:

- Desligar o ventilador ou diminuir para a sua potência mínima;
- O movimento que o vento estava provocando na água da piscina irá desaparecer ou diminuir;
- As águas do lado oposto ao ventilador voltarão a refluir para que o mesmo nível seja atingindo em toda a piscina;
- O Sol continuará aquecendo a piscina e as águas deverão, teoricamente, estar aquecidas igualmente em todos os pontos da piscina.

Relacionando a situação novamente com o que ocorre no oceano Pacífico, desta vez com o ventilador desligado ou em potência mínima, significa neste caso, o enfraquecimento dos ventos alísios. Ressalta-se que, os ventos não param de soprar. Em algumas regiões do Pacífico ocorre até a inversão dos ventos, ficando de oeste para leste. Agora, todo o oceano Pacífico Equatorial começa a aquecer, gerando evaporação com movimentos ascendentes que, por sua vez, formam nuvens. A diferença agora é que, ao invés de ter a formação de nuvens com intensas chuvas no Pacífico Equatorial Ocidental, haverá a formação de nuvens principalmente no Pacífico Equatorial Central e Oriental (Oliveira, 2001).

Há um deslocamento da região com maior formação de nuvens e a célula de Walker fica bipartida. No Oceano Pacífico Equatorial podem ser observadas águas quentes em toda a sua extensão. A termoclina, nesse sentido (figura 16), fica mais aprofundada junto à costa oeste da América do Sul, principalmente devido ao enfraquecimento dos ventos alísios.

Figura 16 – Termoclina em situações de El Niño

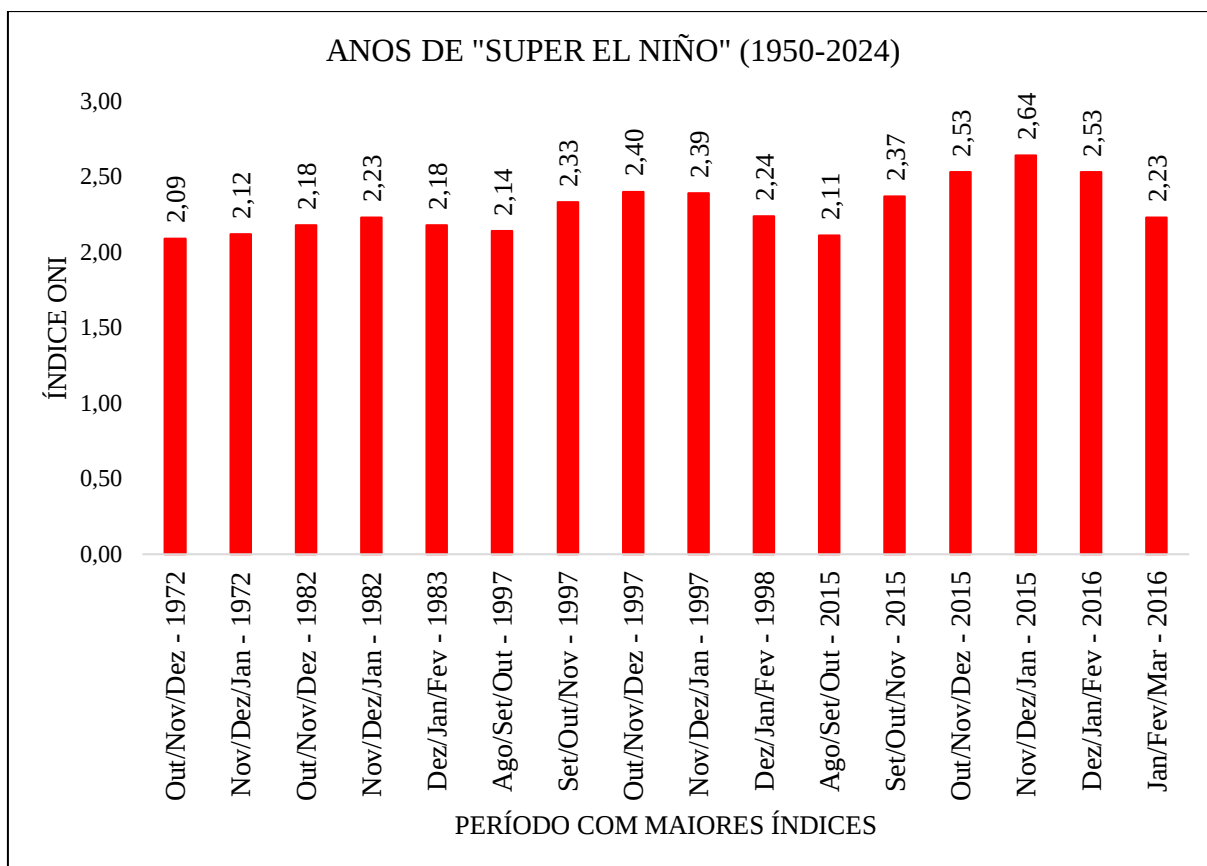


Fonte: Kumar; Singh; Singh (2010).

Comunello *et al.* (2023) afirma que o El Niño acontece com uma recorrência variável de 2 a 7 anos para voltar a ocorrer, intercalando-se com períodos de La Niña e de neutralidade. São causados por interações complexas entre os ventos, as correntes oceânicas e a atmosfera.

De acordo com dados disponibilizados pelas Ciências Atmosféricas da Meteorologia UNIFEI (2024), pegando por base o índice Oceanic Niño Index (ONI) (detalhes no item 5.2.2.5) que é a referência para análise trimestral das condições do Pacífico ao usar anomalias de temperatura da região Niño 3.4 (Pacífico Equatorial Centro-Leste), houve registros de anomalias intensas em 1972 e 1982-1983, e eventos intensos em 1997-1998 e 2015-2016. Foram secas, inundações e doenças em todo o mundo, com danos e prejuízos da ordem de bilhões de dólares.

Gráfico 8 – Períodos em que as anomalias chegaram a mais de 2°C no oceano Pacífico



Fonte: Elaborado pela própria autora com dados da UNIFEI (2024).

Sias (2024) afirma que não existe um termo em literatura que designe um fenômeno considerado como “Super El Niño”. Porém, há uma corrente predominante que entende que esse patamar é alcançado quando as anomalias de temperatura da superfície do mar sejam iguais ou superior a 2°C no Pacífico Centro-Leste.

Sendo assim, nos últimos anos, os eventos de El Niño ainda não registraram um trimestre em condições de “Super El Niño”, superando as anomalias registradas, por exemplo, no trimestre de novembro e janeiro de 2015 e dezembro e fevereiro de 2016, que registraram, respectivamente, índices ONI de +2,64°C e +2,53°C. O último dado disponível, que é referente ao trimestre entre fevereiro e abril de 2024, indicou +1,15°C, apresentando queda desde o primeiro trimestre de 2024.

Quanto ao termo La Niña, referenciado como “a menina” em espanhol, surgiu por ser oposto ao El Niño. Há quem chame de episódio frio, ou ainda El Viejo, que significa “o velho”, em espanhol. Algumas pessoas chamam o La Niña de anti-El Niño, porém como El Niño se refere ao menino Jesus, anti-El Niño faz referência a “o Diabo” e, portanto, esse termo é pouco utilizado.

Considerando a mesma analogia de Oliveira (2001), realizada agora para melhor entender como funciona a atmosfera durante uma situação de La Niña, tem-se as seguintes etapas:

- Ligar o ventilador com uma potência muito forte, fazendo com que ele produza ventos mais intensos;
- Com os ventos mais intensos, maior quantidade de água vai se acumular no lado oposto ao ventilador na piscina;
- O desnível entre um lado e outro da piscina também vai aumentar.

Relacionando a situação, pela terceira vez com o que ocorre no oceano Pacífico, é possível observar que, com os ventos alísios mais intensos, mais águas irão represar no Pacífico Equatorial Oeste, assim como o desnível entre o Pacífico Ocidental e Oriental irá aumentar. Com os ventos mais intensos, a ressurgência também aumentará no Pacífico Equatorial Oriental e, portanto, virão mais nutrientes das profundezas para a superfície do Oceano, aumentando a ressurgência no lado Leste do Pacífico Equatorial (Oliveira, 2001).

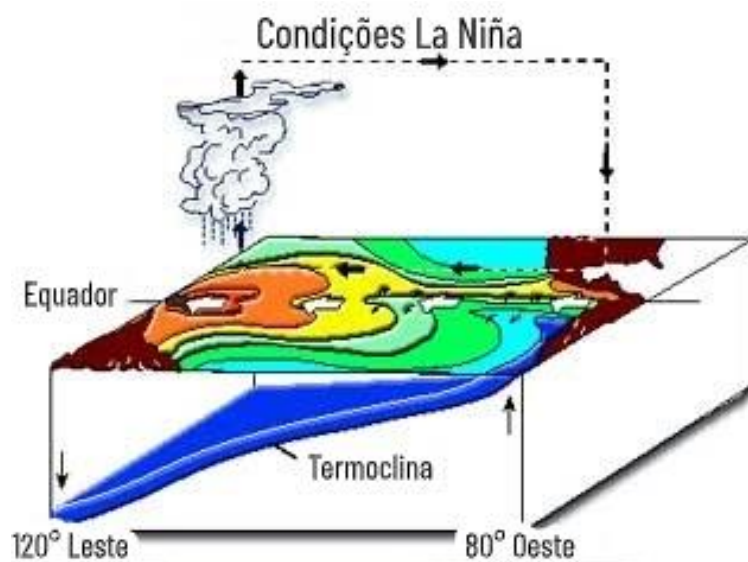
Porém, devido a maior intensidade dos ventos alísios, as águas mais quentes irão ficar represadas mais a oeste do que o normal e, portanto, novamente as águas mais quentes geram maior evaporação e, conseqüentemente movimentos ascendentes, que por sua vez geram nuvens de chuva, que geram a célula de Walker, e por isso, em anos de La Niña esta fica mais alongada que o normal (Oliveira, 2001).

A região com grande quantidade de chuvas, nessa situação, é a do nordeste do Oceano Índico até a oeste do Oceano Pacífico, passando pela Indonésia, e a região com movimentos descendentes da célula de Walker é no Pacífico Equatorial Central e Oriental. É importante ressaltar que tais movimentos descendentes da célula de Walker no Pacífico Equatorial Oriental ficam mais intensos do que o normal, inibindo muito a formação de nuvens de chuva (Oliveira, 2001).

Em geral, episódios La Niña também têm frequência de 2 a 7 anos, mas tem ocorrido em menor quantidade do que o El Niño, durante as últimas décadas. Além do mais, os episódios La Niña têm períodos de aproximadamente 9 a 12 meses, e somente algumas vezes persistem por mais de 2 anos. Outro ponto interessante é que os valores das anomalias de temperatura da superfície do mar (TSM) em anos de La Niña têm desvios menores que em anos de El Niño, ou seja, enquanto observam-se anomalias de até 4, 5°C acima da média em alguns anos de El Niño, em anos de La Niña as maiores anomalias observadas não chegam a 4°C abaixo da média (Oliveira, 2001).

A termoclina em períodos de La Niña (figura 17), devido à forte intensidade dos ventos alísios, fica mais rasa junto à costa oeste da América do Sul e bem mais profunda no Pacífico Ocidental, quando comparada com as situações normais.

Figura 17 – Termoclina em situações de La Niña



Fonte: Kumar; Singh; Singh (2010).

Uma outra definição sobre os fenômenos é dada por Marcuzzo e Romero (2013), e conforme os autores, as tendências que os eventos extremos climatológicos associados às anomalias de temperatura, registradas em porções específicas do oceano Pacífico, que provocam o aquecimento ou resfriamento superficial das águas do Pacífico Equatorial são respectivamente denominados de El Niño e La Niña. Os impactos que esses fenômenos podem representar são as alterações do comportamento climático, intensidade dos ventos alísios, precipitação, secas, cheias e frentes frias que atingem as regiões do centro-sul brasileiro, nordeste e norte.

Os autores Paula *et al.* (2010) afirmam que o fenômeno El Niño Oscilação Sul (ENOS) modifica o tempo e o clima em muitos lugares, alterando a circulação do ar que afetam os elementos meteorológicos e climáticos, em especial a chuva, nas distintas regiões brasileiras.

No Sul, em anos de El Niño, fase conhecida como positiva do fenômeno, a chuva é geralmente acima do normal, e, em anos de La Niña, fase negativa do fenômeno, a chuva é geralmente abaixo da normal. O Nordeste e o Norte, em anos de El Niño, são mais propensos a secas. Portanto, as características das chuvas também são alteradas pelos fenômenos, como a frequência de ocorrência, a intensidade e a quantidade. Essas características são importantes para a definição das chuvas erosivas (Paula *et al.*, 2010; Comunello *et al.*, 2023).

Um aspecto que influencia altamente nas perdas de solo e água nos plantios é a frequência das chuvas. Se ela for curta e o conteúdo de água estiver alto no solo, há grandes chances de ocorrer erosão, mesmo que as chuvas sejam de baixa intensidade (Wischmeier; Smith, 1978).

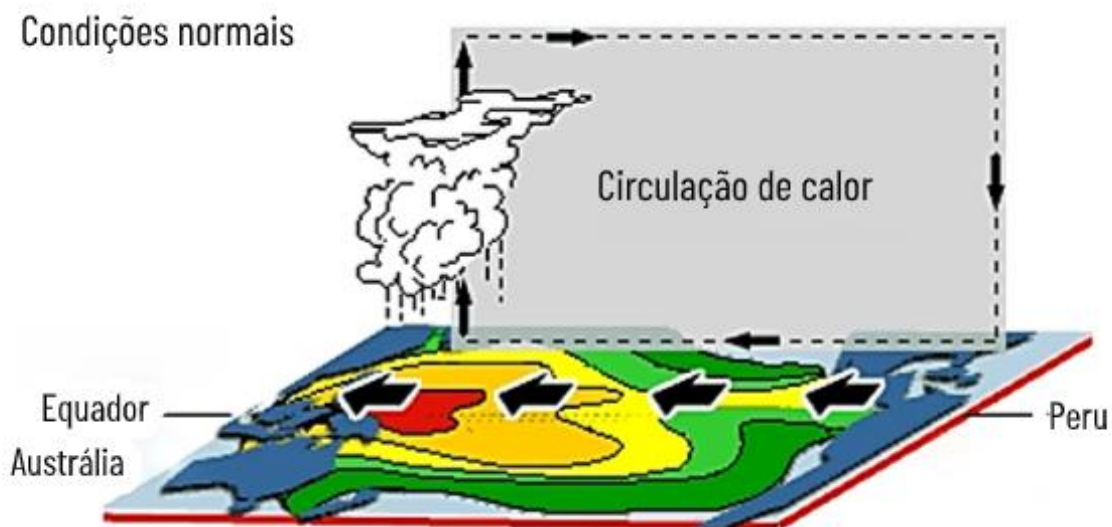
A erosão hídrica é aquela provocada pelas chamadas chuvas erosivas, pois, como o nome diz, são aquelas que possuem a capacidade de provocar erosão. O grau da erosão das chuvas dependerá da sua intensidade, da energia cinética de impacto das gotas sobre a superfície do solo e da capacidade de infiltração dele, e a erosão provocada dependerá da “erodibilidade” do solo, da cobertura vegetal, da declividade e da quantidade de água no solo (Wischmeier, 1959).

Para se precaver dos efeitos dos fatos climáticos são necessárias estratégias para reduzir ou atenuar os seus impactos, tendo em vista que esses fenômenos são naturais e suas ocorrências estão totalmente fora do controle humano. Muitas das técnicas podem exigir planejamento e ação à longo prazo, assim como a implantação de sistemas mais sustentáveis e resilientes, a exemplo do plantio direto. Um terreno mais estruturado e protegido torna-se menos susceptível aos efeitos indesejados ou imprevisíveis do clima (Comunello *et al.*, 2023).

5.1.2.1 Diferenças entre os fenômenos e suas interferências na pesca

Em situações normais (figura 18) os ventos alísios sopram sobre o oceano Pacífico Equatorial, empurrando as águas mais quentes da superfície em direção à Austrália e à Indonésia. Desse modo, na costa do Peru, as águas frias da corrente denominada de *Humboldt* vêm à superfície, fenômeno esse conhecido como ressurgência (Costa, 2014).

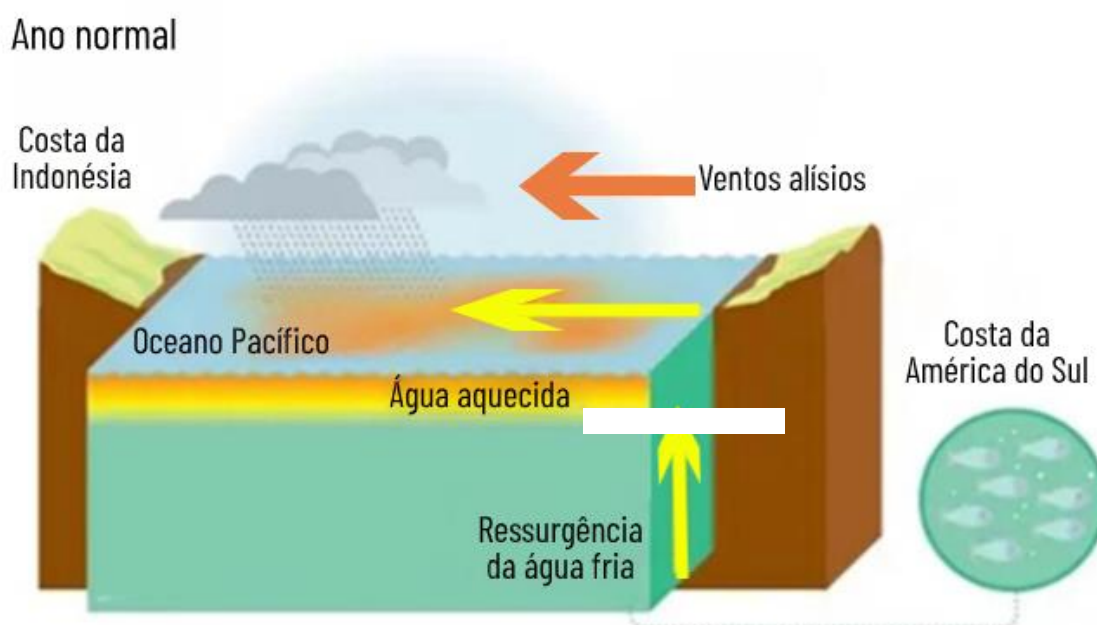
Figura 18 – O oceano Pacífico em condições normais



Fonte: Costa (2014).

Costa (2014) também define a ressurgência e, segundo ele, é processo que consiste em quando os ventos alísios, junto à costa da América do Sul, favorecem o afloramento de águas mais profundas do oceano. Essas águas vêm com muitos nutrientes e micro-organismos, servindo de alimento para os peixes da região (figura 19). Isso explica o porquê da costa oeste da América do Sul ser uma das regiões mais piscosas do mundo. Nesse sentido, forma-se uma cadeia alimentar. Os pássaros que vivem na região se alimentam dos peixes, que se alimentam dos micro-organismos e nutrientes.

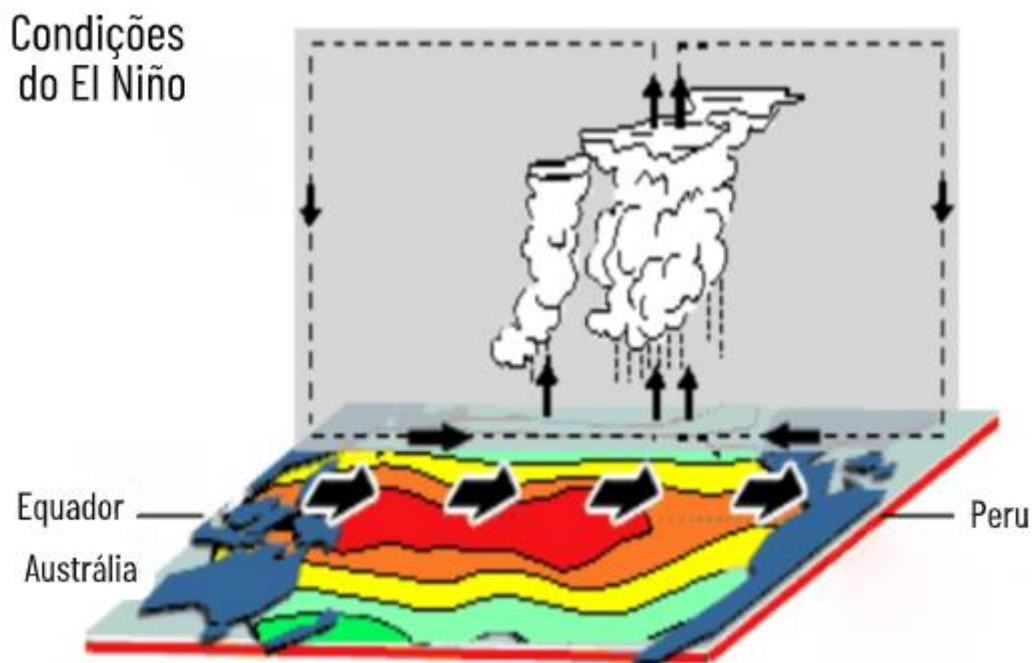
Figura 19 – Caracterização do ano neutro



Fonte: Lucchesi; Schaeffer (2023).

O ar úmido sobe longe da costa da Austrália e a chuva cai apenas no oceano (figura 20), causando secas e queimadas no continente (Costa, 2014).

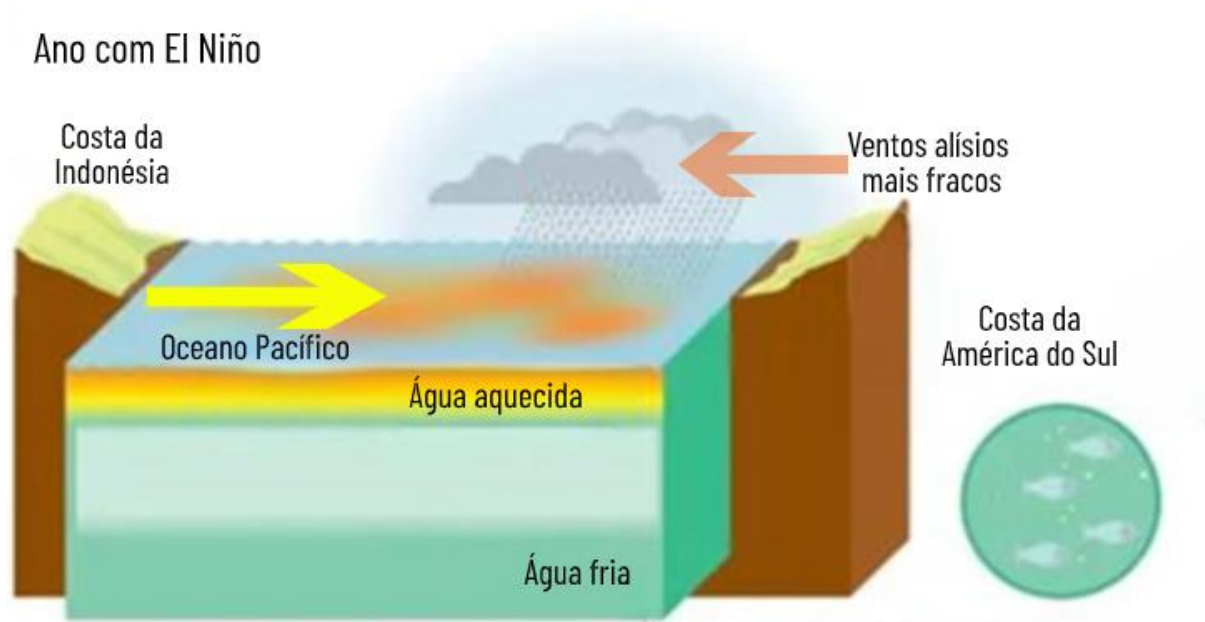
Figura 20 – O oceano Pacífico em condições de El Niño



Fonte: Costa (2014).

No processo com os efeitos do El Niño, quando os ventos alísios estão enfraquecidos ou invertem a direção, a troca de águas não ocorre e as mais quentes permanecem por mais tempo paradas na superfície, podendo chegar até 3°C ou mais acima da média, provocando então o aumento da água da costa peruana que fica acumulada. O calor e o acúmulo de água impedem que o plâncton do fundo do oceano suba e chegue à superfície. Os peixes ficam sem alimentos, não se reproduzem e, por fim, a pesca fica comprometida (figura 21).

Figura 21 – Caracterização do ano El Niño



Fonte: Lucchesi; Schaeffer (2023).

Em período de La Niña, devido os ventos alísios ficarem mais fortes (figura 22), soprando de Leste para Oeste na Linha do Equador, há resfriamento das águas oceânicas da região equatorial, concentrando as águas quentes a oeste do oceano pacífico, e as águas frias do fundo do oceano subindo para a superfície, desregulando as precipitações em vários locais do planeta. No Brasil, o La Niña faz a temperatura cair, pois não há barreira de ar quente que bloqueie a passagem das massas de ar frio vindas da Antártida.

O aumento da intensidade dos ventos alísios provoca um forte processo de ressurgência no lado leste do Pacífico Equatorial, junto à América do Sul. Mais uma vez, as águas profundas sobem carregadas de nutrientes e organismos que vão servir de alimento para os peixes, e assim, o fenômeno favorece a pesca na região. As águas quentes que ficam “represadas” mais a oeste do Pacífico, evaporando e formando nuvens de chuva nessa região, alongando a célula de circulação de Walker em anos de La Niña.

Figura 22 – Caracterização do ano com La Niña



Fonte: Lucchesi; Schaeffer (2023).

5.1.2.2 Caracterização do El Niño e La Niña

El Niño–Oscilação Sul (ENSO) é caracterizado por variações em larga escala da temperatura da superfície do mar (TSM) no Pacífico tropical central e oriental, acompanhadas por mudanças na circulação atmosférica. Os eventos ENSO são de dois tipos principais: El Niño e La Niña (Hashemi, 2021).

El Niño e La Niña podem ser classificados em diferentes tipos, como o El Niño do Pacífico Oriental (EP) e o El Niño do Pacífico Central (CP). Um índice baseado em redes climáticas pode discriminar objetivamente entre esses tipos, considerando a localização e a dispersão das teleconexões globais e a temperatura da superfície (Hashemi, 2021).

As teleconexões atmosféricas são meios de variabilidade natural do clima que estão associadas a fatores locais que causam anomalias climáticas em setores remotos do globo terrestre. A previsão climática sazonal depende do conhecimento dos padrões de teleconexão. Estas, correlacionam condições meteorológicas em regiões distantes e diferentes, mesmo que não estejam fisicamente ligadas, como por exemplo a oscilação de *Madden-Julian*, que prevê quando a chuva que nasce na Indonésia vai chegar ao Brasil (Climatempo, 2021).

Muitos padrões de teleconexão são calculados associados às anomalias de Temperatura da superfície do mar (TSM). O índice Oceânico Niño (ONI) determina a média consecutiva de cinco meses de anomalias de TSM, na região Niño 3.4 (5° S–5° N, 170° W–120° W). El Niño

é um fenômeno no Oceano Pacífico equatorial caracterizado por um valor maior que $0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ para ONI. La Niña é um fenômeno no Oceano Pacífico equatorial caracterizado por um valor menor que $-0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ para ONI. A persistência de qualquer um desses dois fenômenos pode induzir secas severas, enquanto qualquer um deles após o outro pode causar inundações massivas. Em ambos os casos, mortes e perdas pecuniárias substanciais são inevitáveis, tornando sua previsão de grande importância.

Na América do Sul, padrões como o El Niño-Oscilação Sul (ENSO), Oscilação Decadal do Pacífico (PDO), Oscilação Multidecadal do Atlântico (AMO), Dipolo do Atlântico Tropical (TAD), Dipolo do Atlântico Sul (SAD), Modo Anular do Sul (SAM), Oscilação Madden-Julian (MJO) e Dipolo do Oceano Índico (IOD) afetam significativamente o clima, especialmente no sudeste e no norte do Brasil (Reboita *et al.*, 2021).

A caracterização do El Niño e da La Niña envolve, portanto, a identificação de diferentes tipos de eventos com base em anomalias de temperatura da superfície do mar e suas teleconexões globais. Essas características apresentam impactos distintos na biogeoquímica oceânica (mudança na intensidade da ressurgência continental e na produtividade primária) (Reboita *et al.*, 2021) e na circulação atmosférica (respostas assimétricas do vento e feedbacks de radiação e evaporação) (Chen *et al.*, 2016).

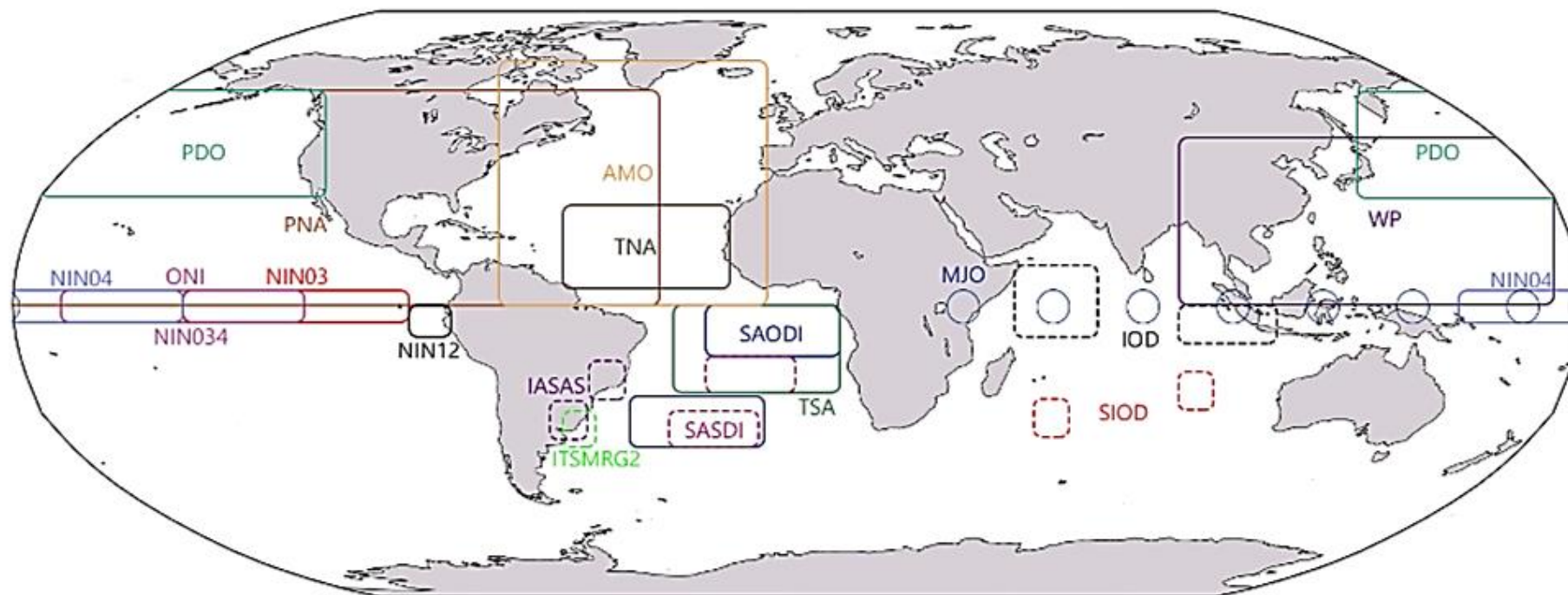
5.1.2.3 Índices de teleconexões

Quando há o conhecimento dos padrões anômalos de TSM há a possibilidade de perceber sobre a presença de distintos modos de teleconexões e os prováveis impactos em diferentes locais do mundo. É por isso que o conhecimento dos padrões de teleconexão ajuda na previsão climática sazonal, sendo extremamente importantes.

As teleconexões climáticas desempenham um papel crucial na modulação dos padrões climáticos regionais em todo o mundo. Padrões como ENSO, NAO, PDO e outros influenciam significativamente a variação, temperatura e outros aspectos climáticos em diversas regiões, desde a América do Sul até a Europa (Craig; Allan, 2021) e Ásia (Tan; Chen, 2014). A compreensão dessas conexões é essencial para melhorar a previsão climática e a gestão de recursos naturais, especialmente em face das mudanças climáticas globais.

Para fazer o monitoramento dos padrões de teleconexão são calculados índices (figura 23) baseados em diferentes variáveis atmosféricas e oceânicas.

Figura 23 - Padrões de teleconexão atmosférica



Fonte: Souza; Reboita (2021).

Segundo Souza e Reboita (2021), tem-se como índices de teleconexões:

- **Modo Anular Sul (Southern Annular Mode - SAM):** É uma oscilação caracterizada por alterações de sinais opostos entre os arredores da Antártica e as latitudes de 45°S. A sua definição é utilizada, por exemplo, para ver como as anomalias podem afetar a frequência de ciclones.

- **Modo Anular do Ártico (Arctic Oscillation - AO):** É similar ao SAM, mas acontece no Hemisfério Norte. Seus resultados mostram quando os ventos se tornam mais intensos ou mais fracos ao redor do polo.

- **Padrão Pacífico-América do Norte (Pacific-North American Pattern - PNA):** É um dos modos mais importantes de variabilidade de baixa frequência nos extratrópicos do Hemisfério Norte. Vale a pena ressaltar que a variação das condições atmosféricas em períodos de um ou vários meses, anos, quinquênios ou períodos mais extensos, sendo até duas décadas, é explicada pela variabilidade climática.

Suas análises estão associadas as temperaturas, comparadas com a média na costa oeste dos Estados Unidos e no oeste do Canadá. Seus resultados podem ser interagidos com outros padrões de teleconexão a fim de ver impactos no clima da América do Sul.

- **Padrão Pacífico-América do Sul (Pacific - South American Pattern - PSA):** é similar ao PNA, mas acontece no Hemisfério Sul. Neste caso, as análises estão associadas com impactos na pressão atmosférica, principalmente ao sul de 20°S, na América do Sul, favorecendo ou desfavorecendo a precipitação.

- **Índice Oceânico do Niño (Oceanic Niño Index - ONI):** É o principal indicador usado no monitoramento de El Niño e La Niña. As condições de El Niño, fase positiva, estão presentes quando o ONI é igual ou maior do que 0,5 °C por cinco períodos trimestrais consecutivos. As condições de La Niña, fase negativa, existem quando o ONI é igual ou menor do que -0,5 °C por 5 períodos trimestrais consecutivos.

- **Índice Multivariado do ENOS (Multivariate ENSO Index - MEI):** Foi originalmente definido por Wolter e Timlin, em 1993, com base na técnica de componente principal não rotacionada aplicada à combinação de seis variáveis de superfície no oceano Pacífico Equatorial. Na sua fase positiva, o índice representa condições de El Niño e, na negativa, de La Niña.

- **Índice de Oscilação Sul (Southern Oscillation Index - SOI):** Indica uma oscilação na pressão atmosférica entre os setores leste e oeste do oceano Pacífico Tropical. Por isso, o índice é conhecido como a componente atmosférica do ENOS. O cálculo ($SOI = PTahiti -$

PDarwin) é realizado pela diferença da pressão atmosférica ao nível médio do mar entre uma estação meteorológica localizada no Tahiti e outra em Darwin (Austrália).

Quando o SOI é positivo indica que a pressão atmosférica ao nível médio do mar é maior em Tahiti do que em Darwin. Quando o índice apresenta uma sequência de meses com valores positivos isso está relacionado com eventos de La Niña.

Quando o SOI é negativo indica que a pressão atmosférica ao nível médio do mar é menor em Tahiti do que em Darwin. Quando o índice apresenta uma sequência de meses com valores negativos isso está relacionado com eventos de El Niño.

Nota-se que o SOI tem sinal inverso aos índices calculados com TSM para indicar os eventos de El Niño e La Niña.

- **Índice do Pacífico Oeste (Western Pacific Index - WP):** É um modo de variabilidade de baixa frequência nas anomalias mensais da pressão ao nível médio do mar, no setor oeste do oceano Pacífico Norte. Durante o inverno e a primavera boreal, o padrão consiste em um dipolo norte-sul de anomalias, com um centro localizado sobre a Península de *Kamchatka* e um outro centro, de sinal oposto, cobrindo porções do sudeste da Ásia e do Pacífico subtropical ocidental norte. Portanto, fases positivas ou negativas intensas desse padrão refletem as variações zonais e meridionais pronunciadas na localização e na intensidade das correntes de jatos sobre a região.

- **Oscilação Decadal do Pacífico (Pacific Decadal Oscillation - PDO):** Refere-se a variações na temperatura da superfície do mar no oceano Pacífico. O índice possui uma fase quente e outra fria, com implicações globais significativas no clima, tendo em vista que afetam a atividade de ciclones, alteram o trajeto das correntes de jatos e favorecem episódios de secas e inundações tanto da bacia do Pacífico, quanto em regiões remotas. A PDO pode intensificar ou diminuir os impactos do ENOS de acordo com sua fase. Se o ENOS e o PDO estiverem na mesma fase, os impactos do El Niño/La Niña podem ser fortalecidos e, quando em fases opostas, enfraquecidos.

- **Oscilação Quase-Bienal (Quasi-Biennial Oscillation - QBO):** É um dos fenômenos marcantes na estratosfera equatorial, pois está associada à ocorrência de fortes ventos zonais, contornando o globo, e que permanecem de leste ou oeste num período médio de 28 a 29 meses. Em sua fase positiva, a QBO indica ocorrência de ventos de oeste e em sua fase negativa, de leste.

- **Oscilação de Madden-Julian (Madden-Julian Oscillation - MJO):** Trata-se de uma oscilação intrasazonal que tem como fonte as anomalias positivas de TSM no oceano Índico. A MJO se desloca para leste e seu ciclo se completa entre 60-90 dias. Ao longo de um ciclo, a

MJO é caracterizada por 8 fases que são indicativas da localização dos máximos de atividade convectiva. Nas fases 8, 1 e 2, há condições propícias à convecção no nordeste do Brasil.

- **Dipolo do Oceano Índico (Indian Ocean Dipole - IOD):** É definido por anomalias de TSM de sinais opostos entre a região oeste (50°E-70°E e 10°S-10°N) e leste do oceano Índico (90°E-110°E e 10°S-0°N). Sua fase positiva é definida quando há anomalias positivas de TSM no setor oeste do Oceano Índico, e quando há anomalias negativas de TSM no setor leste do Oceano Índico.

- **Dipolo do Oceano Índico Subtropical (Subtropical Indian Ocean Dipole - SIOD):** Diferencia-se do IOD pelo fato de que a TSM apresenta anomalias no sentido meridional e em região mais subtropical, sendo definido por anomalias de TSM de sinais opostos entre a região de Madagascar e o oeste da Austrália. O índice é obtido pela diferença das anomalias de TSM em duas regiões do oceano Índico. Sua fase positiva é definida quando há anomalias positivas de TSM próximo a Madagascar.

- **Oscilação Multidecadal do Atlântico (Atlantic Multidecadal Oscillation - AMO):** É uma variação da temperatura da superfície do mar no oceano Atlântico Norte. Caracteriza-se por períodos com cerca de 40 anos com anomalias positivas de TSM, seguidos por períodos de aproximadamente 20 anos com anomalias negativas de TSM no Atlântico Norte. Quando o índice está em fase positiva, a TSM é anormalmente quente na maior parte do oceano Atlântico Norte, e quando está na fase com valores negativos é fria.

- **Oscilação do Atlântico Norte (North Atlantic Oscillation - NAO):** Três padrões de teleconexão chamados de Oscilação do Atlântico Norte (NAO), Oscilação do Pacífico Norte (NPO) e Oscilação do Sul (SOI) foram identificadas por Walker & Bliss em 1932. A NAO é caracterizada por anomalias de pressão ao nível médio do mar com sinais opostos entre a Islândia-Groenlândia e o Atlântico Norte subtropical. Os valores positivos indicam o aumento da diferença de pressão entre as duas regiões, resultando em uma corrente de jato mais intensa no oceano Atlântico. Quando está em sua fase negativa, a baixa subpolar e a alta subtropical estão mais fracas que a média e a corrente de jato do Atlântico têm uma orientação mais oeste-leste.

- **Índice do Atlântico Tropical Sul (Tropical Southern Atlantic Index - TSA):** É um indicador da TSM no oceano Atlântico Tropical Sul. Valores positivos do TSA indicam que a TSM é anormalmente quente no oceano Atlântico Tropical Sul, enquanto que valores negativos indicam alteração fria.

- **Índice do Atlântico Tropical Norte (Tropical Northern Atlantic Index - TNA):** É um indicador da temperatura da superfície do mar no oceano Atlântico Tropical Norte. Valores

positivos do TNA indicam que a TSM está anormalmente quente no oceano Atlântico Tropical Norte, enquanto que valores negativos indicam anomalia fria.

- **Dipolo do Atlântico Sul (Southern Atlantic Dipole - SAD):** Corresponde a anomalias de TSM de sinais opostos no oceano Atlântico Sul entre as latitudes do sul do Brasil e Uruguai e o setor mais tropical desse oceano. Na literatura, há dois índices para o SAD: o South Atlantic Subtropical Dipoleindex – SASDI e o South Atlantic Ocean Dipoleindex – SAODI. Tanto para o SASDI, quanto para o SAODI, é calculada a diferença entre a área mais tropical e a subtropical.

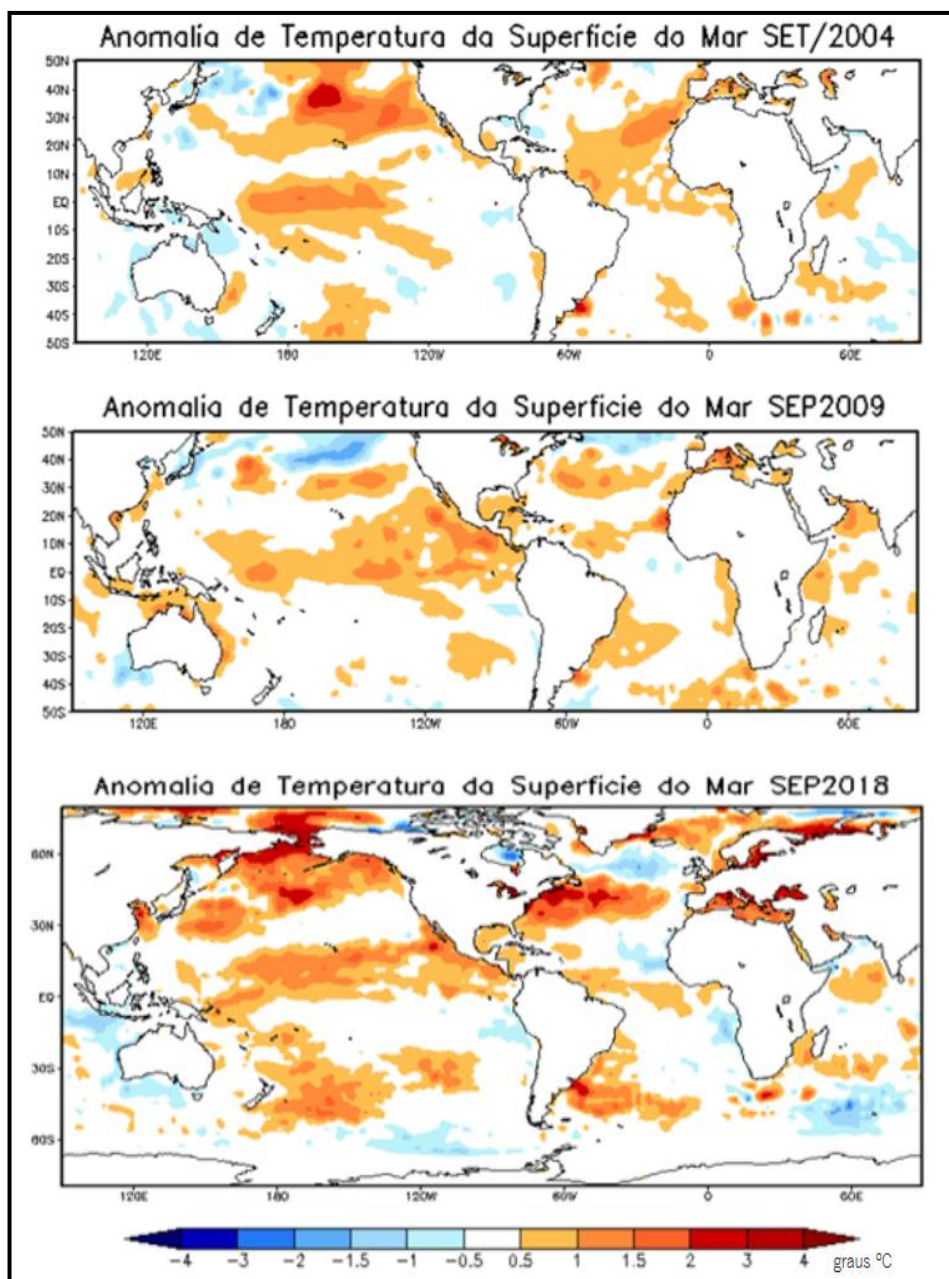
- **Índice do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (IASAS):** O Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) influencia a precipitação ao longo do leste da América do Sul. Enquanto que no verão seus ventos contribuem para o transporte de calor e umidade para o continente favorecendo a chuva, no inverno, atua dificultando a passagem de frentes frias e a organização da convecção. Entretanto, há períodos em que o ASAS adquire características alteradas.

A título de exemplo, no verão de 2014, o ASAS adquiriu características típicas do inverno, que influenciou na escassez hídrica no sudeste do Brasil. Quando isso ocorre, a região fica com predomínio de anomalia positiva de pressão atmosférica, passando por um período seco, enquanto a região sul, que fica com predomínio de anomalia negativa de pressão atmosférica, por um período chuvoso.

Com a presença de anomalias de alta pressão em superfície na região sudeste, o jato de baixos níveis a leste dos Andes se dirige para a região sul, contribuindo para a ocorrência de precipitação no sul. Isso mostra o quanto o monitoramento das anomalias de pressão atmosférica nas regiões sul e sudeste do Brasil são importantes.

- **Índice de TSM na RG2 (ITSMRG2):** O Grupo de Estudos Climáticos/USP (GrEC/USP), desde a década de 2000, registra a presença de anomalias de TSM na região entre o Uruguai e o extremo sul do Brasil, que é conhecida como região ciclogênica RG2 nos estudos de Reboita *et al.* (2010, 2019) e de Jesus (2020). Exemplos de episódios de anomalias quentes na referida região são mostrados na figura 24. Quando o índice é negativo indica águas mais frias do que a climatologia, e quando é positivo, águas mais quentes.

Figura 24 - Exemplos de anomalias mensais de TSM

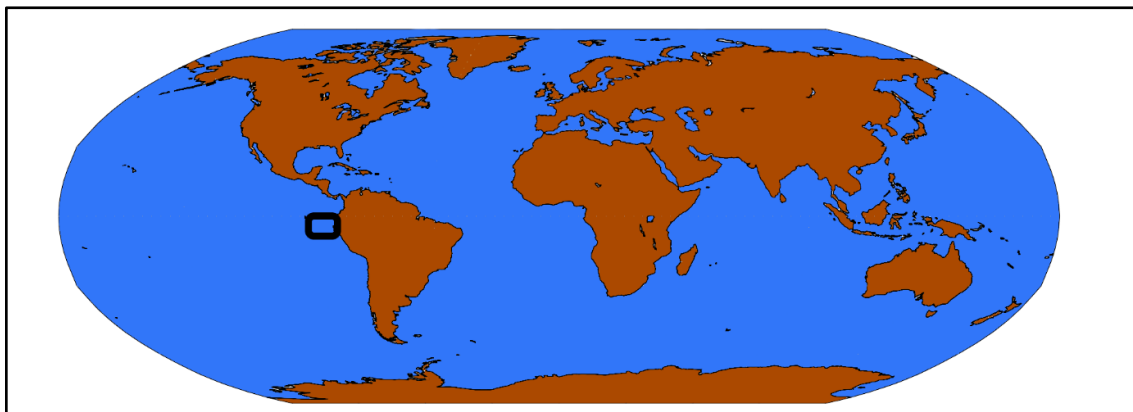


Fonte: Souza; Reboita (2021).

- **Índices de Temperatura da Superfície do Mar no Pacífico:** Existem quatro regiões definidas para monitorar a ocorrência de eventos de El Niño e La Niña no oceano Pacífico Tropical. Essas regiões são chamadas de EN1+2, EN3, EN3.4 e EN4 e os seus índices (anomalias de TSM) recebem o mesmo nome delas.

Para o caso do ENOS, as anomalias da Temperatura da Superfície do Mar (TSM), ou SST, que vem de “*Sea Surface Temperature*” em inglês, na região EN3.4 tem a área mais sensível para esse monitoramento. Ela também é a mesma empregada para o cálculo do ONI, explicado no item 5.2.2.5. Quando no setor leste predominam águas mais quentes do que a

Figura 26 – Região Niño 1+2 no globo terrestre

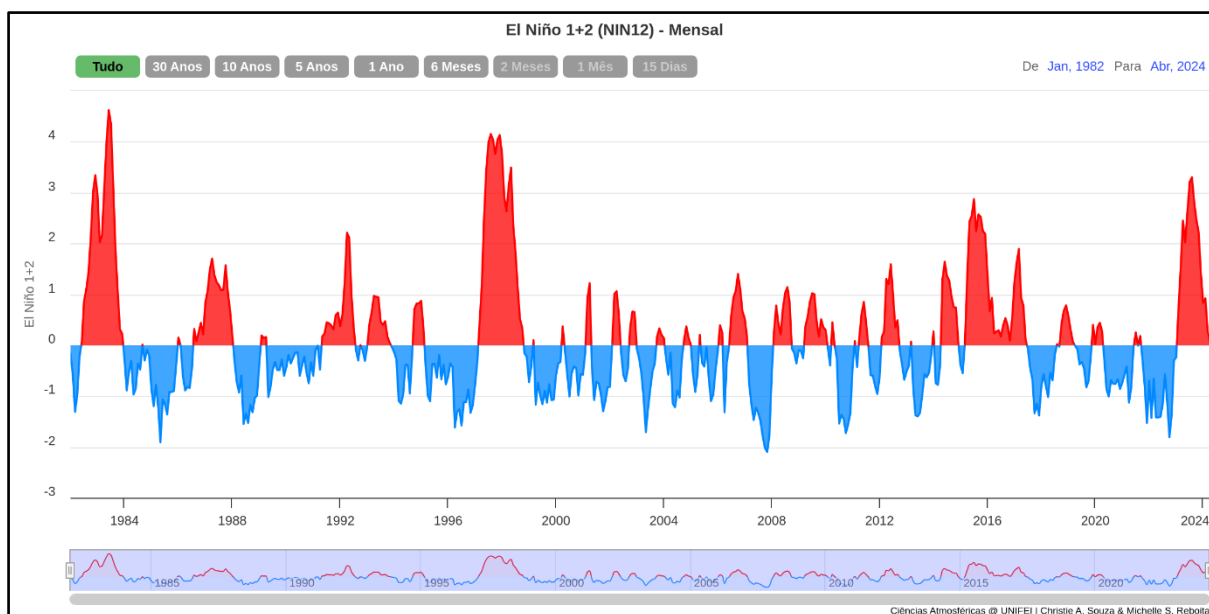


Fonte: Meteorologia UNIFEI (2024).

O índice El Niño 1+2 é calculado nas seguintes etapas (Souza; Reboita, 2021):

1. Média da SST na área da região Niño 1+2;
2. Média da climatologia da SST na área da região Niño 1+2;
3. Subtração da etapa 2 pela 1;
4. Suavização das anomalias com uma média contínua de 5 meses;
5. Normalização dos valores suavizados por seu desvio padrão ao longo do período climatológico.

Figura 27 - Gráfico do Índice Niño 1+2

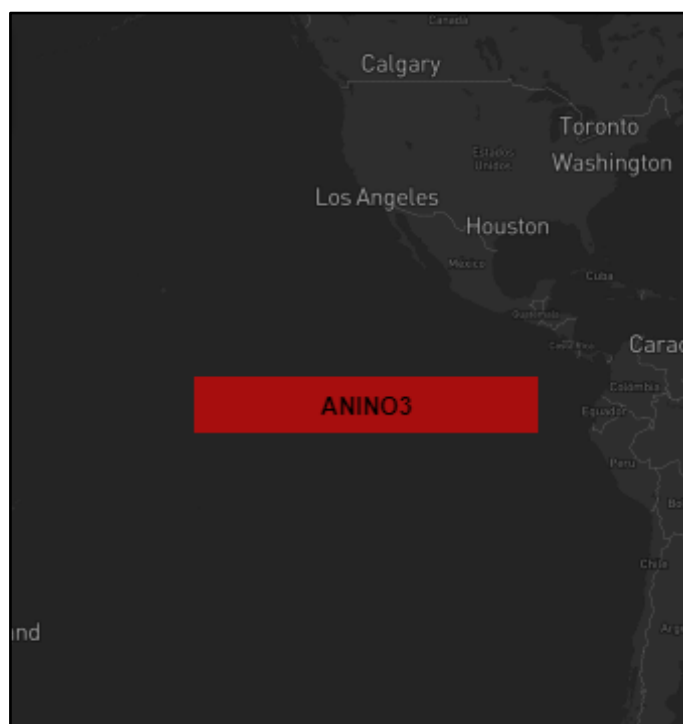


Fonte: Meteorologia UNIFEI (2024).

5.1.2.2.2 Niño 3 (5N-5S, 150W-90W)

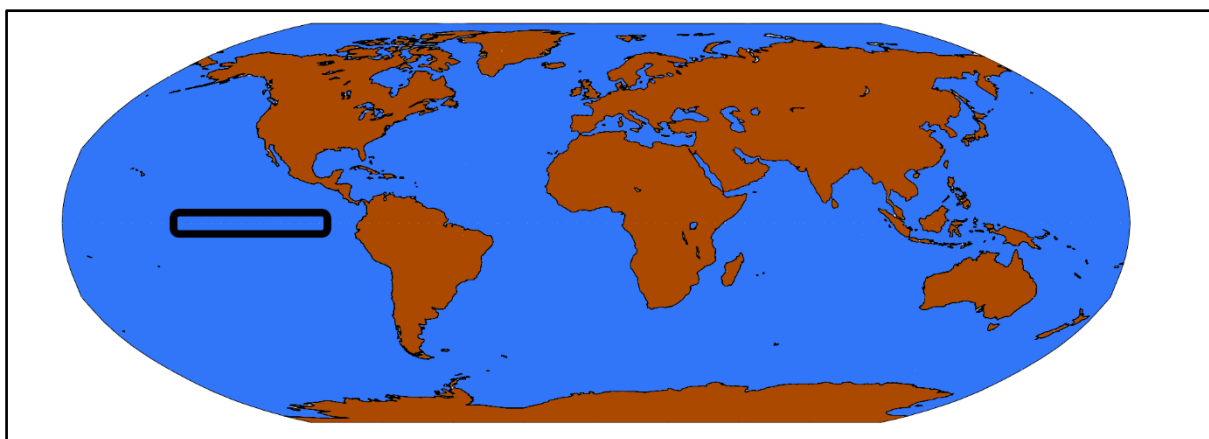
Esta região já foi utilizada para se realizar o monitoramento e as previsões do El Niño, mas depois os pesquisadores observaram que a região chave para as interações oceano-atmosfera acopladas para ENOS fica mais a oeste. Por isso, o Niño 3.4 e o ONI se tornaram principais para definir os eventos El Niño e La Niña.

Figura 28 – Região Niño 3



Fonte: Meteorologia UNIFEI (2024).

Figura 29 – Região Niño 3 no globo terrestre

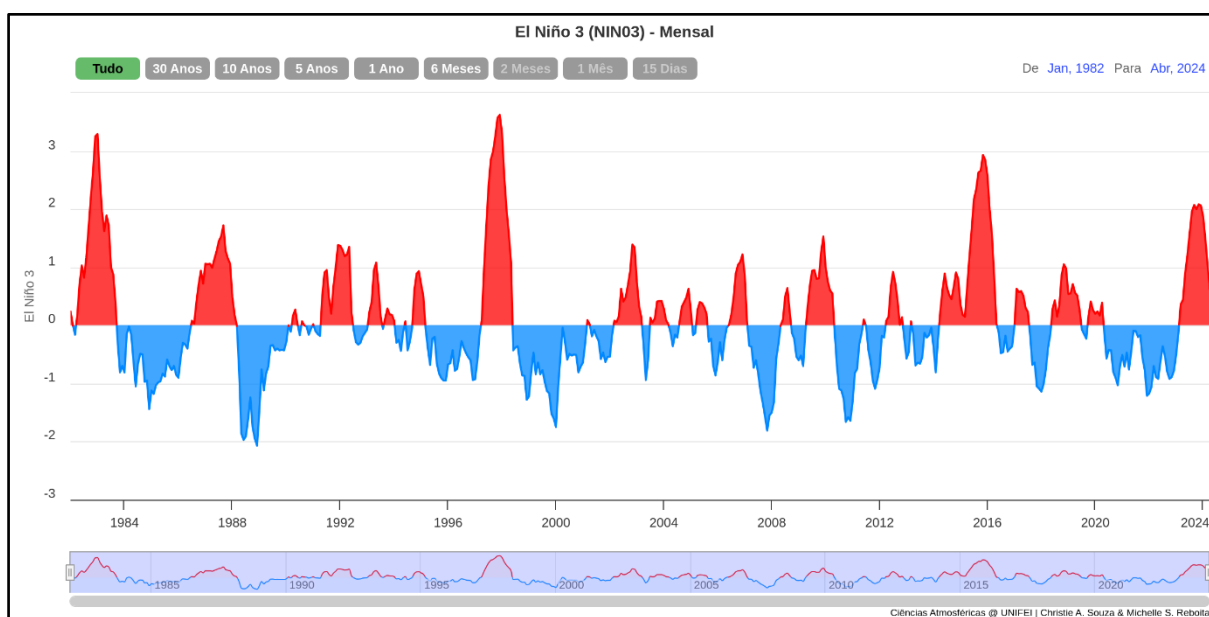


Fonte: Meteorologia UNIFEI (2024).

O índice El Niño 3 é calculado nas seguintes etapas:

1. Média da SST na área da região Niño 3;
2. Média da climatologia da SST na área da região Niño 3;
3. Subtração da etapa 2 pela 1;
4. Suavização das anomalias com uma média contínua de 5 meses;
5. Normalização dos valores suavizados por seu desvio padrão ao longo do período climatológico.

Figura 30 – Gráfico do Índice Niño 3



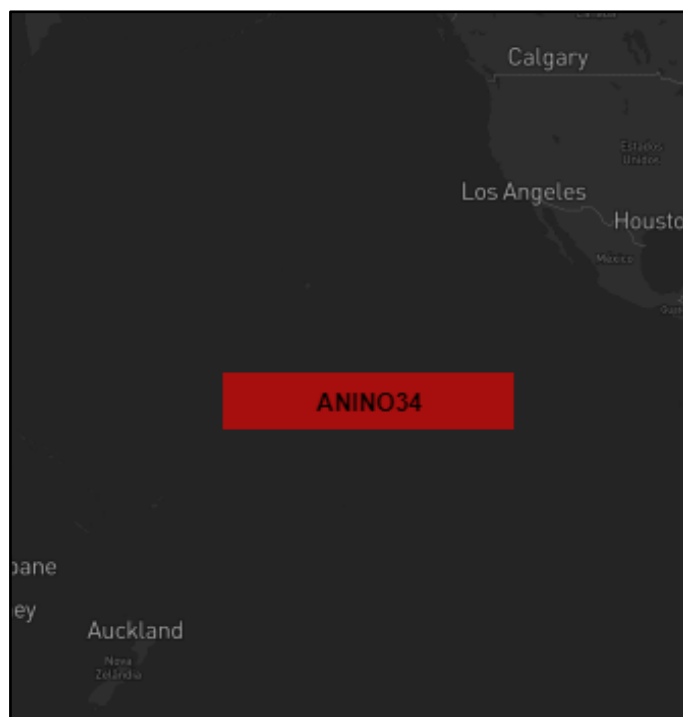
Fonte: Meteorologia UNIFEI (2024).

5.1.2.2.3 Niño 3.4 (5N-5S, 170W-120W)

As anomalias da região do Niño 3.4 podem ser consideradas como representante da anomalia *Sea Surface Temperature* (SST) equatoriais. O índice Niño 3.4 normalmente usa uma média contínua de cinco meses, e os eventos El Niño ou La Niña são definidos quando as TSMs do Niño 3.4 excedem $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ por um período de no mínimo seis meses.

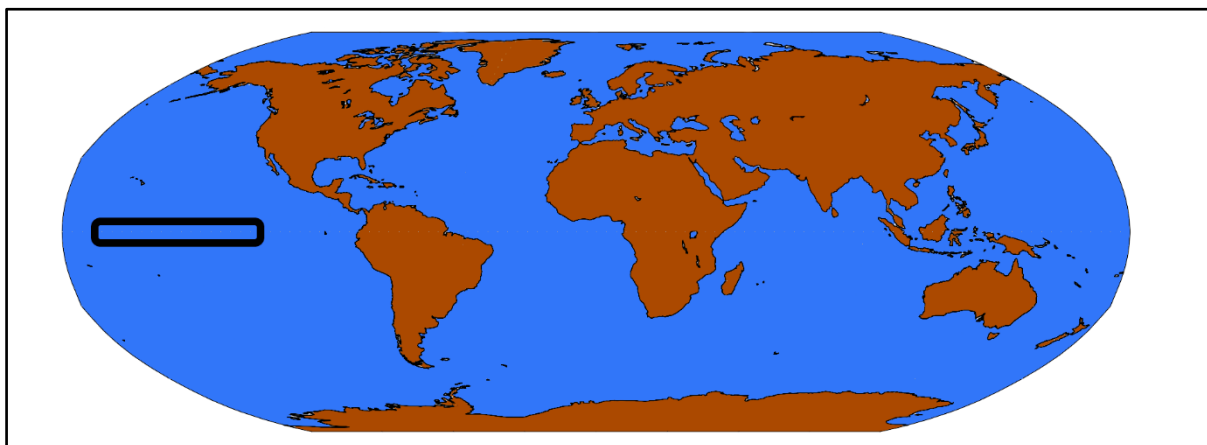
Para classificar o caráter único de cada evento El Niño ou La Niña, o índice Niño 3.4 deve ser combinado com um índice denominado Índice Trans-Niño (TNI), que é dado pela diferença das anomalias normalizadas de TSM entre as regiões Niño 1+2 e Niño 4.

Figura 31 – Região Niño 3.4



Fonte: Meteorologia UNIFEI (2024).

Figura 32 – Região Niño 3.4 no globo terrestre

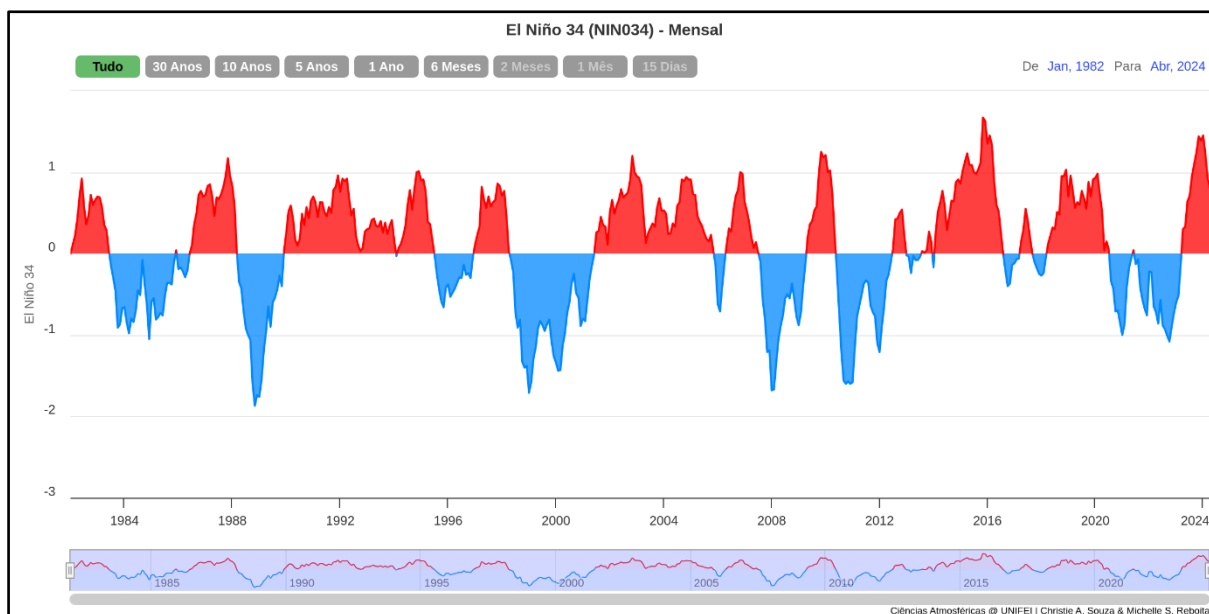


Fonte: Meteorologia UNIFEI (2024).

O índice El Niño 3.4 é calculado nas seguintes etapas:

1. Média da SST na área da região Niño 3.4;
2. Média da climatologia da SST na área da região Niño 3.4;
3. Subtração da etapa 2 pela 1;
4. Suavização das anomalias com uma média contínua de 5 meses;
5. Normalização dos valores suavizados por seu desvio padrão ao longo do período climatológico.

Figura 33 – Gráfico do Índice Niño 3.4

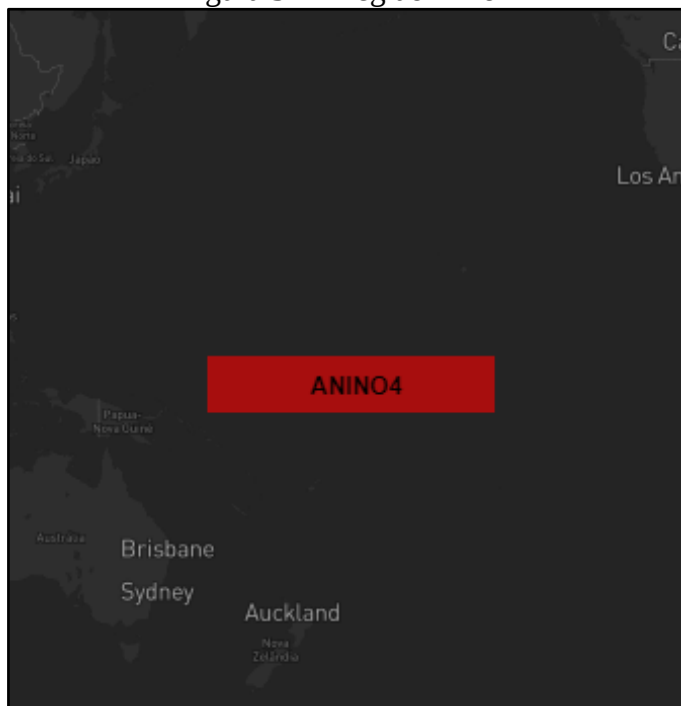


Fonte: Meteorologia UNIFEI (2024).

5.1.2.2.4 Niño 4 (5N-5S, 160E-150W)

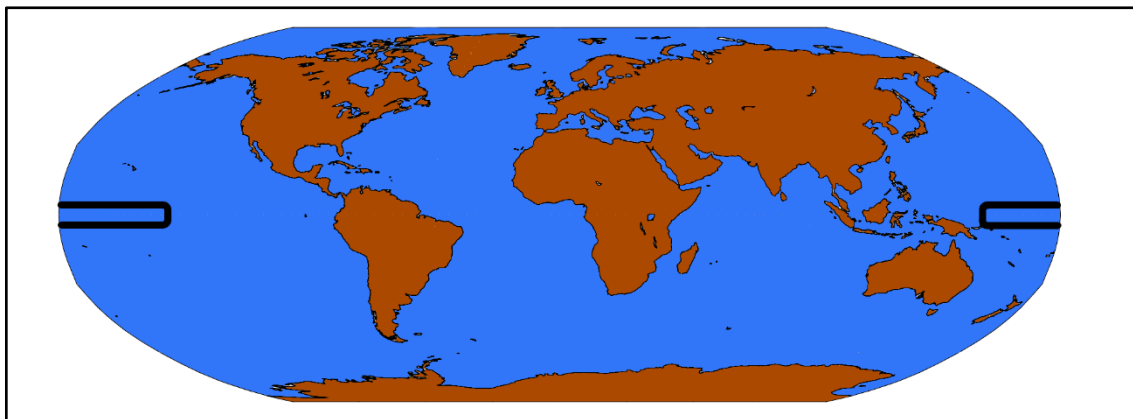
O índice dessa região registra anomalias de SST no Pacífico equatorial central, e tende a ter menor variabilidade do que as outras regiões Niño.

Figura 34 – Região Niño 4



Fonte: Meteorologia UNIFEI (2024).

Figura 35 – Região Niño 4 no globo terrestre

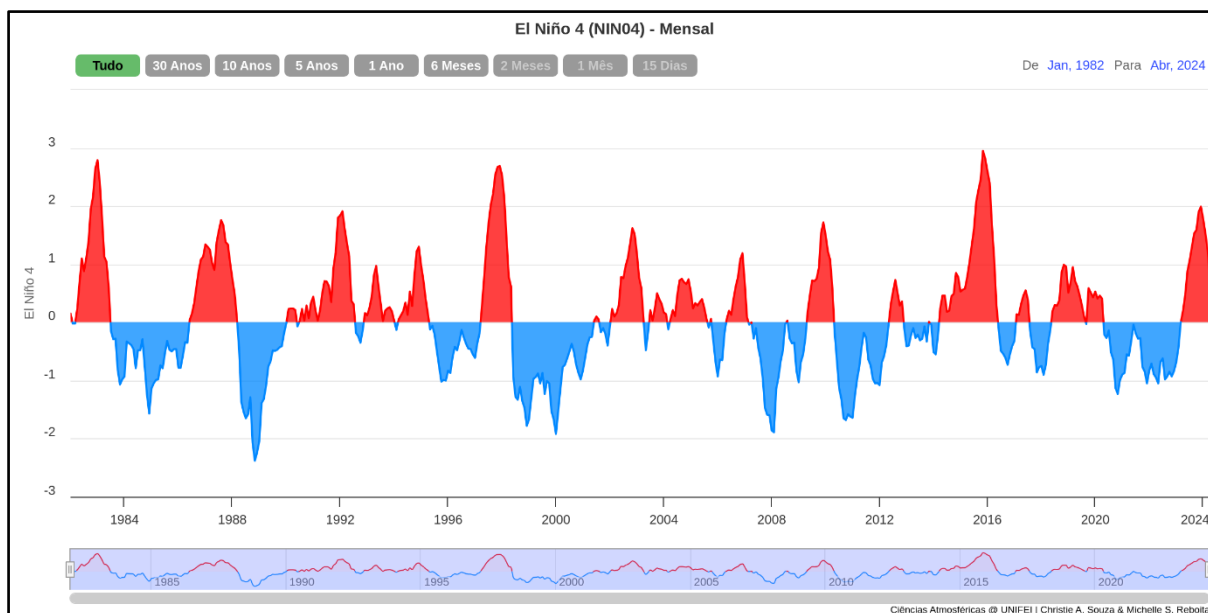


Fonte: Meteorologia UNIFEI (2024).

O índice El Niño 4 é calculado nas seguintes etapas:

1. Média da SST na área da região Niño 4;
2. Média da climatologia da SST na área da região Niño 4;
3. Subtração da etapa 2 pela 1;
4. Suavização das anomalias com uma média contínua de 5 meses;
5. Normalização dos valores suavizados por seu desvio padrão ao longo do período climatológico.

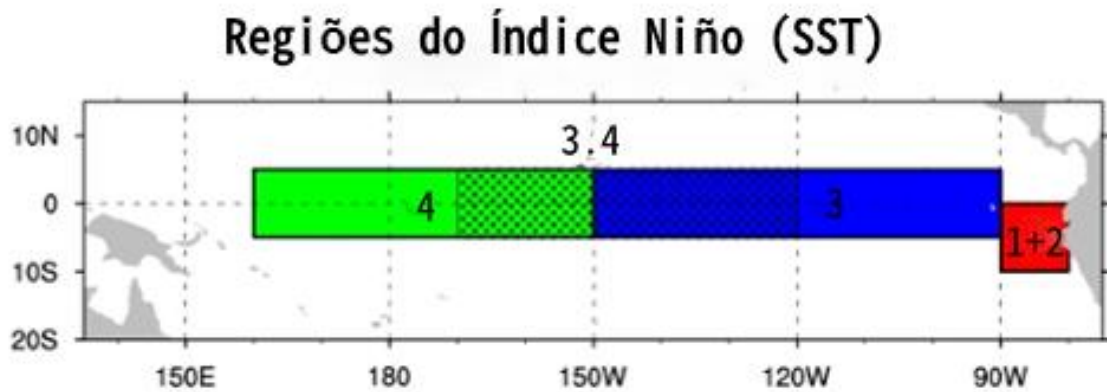
Figura 36 – Gráfico do Índice Niño 4



Fonte: Meteorologia UNIFEI (2024).

Os números das regiões Niño 1, 2, 3 e 4 (figura 37) significam rótulos atribuídos aos rastros dos navios que cruzaram essas regiões. Os dados dessas “pegadas” permitiram que os registros históricos do El Niño fossem calculados no tempo até 1949.

Figura 37 – Números das regiões



Fonte: Adaptado de Meteorologia UNIFEI (2024).

Segundo o Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos/Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CPTEC/INPE) (2024), a caracterização dos fenômenos é analisada por meio do cálculo de dois índices. Abaixo, tem-se informações sobre cada um deles, de acordo com Souza e Reboita (2021).

5.1.2.2.5 Índice Oceânico Niño (Oceanic Niño Index – ONI)

Esse índice é o principal indicador para o monitoramento de El Niño e La Niña. Considera-se que as condições do El Niño estão presentes quando o ONI é +0,5 ou superior, indicando que o Pacífico tropical centro-leste está significativamente mais quente do que o normal. As condições de La Niña existem quando o Índice Oceânico de Niño é -0,5 ou inferior, indicando que a região está mais fria do que o normal.

O ONI rastreia as temperaturas médias da superfície do mar, por no mínimo cinco períodos de três meses consecutivos, no Pacífico tropical leste-central entre 120°-170° W, mesmo domínio do índice Niño 3.4, sendo essa região localizada a leste da linha de dados internacional ao longo do equador e mede a distância entre o Havaí e a Califórnia.

Para ser calculado é utilizada a temperatura média da superfície do mar na região Niño 3.4 para cada mês e, em seguida, calculam a média com valores dos meses anteriores e seguintes. Essa média de três meses consecutivos é comparada a uma média de 30 anos. A diferença observada em relação à temperatura média nessa região - mais quente ou mais fria - é o valor do ONI para a "estação" de três meses.

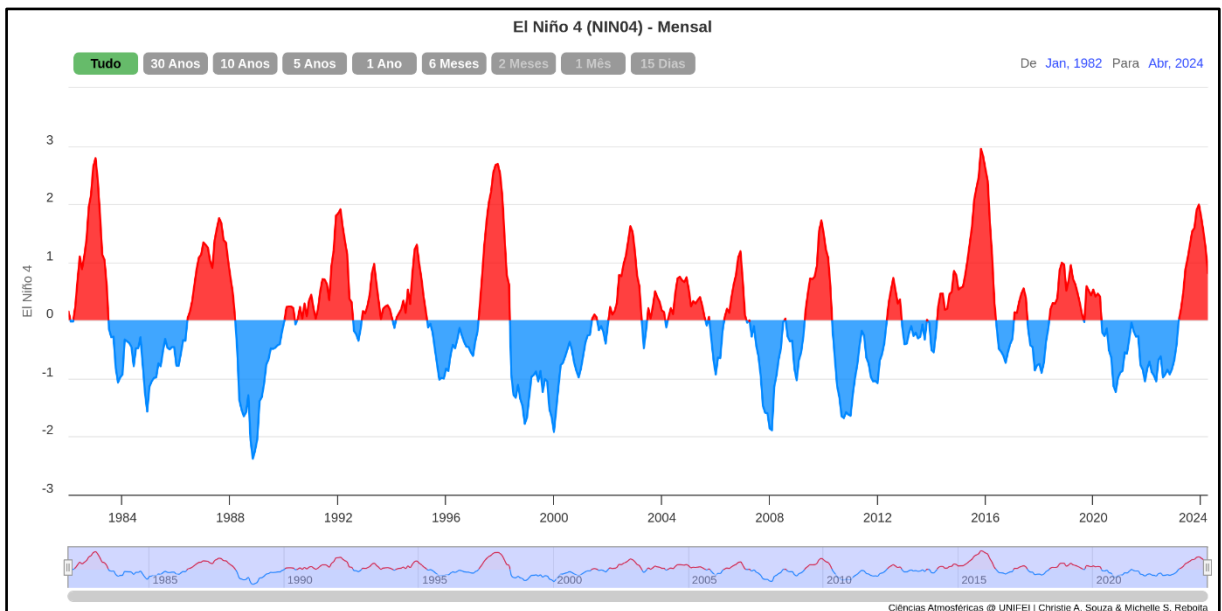
O índice ONI é calculado nas seguintes etapas:

1. Calcule uma temperatura média mensal da superfície do mar na região Niño 3.4 (5°S-5°N, 170°W-120°W).

2. Calcule um valor climatológico mensal de 30 anos, atualizado a cada 5 anos.
3. Calcular uma anomalia mensal com os anos centrados na climatologia.
4. $ONI \geq 0.5^{\circ}\text{C}$ indica El Niño, valores $\leq -0.5^{\circ}\text{C}$ indicam La Niña e valores entre indicam uma fase neutra.

Os valores climatológicos mensais de 30 anos que são atualizados a cada cinco anos são utilizados para calcular as anomalias, que por sua vez, são usadas para calcular o Índice Oceânico de Niño (ONI). Essa atualização dos períodos de base é realizada para remover a tendência de aquecimento observada na região de Niño 3.4. Como El Niño e La Niña são definidos como desvios do "normal", o normal é representativo do clima atual para que signifique alguma coisa.

Figura 38 – Índice ONI



Fonte: Meteorologia UNIFEI (2024).

A tabela 2 mostra os índices ONI do ano de 1950 até o último período registrado, que é o trimestre de Fev/Mar/Abr/2024. Os dados preenchidos em vermelho, indicam situações de El Niño, e em azul de La Niña.

No “Super El Niño” do período de 2015-2016 foram seis trimestres seguidos com anomalia de mais de 2°C , sendo o primeiro entre agosto e outubro de 2015 com $2,11^{\circ}\text{C}$ e o último entre janeiro a março de 2016 com $2,23^{\circ}\text{C}$. O máximo trimestral foi de $2,64^{\circ}\text{C}$ nos trimestres de novembro de 2015 a janeiro de 2016.

No Super El Niño de 1997-1998 houve cinco semestres com anomalias acima de 2°C , de agosto a outubro de 1997 a dezembro de 1997 a fevereiro de 1998. Os trimestres mais

quentes tiveram anomalia de 2,4°C em outubro a dezembro de 1997 e de 2,30°C de novembro de 1997 a janeiro de 1998.

Tabela 2 – Índice ONI (1950-2024)

Período	Dez/Jan/Fev	Jan/Fev/Mar	Fev/Mar/Abr	Mar/Abr/Mai	Abr/Mai/Jun	Mai/Jun/Jul	Jun/Jul/Ago	Jul/Ago/Set	Ago/Set/Out	Set/Out/Nov	Out/Nov/Dez	Nov/Dez/Jan
1950	-1,53	-1,34	-1,16	-1,18	-1,07	-0,85	-0,54	-0,42	-0,39	-0,44	-0,6	-0,8
1951	-0,82	-0,54	-0,17	0,18	0,36	0,58	0,7	0,89	0,99	1,15	1,04	0,81
1952	0,53	0,37	0,34	0,29	0,2	0	-0,08	0	0,15	0,1	0,04	0,15
1953	0,4	0,6	0,63	0,66	0,75	0,77	0,75	0,73	0,78	0,84	0,84	0,81
1954	0,76	0,47	-0,05	-0,41	-0,54	-0,5	-0,64	-0,84	-0,9	-0,77	-0,73	-0,66
1955	-0,68	-0,62	-0,69	-0,8	-0,79	-0,72	-0,68	-0,75	-1,09	-1,42	-1,67	-1,47
1956	-1,11	-0,76	-0,63	-0,54	-0,52	-0,51	-0,57	-0,55	-0,46	-0,42	-0,43	-0,43
1957	-0,25	0,06	0,41	0,72	0,92	1,11	1,25	1,32	1,33	1,39	1,53	1,74
1958	1,81	1,66	1,27	0,93	0,74	0,64	0,57	0,43	0,39	0,44	0,5	0,61
1959	0,61	0,62	0,52	0,33	0,2	-0,07	-0,18	-0,28	-0,09	-0,03	0,05	-0,04
1960	-0,1	-0,1	-0,07	0,03	0,02	0,03	0,13	0,24	0,27	0,2	0,12	0,05
1961	0,04	0,03	0,04	0,09	0,23	0,27	0,14	-0,13	-0,3	-0,26	-0,19	-0,16
1962	-0,24	-0,22	-0,2	-0,26	-0,28	-0,2	-0,04	-0,07	-0,11	-0,22	-0,31	-0,43
1963	-0,4	-0,15	0,15	0,27	0,31	0,52	0,86	1,14	1,22	1,29	1,37	1,31
1964	1,07	0,62	0,12	-0,33	-0,58	-0,58	-0,6	-0,66	-0,76	-0,8	-0,82	-0,78
1965	-0,59	-0,28	-0,07	0,18	0,46	0,83	1,22	1,54	1,85	1,98	1,97	1,72
1966	1,37	1,17	0,98	0,66	0,35	0,24	0,24	0,12	-0,05	-0,1	-0,18	-0,3
1967	-0,41	-0,48	-0,53	-0,45	-0,24	0	0,05	-0,16	-0,3	-0,38	-0,34	-0,44
1968	-0,64	-0,74	-0,62	-0,44	-0,04	0,28	0,58	0,53	0,45	0,55	0,73	0,98
1969	1,13	1,09	0,95	0,77	0,61	0,43	0,36	0,51	0,79	0,86	0,81	0,63
1970	0,51	0,34	0,29	0,19	0,04	-0,3	-0,63	-0,76	-0,77	-0,74	-0,86	-1,15
1971	-1,36	-1,38	-1,12	-0,85	-0,73	-0,74	-0,8	-0,77	-0,82	-0,85	-0,96	-0,9
1972	-0,71	-0,35	0,06	0,41	0,67	0,92	1,13	1,37	1,58	1,84	2,09	2,12
1973	1,84	1,25	0,54	-0,1	-0,54	-0,87	-1,11	-1,28	-1,45	-1,71	-1,95	-2,03
1974	-1,84	-1,55	-1,23	-1,03	-0,91	-0,77	-0,53	-0,37	-0,41	-0,61	-0,75	-0,64
1975	-0,54	-0,57	-0,65	-0,73	-0,83	-0,98	-1,13	-1,2	-1,37	-1,43	-1,55	-1,65
1976	-1,56	-1,17	-0,73	-0,47	-0,28	-0,05	0,18	0,35	0,62	0,81	0,86	0,85
1977	0,71	0,64	0,34	0,23	0,21	0,34	0,35	0,42	0,57	0,73	0,81	0,79
1978	0,69	0,42	0,06	-0,18	-0,31	-0,29	-0,36	-0,42	-0,42	-0,29	-0,08	0
1979	0,03	0,07	0,2	0,28	0,23	0,05	0,04	0,17	0,33	0,45	0,52	0,64
1980	0,59	0,46	0,34	0,38	0,48	0,46	0,25	0,03	-0,07	0,02	0,11	-0,01
1981	-0,26	-0,5	-0,47	-0,37	-0,26	-0,29	-0,3	-0,25	-0,16	-0,13	-0,15	-0,08
1982	-0,05	0,07	0,19	0,47	0,66	0,72	0,79	1,07	1,58	1,97	2,18	2,23
1983	2,18	1,92	1,54	1,29	1,06	0,72	0,31	-0,08	-0,46	-0,81	-1	-0,91
1984	-0,6	-0,42	-0,34	-0,43	-0,51	-0,45	-0,3	-0,16	-0,24	-0,56	-0,92	-1,14
1985	-1,04	-0,85	-0,77	-0,78	-0,78	-0,63	-0,49	-0,46	-0,4	-0,35	-0,27	-0,36

Período	Dez/Jan/Fev	Jan/Fev/Mar	Fev/Mar/Abr	Mar/Abr/Mai	Abr/Mai/Jun	Mai/Jun/Jul	Jun/Jul/Ago	Jul/Ago/Set	Ago/Set/Out	Set/Out/Nov	Out/Nov/Dez	Nov/Dez/Jan
1986	-0,49	-0,47	-0,31	-0,2	-0,12	-0,04	0,22	0,44	0,71	0,94	1,14	1,22
1987	1,23	1,19	1,06	0,95	0,97	1,22	1,51	1,7	1,65	1,48	1,25	1,11
1988	0,81	0,54	0,14	-0,31	-0,88	-1,3	-1,3	-1,11	-1,19	-1,48	-1,8	-1,85
1989	-1,69	-1,43	-1,08	-0,83	-0,58	-0,4	-0,31	-0,27	-0,24	-0,22	-0,16	-0,05
1990	0,14	0,21	0,28	0,29	0,29	0,31	0,33	0,38	0,39	0,35	0,4	0,41
1991	0,41	0,26	0,22	0,26	0,45	0,64	0,73	0,64	0,62	0,79	1,21	1,53
1992	1,71	1,63	1,48	1,29	1,06	0,73	0,37	0,09	-0,13	-0,25	-0,28	-0,13
1993	0,09	0,3	0,5	0,67	0,7	0,57	0,32	0,25	0,15	0,1	0,04	0,06
1994	0,06	0,07	0,17	0,31	0,42	0,41	0,44	0,43	0,55	0,74	1,01	1,09
1995	0,96	0,72	0,53	0,3	0,14	-0,03	-0,24	-0,54	-0,81	-0,97	-1	-0,98
1996	-0,9	-0,75	-0,59	-0,39	-0,31	-0,3	-0,27	-0,32	-0,35	-0,4	-0,45	-0,49
1997	-0,5	-0,36	-0,1	0,28	0,75	1,22	1,6	1,9	2,14	2,33	2,4	2,39
1998	2,24	1,93	1,44	0,99	0,45	-0,13	-0,78	-1,12	-1,31	-1,35	-1,48	-1,57
1999	-1,55	-1,3	-1,07	-0,98	-1,02	-1,04	-1,1	-1,11	-1,16	-1,26	-1,46	-1,65
2000	-1,66	-1,41	-1,07	-0,81	-0,71	-0,64	-0,55	-0,51	-0,55	-0,63	-0,75	-0,74
2001	-0,68	-0,52	-0,44	-0,34	-0,25	-0,12	-0,08	-0,13	-0,19	-0,29	-0,35	-0,31
2002	-0,15	0,03	0,09	0,2	0,43	0,65	0,79	0,86	1,01	1,21	1,31	1,14
2003	0,92	0,63	0,38	-0,04	-0,26	-0,16	0,08	0,21	0,26	0,29	0,35	0,35
2004	0,37	0,31	0,23	0,17	0,17	0,28	0,47	0,64	0,7	0,67	0,66	0,69
2005	0,64	0,58	0,45	0,43	0,29	0,11	-0,06	-0,14	-0,11	-0,29	-0,57	-0,81
2006	-0,79	-0,67	-0,47	-0,28	-0,05	0,04	0,12	0,27	0,48	0,71	0,9	0,95
2007	0,71	0,32	-0,03	-0,23	-0,29	-0,41	-0,54	-0,84	-1,13	-1,4	-1,54	-1,6
2008	-1,59	-1,42	-1,19	-0,92	-0,75	-0,54	-0,35	-0,26	-0,3	-0,41	-0,6	-0,73
2009	-0,8	-0,69	-0,52	-0,24	0,09	0,35	0,47	0,54	0,65	0,95	1,31	1,57
2010	1,55	1,31	0,94	0,44	-0,09	-0,59	-1,03	-1,38	-1,61	-1,7	-1,69	-1,59
2011	-1,37	-1,09	-0,83	-0,64	-0,47	-0,38	-0,46	-0,65	-0,89	-1,06	-1,14	-1,03
2012	-0,81	-0,62	-0,5	-0,38	-0,18	0,05	0,27	0,33	0,31	0,21	0,01	-0,21
2013	-0,38	-0,33	-0,24	-0,21	-0,27	-0,34	-0,38	-0,35	-0,31	-0,23	-0,22	-0,27
2014	-0,37	-0,36	-0,17	0,13	0,3	0,23	0,07	0,03	0,18	0,44	0,59	0,66
2015	0,6	0,56	0,62	0,79	1,02	1,25	1,54	1,83	2,11	2,37	2,53	2,64
2016	2,53	2,23	1,68	1,03	0,48	0	-0,34	-0,57	-0,68	-0,74	-0,71	-0,56
2017	-0,29	-0,06	0,15	0,29	0,39	0,38	0,16	-0,14	-0,44	-0,7	-0,88	-0,97
2018	-0,87	-0,76	-0,6	-0,41	-0,13	0,06	0,11	0,2	0,43	0,7	0,85	0,81
2019	0,75	0,72	0,71	0,66	0,54	0,45	0,28	0,14	0,19	0,35	0,51	0,55
2020	0,5	0,48	0,4	0,19	-0,08	-0,3	-0,41	-0,57	-0,89	-1,17	-1,27	-1,19
2021	-1,05	-0,93	-0,84	-0,66	-0,48	-0,38	-0,4	-0,49	-0,67	-0,81	-0,98	-0,98
2022	-0,97	-0,93	-0,99	-1,06	-0,99	-0,85	-0,81	-0,91	-1,01	-0,99	-0,92	-0,83
2023	-0,68	-0,43	-0,15	0,16	0,48	0,77	1,07	1,32	1,56	1,78	1,92	1,95
2024	1,79	1,49	1,15									

Fonte: Meteorologia UNIFEI (2024).

5.1.2.2.6 Índice de Oscilação Sul (Southern Oscillation Index – SOI)

Representa a diferença na pressão média do ar ao nível do mar, medida no Taiti (na região da Polinésia Francesa, no Pacífico central) e Darwin (no norte da Austrália), que pode indicar a condição do acoplamento entre o Oceano Pacífico e a Atmosfera.

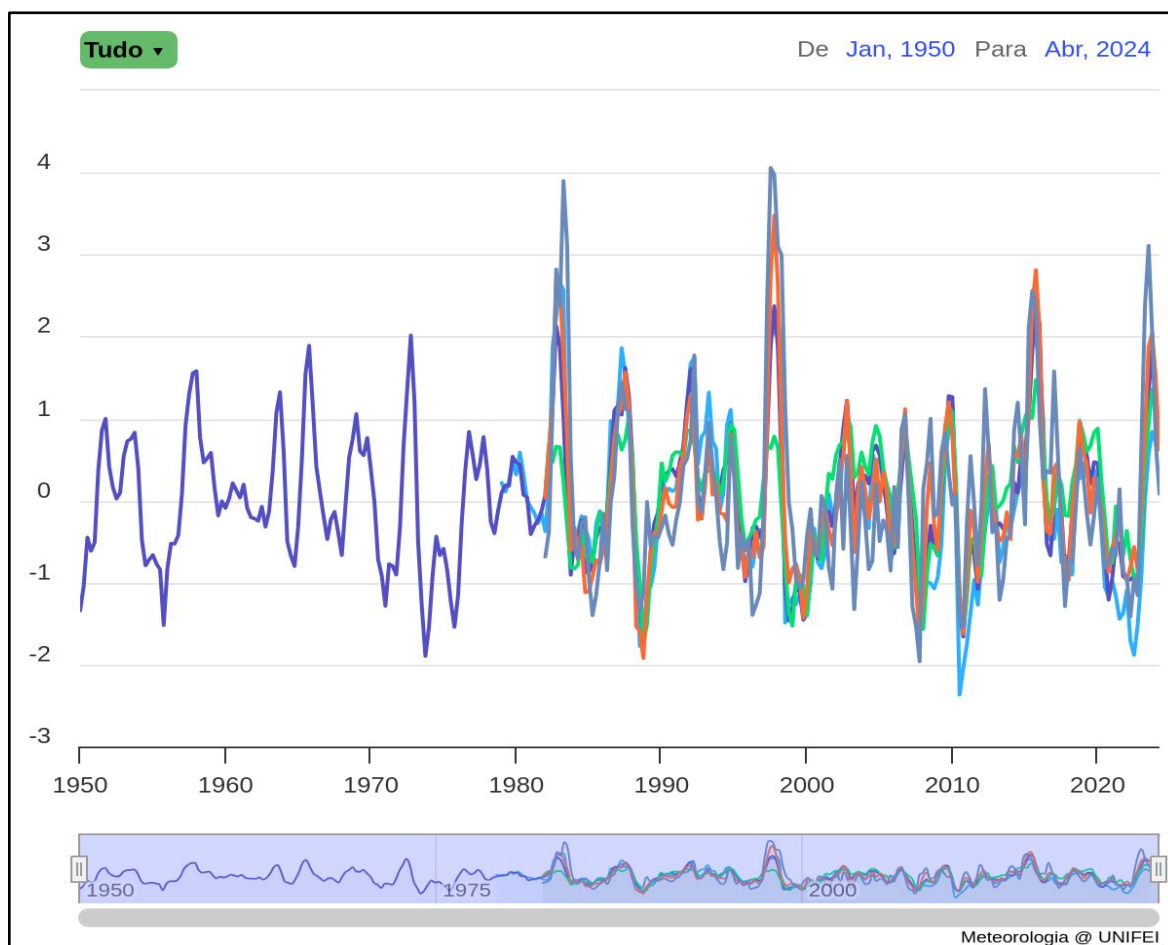
Em condições de El Niño a pressão é mais baixa do que o normal em Taiti e mais alta do que o normal em Darwin, resultando em um valor negativo do Índice de Oscilação Sul.

Em condições de La Niña a pressão é mais alta do que o normal em Taiti e mais baixa do que o normal em Darwin, resultando em um valor positivo do Índice de Oscilação Sul.

5.1.2.3 Relação entre os índices

Quando os índices são comparados entre si, é possível ver a semelhança nos seus resultados (figura 39).

Figura 39 – Comparação dos índices



Fonte: Meteorologia UNIFEI (2024).

5.1.3 Impactos econômicos e sociais

Desde 1971, a taxa média de aumento da temperatura global foi de 0,18°C a 0,19°C por década, enquanto o período de 2014 a 2019 teve um aumento de 0,32°C a 0,39°C acima da média da década de 2000 a 2009. Em relação ao período de 2001-2010, o período de 2011-2020 teve a década mais quente já registrada no mundo, com taxa média de aumento de 0,82°C (Dunn *et al.*, 2020; NCEI, 2021).

As mudanças climáticas têm impacto negativo na qualidade e quantidade da água no solo, e assim, na água necessária para a produção agrícola. De acordo com um relatório de 2019 publicado pela Agência Europeia do Ambiente, espera-se em toda a Europa que, os efeitos das alterações climáticas na agricultura produzam diminuição média do produto interno bruto em 1% até 2050. Além disso, como resultado das ondas de calor e dos elevados níveis de emissões de carbono, prevê-se uma diminuição de 24% na produtividade do milho até ao final do século (Arora, 2019, Backlund *et al.*, 2020; Jacobs *et al.*, 2019; Jonas *et al.*, 2021)

Aniela Carrara, pesquisadora da área de macroeconomia do Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA Esalq/USP), o ano de 2024 está com expectativas para os preços dos alimentos e de como eles poderão impactar o consumidor, pois já se encontram altos. Entre os pontos que ensejam as citadas perspectivas está o da questão climática (Carrara, 2024).

Ainda para a pesquisadora, o fenômeno do El Niño, que afeta o clima do Brasil desde o segundo semestre de 2023, embora não tenha atingido anomalias acima de 2°C, foi classificado pela *World Meteorological Organization* (WMO) (2024) como um dos cinco mais fortes já registrados. As mudanças climáticas globais, resultantes do efeito estufa e que tem levado aos extremos das médias de temperatura, são uma realidade cada vez mais frequente, sendo que um dos seus maiores impactos é sobre a produção agrícola. Dependendo da cultura e da região, pode gerar um resultado negativo na produtividade, e consequentemente numa menor oferta de produtos, influenciando diretamente no aumento dos preços. As condições climáticas vêm se apresentando cada vez mais determinantes na oferta agrícola, e é um item que está fora do domínio de quem produz, o que causa um grande desafio para o planejamento e manutenção da produtividade.

A batata inglesa, que é a mais consumida do grupo das hortaliças tuberosas, destacou-se na inflação de fevereiro de 2024, com alta de 6,79%, muito por conta do atraso no plantio, devido aos efeitos do El Niño. Esse exemplo ilustra o fato de que cada produto agrícola tem as suas especificidades, como o clima ideal para plantio e para colheita. Então, quando se trata dos

preços dos alimentos de modo agregado, é sempre importante se atentar que este é um todo composto de diversas particularidades, que devem ser consideradas (Carrara, 2024).

Vale a pena ressaltar que a preocupação com o preço dos alimentos vai além da questão econômica, do alcance de metas de inflação e de como isso pode interferir na política financeira do país. Preocupar-se com a alta dos preços dos alimentos, a nível dos consumidores, é se preocupar também com a segurança alimentar da população. Ou seja, ao se discutir sobre os preços dos alimentos, também é prescindível observar o quanto esse aumento pode dificultar o acesso, sobretudo dos mais pobres, a uma alimentação adequada (Carrara, 2024).

Dados do IBGE indicam redução de mais de 50% no consumo dos brasileiros de produtos base da alimentação, como arroz e feijão, ao longo de 16 anos e atribui essa diminuição principalmente ao aumento dos preços de tais produtos e ao crescente consumo de produtos ultraprocessados. Cerca de 11% da população vive com renda per capita de até $\frac{1}{4}$ do salário mínimo e 30% vivem com menos de $\frac{1}{2}$ salário mínimo. Resumindo, cerca de 60% da população brasileira vive com até um salário mínimo per capita (Carrara, 2024).

5.1.3.1 Casos de dengue

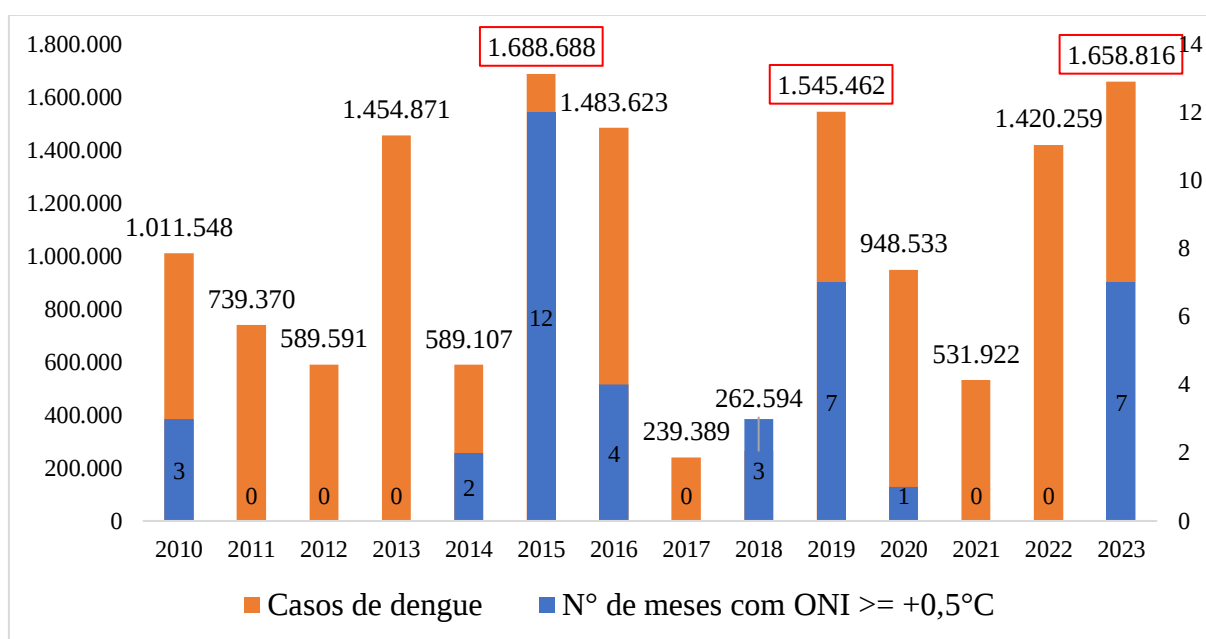
Um tópico que vale a pena ser ressaltado, por se tratar de um problema social grave e relacionado à água, é o aumento de casos de dengue em anos de El Niño. Estudos revelam que aumento dos casos da doença está relacionado aos fenômenos climáticos que impactam no ciclo hidrológico. Segundo meteorologistas, as temperaturas acima da média que são, em parte, influenciadas pelo El Niño, esquentam as águas do oceano Pacífico, impactando na temperatura e nas chuvas em várias regiões do planeta. Como o calor intenso e contínuo, junto a chuva constante, resultam em água parada em grandes quantidades, as situações se tornam extremamente favoráveis para que o mosquito *Aedes Aegypti*, transmissor da dengue, deposite ovos e se prolifere.

As alterações climáticas e meteorológicas com efeitos na temperatura, precipitação e umidade podem afetar a reprodução, sobrevivência, distribuição geográfica e a capacidade de transmissão de patógenos. Mas, outros fatores também interferem nesses números de casos, como a mobilidade humana, pois quanto mais pessoas morando em centros urbanos, onde o mosquito é adaptado para viver, maior será a incidência de pessoas infectadas, e também há a introdução de novas variações do vírus da dengue que pode fazer com que a população, que não havia sido exposta previamente, seja exposta e atingida (De Souza; Weaver, 2024).

Um estudo realizado por Barcellos *et al.* (2024) analisou dados do clima em um intervalo de 20 anos e observou uma relação entre o aumento do calor e a incidência da dengue, onde anteriormente a doença não era comum. Regiões com altitudes elevadas, que antes funcionavam como barreira para a transmissão da dengue, tornaram-se áreas de altas taxas de incidência. No interior do Paraná, Goiás, Distrito Federal e Mato Grosso do Sul, isso está se tornando quase permanente. Onde se tinha cinco dias de anomalia de calor, agora está tendo de 20 a 30 dias cima da média ao longo do verão, e isso impacta no processo de transmissão de dengue, tanto por causa do mosquito, quanto pela circulação de pessoas.

Dados do Ministério da Saúde (2024) confirmam que em anos de El Niño, os números de casos de dengue tendem a aumentar. Observando o aspecto da tendência, do período de 2010 a 2023, os anos que registraram maior número de meses com índices ONI maior ou igual a $+0,5^{\circ}\text{C}$, também foram aqueles com maior número de casos prováveis de dengue, como nos anos de 2015, 2019 e 2023.

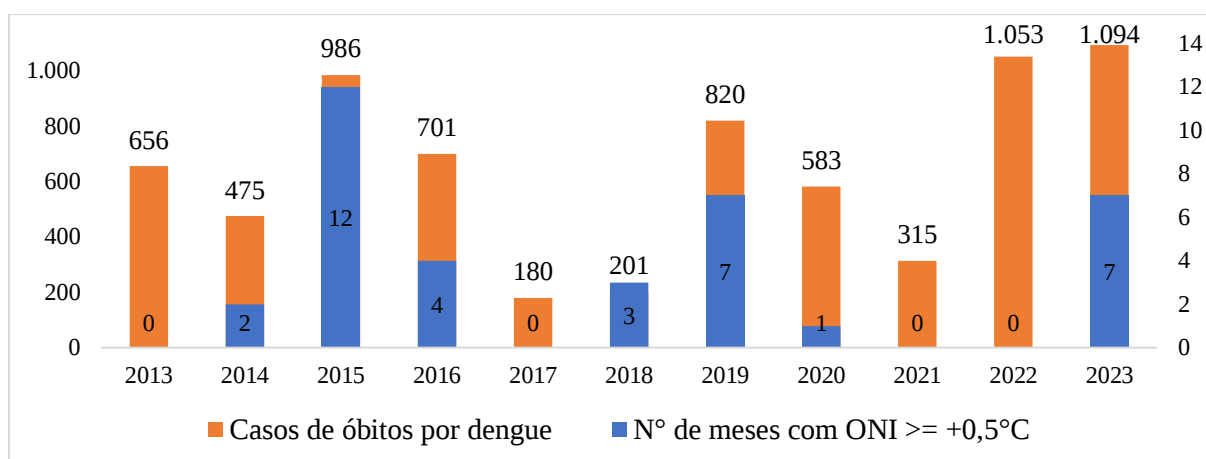
Gráfico 9 - Número de casos de dengue e o fenômeno El Niño



Fonte: Elaborado pela própria autora com dados do Ministério da Saúde (2024).

Fazendo uma nova observação, agora com os casos de óbitos por dengue, a tendência no período de 2010 a 2023 também seguiu no mesmo sentido. Nos anos que houve maior número de meses com índices ONI maior ou igual a $+0,5^{\circ}\text{C}$, também foram os anos que registraram maior número de casos de óbitos de dengue, como nos anos de 2015, 2019 e 2023.

Gráfico 10 - Número de casos óbitos por dengue e o fenômeno El Niño



Fonte: Elaborado pela própria autora com dados do Ministério da Saúde (2024).

5.1.3.2 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS)

As mudanças climáticas estão diretamente relacionadas aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), estabelecidos pela Organização das Nações Unidas (ONU) na Agenda 2030. Entre os 17 ODS, o combate às mudanças climáticas aparece explicitamente em um objetivo, mas os impactos do clima afetam muitos outros. A seguir, estão as principais conexões entre as mudanças climáticas e os ODS.

a) ODS 1: Erradicação da Pobreza

As mudanças climáticas têm impactos desproporcionais sobre as populações mais vulneráveis, que dependem diretamente dos recursos naturais e têm menos capacidade de adaptação. As secas, enchentes e eventos climáticos extremos aumentam a pobreza, principalmente em países em desenvolvimento, onde as comunidades dependem da agricultura e de recursos naturais locais.

b) ODS 2: Fome Zero e Agricultura Sustentável

As alterações climáticas afetam a produção agrícola e a segurança alimentar. A escassez de água, a degradação do solo e o aumento da frequência de eventos climáticos extremos, como secas e inundações, comprometem a capacidade de produção de alimentos, dificultando o alcance do objetivo de erradicar a fome e promover uma agricultura sustentável.

c) ODS 3: Saúde e Bem-estar

As mudanças climáticas afetam a saúde humana de várias maneiras: ondas de calor aumentam a mortalidade, a proliferação de vetores de doenças (como mosquitos) se intensifica, e desastres naturais causam traumas e doenças. Esses efeitos tornam mais difícil alcançar o objetivo de garantir saúde e bem-estar para todos.

d) ODS 6: Água Potável e Saneamento

As mudanças climáticas impactam diretamente a disponibilidade e a qualidade da água. Secas prolongadas, inundações e a salinização de fontes de água doce (causada pela elevação do nível do mar) prejudicam o acesso a recursos hídricos seguros, o que dificulta a meta de garantir água potável e saneamento para todos.

e) ODS 7: Energia Acessível e Limpa

O combate às mudanças climáticas exige uma transição para fontes de energia renovável (solar, eólica, hidroelétrica), que são fundamentais para reduzir as emissões de carbono. Este ODS visa garantir o acesso à energia limpa e acessível, o que está alinhado com as metas climáticas globais de descarbonização.

f) ODS 8: Trabalho Decente e Crescimento Econômico

A transição para uma economia de baixo carbono pode criar novas oportunidades de trabalho em setores verdes, como energia renovável e tecnologias limpas. Por outro lado, as mudanças climáticas também causam perdas econômicas, especialmente em setores vulneráveis, como o turismo, a agricultura e a pesca, prejudicando o crescimento econômico sustentável.

g) ODS 9: Indústria, Inovação e Infraestrutura

A infraestrutura e as indústrias precisam se adaptar às mudanças climáticas e se tornar mais resilientes. Investir em inovação e tecnologias que reduzam emissões de carbono, e ao mesmo tempo fortalecer as infraestruturas contra eventos climáticos extremos, é essencial para o crescimento sustentável.

h) ODS 11: Cidades e Comunidades Sustentáveis

As cidades são grandes emissoras de gases de efeito estufa, e as mudanças climáticas representam um desafio para a resiliência urbana. Inundações, ondas de calor e outros desastres

climáticos extremos prejudicam a infraestrutura urbana e aumentam a vulnerabilidade das populações. Portanto, construir cidades sustentáveis e resilientes é crucial para enfrentar as mudanças climáticas.

i) ODS 12: Consumo e Produção Responsáveis

As mudanças climáticas são exacerbadas pelos padrões insustentáveis de consumo e produção. Este ODS busca promover a eficiência no uso de recursos, a redução de resíduos e a economia circular, o que contribui diretamente para mitigar as emissões de carbono e reduzir a pressão sobre o meio ambiente.

j) ODS 13: Ação contra a Mudança Global do Clima

Este objetivo trata diretamente das mudanças climáticas, buscando tomar medidas urgentes para combater as alterações climáticas e seus impactos. Ele está focado em reduzir as emissões de gases de efeito estufa, aumentar a resiliência aos efeitos climáticos e fortalecer as políticas e ações globais de mitigação e adaptação.

k) ODS 14: Vida na Água e ODS 15: Vida Terrestre

As mudanças climáticas afetam profundamente os ecossistemas marinhos e terrestres. A acidificação dos oceanos, causada pelo aumento do dióxido de carbono, e a elevação das temperaturas ameaçam a biodiversidade marinha, incluindo corais e espécies pesqueiras. Em terra, as alterações climáticas contribuem para a degradação de florestas, desertificação e perda de biodiversidade, o que ameaça a sustentabilidade dos ecossistemas.

l) ODS 16: Paz, Justiça e Instituições Eficazes

As mudanças climáticas podem exacerbar tensões sociais e políticas, levando a conflitos por recursos como água e terras férteis. Este ODS destaca a importância de instituições fortes e justas para gerir os recursos naturais e resolver conflitos relacionados ao meio ambiente de forma pacífica.

Portanto, é possível concluir que as mudanças climáticas afetam quase todos os ODS, seja diretamente, como no caso da ação climática, ou indiretamente, ao influenciar áreas como saúde, pobreza, recursos hídricos e segurança alimentar. Para alcançar os ODS, é essencial que os países adotem políticas de mitigação e adaptação às mudanças climáticas, promovendo o desenvolvimento sustentável em harmonia com a preservação ambiental e a justiça social.

5.2 Consequências nos Recursos Hídricos

A água é um recurso natural extremamente necessário para a existência dos seres vivos e desenvolvimento de uma sociedade, podendo ser utilizada para múltiplos usos como abastecimento humano, industrial, irrigação, navegação, assimilação e transporte de poluentes, recreação, preservação de ecossistemas e geração de energia. Porém, ela também pode ser considerada como um risco quando no cenário de eventos extremos (Brown *et al.*, 2015; Serrão *et al.*, 2020).

Cada uso tem as suas particularidades associadas às características de qualidade, os quais alteram o estado natural das águas superficiais e subterrâneas. Assim, a disponibilidade hídrica poderá sofrer restrições, num futuro próximo, quando esse fator é associado a outros agravantes, como por exemplo, as mudanças climáticas e suas interferências no ciclo das chuvas (Anandhi; Steiner; Bailey, 2016; ANA, 2020).

Por isso, compreender o sistema de recursos hídricos e sua exposição a fatores que agravam a disponibilidade hídrica é importante para garantir uma gestão sustentável. Muitos fatores estão exercendo pressão sobre os sistemas de recursos hídricos, aumentando a sua demanda e criando uma necessidade de avaliações de vulnerabilidade (Anandhi; Kannan, 2018; Serrão *et al.*, 2020).

Esses fatores de vulnerabilidade, seja a curto ou longo prazo, estão relacionados com as alterações no uso e cobertura da terra, mudanças climáticas, crescimento populacional, desenvolvimento socioeconômico, avanço da agricultura irrigada e políticas de uso e conservação da água. Todos causam impactos diretos no aumento da demanda de água e na vulnerabilidade ao acesso do recurso (Zurovec; Cadro; Sitaula, 2017; Anandhi; Kannan, 2018; Chen *et al.*, 2019; Serrão *et al.*, 2020).

Sabe-se que o ciclo da água está diretamente ligado ao clima, e por isso, as mudanças que acontecem no clima e que alteram o regime de chuvas, podem provocar o aumento da ocorrência de eventos hidrológicos extremos, como as inundações e os longos períodos de seca. Esses eventos afetam a oferta de água, ameaçando o suprimento de recursos hídricos para todos os seres vivos e todos os níveis de qualquer cadeia alimentar (Ataide *et al.*, 2022).

Conhecido popularmente como "desastre natural", um evento climático ou meteorológico extremo é resultante de uma grave interrupção no funcionamento normal de uma sociedade, afetando seu cotidiano. Essa séria e abrupta paralisação envolve, simultaneamente, perdas materiais, sociais e econômicas, assim como danos ambientais e à saúde das populações por meio de agravos e doenças que podem causar mortes, tanto imediatas como posteriores.

Os eventos climáticos e meteorológicos extremos, geralmente, são classificados quanto a sua origem e segundo a ANA (2020), em:

- **Hidrológicos:** São as inundações bruscas e graduais, alagamentos, enchentes, deslizamentos;
- **Geológicos ou geofísicos:** Constituem dos processos erosivos, de movimentação de massa e deslizamentos resultantes de processos geológicos ou fenômenos geofísicos;
- **Meteorológicos:** Consiste nos raios, ciclones tropicais e extratropicais, tornados e vendavais;
- **Climatológicos:** São as estiagem e seca, queimadas e incêndios florestais, chuvas de granizo, geadas e ondas de frio e de calor.

Para que um evento seja considerado um "desastre", é necessário um conjunto de fatores abrangendo condições físicas e sociais. Esses elementos ao serem combinados, constituem os chamados fatores de risco de desastres. O acontecimento de eventos extremos torna o grupo impactado incapaz de lidar com a situação utilizando os próprios recursos, ampliando, assim, os prejuízos para além do lugar de sua ocorrência (Fundação Oswaldo Cruz, 2022).

As mudanças climáticas praticamente dobraram a ocorrência de desastres naturais nos últimos vinte anos. Ao menos 7.348 desastres naturais ocorreram entre os anos de 2000 a 2019, resultando na perda de 1,23 milhão de vidas e afetando 4,2 bilhões de pessoas, além de custar à economia global cerca de 2,97 trilhões de dólares (aproximadamente 16,4 trilhões de reais). Vale a pena ressaltar que, o estudo observou que a maior parte decorreu do aumento significativo no número de desastres relacionados ao clima, mas o levantamento relacionou-se apenas para desastres de perigos naturais, excluindo desastres biológicos e tecnológicos, isto é, aqueles decorrentes das ações antrópicas (Guerra, 2021).

Em 2023, o país teve 1.161 desastres naturais, mais de três por dia, em média; é um recorde desde o início dos registros, em 2011. Entre esses dados estão enchentes históricas, recordes de incêndios florestais, ondas de calor inéditas e secas. Segundo especialistas, os eventos extremos se multiplicam e se tornarão cada vez mais frequentes no Brasil. Em 2024, o pior desastre climático da história do Rio Grande do Sul deixou centenas de mortos e feridos, milhões de pessoas atingidas e devastou a economia desse estado agrícola, que precisará de meses ou anos para se recuperar, segundo as autoridades (CEMADEN, 2024)

A extensa geografia brasileira em si explica, em parte, a vulnerabilidade que o país apresenta em questão das regiões que inundam no Sul e outras que sofrem seguidos períodos de seca, como a região semiárida no Leste. O fenômeno natural do El Niño tem impacto, mas devido ao aquecimento progressivo e intenso do planeta, os eventos extremos, ou que eram

considerados raros, estão cada vez mais frequentes e mais extremos, e é de se esperar que isto continue, segundo José Marengo, coordenador de pesquisa do CEMADEN à reportagem da *Revista Exame* (Exame, 2024).

É verdade que tempestades, enchentes e deslizamentos sempre existiram e continuarão a existir, como sempre fazem questão de ressaltar os céticos das mudanças climáticas. O que mudou foram a frequência e a intensidade com que esses eventos estão ocorrendo, com um poder cada vez maior de destruição. E isso é uma anomalia gerada pelo homem (Escobar, 2020).

5.2.1 Temperatura

A melhora nas condições de vida da população acelerou o crescimento demográfico a nível mundial, que por sua vez, provocou uma ameaça significativa sobre a demanda de recursos naturais e consequente alteração nas condições ambientais. Nesse sentido, foi identificado que uma dessas ameaças é o aumento do efeito estufa, que modifica a temperatura média do planeta.

As mudanças climáticas, geralmente, são causadas por fatores naturais, como as alterações na incidência da radiação solar ou movimentos da órbita da Terra, mas a influência humana na expansão do efeito estufa foi considerada o principal motivo na intensidade do aquecimento global.

Como já citado anteriormente, as alterações na dinâmica global da temperatura média do ar, afetam as precipitações pluviométricas, que por sua vez afetam a quantidade, que consequentemente impactará a qualidade desse recurso vital para os seres vivos (Ma *et al.*, 2008).

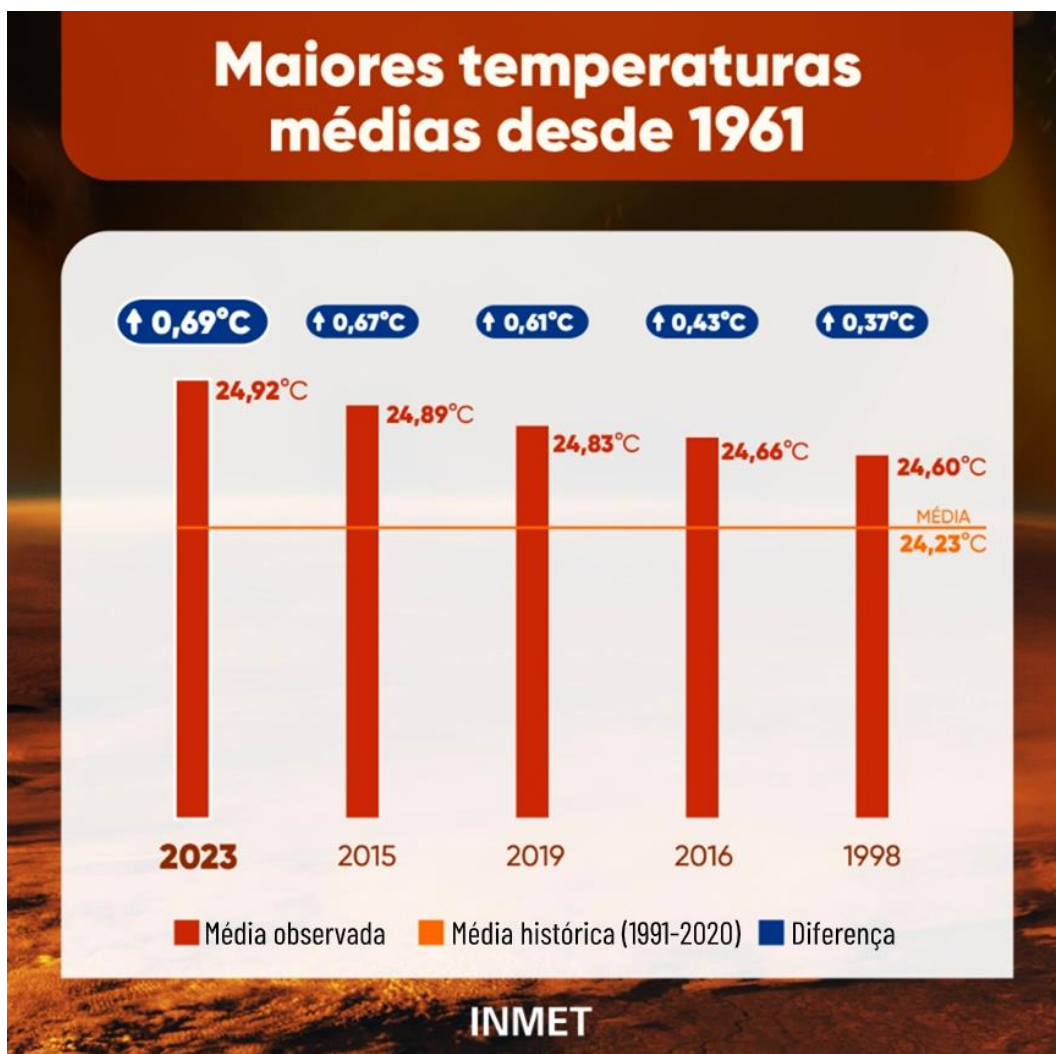
Segundo o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) (2024a), órgão do Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA) que representa desde 1950 o Brasil junto à Organização Meteorológica Mundial (OMM), o ano de 2023 foi o mais quente da história já registrado, de acordo dados da OMM. No Brasil, a média das temperaturas do ano ficou em 24,92°C, o que corresponde a 0,69°C acima da média histórica de 1991/2020, que é de 24,23°C.

De acordo com o estudo feito por Cunha e Marengo (2024) baseando nos dados da *World Meteorological Organization* (WMO) e a *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA), o ano de 2023 foi o ano mais quente desde os primeiros registros globais de 1850.

A figura 40 mostra os anos com maiores temperaturas médias registradas do período de 1961 a 2023. Vale ressaltar que esses anos destacados estavam sob a influência do fenômeno

El Niño, com anomalias intensas na TSM, e assim, considerados com intensidade de forte a muito forte no ano de 2023.

Figura 40 – Maiores temperaturas médias (1961-2023)



Fonte: INMET (2024a).

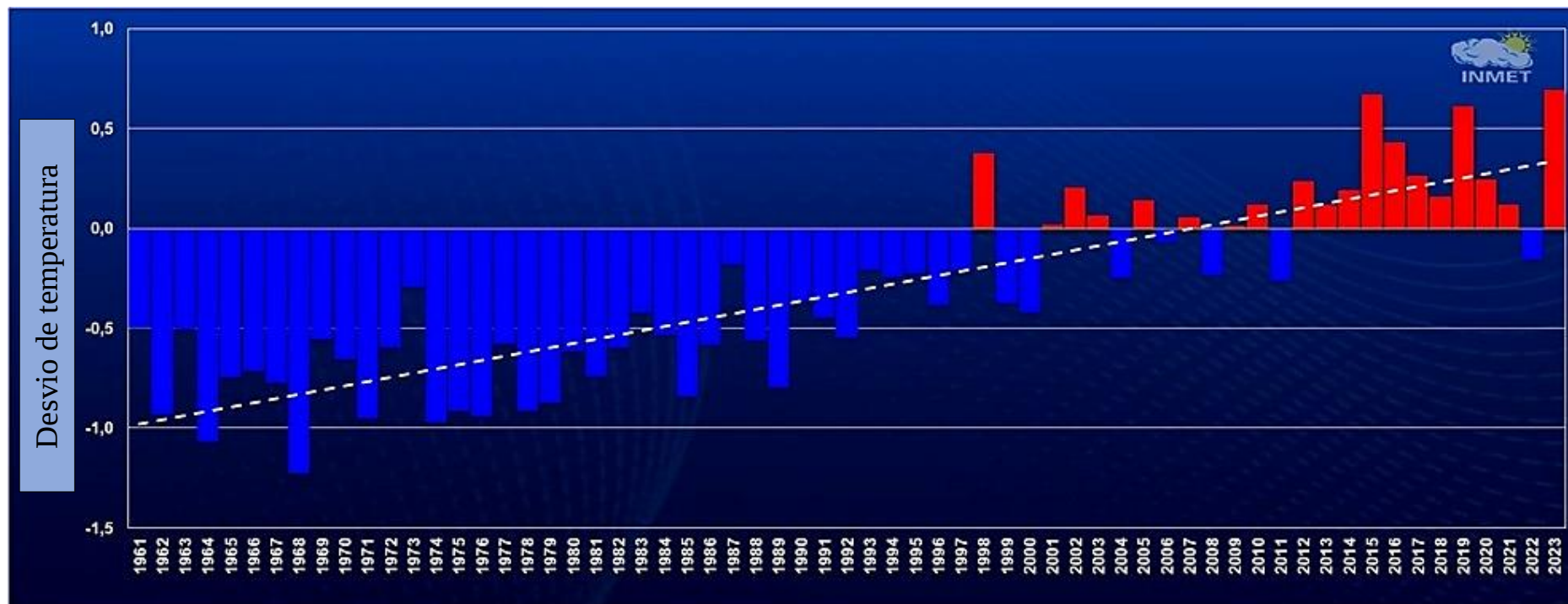
Dos doze meses do ano de 2023, nove tiveram médias mensais de temperatura acima da média histórica (1991/2020), com destaque para setembro, que apresentou maior desvio, isto é, maior diferença entre o valor registrado e a média histórica desde 1961, com 1,6°C acima da climatologia de 1991/2020. Os dados são do levantamento feito pelo INMET (INMET, 2024a).

Ainda de acordo com o levantamento, o Brasil enfrentou ao longo do ano, nove registros de onda de calor, causadas pelos impactos do fenômeno El Niño. Além disso, outros fatores têm contribuído para a ocorrência de eventos cada vez mais extremos, como o aumento da temperatura global da superfície terrestre e do mar.

Após analisar os desvios de temperaturas médias anuais do Brasil de 1961 a 2023 (figura 41), o INMET ainda verificou uma tendência estatística, cujo aumento foi significativo das

temperaturas ao longo dos anos, que pode estar associada à mudança no clima em decorrência da elevação da temperatura global e das mudanças ambientais locais.

Figura 41 - Anomalia (diferença entre a temperatura observada e a média histórica de 1991 – 2020) de Temperatura Média do Ar (TMA) no Brasil por ano (1961-2023)



Fonte: INMET (2024a).

A nível global, de acordo com a OMM, em 30 de novembro de 2023, a temperatura média da superfície global ficou 1,4°C acima da média histórica de 1850/1900, até outubro de 2023. O ano de 2023 fechou com a temperatura média global próxima da superfície a 1,45°C (margem de incerteza de $\pm 0,12^\circ\text{C}$). Com isso, foi considerado o mais quente em 174 anos de medições meteorológicas, superando os anos de 2016, com 1,29°C acima da média, e 2020, com 1,27°C acima da média (INMET, 2024a).

Ainda de acordo com análise dos dados do INMET (2024a), o mês de maio de 2024 vem apresentado características atípicas em várias localidades. A cidade de São Paulo, por exemplo, registrou no dia 04/05/2024, temperatura de 32,5°C, sendo o dia mais quente da história para o mês. A marca passou do recorde registrado no dia anterior, 03/05/2024, quando registrou 32,1°C. Em 02/05/2024m chegou a 31,7°C, sendo esta temperatura registrada pela última vez em 2001. Essa lista indica, portanto, as maiores temperaturas do mês de maio da história. Os registros são feitos desde 1943.

Campos do Jordão, conhecida tipicamente pelo frio, também tem registrado um maio atípico. A média de temperaturas máximas para maio na cidade é de 18,6°C. Porém, neste período, a média de máximas está em 22,8°C. O município chegou a registrar 24,7°C nos dias 03 e 04/05/2024, o que significa um marco de 6,1°C acima da média histórica.

5.2.1.1 Interferência nos usos múltiplos da água

Com o aumento da temperatura registra-se também um aumento significativo na demanda por água, que ocorre em vários setores, dentre eles: industrial, como no setor de água mineral e outras bebidas; agricultura, para irrigar os plantios que sentem com as altas temperaturas e também no setor doméstico e de geração de energia, devido à alta no consumo de aparelhos como ares-condicionados, ventiladores e umidificadores de ambientes, e para atividades que aliviam o calor, como as recreativas com uso de piscinas.

5.2.1.1.1 Setor industrial

Segundo Morel, Gasparello e Alvarenga (2023), em uma reportagem publicada no *Portal G1*, o setor de água mineral esperava um aumento, em dezembro de 2023, de 40% na demanda com as ondas de calor, verão e efeitos do El Niño. A Associação Brasileira da Indústria de Água Mineral (ABINAM) afirma que são vários fatores que vem contribuindo para o aumento do consumo no Brasil.

Um levantamento publicado em 2024, realizado com base no aplicativo de descontos *Lessy* e publicado pela plataforma sobre varejo e consumo denominada *Mercado e Consumo* (2024), uma das mais lidas e consultadas por líderes do Brasil, confirma que somente no carnaval de 2024 houve um aumento de 78% no consumo de cerveja e 48% de água mineral, em uma comparação entre a primeira semana de janeiro e a primeira de fevereiro de 2024.

Segundo Carlos Alberto Lancia, presidente da ABINAM, as ondas de calor, em dezembro de 2023, fizeram a demanda aumentar cerca de 20% em todo o Brasil, e os produtores de água mineral estavam se preparando para uma ampliação ainda maior. No caso de uma das grandes indústrias do setor no estado de São Paulo, com sede em Águas de Lindóia, o aumento na necessidade do produto já era sentido e, por isso, a empresa previa aumento na produção de 150%. Lancia diz que não há a possibilidade de desabastecimento por conta do aumento e as indústrias conseguem aumentar a produção de forma segura (Morel; Gasparello; Alvarenga, 2023).

Porém, vale a pena destacar que, de acordo com as análises e todo exposto realizados neste estudo, esse fator quando combinado com outros usos, deve ser levado em consideração, tendo em vista que vários aumentos significativos e simultâneos podem impactar tanto a qualidade, como a quantidade hídrica.

5.2.1.1.2 Agricultura

Baseado nos dados informados nesta pesquisa, sabe-se que a agricultura é o setor que mais consome água no Brasil, captando cerca de 50% dos registros de demandas de captação de água no país.

Geralmente, em anos de El Niño, é normal observar o aumento da disponibilidade hídrica no Centro-Sul do Brasil, o que tende a beneficiar as culturas de grãos, como a soja e o milho primeira safra. No entanto, em contrapartida, o excesso de chuva na região Sul pode aumentar a umidade e a gravidade de doenças em plantas, exigindo assim, maior vigilância e cuidados no monitoramento e manejo das culturas. Já em áreas do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia, conhecida como “*Matopiba*”, a redução dos níveis de água no solo pode resultar em perdas significativas de produtividade. No Brasil Central, a irregularidade da chuva também pode dificultar o manejo agrícola e afetar a produtividade (INMET, 2024b).

Côrtes (2024), professor da Escola de Comunicações e Artes (ECA) e do Instituto de Energia e Ambiente (IEE) da Universidade de São Paulo, afirma numa publicação do *Jornal da USP* (2024) que, enquanto o El Niño gera estiagem na região Norte e chuvas intensas na região Sul, como foi demonstrado com as recentes secas amazônicas e enchentes nos Estados

de Santa Catarina e Rio Grande do Sul, o fenômeno La Niña inverte a situação, então são esperadas fortes chuvas na Amazônia e temperaturas elevadas nas faixas central e sul do País.

Percebe-se uma dinâmica bem variada na questão da disponibilidade hídrica quanto aos manejos agrícolas nas distintas regiões do Brasil frente aos fenômenos climáticos. Porém, a conclusão para todas as situações é a mesma: sendo a variação positiva, negativa (ou ainda extremas), isto é, com déficit ou superávit da quantidade de água, todas elas influenciarão na quantidade e na qualidade dos recursos hídricos, principalmente se tratando de situações extremas.

Talamone e Ferraz Júnior (2024a), em uma reportagem do *Jornal da USP* de março de 2024, a cada segundo, o país usa em média 2,83 milhões de litros de água, de acordo com dados da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). Deste consumo, o setor que mais consome água no Brasil é a agricultura, com praticamente metade do volume total, se comparado com outras demandas, como o abastecimento humano com água potável e o uso na indústria, segundo o Relatório da Conjuntura de Recursos Hídricos da ANA. Isso se deve basicamente à irrigação, de acordo com a professora Tamara Maria Gomes, do Departamento de Engenharia de Biosistemas da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos (FZEA) da USP em Pirassununga.

A professora Tamara Maria Gomes ainda afirma que, a busca por aumento na produtividade de alimentos, principalmente para atender ao crescimento populacional estimado em 10 bilhões de pessoas até 2050, aumentará ainda mais as áreas irrigadas no Brasil, que atualmente possui 8,5 milhões de hectares irrigados, o que representa, simbolicamente, 1/3 do território do Estado de São Paulo (Talamone; Ferraz Júnior, 2024a).

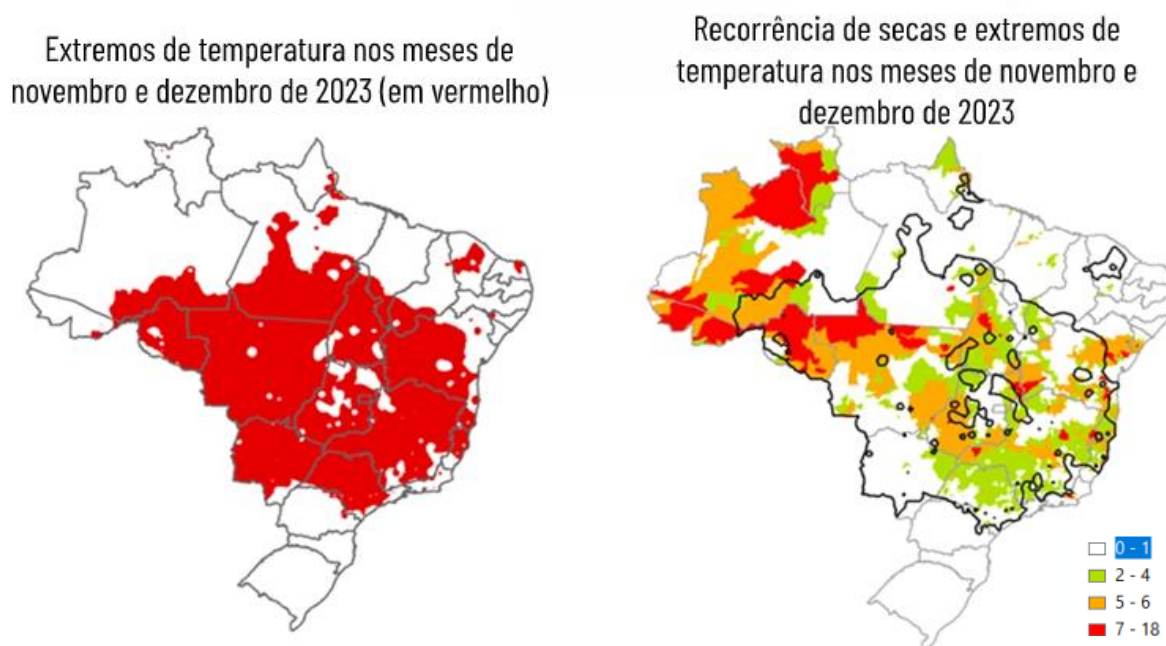
Enfatiza também que as estimativas mostram um grande potencial para aumentar a área irrigada no Brasil em quatro vezes, o que possibilitaria quadruplicar a produção agrícola sem expandir as áreas cultivadas. Porém, o grande desafio é alinhar esse aumento da produtividade das culturas com a disponibilidade de água frente aos eventos climáticos, principalmente o aumento da escassez hídrica em determinadas regiões brasileiras. Nesse cenário desafiador, para evitar comprometer a qualidade e a quantidade dos recursos hídricos, é importante respeitar o Código das Águas e adotar tecnologias que promovam a eficiência. No caso da agricultura irrigada, é preciso considerar questões como solo, clima, demanda hídrica da planta, relevo e topografia do terreno, disponibilidade e qualidade da água, disponibilidade de energia, além dos fatores que influenciarão na escolha do sistema de irrigação (Talamone; Ferraz Júnior, 2024a).

5.2.1.1.3 Geração de energia

O aumento de temperatura não impacta somente no aumento da demanda de água para maior geração de energia elétrica, mas também na diminuição de água disponível nos reservatórios. Esse fato no aumento da demanda, quando em conjunto com as secas, contribui para a falta da disponibilidade de água para geração de energia.

Segundo o Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN) (2024), unidade de pesquisa do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), o ano de 2023 foi marcado por temperaturas e secas extremas, conforme um estudo realizado por Cunha e Marengo. Nele, foram analisados dados de temperatura estimados por satélite, avaliando o índice de temperatura padronizado e as anomalias de temperatura para os 5.700 municípios brasileiros. Observou-se que os meses de setembro a dezembro de 2023 apresentaram altas anomalias em grande parte do país, que também foi marcado por secas severas, especialmente na Amazônia. As anomalias mais severas foram observadas especialmente nos meses de novembro e dezembro.

Figura 42 - Temperaturas extremas combinadas com a seca no Brasil no ano de 2023



Fonte: Adaptado de CEMADEN (2024).

O estudo realizado por Cunha e Marengo (2024) registrou, além do monitoramento da seca no Brasil, os impactos mais intensos nos recursos hídricos, risco de fogo e produção agrícola. Esses impactos são resultantes da seca combinadas com temperaturas extremas, chamado de evento composto seca-calor.

Conforme Côrtes (2024), numa publicação do *Jornal da USP*, a indústria de energia brasileira investiu fortemente na geração solar e eólica, e por isso, tem totais condições de suprir à demanda da população, mesmo se a seca atingir os reservatórios de água das hidrelétricas. Afirma, porém, que o consumo de energia das pessoas aumentou de maneira considerável no último ano a partir do uso intenso de aparelhos, como ares-condicionados, geladeiras e freezers para reduzir o impacto das ondas de calor, e isso pode acabar gerando problemas no fornecimento.

É válido destacar que os fenômenos climáticos não impactam somente na energia elétrica, mas como também influenciam nos ventos, consequentemente impactam na geração de energia eólica, que hoje é considerada como uma das mais promissoras fontes de energia do mundo, por se tratar de uma geração limpa e abundante. Ainda há de se considerar os efeitos dos fenômenos também na geração de energia solar fotovoltaica no Brasil.

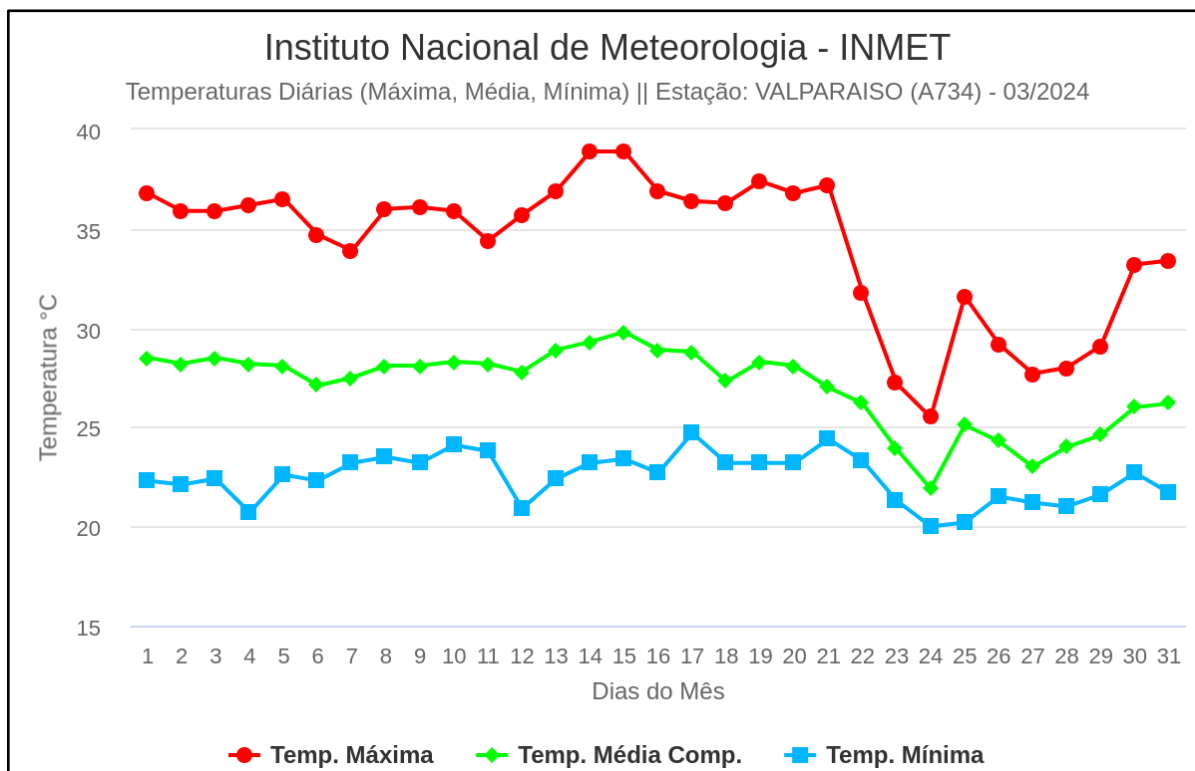
Um estudo realizado por Lima, Machado e Elias (2021) afirma que como o evento ENOS está associado as variações climáticas, foi feita uma análise preliminar desse efeito, por meio do cálculo de um índice para cada variável (umidade, temperatura, precipitação e energia solar fotovoltaica gerada).

Com as análises preliminares, embasadas nos resultados de uma segunda análise pautada em uma regressão linear múltipla, à luz do método de mínimos quadrados ordinários (MQO), onde considera-se a geração de energia solar fotovoltaica como variável dependente, sendo explicada pelas variáveis climáticas, por uma variável binária que representa os anos de influência do ENOS e pela capacidade instalada, a conclusão foi que a ocorrência de El Niño (EN) e de La Niña (LN) apresenta impactos negativos na geração de energia nas localidades estudadas, mas que apenas EN se mostrou significativa. A precipitação e umidade caracterizaram baixos valores de geração energética solar fotovoltaica, sendo mais intensos sob efeito de ENOS (Lima; Machado; Elias, 2021)

Dados do Operador Nacional do Sistema Elétrico (ONS) (2024) mostraram que o Brasil registrou um novo recorde histórico de demanda de energia em março de 2024. Através de um comunicado, divulgado à imprensa, o ONS afirmou que a demanda por eletricidade foi impulsionada pelas altas temperaturas registradas em todo país, durante mais uma onda de calor registrada no ano (ONS, 2024; G1, 2024).

Na estação localizada em Valparaíso, interior de São Paulo, segundo os dados disponíveis no site do INMET (2024c), os termômetros chegaram a registrar 38,9°C em 14 e 15 de março de 2024 (figura 43), maior temperatura registrada do ano até o momento, desde o início do ano.

Figura 43 – Maior temperatura registrada no ano de 2024



Fonte: INMET (2024d).

No Rio de Janeiro, em março de 2024, a sensação térmica passou dos 60°C em alguns bairros da cidade, de acordo com o Sistema Alerta Rio da Prefeitura. Esse é o maior valor desde o início dos registros do sistema em 2014 (Alerta Rio, 2024).

Para Sondermann (2023), meteorologista do Climatedo, o El Niño registrado em 2015 e 2016 foi um dos mais intensos até o momento. No Brasil, ele influenciou nos padrões de chuva e temperatura, além dos impactos marcantes no setor elétrico brasileiro em todas as regiões brasileiras.

Nas regiões Norte e Nordeste, o fenômeno influenciou num clima mais quente e seco, acentuando a seca nessas regiões. A falta de chuvas, por sua vez, agravou a escassez hídrica, prejudicando reservatórios e atingindo a agricultura. A redução na disponibilidade de água impactou diretamente a geração de energia.

Nas regiões Sudeste e Centro-Oeste, as condições climáticas ficaram mais quentes e secas do que o normal, impactando também diretamente no setor elétrico. Os reservatórios das usinas hidrelétricas, nessas áreas, foram muito prejudicados, ocasionando e contribuindo na diminuição de geração de energia e na crise energética do país naquele período, levando o Brasil a depender de outras fontes, como as termelétricas, que além de possuir custos elevados, é mais poluente e geram maior impacto ambiental.

Na região Sul, em contrapartida, houve um aumento acentuado nas chuvas, e por isso, foi preciso liberar água em várias barragens a fim de se evitar danos às usinas. Consequentemente, houve inundações em algumas áreas próximas.

Além disso, houve também a necessidade de importar eletricidade de países vizinhos para garantir o abastecimento interno. Esses fatores em conjunto com a demanda crescente por energia no Brasil, proporcionaram um difícil desafio para o setor elétrico em manter a oferta de energia de maneira sustentável e com custo acessível. Todas essas situações mostraram a complexidade de gerenciar os impactos do fenômeno climático nas operações hidrelétricas e na segurança das comunidades locais, que impactam diretamente na quantidade e qualidade hídrica (Sondermann, 2023)

5.2.1.1.4 Uso doméstico

Com os eventos de ondas de calor, sensação de abafamento e temperaturas extremamente elevadas, as pessoas procuram alternativas para fugir da sensação de mal-estar provocada pelo clima quente. Assim, o uso de aparelhos como ventiladores, climatizadores, umidificadores, ares-condicionados, chuveiros e piscinas ficam mais frequentes, em decorrência do tempo seco e abafado. Com isso, há aumento nos consumos de energia e de água.

Segundo os dados divulgados pela ONU (Organização das Nações Unidas) cada indivíduo necessita de 3,3 mil litros de água por mês, cerca de 110 litros de água por dia, para atender às necessidades de consumo e higiene. No entanto, o consumo médio por pessoa no Brasil é maior, e em dias mais quentes e secos a tendência de aumento é ainda mais significativa (Instituto Trata Brasil, 2023).

Implementado em 1995, o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) é uma importante fonte anual de dados. Trata-se de um sistema de coleta, tratamento, consolidação e disponibilização de informações dos sistemas operacionais de água, esgoto e águas pluviais. Atualmente abrange cerca de 90% dos municípios brasileiros e 95% da população urbana com informações sobre água (ANA, 2019).

Dados do *Diagnóstico Temático - Serviços de Água e Esgoto - Visão Geral*, publicado em dezembro de 2023 pelo SNIS (2023), informaram que o consumo médio per capita de água no Brasil (índice IN022), em 2022, foi de 148,2 L/hab/dia. Esse índice representou uma redução de 3,3% em relação aos 153,3 L/hab/dia de 2021.

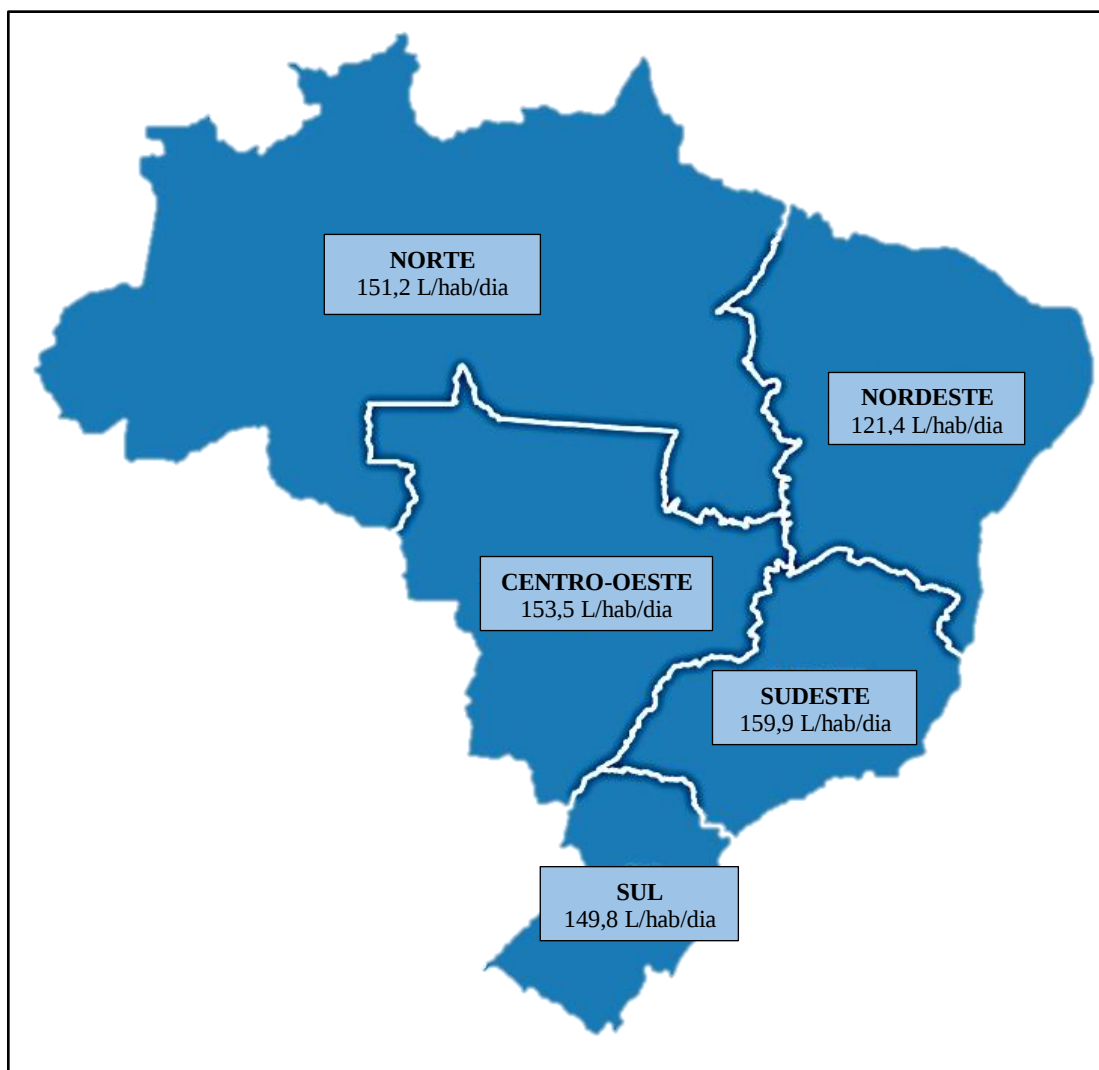
O cálculo do índice IN022 é realizado da seguinte maneira:

$$\text{IN022} = \frac{\text{Volume de água consumido} - \text{Volume de água tratada exportado} \times 1.000.000}{\text{População total atendida com abastecimento de água} \times 365}$$

* Média aritmética dos valores do ano de referência e do ano anterior

Nas regiões Sul, Norte, Centro-Oeste e Sudeste, o registro de consumo para o mesmo período, foi acima da média nacional, com 149,8, 151,2, 153,5 e 159,9 L/hab/dia, respectivamente. O menor índice foi observado no Nordeste, com 121,4 L/hab/dia, conforme ilustra a figura 44.

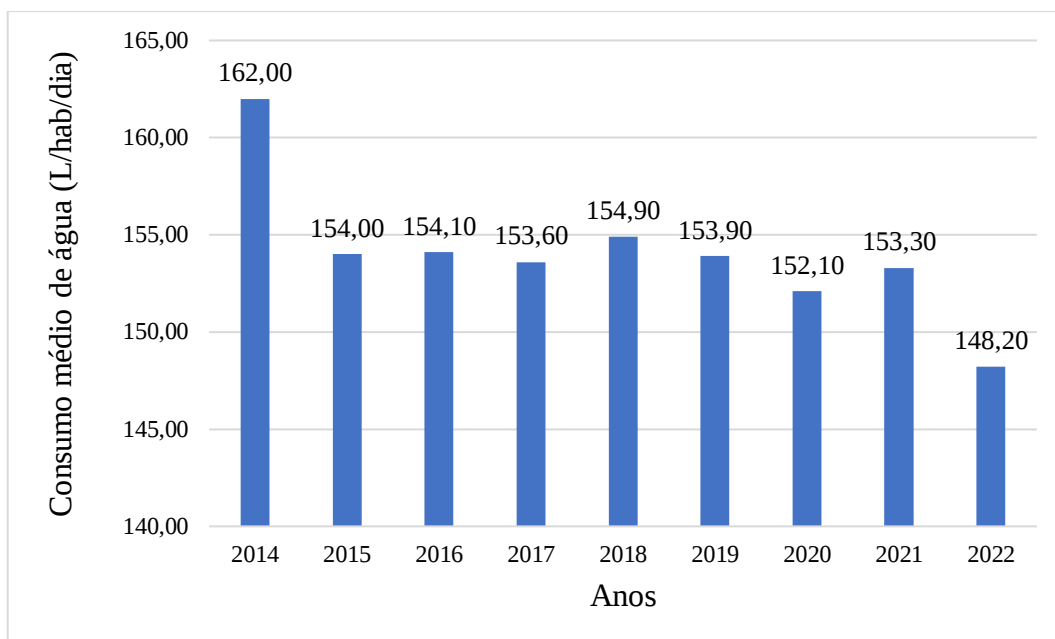
Figura 44 – Índice IN022 nas regiões brasileiras



Fonte: SNIS (2023).

Comparando os dados do SNIS de abastecimento de água dos últimos dez anos é possível verificar que em anos considerados mais secos, como foi em 2014, considerado um ano que ocorreu uma forte crise hídrica, o consumo médio de água aumenta significativamente.

Gráfico 11 – Consumo médio de água nos últimos anos (2014-2022)



Fonte: Elaborado pela própria autora com dados do SNIS (2024).

Assuntos importantes para se considerar também nesse item são o das perdas e do desperdício. As perdas são inerentes a qualquer sistema de abastecimento de água, e os custos decorrentes delas são repassados ao consumidor final. Quanto maior a quantidade demandada, maior a quantidade de perdas de águas (SNIS, 2023).

Segundo o Instituto Trata Brasil (2023), com dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento 2022 (2023, Ano Base 2022) e no documento *Perdas de Água Potável (2023, Ano Base 2021): Desafios Para a Disponibilidade Hídrica e ao Avanço da Eficiência do Saneamento Básico*, ao distribuir água para garantir consumo, os sistemas sofrem perdas na distribuição, que na média nacional alcançam 37,8%. Isso corresponde, como já foi citado no item “4.6 – Desperdício e escassez”, a quase 8 mil piscinas olímpicas de água tratada desperdiçadas diariamente, o que seria suficiente para abastecer mais de 67 milhões de brasileiros em um ano, equivalente a pouco mais 30% da população brasileira em 2021 (Instituto Trata Brasil, 2023).

5.2.2 Eventos extremos de precipitação

Os eventos extremos de precipitação são originados pelo excesso ou falta de chuva e podem provocar inundações e secas que afetam a vida da população. No Brasil, muitos eventos extremos de precipitação marcaram a última década, como as fortes chuvas que atingiram Santa Catarina em 2008, o Rio de Janeiro em 2012 e o Rio Grande do Sul em 2024, acarretando em

inundações, deslizamentos e grande número de desabrigados e vítimas fatais. Problemas com a falta de chuva também fizeram parte da história recente como os eventos que ocorreram na Amazônia em 2005, 2010, 2015/2016 e 2023 e em grande parte do território brasileiro em 2014 e 2015 (Ferreira; Valverde, 2022).

Os eventos extremos de precipitação também podem ser caracterizados por ocorrências de chuvas em que os valores precipitados se distanciam muito de uma condição média, e são de caráter natural ao sistema ambiental, podendo causar desastres. Tais eventos podem ocorrer sob influência de fenômenos anômalos muito distantes do local de ocorrência, devido as chamadas teleconexões. A fim de determinar as características das séries temporais, e assim ter previsões, podem ser aplicadas técnicas estatísticas para prever suas ocorrências e estimar as quantidades precipitadas num período (Petrucchi; Azevedo, 2023).

5.2.2.1 Inundações

Conforme o CEMADEN (2016a), a inundação é o processo ocorrido na submersão de áreas fora dos limites normais de um curso d'água e em locais que normalmente não se encontram submersas. O transbordamento ocorre de modo gradual em áreas de planície, geralmente ocasionado por chuvas distribuídas e alto volume acumulado na bacia hidrográfica.

Infelizmente, é muito comum ver moradias localizadas em áreas de planícies de inundação e, com o crescimento desordenado das cidades, há um aumento progressivo da intensidade e alcance dos eventos de inundação, impactando a população. Esse fator, somado com a impermeabilização dos solos, a falta de infraestrutura das cidades e o desmatamento da mata ciliar, favorecem o aumento de volumes de vazão e a velocidade de propagação da onda de inundação, que chegam as regiões onde os eventos hidrológicos constituem um risco de desastre natural (CEMADEN, 2016a).

Nas grandes cidades geralmente atribuem o nome de inundação ao processo de alagamento urbano. Os alagamentos são caracterizados pela extrapolação da capacidade de escoamento de sistemas de drenagem urbana e consequente acúmulo de água em ruas, calçadas ou outras infraestruturas urbanas, em decorrência de precipitações intensas. Dessa maneira, o alagamento não configura um desastre natural (CEMADEN, 2016a).

Ainda há a enxurrada, que se trata do escoamento superficial concentrado e com alta energia de transporte, que pode estar ou não associado ao domínio de um rio, provocada por chuvas intensas e concentradas, normalmente em pequenas bacias de relevo acidentado, podendo durar minutos ou horas. É caracterizada pela elevação súbita das vazões de

determinada drenagem e transbordamento brusco da calha fluvial. Este processo também apresenta grande poder destrutivo. Podem arrastar veículos, pessoas, animais e mobílias por vários quilômetros. A força das águas pode ainda provocar o rolamento de blocos de pedras, arrancar árvores, destruir edificações e causar corrida de massa, também denominado como deslizamento (CEMADEN, 2016b).

Existem diferentes simbologias para cada caso, o que proporciona uma melhor assimilação dos conceitos, como mostra a figura 45.

Figura 45 – Simbologia de inundações, alagamentos e enxurradas

Tipo	Simbologia
Inundações	
Alagamentos	
Enxurradas	

Fonte: CEMADEN (2016a, 2016b).

Sabe-se que também existe o termo enchente, frequentemente utilizado nos dias atuais, principalmente nos noticiários. A FUNASA (2015) faz a distinção entre enchente, inundação e alagamento. Conceitualmente, o termo enchente representa a ocorrência do aumento da vazão com transbordamento de um canal de drenagem, enquanto que o termo inundação representa o extravasamento do fenômeno de enchente. Portanto, uma enchente pode ou não causar inundações, porém, observa-se comumente que esses termos são usados como sinônimos. O alagamento é o acúmulo de água nas ruas e nos perímetros urbanos por problema de drenagem. Abaixo, na figura 46, tem-se a ilustração dos termos.

Figura 46 – Representação dos fenômenos de alagamento, enchente e inundação



Fonte: FUNASA (2015).

A inundação é estabelecida pelo desequilíbrio no balanço hídrico, que se trata do cálculo da diferença, verificada em determinado tempo, entre o volume das precipitações e a quantidade de água que se infiltra no solo, evapotranspiração e escoamento superficial. Ela ocorre pelo aumento do índice pluviométrico e também pela configuração do relevo, a taxa de permeabilidade do solo, a cobertura vegetal e outros fatores (FUNASA, 2015).

O estudo publicado na revista *Earth and Space Science* em abril de 2024, realizado por Dunn *et al.* (2024), constatou que a região Sul brasileira vem desde 1950 mostrando a tendência de aumento de extremos de chuvas, como as que atingiram os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. Apontou ainda uma tendência de aumento na frequência e intensidade de extremos de precipitação originados de processos geo-hidrológicos, como são os casos das inundações, sobretudo na região Sudeste da América do Sul, no qual inclui o Sul do Brasil.

As conclusões da pesquisa, observadas pelos dados de estações meteorológicas situadas a nível global para avaliar indicadores de extremos climáticos que foram registrados em diferentes partes do planeta entre os anos de 1950 a 2018, indicaram que a região Sul brasileira teve, nesse período, grandes áreas próximas com dias de chuva intensa (acima de 10 milímetros), com aumentos significativos de aproximadamente 2 milímetros por década. O estudo confirma, e de acordo com os pesquisadores reforça o que estudos anteriores já mostraram: o aumento da temperatura eleva a umidade da atmosfera e acelera o ciclo hidrológico, gerando chuvas intensas (Dunn *et al.*, 2024).

Novos estudos estão sendo feitos para verificar se os extremos de chuvas são consequência das mudanças climáticas geradas pelo ser humano. Mas, de antemão, pode-se

afirmar que os desastres gerados por chuvas intensas são consequência de atividades humanas, partindo da permissão para construções em áreas de risco de inundações, segundo Marengo, um dos autores da pesquisa, numa reportagem a *Revista Galileu Meio Ambiente* (Alisson, 2024).

Um outro estudo, realizado por Faranda *et al.* (2024), cientistas do *ClimaMeter*, analisou as condições meteorológicas que atingiram a região Sul do Brasil entre o final de abril e início de maio de 2024, e concluiu que as mudanças climáticas, causadas pela ação humana, tornaram as chuvas 15% mais intensas. As análises apontaram que as alterações do clima desempenharam um papel crucial para intensificar a situação das chuvas, pois a contribuição do fenômeno El Niño sozinho não poderia explicar a magnitude do evento observado (Velleda, 2024).

Faranda *et al.* (2024) descreveram o evento:

De 30 de abril a 2 de maio de 2024, o estado do Rio Grande do Sul, no sul do Brasil, foi afetado por fortes chuvas, incluindo a capital do estado, Porto Alegre. Uma área de baixa pressão desenvolveu-se e aprofundou-se no centro da América do Sul em 15 de abril, movendo-se lentamente para o leste no dia seguinte. Como resultado, o estado recebeu fortes chuvas durante vários dias, com grandes regiões excedendo 200 mm de precipitação acumulada ao longo dos três dias, conforme relatado pelo Instituto Nacional de Meteorologia do Brasil em sua ferramenta de análise interativa. Houve relatos de extensas inundações, deslizamentos de terra, represas rompidas (...) pessoas sem água e eletricidade. A precipitação causou inundações recordes em toda a região. Na capital do estado, Porto Alegre, o rio Guaíba atingiu 5,3m no dia 5 de maio, superando a enchente histórica de 1941, que atingiu 4,76m. O nível de inundação local é de 3m. Outras cidades, como Lajeado, também registraram níveis recordes de inundações, superando os níveis anteriores alcançados nos eventos extremos de 1941 e 2023. As consequências podem ter sido exacerbadas por outros eventos extremos de precipitação nos últimos 12 meses, que já causaram inundações recordes e deslocamentos populacionais. Em junho de 2023, a capital paulista registrou o junho mais chuvoso desde 1916, atingindo 141,7mm (Faranda *et al.*, 2024).

Foram analisados como eventos semelhantes do sistema de pressão, que leva ao sul do Brasil, mudaram as inundações no presente (2001–2023) em comparação com como seriam se tivessem ocorrido no passado (1979–2023) na região, e a conclusão mostrou que, embora o El Niño-Oscilação Sul possa ter um impacto na precipitação no sul do Brasil, não houve mudança significativa nos impactos dos eventos El Niño semelhantes ao sistema de pressão que leva às inundações no sul do Brasil no presente em comparação com o passado (Faranda *et al.*, 2024).

A pesquisa sugere que as alterações vistas no evento presente, em comparação com o passado, podem ser devidas às mudanças climáticas provocadas pelo homem, com uma pequena contribuição da variabilidade natural, interferindo na qualidade e na quantidade hídrica, além de ocasionar impactos em vários usos da água.

5.2.2.2 Secas

Conforme o Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais - CEMADEN (2013), a seca é um fenômeno do sistema climático que afeta grandes áreas espaciais e diferentes setores da sociedade, gerando altos prejuízos econômicos e sociais. Seus episódios são classificados por intensidade, dependendo da duração e das partes do ciclo hidrológico afetadas.

A seca meteorológica, conhecida também por estiagem, é caracterizada por um período prolongado de baixas ou nula pluviosidade, onde a perda de umidade do solo é maior do que a sua reposição. À medida que a duração da estiagem se prolonga, durante um período de tempo suficiente para que a falta de precipitação provoque grave desequilíbrio hidrológico, a seca passa a ser denominada de hidrológica, momento em que os reservatórios e níveis de rios são impactados. Em ambos casos, a produtividade agrícola é afetada devido ao impacto na umidade do solo (CEMADEN, 2013).

Segundo Andrade (2024) em uma reportagem do *Jornal da Unesp*, a seca que afetou a Amazônia no ano de 2023 causou a maior queda nos níveis dos rios já registrada até hoje, e está relacionada às mudanças climáticas, segundo um estudo.

Ainda de acordo com Andrade (2024), a intensa baixa dos níveis dos rios afetou a vida de todos os moradores da região, dificultando o deslocamento das populações ribeirinhas, e o transporte de água, alimentos e outros suprimentos essenciais. Junto com a seca vieram fortes ondas de calor.

Pode-se concluir então que, a falta d'água não afetou apenas o acesso à água, mas também outras atividades que interferem no cotidiano dos habitantes, e que devido às mudanças climáticas, evento composto seca-calor agravam essas situações.

A busca por explicações para eventos intensos extremos fez com que uma rede internacional de pesquisadores se mobilizasse para análises, composta inclusive por docentes e discentes do Programa de Pós-graduação em Desastres Naturais, numa parceria entre o Instituto de Ciência e Tecnologia da Universidade Estadual Paulista (Unesp), campus de São José dos Campos, e o CEMADEN, sob a coordenação do climatologista peruano Jhan Carlo Espinoza, do Instituto Francês de Pesquisa para o Desenvolvimento (IRD). Os resultados, publicado em abril de 2024 na revista científica *Scientific Reports*, sugerem que tanto o calor quanto a seca que atingiram a maior floresta tropical úmida do mundo já refletem o panorama das mudanças climáticas, tanto em nível local como global (Andrade, 2024).

Espinoza *et al.* (2024) confirmam em seu estudo que em 2023, a Amazônia passou por uma seca histórica e condições extremamente quentes. Em 26 de outubro de 2023, o nível das águas do porto de Manaus atingiu recorde, desde 1902, com 12,70 m. As anomalias mensais de temperatura máxima e mínima, em outubro, na região, também superaram os valores recordes anteriores registrados em 2015, com +3°C acima do normal, considerando a média histórica de 1981-2020.

Foi mostrado que a situação histórica citada de seca e calor na Amazônia está associada a dois mecanismos atmosféricos principais:

- A anomalia sul de novembro de 2022 a fevereiro de 2023, relacionada principalmente ao déficit extremo de chuvas no sudoeste da Amazônia. Este mecanismo está intimamente relacionado com as anomalias negativas da temperatura da superfície do mar (TSM) no Pacífico equatorial, isto é, aos eventos La Niña de novembro a fevereiro; e

- Ao movimento descendente de junho-agosto de 2023 sobre o norte da Amazônia, relacionado ao déficit extremo de chuvas e às condições quentes nesta região. Este mecanismo está fortemente relacionado com as anomalias positivas de TSM no Pacífico equatorial, relacionadas com os impactos do El Niño de junho a setembro na Circulação Walker.

As anomalias dos dois mecanismos atmosféricos atingiram valores recordes durante este evento. Embora as secas extremas anteriores estivessem ligadas ao El Niño durante o verão austral (inverno e primavera), a transição do La Niña 2022–2023 para o El Niño 2023 parece ter sido um fator climático chave nesta situação recorde de seca, combinada com um aquecimento atípico generalizado sobre o oceano (Espinoza *et al.*, 2024).

Ainda segundo o estudo, os efeitos da seca na Amazônia foram notáveis em todos os grandes rios, como o Negro, Solimões, Purus, Juruá e Madeira. O nível do rio Negro chegou a diminuir 20 centímetros por dia entre agosto e início de setembro (Espinoza *et al.*, 2024).

O aquecimento global também impactou na quantidade de água disponível para a manutenção da floresta e todo seu ecossistema, pois intensificando os efeitos da seca, há o aumento de calor, o que influencia na quantidade hídrica. Como a floresta contribui para a formação de nuvens de chuva, por meio da evapotranspiração das árvores, a diminuição da cobertura florestal (desmatamento) e a piora na saúde da mata (degradação florestal) podem resultar em menos precipitações, o que por sua vez, afeta o ciclo hidrológico (Espinoza *et al.*, 2024).

A região do semiárido nordestino é a mais afetada por seca no Brasil, englobando partes de nove estados, sendo eles: Alagoas, Bahia, Ceará, Minas Gerais, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte e Sergipe. Essa área é mais vulnerável devido à grande quantidade de

estabelecimentos de agricultura familiar, que se constituem por pequenas propriedades que utilizam o sistema de sequeiro, ou seja, sem irrigação. Os impactos da estiagem são manifestados na perda de safras e rebanhos, afetando os demais setores produtivos e a economia regional (CEMADEN, 2013).

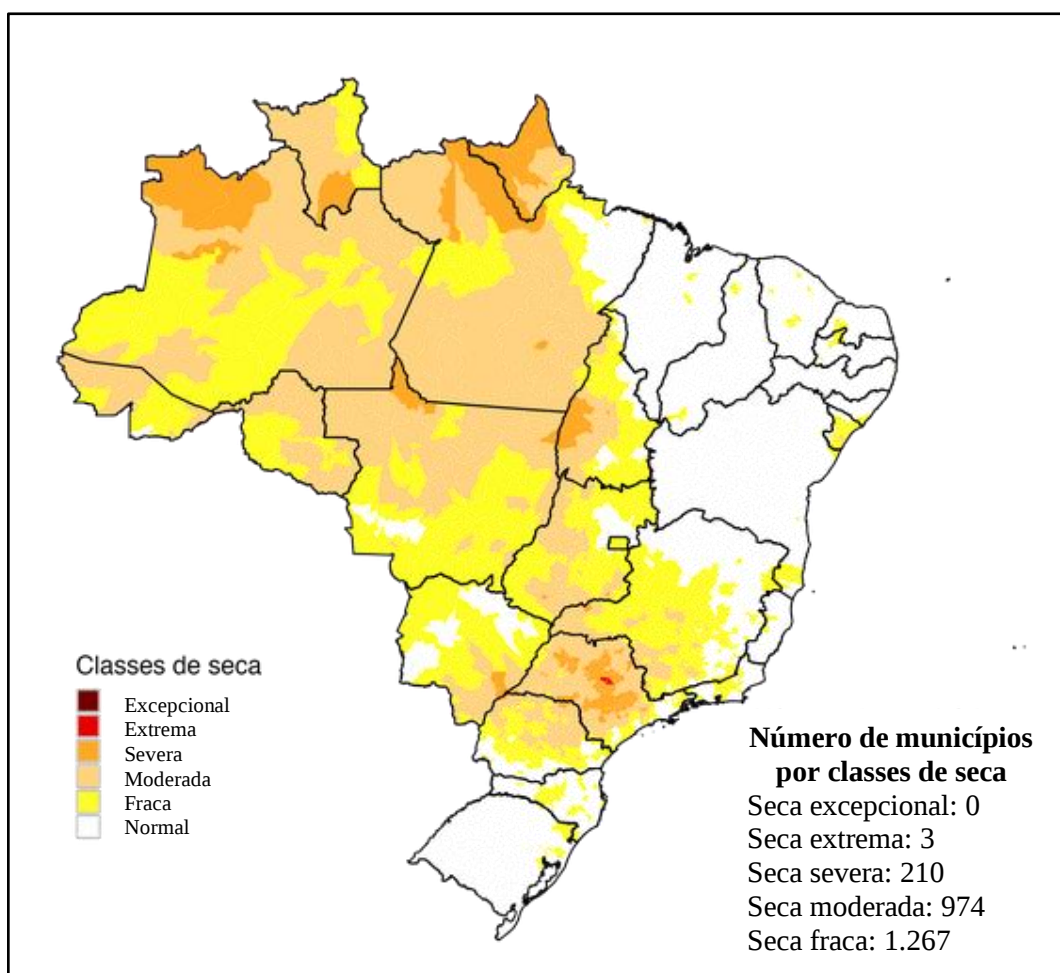
Existe um índice muito importante para se realizar o monitoramento de seca, denominado Índice Integrado de Seca (IIS) – Brasil, calculado a partir da combinação do Índice de Precipitação Padronizada (SPI) com o Índice de Suprimento de Água para a Vegetação (VSWI) ou com o Índice de Saúde da Vegetação (VHI), ambos estimados por sensoriamento remoto. O IIS possui as seguintes classes: condição normal (6), seca fraca (5), seca moderada (4), seca severa (3), seca extrema (2) e seca excepcional (1) (CEMADEN/MCTI, 2021).

O SPI é um índice amplamente utilizado para detectar a seca meteorológica em diversas escalas e, com ele é possível observar como o seu resultado daquela localidade se afasta da média climatológica. O índice negativo representa condições de déficit hídrico, onde a precipitação é inferior à média climatológica. O índice positivo representa condições de excesso hídrico, que indicam precipitação superior à média histórica. Para integrar o IIS, o SPI é calculado a partir de dados observacionais de precipitação disponíveis no CEMADEN, no Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e Centros Estaduais de Meteorologia (CEMADEN/MCTI, 2021).

É possível obter o Índice Integrado de Seca nas escalas de 3 meses (IIS-3) e 6 meses (IIS-6). O IIS-3 é indicado para avaliar os impactos da seca na agricultura, especialmente para culturas de ciclo curto (até 90 dias). O IIS-6, por sua vez, representa as condições de seca considerando os últimos 6 meses, portanto, indica a condição de déficit hídrico de médio prazo (CEMADEN/MCTI, 2023).

Dados do *Monitoramento de secas e impactos no Brasil – abril/2024* do CEMADEN/MCTI (2024) mostram que o Índice Integrado de Seca (IIS3), referente ao mês de abril de 2024, a nível dos municípios (figura 47), indica condições de seca severa principalmente no norte do Amazonas, sul de Roraima, norte do Pará, grande parte do Amapá, oeste de Tocantins e região central de São Paulo. Três municípios do interior de São Paulo estão classificados como seca extrema, duzentos e dez municípios estão classificados em condições de seca severa (quatro no Amazonas, cinco no Pará, sete no Amapá, oito em Tocantins, seis em Minas Gerais, cento e sessenta e três em São Paulo, nove no Paraná, três no Mato Grosso do Sul, três no Mato Grosso e dois em Goiás).

Figura 47 – Índice Integrado de Seca (IIS3) de abril/2024 (média municipal)



Fonte: CEMADEN/MCTI (2024).

5.2.3 Incêndios

Os incêndios florestais no Brasil e em outros países próximos, como no Chile e na Colômbia, são intensificados pela mudança do clima e pelo intenso El Niño, que causou estiagens prolongadas em diversas áreas da Amazônia em 2023. O forte aquecimento registrado nos últimos meses provocou mudanças de padrão, como o avanço do fogo para áreas de vegetação nativa (Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima, 2024).

Com as queimadas, além das perdas de animais e vegetais terrestres, outras inúmeras consequências são verificadas nos pós do evento, quando a totalidade dos estragos podem ser contabilizados. Todavia, nem todos os efeitos são facilmente visíveis. Quando o fogo termina, ainda restam o calor, a fumaça, o vazio vegetal e as cinzas, que trazem vários problemas. Com a caída das chuvas sobre as áreas queimadas, grande quantidade dos elementos químicos presentes nas cinzas são transportados para rios e águas subterrâneas, causando alterações nas

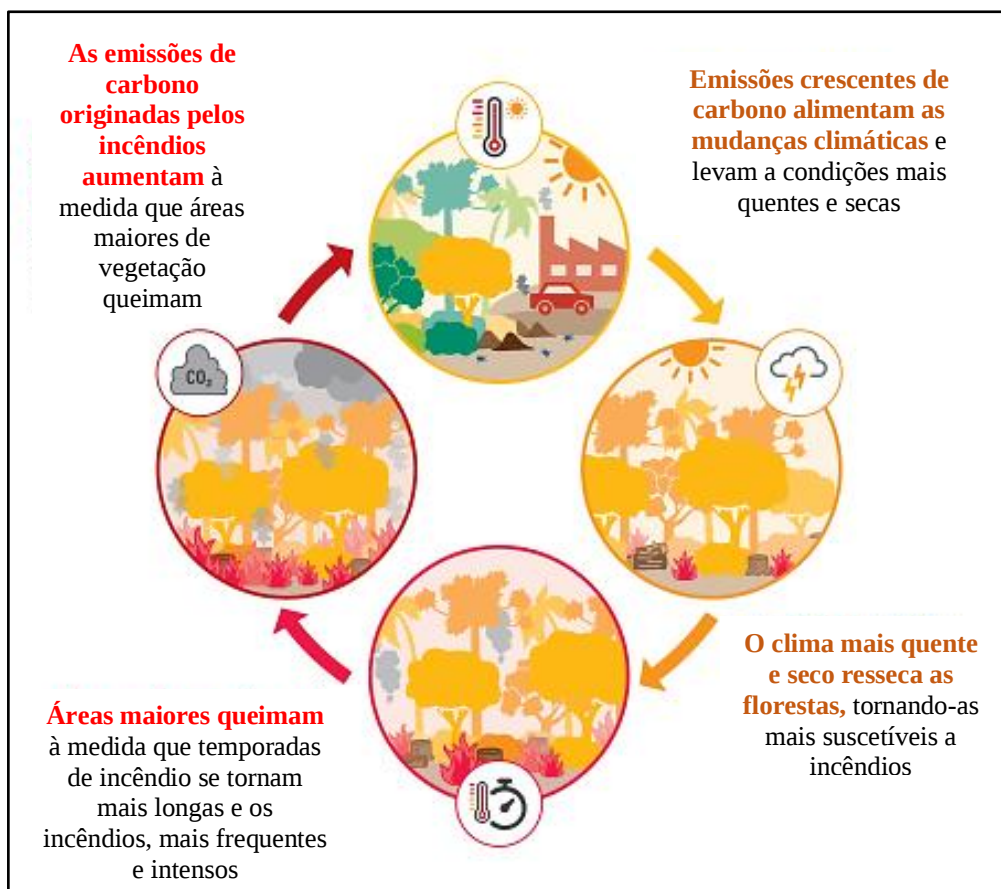
características naturais dos ecossistemas. Sobre esse tema, tanto na Europa como no Brasil, poucas pesquisas têm investigado os impactos decorrentes das queimadas sobre os recursos hídricos, mas de antemão é possível concluir que esse fato impacta a preservação de ecossistemas (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2020).

A composição química das cinzas tem fundamental importância nos efeitos ambientais que elas podem provocar. Ao se comparar essa composição com a do solo, é possível observar quantidades bem maiores de alguns elementos nas cinzas, que não existiam no solo comparado. Também são encontrados diversos micronutrientes (metais), além de macronutrientes, como potássio, fósforo e nitrogênio. Essa caracterização traz resultados relevantes para o contexto do impacto sobre os ecossistemas aquáticos. Ao entrarem na água, parte desses elementos se dissolve, ocasionando transformações em vários parâmetros físico-químicos, que interferem na qualidade do recurso e na sua disponibilidade hídrica (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2020).

As mudanças climáticas são consideradas grande impulsionadores do aumento da atividade dos incêndios. Ondas de calor extremo estão cinco vezes mais prováveis hoje do que há 150 anos, e espera-se que se tornem ainda mais frequentes à medida que o planeta continua a aquecer. As temperaturas muito altas secam a paisagem e ajudam a criar o cenário ideal para os incêndios florestais maiores e mais frequentes. Essa situação, eleva a emissões de dióxido de carbono, agravando ainda mais as mudanças climáticas e contribuindo para mais eventos como parte de um ciclo de feedback incêndio-clima. Esse ciclo (figura 48), combinado com a expansão das atividades humanas nas áreas florestais, impulsiona grande parte do aumento da atividade de incêndios que vemos atualmente (Maccarthy *et al.*, 2023).

Nesse sentido, também é muito comum ouvir o termo queimada ou queimadas. De maneira bem sucinta, “queimada” é a queima prevista e controlada de vegetação, enquanto que “incêndio florestal” é a queima imprevista e descontrolada da vegetação. Queimadas, portanto, ao saírem de controle se tornam incêndios (INPE, 2024b).

Figura 48 – Ciclo climático dos incêndios



Fonte: Maccarthy *et al.* (2023).

No uso do dia a dia, a palavra queimada é mais utilizada, talvez por existir como substantivo, adjetivo e verbo. Por exemplo, dizer “A plantação toda está queimada” indica o resultado de um evento que aconteceu no passado e, “A plantação toda está incendiada” se refere ao presente; pode-se usar “A plantação toda foi incendiada”, que incorpora uma ação intencional. Em outro exemplo, “A área queimada foi de 50 hectares” costuma ter preferência a “A área incendiada foi de 50ha” (INPE, 2024b).

Incêndio é associado mais ao fogo em uma habitação, prédio, fábrica, indústria, empresa, ou instalação qualquer, e o esperado é se dizer “Está ocorrendo um incêndio no posto de gasolina” e não “Está ocorrendo uma queimada no posto de gasolina”.

Os incêndios florestais além de destruir a vegetação nativa e matar muitos animais selvagens, também podem causar sérios prejuízos financeiros e, até mesmo, colocar em risco a vida de pessoas e de animais domésticos, atingir casas, galpões, armazéns e instalações rurais, como celeiros, galinheiros, viveiros, chiqueiros e currais (Instituto Brasília Ambiental, 2009)

O INPE realiza, desde 1998, o monitoramento de queimadas e incêndios florestais por meio de imagens de satélites, muito útil para regiões remotas sem meios intensivos e locais de

acompanhamento. É denominado “Programa Queimadas”, por conta do termo “queimadas” ser popularmente mais comum em todo País (INPE, 2024b).

Segundo o INPE (2024c), até o final de abril de 2024, foram 17.182 focos identificados (tabela 3), onde em vermelho tem-se os máximos registrados, e em amarelo, os mínimos, desde o início dos registros.

Tabela 3 - Comparação do total de focos ativos detectados pelo INPE em cada mês, no período de 1998 até 24/maio

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Maio	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
1998	-	-	-	-	-	3551	8067	35551	41976	23499	6804	4448	123896
1999	1081	1284	667	717	1811	3632	8758	39492	36914	27017	8863	4376	134612
2000	778	562	848	538	2097	6274	4740	22204	23293	27332	8399	4465	101530
2001	547	1060	1267	1081	2090	8405	6488	31838	39829	31039	15640	6200	145484
2002	1653	1569	1678	1683	3816	10845	18080	72412	93417	59257	39913	17091	321414
2003	6697	3099	3549	3643	6448	16752	30391	57004	97758	57495	35421	22980	341237
2004	3883	1932	2928	2956	6609	18024	30356	64067	121395	54292	45364	28639	380445
2005	7057	2898	2528	2743	5075	7854	30238	90729	102455	65023	31631	14332	362563
2006	4531	2387	2426	2269	4313	7601	17788	54630	76475	32043	29302	15414	249179
2007	4220	2761	3340	2550	5123	12716	19931	91085	141220	67228	31421	12320	393915
2008	2777	1751	1887	1906	2951	4594	14029	34431	50671	51784	30724	14428	211933

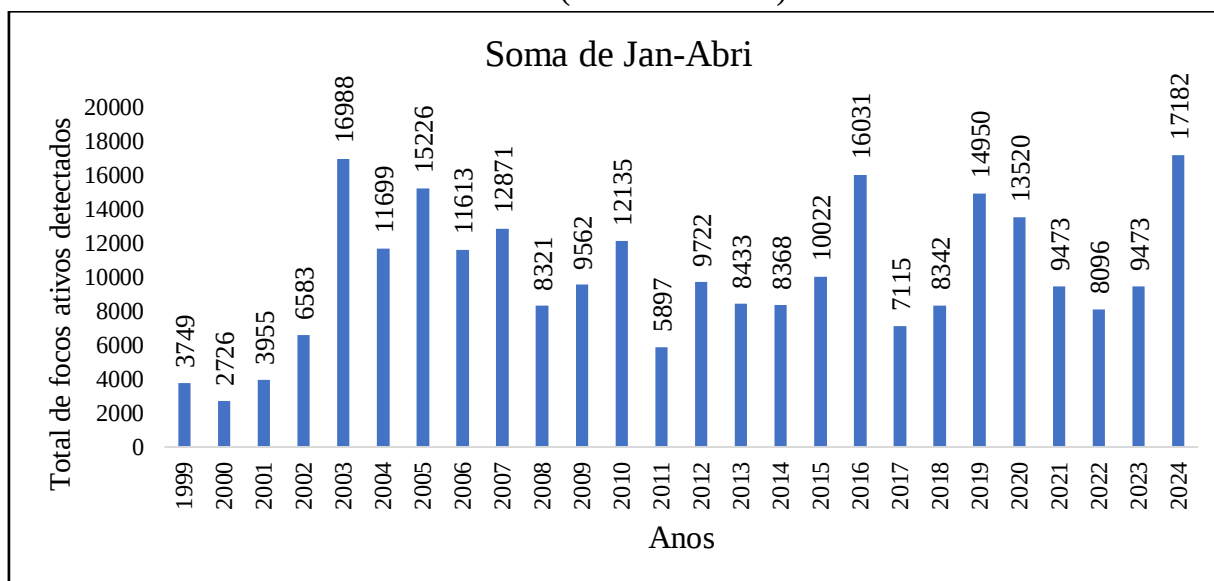
Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
2009	3874	1396	2002	2290	3138	3795	7824	21782	36116	31215	29396	12274	155102
2010	3683	2908	2863	2681	4196	9894	21030	90444	109030	38841	24052	9761	319383
2011	1888	1127	1265	1617	2625	5627	9768	23881	55031	23340	18541	13389	158099
2012	2978	1728	2509	2507	3987	6830	14868	50926	63408	39860	18114	9519	217234
2013	2544	1715	2283	1891	2844	4665	8794	21410	36019	22159	11954	11867	128145
2014	3044	1371	1929	2024	2931	6212	10529	40845	42049	36568	17667	10723	175892
2015	4313	2026	1659	2024	2169	5569	8541	37883	61739	46741	26411	17703	216778
2016	5960	3238	3425	3408	3287	6185	19242	39088	42209	30809	19160	8206	184217
2017	2253	1239	1920	1703	2571	5384	17568	37380	72895	33607	19334	11654	207508
2018	2553	1476	2657	1656	3366	5790	12652	22774	42251	19568	13014	5113	132870
2019	4030	2865	5213	2842	2963	7258	13394	51935	53234	25613	20585	7700	197632

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
2020	2866	2657	3880	4117	4002	7109	15804	50694	69329	41468	13463	7408	222797
2021	2237	2187	2501	2548	5288	7470	15985	51711	49829	28342	11596	4387	184081
2022	2759	1931	1790	1616	6698	7876	14212	47507	60313	32130	16978	6953	200763
2023	2494	2035	2585	2359	5286	8597	13985	28056	46498	39692	26824	11515	189926
2024	4555	4566	5448	2613	-	-	-	-	-	-	-	-	17182
Máx.	7057	3238	5213	4117	6698	18024	30391	91085	141220	67228	45364	28639	393915
Méd.	3228	1968	2384	2215	3827	7635	15118	46529	64052	37922	21945	11264	217563
Mín.	547	562	667	538	1811	3551	4740	21410	23293	19568	6804	4376	101530

Fonte: INPE (2024c).

Ao somar o primeiro quadrimestre de todos os anos já registrados, isso é, desde 1999 a abril de 2024, tem-se um recorde no período do ano de 2024. Com isso, é possível concluir que o Brasil enfrenta uma situação preocupante em relação aos incêndios florestais. Esse aumento nas queimadas está diretamente relacionado aos efeitos das mudanças climáticas, incluindo as secas.

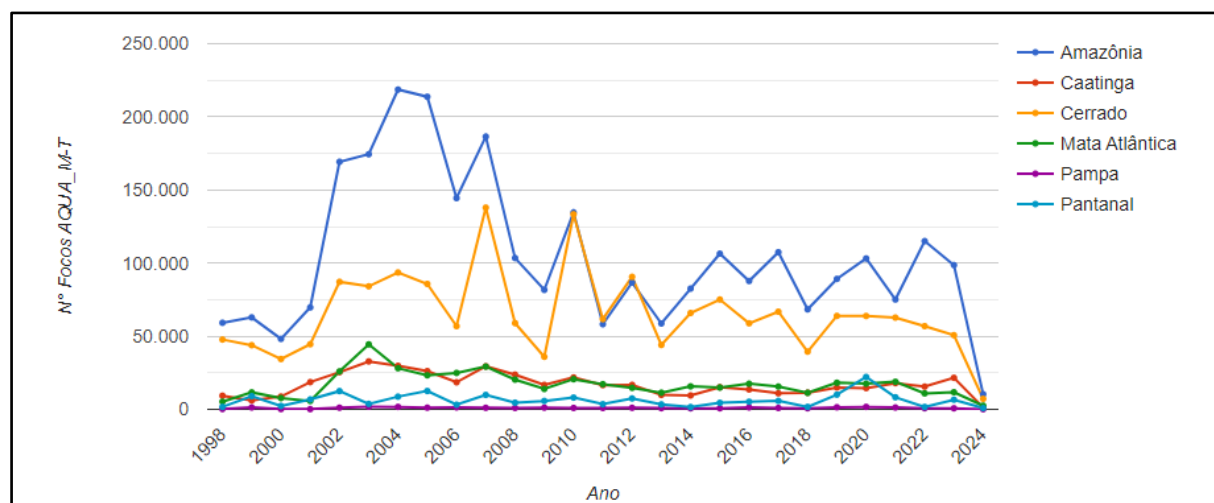
Gráfico 12 – Quantidade de focos ativos detectados no primeiro quadrimestre dos anos (1998-abril/2024)



Fonte: Elaborado pela própria autora com dados do INPE (2024c).

Mais da metade desses incêndios do ano de 2024 ocorreram na região da Amazônia. É possível notar também que esse bioma sempre se destaca na quantidade de focos identificados, quando comparado com os demais (figura 49).

Figura 49 – Série histórica de focos por bioma e ano



Fonte: INPE (2024d).

A tabela 4 mostra um comparativo anual do número de focos detectados pelo satélite nos biomas brasileiros, desde quando foi iniciado o monitoramento, com todas as informações nos mesmos intervalos dos respectivos anos. Mostra também a diferença, de um ano para o outro nessa quantidade detectada, sendo positiva quando houve aumento, e negativa quando houve diminuição. É possível verificar que, até o momento (último dado é de 23/maio/2024), houve um aumento de focos num total de 106% na Amazônia e de 906% no Pantanal, quando comparado com o mesmo período do ano passado.

Tabela 4 - Comparativo anual do número de focos de incêndios por Biomas do Brasil (todos os anos no intervalo de jan. até 23/maio)

	Amazônia	Caatinga	Cerrado	Mata Atlântica	Pampa	Pantanal	TOTAL
1999	990	554	1.808	1.370	115	318	5.155
Dif. (%)	44%	-61%	-21%	-30%	5%	-53%	-17%
2000	1.426	215	1.418	951	121	149	4.280
Dif. (%)	131%	14%	-14%	-49%	-57%	53%	29%
2001	3.297	247	1.220	484	52	228	5.528
Dif. (%)	7%	207%	159%	159%	413%	-6%	66%
2002	3.544	760	3.169	1.258	267	214	9.212
Dif. (%)	186%	110%	55%	308%	-34%	85%	143%
2003	10.167	1.601	4.927	5.140	174	397	22.406
Dif. (%)	-29%	-47%	-5%	-47%	142%	33%	-26%
2004	7.203	848	4.679	2.694	422	529	16.375
Dif. (%)	15%	112%	0%	31%	-8%	28%	18%
2005	8.328	1.798	4.680	3.549	388	682	19.425
Dif. (%)	-38%	-23%	-20%	13%	10%	-67%	-23%
2006	5.155	1.368	3.715	4.042	429	223	14.932
Dif. (%)	32%	14%	54%	-33%	-65%	-12%	14%
2007	6.805	1.571	5.727	2.695	149	196	17.143
Dif. (%)	-52%	-5%	-52%	5%	149%	-40%	-37%
2008	3.204	1.490	2.707	2.841	372	117	10.731
Dif. (%)	-8%	9%	-1%	-4%	20%	1529%	14%
2009	2.944	1.630	2.666	2.716	447	1.907	12.310
Dif. (%)	86%	-11%	109%	-14%	-61%	-83%	24%
2010	5.500	1.442	5.574	2.326	174	308	15.324
Dif. (%)	-57%	-52%	-49%	-30%	21%	-39%	-48%
2011	2.362	692	2.822	1.622	211	187	7.896
Dif. (%)	37%	175%	52%	64%	63%	175%	64%
2012	3.257	1.905	4.311	2.675	345	515	13.008
Dif. (%)	6%	-53%	-16%	-12%	-40%	-27%	-16%
2013	3.472	891	3.619	2.337	207	372	10.898
Dif. (%)	20%	-26%	-1%	-23%	-27%	-31%	-2%
2014	4.174	654	3.565	1.797	151	256	10.597
Dif. (%)	12%	25%	-3%	15%	123%	-6%	9%

	Amazônia	Caatinga	Cerrado	Mata Atlântica	Pampa	Pantanal	TOTAL
2015	4.688	818	3.427	2.082	338	239	11.592
Dif. (%)	114%	-27%	50%	30%	-55%	-25%	62%
2016	10.048	595	5.166	2.716	149	177	18.851
Dif. (%)	-68%	-6%	-33%	-46%	-1%	175%	-50%
2017	3.186	554	3.438	1.448	147	488	9.261
Dif. (%)	50%	-11%	0%	22%	63%	-83%	16%
2018	4.807	489	3.408	1.771	241	82	10.798
Dif. (%)	74%	31%	37%	31%	-14%	795%	57%
2019	8.409	641	4.685	2.320	207	734	16.996
Dif. (%)	-36%	-29%	-4%	38%	312%	179%	-3%
2020	5.322	453	4.490	3.208	853	2.053	16.379
Dif. (%)	-29%	163%	4%	-2%	-41%	-87%	-17%
2021	3.761	1.195	4.692	3.133	503	263	13.547
Dif. (%)	21%	-56%	26%	-41%	-27%	12%	0%
2022	4.586	524	5.910	1.833	364	297	13.514
Dif. (%)	9%	112%	-8%	10%	-4%	-71%	3%
2023	4.998	1.111	5.395	2.030	346	84	13.964
Dif. (%)	106%	11%	35%	23%	-75%	906%	59%
2024	10.334	1.233	7.322	2.507	85	845	22.326

Fonte: INPE (2024e).

6 CONCLUSÃO

As mudanças climáticas são alterações de longo prazo nos padrões climáticos que resultam no aumento da temperatura global, derretimento de geleiras, aumento do nível do mar, eventos climáticos extremos como ondas de calor e mudanças nos padrões de precipitação, afetando ecossistemas naturais, incluindo florestas, agricultura, biodiversidade e quantidade suficiente de água doce, que por sua vez, impactam na saúde humana, bem-estar e segurança alimentar.

As alterações climáticas podem ser naturais ou causadas pela atividade humana, mas pode-se concluir que, desde meados de 1800, com a Revolução Industrial, são dominadas por influências do homem, principalmente devido às emissões de gases de efeito estufa como dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) e óxido nitroso (N₂O), resultantes do uso de combustíveis fósseis e outras ações antropogênicas.

As consequências das mudanças climáticas como as alterações na dinâmica do ciclo hidrológico, na temperatura média global do ar e no regime das precipitações pluviométricas afetam a quantidade, e assim, na qualidade desse recurso vital para sobrevivência humana. Entre os impactos gerados por eventos climáticos, como El Niño e La Niña, têm-se os efeitos sociais, econômicos e ambientais. Enchentes, tempestades, secas, diminuição da presença de peixes nos rios, problemas na agricultura, mudança no comportamento humano, no habitat animal, na preservação dos ecossistemas e na disponibilidade hídrica são alguns dos exemplos.

Existem muitos estudos científicos e relatórios que investigam a relação entre mudanças climáticas e a disponibilidade hídrica. Concomitantemente, muitos alertas vêm sendo publicados para a necessidade de preparação para um novo cenário hídrico, que pode afetar a geração hidrelétrica, a agricultura e o abastecimento de água nas cidades. Os estudos geralmente se concentram em prever como o aquecimento global e a alteração dos padrões de precipitação afetarão o fornecimento de água doce, a segurança hídrica e os sistemas naturais. Infelizmente, a maioria aponta para um cenário de crescente estresse hídrico global. O impacto é desigual, com algumas regiões enfrentando secas severas, enquanto outras lidam com inundações extremas. Por isso, as pesquisas precisam evoluir, destacando a necessidade de adaptação e mitigação para garantir a segurança hídrica no futuro.

A mitigação e adaptação dos governos e da população são essenciais para enfrentar esses desafios, exigindo cooperação global e ações sustentáveis. Portanto, faz-se extremamente necessário instigar a observância por parte de todo cidadão sobre o uso consciente da água e a preocupação com a saúde do meio ambiente, uma vez que sustentam toda a biosfera. O cuidado

com a preservação e gestão sustentável dos recursos hídricos é essencial para garantir que todos os seres vivos possam continuar a depender desse recurso vital no futuro.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO – ANA (Brasil). **O Comitê de Bacia Hidrográfica: o que é e o que faz?** Brasília, DF: ANA, 2011. (Cadernos de capacitação em recursos hídricos; v.1). Disponível em: <https://arquivos.ana.gov.br/institucional/sge/CEDOC/Catalogo/2012/CadernosDeCapacitacao1.pdf>. Acesso em: 17 mar. 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO – ANA (Brasil). **Agência de Água: o que é, o que faz e como funciona.** Brasília, DF: ANA, 2014. (Cadernos de Capacitação em Recursos Hídricos; v.4). Disponível em: <https://www.cbhriodoisrios.org.br/downloads/capacitacao-vol4.pdf>. Acesso em: 18 mar. 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO – ANA (Brasil). **Mudanças climáticas e recursos hídricos: avaliações e diretrizes para adaptação.** Brasília, DF: ANA; 2016. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/todos-os-documentos-do-portal/documentos-soe/mudancas-climaticas/mudanca-climatica-e-recursos-hidricos-2013-avaliacoes-e-diretrizes-para-adaptacao/mudancas-climaticas-e-recursos-hidricos-ana-2016.pdf>. Acesso em: 18 jun. 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO – ANA (Brasil). **Manual de usos consuntivos da água no Brasil:** Agência Nacional de Águas. Brasília, DF: ANA, 2019. Disponível em: https://www.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/central-de-publicacoes/ana_manual_de_usos_consuntivos_da_agua_no_brasil.pdf. Acesso em: 03 fev. 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO – ANA (Brasil). **Mudanças Climáticas e Recursos Hídricos.** Brasília, DF: ANA, 2020. Disponível em <https://www.ana.gov.br/panorama-das-aguas/mudancas-climaticas-recursos-hidricos>. Acesso em: 12 abr. 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO – ANA (Brasil). **Atlas irrigação: uso da água na agricultura irrigada.** 2. ed. Brasília, DF: ANA; 2021a. Disponível em: <https://portal1.snirh.gov.br/ana/apps/storymaps/stories/a874e62f27544c6a986da1702a911c6b>. Acesso em: 12 maio. 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO – ANA (Brasil). **Divisão Hidrográfica Nacional (DHN250):** catálogo de metadados da ANA. Brasília, DF: ANA, 2021b. Disponível em: <https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/por/catalog.search#/metadata/fb87343a-cc52-4a36-b6c5-1fe05f4fe98c>. Acesso em: 17 mar. 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO – ANA (Brasil). **Comitês de Bacias Hidrográficas.** Brasília, DF: ANA, 2021c. Disponível

em:<https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/3c0e0c20-f6ae-4e3b-bb95-b27b61fdbbd8>. Acesso em: 16 mar. 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO – ANA (Brasil). **6-PNRH: do Conjuntura ao Plano de Ações**. Brasília, DF: ANA. Disponível em: <https://relatorio-conjuntura-ana-2021.webflow.io/capitulos/plano-nacional-de-recursos-hidricos>, 2021d. Acesso em: 16 mar. 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO – ANA (Brasil). **2-Evolução dos Usos Setoriais da Água no Brasil**. Brasília, DF: ANA, 2023. Disponível em: <https://cutt.ly/xwDeRdu6>. Acesso em: 02 mar. 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO – ANA (Brasil). **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2023: informe anual**. Brasília, DF: ANA; 2024a. Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/portal/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/conjunturainforme2023.pdf>. Acesso em: 04 fev. 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO – ANA (Brasil). **Impacto da mudança climática nos recursos hídricos do Brasil: sumário executivo**. Brasília, DF: ANA, 2024b. Disponível em: https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/noticias-e-eventos/noticias/ana-lanca-estudo-sobre-impactos-da-mudanca-climatica-nos-recursos-hidricos-das-diferentes-regioes-do-brasil/resumo-executivo_26012024.pdf. Acesso em: 04 maio. 2024.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO – ANA (Brasil); SUPERINTENDÊNCIA DE PLANEJAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS – SPR. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: regiões hidrográficas brasileiras: edição especial**. Brasília, DF: ANA, 2015. Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/portal/snirh/centrais-de-conteudos/conjuntura-dos-recursos-hidricos/regioeshidrograficas2014.pdf>. Acesso em: 18 mar. 2024.

ALERTA RIO. **Sistema Alerta Rio da Prefeitura do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: [s. n.], 2024. Disponível em: <http://www.sistema-alerta-rio.com.br/sensacao-termica-diaria/>. Acesso em: 26 maio. 2024.

ALISSON, E. Chuvas extremas no Sul do Brasil têm aumentado desde 1950, aponta estudo. **Revista Galileu**, [S. l.], mai. 2024. Disponível em: <https://revistagalileu.globo.com/ciencia/meio-ambiente/noticia/2024/05/chuvas-extremas-no-sul-do-brasil-tem-aumentado-desde-1950-aponta-estudo.ghtml>. Acesso em: 25 maio. 2024.

ALMEIDA, F. F. M.; CARNEIRO, C. D. R. Geleiras no Brasil. **Ciência Hoje**, [S. l.], v. 19, n. 112, p. 24-31, 1995.

ALVES, L. M. *et al.* Assessment of rainfall variability and future change in Brazil across multiple timescales. **International Journal of Climatology**. Oxford, v. 1, 2020.

ALONSO, R. **Aprovado o Projeto de Lei que estabelece as novas funções da CETESB**. São Paulo: CETESB, 2009. Disponível em: https://www.cetesb.sp.gov.br/noticentro/2009/04/29_lei.htm#:~:text=O%20nome%20CETES

B%20ser%C3%A1%20extinto,e%20proteger%20o%20meio%20ambiente. Acesso em: 19 mar. 2024.

ANANDHI, A.; STEINER, J.; BAILEY, N. A system's approach to assess the exposure of agricultural production to climate change and variability. **Climate Change**. [S. l.], v. 136, p. 647-659, 2016. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10584-016-1636-y>. Acesso em: 07 maio. 2024.

ANANDHI, A.; KANNAN, N. Vulnerability assessment of water resources: Translating a theoretical concept to an operational framework using systems thinking approach in a changing climate: Case study in Ogallala Aquifer. **Journal of Hydrology**, Amsterdam, v. 557, p. 460-474, 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022169417307977?via%3Dihub>. Acesso em: maio. 2024.

ANDRADE, R. O. Seca que afetou a Amazônia em 2023 causou a maior queda nos níveis dos rios já registrada, e está relacionada a mudanças climáticas, mostra estudo. **Jornal da Unesp**, São Paulo, 24 Abr. 2024. Disponível em: <https://jornal.unesp.br/2024/04/24/seca-que-afetou-a-amazonia-em-2023-causou-a-maior-queda-nos-niveis-dos-rios-ja-registrada-e-esta-relacionada-a-mudancas-climaticas-mostra-estudo/>. Acesso em: 29 maio. 2024.

AMORIM, A. L.; RIBEIRO, M. M. R.; BRAGA, C. F. C. Conflitos em bacias hidrográficas compartilhadas: o caso da bacia do rio Piranhas-Açu/PB-RN. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 21, n. 1, p. 36-45, 2016.

ARORA, N. K. Impact of climate change on agriculture production and its sustainable solutions. **Environmental Sustainability**, [s. l.], v. 2, 2019, p. 95-96. DOI: <https://doi.org/10.1007/s42398-019-00078-w>. Disponível em: https://link.springer.com/article/10.1007/s42398-019-00078-w?utm_source=getftr&utm_medium=getftr&utm_campaign=getftr_pilot. Acesso em: 29 maio. 2024.

ATAIDE, L. C. P. *et al.* Aplicação da Análise Fatorial para Determinação da Vulnerabilidade Hidrometeorológica para o Sub Médio São Francisco. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 37, n. 4, 2022. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0102-778637400>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbmet/a/TSJdhxVTT6DCKb7YYPfMRJr/abstract/?lang=pt#>. Acesso em: 11 maio. 2024.

ATLAS SANCA. **Bacias hidrográficas**, São Carlos, 2023. Disponível em: <https://sites.usp.br/atlassanca/bacias-hidrograficas/>. Acesso em: 14 mar. 2024.

AUGUSTO, L. G. S. *et al.* O contexto global e nacional frente aos desafios do acesso adequado à água para consumo humano. **Ciência & saúde coletiva**, v. 17, n. 6, jun. 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-81232012000600015>. Acesso em: jun. 2024.

AVILA-DIAZ, A. *et al.* Current and Future Climate Extremes Over Latin America and Caribbean: Assessing Earth System Models from High Resolution Model Intercomparison Project (HighResMIP). **Earth Systems and Environment**, v. 7, n. 1, 99-130, 2022. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/366409076_Current_and_Future_Climate_Extremes

_Over_Latin_America_and_Caribbean_Assessing_Earth_System_Models_from_High_Resolution_Model_Intercomparison_Project_HighResMIP. Acesso em: abr. 2024.

BACKLUND, P. W. *et al.* USDA Climate Change Indicators for Agriculture: A New Framework for Understanding Climate Risks and Impacts to U.S. Agriculture, Dez. 2020. In: **AGU Fall Meeting Abstracts**, v. 2020. p. SY044–03.

BANDH, S. A. *et al.* Análise multidimensional das mudanças climáticas globais: uma revisão." **Environmental Science and Pollution Research**, Alemanha, v. 28, p. 24872-24888, mar. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11356-021-13139-7>. Acesso em: jun, 2024.

BARBIERI, G. R. T.; MEALE, G. S.; GUERRA K. D. P. **Sustentabilidade**. Desafio 6 – Água. São Paulo, 2020. Disponível em: <https://www.pucsp.br/sites/default/files/download/eventos/bisus/d6-agua.pdf>. Acesso em: 16 abr. 2024.

BARBOZA, K. M. N. *et al.* **Impactos das mudanças climáticas globais e suas consequências no território brasileiro**, Alemanha, ago. 2017. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/319272319_Impactos_das_mudancas_climaticas_globais_e_suas_consequencias_no_territorio_brasileiro/citations. Acesso em: 09 abr. 2024.

BARCELLOS, C. *et al.* Climate change, thermal anomalies, and the recent progression of dengue in Brazil. **National Library of Medicine**, Estado Unidos, 2024. DOI: 10.1038/s41598-024-56044-y. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38467690/>. Acesso em: 04 maio. 2024.

BECKER, V. *et al.* Responses of phytoplankton functional groups to the mixing regime in a deep subtropical reservoir. **Hydrobiologia**, Países Baixos, p. 137-151, 2009.

BLENKINSOP, S.; ALVES, L. M.; SMITH, A. J. P. Climate change increases extreme rainfall and the chance of floods. Science Brief Review, In: **Critical Issues in Climate Change Science**, [S. l.], 2021.

BRAGA, B. *et al.* **Introdução à Engenharia Ambiental**. 2 ed. São Paulo: Pearson, 2005.

BRASIL. **Lei 9.433, de 8 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Brasília, DF: Presidência da República, [1997]. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/19433.htm. Acesso em: 06 mar. 2024.

BRASIL. **Portaria GM/MS Nº 888, de 4 de maio de 2021**. Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, de 28 de setembro de 2017. Brasília, DF: Ministério da Saúde, [2021]. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2021/prt0888_07_05_2021.html. Acesso em: maio. 2024.

BROWN, C. M. *et al.* The future of water resources systems analysis: Toward a scientific framework for sustainable water management. **Water Resources Research**, Irlanda, v. 51, n., p. 6110-61248, Ago. 2015. Disponível em:

<https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/2015WR017114>. Acesso em: 08 maio. 2024.

CALDEIRA, D. *et al.* Global warming and heat wave risks for cardiovascular diseases: A position paper from the Portuguese Society of Cardiology, **Revista Portuguesa de Cardiologia**, v. 42, p. 1017-1024, 2023. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0870255123000999>. Acesso em: 22 abr. 2024.

CAMPANA, N. A. **Estimativa de parâmetros físicos de bacias utilizando técnicas de sensoriamento remoto e o sistema de informações geográficas**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) - Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 83 p, 1992.

CAMPOS, V. N. DE O.; FRACALANZA, A. P. Governança das águas no Brasil: conflitos pela apropriação da água e a busca da integração como consenso. **Ambiente & Sociedade**, São Paulo, v. 13, n. 2, p. 365-382, 2010.

CARRARA, A. **Preços dos alimentos: da influência do clima à segurança alimentar, um tema nada trivial**. São Paulo: CEPEA; USP, 2024. Disponível em: <https://www.cepea.esalq.usp.br/br/opiniao-cepea/precos-dos-alimentos-da-influencia-do-clima-a-seguranca-alimentar-um-tema-nada-trivial.aspx>. Acesso em: 10 abr. 2024.

CARVALHO, L. M. V. *et al.* The South American Monsoon System and the 1970s climate transition. **International Journal of Climatology**, Inglaterra, v. 31, n. 8, p. 1248-1256, 2011.

CARNEIRO, E. J.; ASSIS, M. F. DA C. Conflitos ambientais em Minas Gerais: exploração da água na microrregião de São Lourenço. **Estudios Sociales**, Hermosillo, México, v. 21, n. 41, p. 11–29, 2013.

CASTILHOS, W. Fenômenos climáticos extremos e conectados. **Agência FAPESP**, Rio de Janeiro, 06 nov. 2012. Disponível em: <https://agencia.fapesp.br/fenomenos-climaticos-extremos-e-conectados/16442>. Acesso em: 23. jun. 2024.

CASTRO, I. E. **Geografia e política: Território, escalas de ação e instituições**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005.

CENTRO NACIONAL DE MONITORAMENTO E ALERTAS DE DESASTRES NATURAIS - CEMADEN. **Secas**. São José dos Campos, 2013. Disponível em: <http://www2.cemaden.gov.br/categoria/ameacas-naturais/>. Acesso em: 21 maio. 2024.

CENTRO NACIONAL DE MONITORAMENTO E ALERTAS DE DESASTRES NATURAIS - CEMADEN. **Principais tipos de Ameaças Naturais no Brasil**. São José dos Campos, 2014. Disponível em: <http://www2.cemaden.gov.br/ameacas-naturais-no-brasil/>. Acesso em: 02 jun. 2024.

CENTRO NACIONAL DE MONITORAMENTO E ALERTAS DE DESASTRES NATURAIS - CEMADEN. **Inundação**. São José dos Campos, 2016a. Disponível em: <http://www2.cemaden.gov.br/inundacao/>. Acesso em: 14 maio. 2024.

CENTRO NACIONAL DE MONITORAMENTO E ALERTAS DE DESASTRES NATURAIS - CEMADEN. **Enxurrada**. São José dos Campos, 2016b. Disponível em: <http://www2.cemaden.gov.br/enxurrada/>. Acesso em: 14 maio. 2024.

CENTRO NACIONAL DE MONITORAMENTO E ALERTAS DE DESASTRES NATURAIS - CEMADEN. **O ano de 2023 foi marcado por temperaturas e secas extremas, aponta estudo do Cemaden**. São José dos Campos, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/cemaden/pt-br/assuntos/noticias-cemaden/o-ano-de-2023-foi-marcado-por-temperaturas-e-secas-extremas-aponta-estudo-do-cemaden-1#:~:text=estudo%20do%20Cemaden,O%20ano%20de%202023%20foi%20marcado%20por%20temperaturas%20e%20secas,para%20os%205.700%20munic%C3%ADpios%20brasileiros>. Acesso em: 12 maio. 2024.

CENTRO NACIONAL DE MONITORAMENTO E ALERTAS DE DESASTRES NATURAIS - CEMADEN/MCTI. **Boletim**: monitoramento de secas e impactos no Brasil. São José dos Campos, Ano 05, n. 35, 2021. Disponível em: http://www2.cemaden.gov.br/wp-content/uploads/2021/05/Boletim_BRASIL_042021.pdf. Acesso em: 25 maio. 2024.

CENTRO NACIONAL DE MONITORAMENTO E ALERTAS DE DESASTRES NATURAIS - CEMADEN/MCTI. **Monitoramento de secas e impactos no Brasil: Agosto/2023**. São José dos Campos, Ago. 2023. Disponível em: [https://www.gov.br/cemaden/pt-br/assuntos/monitoramento/monitoramento-de-seca-para-o-brasil/monitoramento-de-secas-e-impactos-no-brasil-2013-agosto-2023#:~:text=%C3%8Dndice%20Integrado%20de%20Seca%20\(IIS\)%20referente%20ao%20m%C3%AAs%20de%20AGOSTO,curto%20\(at%C3%A9%2090%20dias\)](https://www.gov.br/cemaden/pt-br/assuntos/monitoramento/monitoramento-de-seca-para-o-brasil/monitoramento-de-secas-e-impactos-no-brasil-2013-agosto-2023#:~:text=%C3%8Dndice%20Integrado%20de%20Seca%20(IIS)%20referente%20ao%20m%C3%AAs%20de%20AGOSTO,curto%20(at%C3%A9%2090%20dias)). Acesso em: 25 maio. 2024.

CENTRO NACIONAL DE MONITORAMENTO E ALERTAS DE DESASTRES NATURAIS - CEMADEN/MCTI. **Monitoramento de secas e impactos no Brasil: abril/2024**. São José dos Campos, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/cemaden/pt-br/assuntos/monitoramento/monitoramento-de-seca-para-o-brasil/monitoramento-de-secas-e-impactos-no-brasil-2013-abril-2024>. Acesso em: 25 maio. 2024.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS – CPTEC/INPE. **Condições atuais do ENOS**: enfraquecimento do El-Niño. São José dos Campos, Set. 2024. Disponível em: <http://enos.cptec.inpe.br/>. Acesso em: 22 maio. 2024.

CHEN, M. *et al.* Funções relativas de processos dinâmicos e termodinâmicos em causar assimetria de evolução entre El Niño e La Niña. **Journal of Climate**, [S.l.], v. 29, p. 2201-2220, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-15-0547.1>. Acesso em: maio. 2024.

CHEN, Y. *et al.* Assessing water resources vulnerability by using a Rough Set Cloud Model: A case study of the Huai River basin, China. **Entropy**, [S.l.], v. 21, n. 1, 2019. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1099-4300/21/1/14>. Acesso em: 10 mar. 2024.

CNN BRASIL. **Sistema de energia registra novo recorde de consumo impulsionado por onda de calor**, 2024. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/economia/macroeconomia/sistema-de-energia-registra-novo-recorde-de-consumo-em-um->

mes/#:~:text=A%20rede%20nacional%20de%20energia,foi%20recorde%2C%20a%2091.338%20MWmed. Acesso em: 20 maio. 2024.

CLIMATEMPO. **Teleconexões para entender nosso clima**. São Paulo, Abr. 2021. Disponível em: https://www.climatempo.com.br/noticia/2021/04/04/teleconexoes-para-entender-nosso-clima-8886#google_vignette. Acesso em: 01 maio 2024.

COLLISCHONN, W.; DORNELLES, F. **Hidrologia para engenharia e ciências ambientais**. Porto Alegre: ABRHIDRO, 2013. 336 p.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO - CETESB. **Manual de cianobactérias planctônicas**: legislação, orientações para o monitoramento e aspectos ambientais. São Paulo: CETESB, 2013. 47 p. ISSN 0103-2623. Série Manuais. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/laboratorios/wp-content/uploads/sites/24/2015/01/manual-cianobacterias-2013.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2024.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO - CETESB. **CETESB 50 anos de história e estórias**. São Paulo: CETESB, 2018. 200 p. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/2018/12/Livro-CETESB-50-anos.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2024.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO - CETESB. **CETESB, 55 anos de dedicação ao meio ambiente**. São Paulo: CETESB, 2023. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/blog/2023/07/25/cetesb-55-anos-de-dedicacao-ao-meio-ambiente/>. Acesso em: 11 mar. 2024.

COMUNELLO, E. *et al.* **El Niño na agricultura**: Estratégias para enfrentar um velho conhecido. [S.l.], 2023. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/83430323/artigo---el-nino-na-agricultura-estrategias-para-enfrentar-um-velho-conhecido>. Acesso em: 28 abr. 2024.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA - CNI. **O uso racional da água no setor industrial**. 2. ed. Brasília: CNI, 2017. Disponível em: https://static.portaldaindustria.com.br/media/filer_public/47/53/4753d290-7614-4307-9de7-07b7eb08f26c/o_uso_racional_da_agua_no_setor_industrial.pdf. Acesso em: 09 fev. 2024.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE - CNT. **Aspectos gerais da navegação interior no Brasil**. Brasília: CNT, 2019. Disponível em: <https://cnt.org.br/pesquisas>. Acesso em: mar. 2024.

CORREIA, C. D. A. *et al.* Resolução de conflitos em bacias compartilhadas: análise da ferramenta construção de consenso do Global Water Partnership (GWP) aplicada à bacia do rio Poti. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 17, n. 4, p. 183–195, 2012.

CÔRTEZ, P. L. **Chegada do La Niña pode afetar geração de energia e agricultura do País**. São Paulo: USP, 2024. Disponível em: <https://jornal.usp.br/?p=736979>. Acesso em: 25 maio. 2024.

COSTA, J. A. O fenômeno El Niño e as secas no nordeste do Brasil. **Revista do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia**, Salvador, n. 12, 2014. Disponível em: <https://publicacoes.ifba.edu.br/etc/issue/view/3>. Acesso em: 01 maio. 2024.

CRAIG, P; ALLAN, R. O papel dos padrões de teleconexão na variabilidade e tendências dos índices da estação de crescimento em toda a Europa. **International Journal of Climatology**, v. 42, p. 1072 – 1091, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/joc.7290>. Acesso em: maio. 2024.

CRUTZEN, P. J. Geology of mankind. **Nature**. [S.l.], v. 415, n. 6867, 2002.

CUNHA, A. P.; MARENGO, J. **Avaliação de temperaturas extremas combinadas com a seca no Brasil no ano de 2023**. São José dos Campos, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/cemaden/pt-br/assuntos/noticias-cemaden/o-ano-de-2023-foi-marcado-por-temperaturas-e-secas-extremas-aponta-estudo-do-cemaden-1#:~:text=estudo%20do%20Cemaden,O%20ano%20de%202023%20foi%20marcado%20por%20temperaturas%20e%20secas,para%20os%205.700%20munic%C3%ADpios%20brasileiros>. Acesso em: 08 maio. 2024.

CUNHA, L. V.; OLIVEIRA, R.; NUNES, V. B. Impactos das alterações climáticas sobre os recursos hídricos de Portugal. **Climate Change in Portugal: Scenarios, Impacts and Adaptation Measures**, Lisboa, p. 13, 2002.

DAI, A. Drought under global warming: a review. Wiley Interdisciplinary Reviews: **Climate Change**, [S.l.], v. 2, n. 1, p. 45-65, 2011. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/227672529_Drought_Under_Global_Warming_A_Review. Acesso em: 11 abr. 2024.

DE SOUZA, W. M.; WEAVER, S. C. Effects of climate change and human activities on vector-borne diseases. **Nat Rev Microbiol**, [S.l.], v.22, p. 476-491, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41579-024-01026-0>. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41579-024-01026-0>. Acesso em: 03 maio. 2024.

DENICOLA, E. *et al.* Climate change and water scarcity: the case of Saudi Arabia. **Annals of Global Health**, London, v. 81, n. 3, p. 342–353, 2015.

DE VILLA, B. *et al.* Balanço hídrico climatológico: uma revisão. **Research, Society and Development**, Itabira, v. 11, n. 6, 2022. ISSN 2525-3409. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/360460217_Balanco_hidrico_climatologico_uma_revisao. Acesso em: 11 abr. 2024.

DI MAURO, C. A.; SILVEIRA, A.; SOUZA, T. S. **Enfoques: recursos hídricos e bacias hidrográficas**. Tupã: ANAP, 2020. Disponível em: https://www.feis.unesp.br/Home/Pos-Graduacao/profagua/enfoques____recursos_hidricos_e_bacias_hidrograficas____claudio_antoni_o_di_mauro_alan_silveira_e_tatiana_silva_souza_orgs.pdf. Acesso em: 08 mar. 2024.

DOS SANTOS, D. M. *et al.* Twenty-first-century demographic and social inequalities of heat-related deaths in Brazilian urban áreas. **Plos one**, [S.l.], 2024. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0295766>. Disponível em:

<https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0295766>. Acesso em: 25 abr. 2024.

DUNN, R. J. H. *et al.* Clima Global: Relatório Técnico 8. **Boletim da Sociedade Meteorológica Americana**, Washington, 2020.

DUNN, R. J. H. *et al.* Observed Global Changes in Sector-Relevant ClimateExtremes Indices: An Extension to HadEX3. **Earth and space science**, [S.l.], v. 11, n. 4, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1029/2023EA003279>. Disponível em: <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2023EA003279#>. Acesso em: 25 maio. 2024.

EEROLA, T. T. **Mudanças climáticas globais: passado, presente e futuro**. Florianópolis, Editora São Paulo, 2003.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY – EPA (United States). **Guidance specifying management measures for sources of nonpoint source pollution in coastal waters**. Washington, DC: EPA, 1993.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Queimadas e recursos hídricos: efeitos das cinzas sobre os ecossistemas aquáticos**. Brasília, DF: EMBRAPA, 2020. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/56780861/artigo---queimadas-e-recursos-hidricos-efeitos-das-cinzas-sobre-os-ecossistemas-aquaticos>. Acesso em: 29 maio. 2024.

ESCOBAR, H. Dados comprovam aumento de eventos climáticos extremos em São Paulo. **Jornal da USP**, São Paulo, 2020. Disponível em: <https://jornal.usp.br/ciencias/ciencias-ambientais/dados-comprovam-aumento-de-eventos-climaticos-extremos-em-sao-paulo/>. Acesso em: 26 jun. 2024.

ESPINOZA, J. C. *et al.* The new record of drought and warmth in the Amazon in 2023 related to regional and global climatic features. **Scientific Reports**, Nova York, 2024. DOI: 10.1038/s41598-024-58782-5. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/379642533_The_new_record_of_drought_and_warmth_in_the_Amazon_in_2023_related_to_regional_and_global_climatic_features. Acesso em: 29 maio. 2024.

EXAME – AFP AGÊNCIA DE NOTÍCIAS. **Era dos extremos: eventos climáticos intensos serão mais frequentes no Brasil**. São Paulo, 2024. Disponível em: <https://exame.com/esg/era-dos-extremos-eventos-climaticos-intensos-serao-mais-frequentes-no-brasil/>. Acesso em: 15 maio. 2024.

FALVEY, M.; GARREAUD, R. D. Regional cooling in a warming world: Recent temperature trends in the southeast Pacific and along the west coast of subtropical South America (1979-2006). **Journal of Geophysical Research: Atmospheres**, [S.l.], v. 114, 2009.

FARANDA, D. *et al.* **South Brazil Floods locally exacerbated by both human-driven climate change and natural variability**. França, 2024. Disponível em: <https://www.climameter.org/20240502-south-brazil-floods>. Acesso em: 26 maio. 2024.

FARIA, C. E. *et al.* **Gestão sustentável de Bacias hidrográficas: Gestão sustentável de Bacias hidrográficas - Cenários do Brasil e da Austrália.** São Paulo: EDIFSP, p. 139-156, 2021. Disponível em: <https://salommao.com.br/wp-content/uploads/2021/12/145.pdf>. Acesso em: 23. jun. 2024.

FERREIRA, B. C. C.; VALVERDE, M. C. Análise dos índices de Extremos de Precipitação em Cenários Futuros na Bacia do Rio Ribeira de Iguape - São Paulo. **Revista Brasileira de Meteorologia**, São Paulo, v. 37, n. 1, p. 41–55, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1590/0102-7786370067>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbmet/a/5VZWYJspyK3MYDMvMwqvFzQ/#>. Acesso em: 24 maio. 2024.

FIGUEREDO, A. S. **Diagnóstico de outorgas e vazões na unidade hidrográfica do Alto Ivaí - Paraná.** 2021. Dissertação (Mestrado Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2021. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/25757>. Acesso em: 09 mar. 2024.

FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ - FIOCRUZ. **Projeto Vulnerabilidade à Mudança do Clima.** Rio de Janeiro, 2016. Disponível em: <https://projetovulnerabilidade.fiocruz.br/o-projeto>. Acesso em: 11 fev. 2024

FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ - FIOCRUZ. **Impactos na saúde e caminhos para reduzir os danos dos desastres.** Rio de Janeiro, 2022. Disponível em <https://climaesaude.icict.fiocruz.br/eventos-extremos-0>. Acesso em: 05 maio. 2024

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO. **Information system on water and agriculture – AQUASTAT.** [S.l.], 2020. Disponível em: <http://www.fao.org/nr/water/aquastat/main/index.stm>. Acesso em: mar 2024.

FRITZEN, M.; BINDA, A. L. Alterações no ciclo hidrológico em áreas urbanas: cidade, hidrologia e impactos no ambiente. **Ateliê Geográfico**, [S.l.], v. 5, n. 3, p. 239-254, 2011. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/atelie/article/view/16703/10155>. Acesso em: 02 fev. 2024.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE – FUNASA. **Manual de Saneamento.** Brasília, 5 ed., 2019. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/7676324/mod_resource/content/1/Manual_de_Saneamento_Funasa_5a_Edicao.pdf. Acesso em: 11 mar. 2024.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE – FUNASA. **Manual de Saneamento.** Brasília, 4 ed., 2015. Disponível em: <https://repositorio.funasa.gov.br/handle/123456789/541>. Acesso em: 12 maio. 2024.

FUNDO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A INFÂNCIA (UNICEF). **Os desastres brasileiros e suas relações com as mudanças climáticas.** Brasília, 2022. Disponível em: <https://www.unicef.org/brazil/blog/os-desastres-brasileiros-e-suas-relacoes-com-mudancas-climaticas>. Acesso em: 07 maio. 2024.

GALVÃO JUNIOR, A. C.; PAGANINI, W. S. Aspectos conceituais da regulação dos serviços e água e esgoto no Brasil. **Eng Sanit Ambient**, v.14, n. 1, p. 79-88, 2009. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/mdZJr7sJy5dhZqG9cBfvrTQ/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: jun. 2024.

GERBENS-LEENES, P. W.; HOEKSTRA, A. Y. **Business water footprint accounting: a tool to assess how production of goods and services impacts on freshwater resources worldwide**. Amsterdã, 2008. Disponível em: <https://www.waterfootprint.org/resources/Report27-BusinessWaterFootprint.pdf>. Acesso em: 09 fev. 2024.

GO ASSOCIADOS. **Estudo de perdas de água do instituto trata brasil de 2022 (SNIS 2020)**: Desafios para disponibilidade hídrica e avanço da eficiência do saneamento básico no Brasil. São Paulo, 2022. Disponível em: https://tratabrasil.org.br/wp-content/uploads/2022/09/Relatorio_Completo.pdf. Acesso em: 15 abr. 2024.

GOMES, J. L.; BARBIERI, J. C. **Gerenciamento de recursos hídricos no Brasil e no Estado de São Paulo: um novo modelo de política pública**. Rio de Janeiro, 2004. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/cebape/a/KckKkSpvgRXkdGtFqwbdRZJ/?lang=pt>. Acesso em: 02 mar. 2024.

GRANDES CONSTRUÇÕES. **São Paulo passa a ter transporte público hidroviário em fevereiro**. São Paulo, 2024. Disponível em: <https://grandesconstrucoes.com.br/Noticias/Exibir/sao-paulo-passa-a-ter-transporte-publico-hidroviario-em-fevereiro>. Acesso em: 08 mar. 2024.

GUERRA, S. A crise ambiental na sociedade de risco. **Lex Humana**, Petrópolis, v. 1, n. 2, p. 177-215, 2009. Disponível em: <https://seer.ucp.br/seer/index.php/LexHumana/article/view/27>. Acesso em: 12. Fev. 2024.

GUERRA, S. As mudanças climáticas como catástrofe global e o refugiado ambiental. **Revista Estudos Institucionais**, Rio de Janeiro, v. 7, n. 2, p. 537-559, 2021. DOI: 10.21783/rei.v7i2.641. Disponível em: <https://estudosinstitucionais.emnuvens.com.br/REI/article/view/641/704>. Acesso em: 12 maio. 2024

GUERRA, S. C. S.; QUEIROZ, B. C.; SILVA, L. S. S. O. As mudanças climáticas na sociedade global de risco: desafios para o direito internacional das catástrofes. **Revista acadêmica de direito da Unigranrio**, Rio de Janeiro, v. 11, n. 1, 2021. Disponível em: <https://publicacoes.unigranrio.edu.br/index.php/rdugr/article/view/6947/3417>. Acesso em: 15 abr. 2024.

G1. Onda de calor: Brasil registra novo recorde de demanda de energia elétrica, diz ONS. **G1 – Economia**, Brasília, 2024. Disponível em: <https://g1.globo.com/economia/noticia/2024/03/17/onda-de-calor-brasil-registra-novo-recorde-de-demanda-de-energia-eletrica-diz-ons.ghtml>. Acesso em: 18 maio. 2024.

HASHEMI, M. Forecasting El Niño and La Niña Using Spatially and Temporally Structured Predictors and a Convolutional Neural Network. **IEEE Journal of Selected Topics in**

Applied Earth Observations and Remote Sensing, [S. l.], v. 14, p. 3438-3446, 2021. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9376101>. Acesso em: jun. 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Bacias e divisões hidrográficas do Brasil**: série Relatórios Metodológicos. Rio de Janeiro, v. 48, 2021. Disponível em: <https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/3d87216f-e45e-41d8-9837-074c1608fb1e/attachments/liv101854.pdf>. Acesso em: 17 mar. 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Quadro geográfico de referência para produção, análise e disseminação de estatísticas**. Rio de Janeiro: IBGE; 2. ed, 2022. Disponível em: https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/media/com_mediaibge/arquivos/a32c92ac895a068c195bbebf96b01d24.pdf. Acesso em: 15 maio. 2024

INSTITUTO BRASÍLIA AMBIENTAL. **Incêndios florestais**: causas, conseqüências e como evitar. Brasília, 2009. Disponível em: <https://www.ibram.df.gov.br/wp-content/uploads/2018/02/Cartilha-Inc%C3%AAndios-Florestais-Causas-Consequ%C3%AAncias-e-Como-Evitar.pdf>. Acesso em: 24 maio. 2024.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – INMET. **Ano de 2023 é o mais quente da série histórica no Brasil**. Brasília, 2024a. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/noticias/ano-de-2023-%C3%A9-o-mais-quente-da-hist%C3%B3ria-do-brasil#:~:text=No%20Brasil%2C%20a%20m%C3%A9dia%20das,16%C2%BAC%20abaixo%20da%20m%C3%A9dia%20hist%C3%B3rica>. Acesso em: 07 maio. 2024.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – INMET. **El Niño pode causar impactos na agricultura brasileira**. Brasília, 2024b. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/noticias/el-ni%C3%B1o-pode-causar-impactos-na-agricultura-brasileira>. Acesso em: 09 maio. 2024.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – INMET. **Tabela de dados das estações**: Valparaíso (A734). Brasília, 2024c. Disponível em: <https://tempo.inmet.gov.br/TabelaEstacoes/A734>. Acesso em: 29 maio. 2024.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – INMET. **Mapa de Estações**. Brasília, 2024d. Disponível em: <https://mapas.inmet.gov.br/>. Acesso em: 18 maio. 2024.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA – INMET. **Gráficos Diários de Estações: Valparaíso (A734)**. Brasília, 2024e. Disponível em: <https://tempo.inmet.gov.br/Graficos/A734>. Acesso em: 18 maio. 2024.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS - INPE. **Imagem do Satélite Amazonia-1 dá dimensão da tragédia em todo o Rio Grande do Sul**. São José dos Campos, 2024a. Disponível em: <https://www.gov.br/inpe/pt-br/assuntos/ultimas-noticias/imagem-do-amazonia-1-da-dimensao-da-tragedia-em-todo-o-rio-grande-do-sul>. Acesso em: 24 maio. 2024.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS - INPE. **Programa Queimadas do INPE: perguntas frequentes: FAQ.** São José dos Campos: INPE, 2024b. Disponível em: <https://terrabrasilis.dpi.inpe.br/queimadas/portal/faq/index.html>. Acesso em: 22 maio. 2024.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS - INPE. **Monitoramento dos focos ativos por países.** São José dos Campos, 2024c. Disponível em: https://terrabrasilis.dpi.inpe.br/queimadas/situacao-atual/estatisticas/estatisticas_paises/. Acesso em: 28 maio. 2024.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS - INPE. **Monitoramento dos focos ativos por bioma.** São José dos Campos, 2024d. Disponível em: https://terrabrasilis.dpi.inpe.br/queimadas/situacao-atual/estatisticas/estatisticas_estados/, 2024d. Acesso em: 28 maio. 2024.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS - INPE. **Queimadas: situação atual.** São José dos Campos, 2024e. Disponível em: https://terrabrasilis.dpi.inpe.br/queimadas/situacao-atual/situacao_atual/. Acesso em: 28 maio. 2024.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **Água.** São Paulo, 2023. Disponível em: <https://tratabrasil.org.br/principais-estatisticas/agua/>. Acesso em: 17 maio. 2024.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC. **Climate Change 2022: impacts, adaptation, and vulnerability.** Genebra: IPCC, 2022.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC. **Scientific Assessment-Report of IPCC Working Group.** [S.l.]: Cambridge Univ. Press, 2007. (Fourth Assessment Report).

JACOBS, C. *et al.* **Climate Change Adaptation in the Agriculture Sector in Europe.** [S.l.]: European Environment Agency, 2019. 112 p. ISBN 9789294800725. Disponível em: <https://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/555523>. Acesso em: 10 fev. 2024.

JESUS, E. M. **Ciclones e ciclones subtropicais sobre o sudoeste do Oceano Atlântico Sul: Projeções climáticas e ventos associados.** 2020. Tese (Doutorado em Meteorologia) Universidade de São Paulo, 2020. DOI: 10.11606/T.14.2020.tde-04092020-231228. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/14/14133/tde-04092020-231228/pt-br.php>. Acesso em: 27 maio. 2024.

JONAS, J. *et al.* Climate impacts on global agriculture emerge earlier in new generation of climate and crop models. **Nature Food**, Reino Unido, v. 02, 2021, p. 873-885. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s43016-021-00400-y>. Acesso em: 15 fev. 2024.

JURAS, I. **Mudança do clima: principais conclusões do 5º Relatório do IPCC**, 2013. (Nota técnica).

KEW, S. *et al.* Strong influence of climate change in uncharacteristic early spring heat in South America. **Grantham Institute for Climate Change**, Londres, 2023. DOI: <https://doi.org/10.25561/106753>. Disponível em: <https://spiral.imperial.ac.uk/handle/10044/1/106753>. Acesso em: 02 abr. 2024

KIEFER, G. G. **Bacias Hidrográficas do Brasil**: quais são e suas características, [s.l.], 2023. Disponível em: <https://querobolsa.com.br/enem/geografia/bacias-hidrograficas-do-brasil>. Acesso em: 06 mar. 2024.

KUMAR, K.; SINGH, S.; SINGH, D. **El Niño/La Niña**: The Weather Children of Tropics, [S.l.], 2010, p. 35-36. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/322231369_El_NinoLa_Nina_The_Weather_Children_of_Tropics. Acesso em: 27 maio. 2024.

LANNA, A. E. A economia dos recursos hídricos: os desafios da alocação eficiente de um recurso (cada vez mais) escasso. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 22, n. 63, p. 113–130, 2008.

LEAL, G. C. G.; FARIAS, M. S. S.; ARAUJO, A. F. O processo de industrialização e seus impactos no meio ambiente urbano. **Qualitas Revista Eletrônica**, Paraíba, v. 7, n. 1, 2008.

LEE, D. R *et al.* Developing local adaptation strategies for climate change in agriculture: A priority-setting approach with application to Latin America. **Global Environmental Change**, Reino Unido, v. 29, p. 78-91, 2014.

LIBARDI, P. L. **Dinâmica da água no solo**. São Paulo: Edusp, 2005.

LIMA, A. J. R. A riqueza e o desperdício dos recursos hídricos no Brasil. **Revista Meio Ambiente, Clima e Vulnerabilidade**, [s.l.], 2012. Disponível em: <http://www.mobilizadores.org.br/entrevistas/a-riqueza-e-odesperdicio-dos-recursos-hidricos-no-brasil/>. Acesso em: 08 mar. 2024.

LIMA, L. M; MACHADO, G. C.; ELIAS, L. P. Influência do El Niño-Oscilação Sul (ENOS) sobre a geração de energia solar fotovoltaica no Brasil. *In*: CONGRESSO DA SOBER, 59.; EBPC, 6., 2021, Brasília. **Anais [...]**. Brasília: EBPC, 2021. DOI: 10.29327/soberebpc2021.343745. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/354182674_Influencia_do_El_Nino-Oscilacao_Sul_ENOS_sobre_a_geracao_de_energia_solar_fotovoltaica_no_Brasil. Acesso em: 17 maio. 2024.

LUCCHESI, D. L.; SCHAEFFER, N. DE V. Relação dos fenômenos El Niño, La Niña e Ano neutro na agricultura brasileira. **Boletim Agrônomico**, Rio Grande do Sul, n. 1, 2023. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Andre-Luis-Vian-2/publication/368806476_Boletim-Agronomico-N-1-Fevereiro-2023/links/63fa0a920cf1030a564fd905/Boletim-Agronomico-N-1-Fevereiro-2023.pdf#page=2. Acesso em: abr. 2024.

MA, Z. *et al.* Análise dos impactos da variabilidade climática e da atividade humana no fluxo de uma bacia hidrográfica na região árida do noroeste da China. **Journal of Hydrology**, Amsterdam, v. 352, p. 239-249, 2008. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0022169407007779>. Acesso em: abr. 2024.

MACCARTHY, J. *et al.* Os dados mais recentes confirmam: os incêndios florestais estão piorando. **WRI Brasil**, São Paulo, 2024. Disponível em: <https://www.wribrasil.org.br/noticias/os-dados-mais-recentes-confirmam-os-incendios-florestais-estao-piorando#:~:text=Nos%20%C3%BAltimos%2020%20anos%2C%20a,inc%C3%AAndios%20entre%202001%20e%202022>. Acesso em: 10 maio. 2024.

MACHADO, P. B. **Conflitos pelo uso da água**: papel mediador do Comitê da Bacia Hidrográfica do Lago de Palmas. 2019. Dissertação (Mestrado em Prestação Jurisdicional e Direitos Humanos) – PPGPJDH, Universidade Federal do Tocantins, Palmas, 2019.

MARCUZZO, F. F. N.; ROMERO, V. Influência do El Niño e La Niña na precipitação máxima diária do estado de Goiás. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.28, n.4, p. 429 – 440, 2013. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbmet/a/zmZ5pNnyrF4BxbrNbBKH/?format=pdf>. Acesso em: 30 abr. 2024.

MARENGO, J. A.; DIAS, P. S. Mudanças climáticas globais e seus impactos nos recursos hídricos. In: Rebouças, A. C.; Braga, B.; Tundisi, J. G. (Ed.) **Águas doces no Brasil**: capital ecológico, uso e conservação. 3. ed. São Paulo: Instituto de Estudos Avançados da USP, Academia Brasileira de Ciências, 2006. p. 63-109.

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

MARENGO, J. A. *et al.* The drought of Amazonia in 2005. **Journal of Climate**, Washington, v.21, p.495-516, 2008a.

MARENGO, J. A. *et al.* **Eventos extremos em cenários regionalizados de clima no Brasil e América do Sul para o Século XXI**: projeções de clima futuro usando três modelos regionais. Brasília, 2008b.

MARENGO, J. A. Água e mudanças climáticas. **Estudos Avançados**, [s.l.], v. 22, n. 63, p. 83–96, 2008c. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-40142008000200006>. Acesso em: ago. 2023.

MARENGO, J. A. *et al.* An intercomparison of observed and simulated extreme rainfall and temperature events during the last half of the twentieth century: part 2: historical trends. **Climatic Change**, [s.l.], v. 98, p. 509-529, 2009.

MARENGO, J. A. *et al.* Extreme climatic events in the Amazon basin: climatological and hydrological contexto of recent flood. **Theoretical and Applied Climatology**, [s.l.], v. 107, p. 73-85, 2012.

MARENGO, J. A. *et al.* Extreme Rainfall and Hydro-Geo-Meteorological Disaster Risk in 1.5°C, 2.0°C and 4.0°C global warming scenarios: An analysis for Brazil. **Frontiers in Climate**, Suíça, v. 3, 2021.

MARTIM, A. L. S. S.; BOULOMYTIS, V. T. G. **Gestão sustentável de Bacias hidrográficas: Gestão sustentável de Bacias hidrográficas - Cenários do Brasil e da Austrália.** São Paulo: EDIFSP, p. 96-111, 2021. Disponível em: <https://salommao.com.br/wp-content/uploads/2021/12/145.pdf>. Acesso em: 23. jun. 2024.

MEDEIROS, L.C.; *et al.* Is the future bluegreen or brown? The effects of extreme events on phytoplankton dynamics in a semi-arid man-made lake. **Aquatic Ecology**, [s.l.], v. 49, p. 293-307, 2015.

MENDELSON, R. The Impact of Climate Change on Agriculture in Asia. **Journal of Integrative Agriculture**, [s.l.], v. 13, n. 4, 2014, p. 660-665.

MERCADO E CONSUMO. Carnaval registra aumento de 78% no consumo de cerveja e de 48% na água mineral. **Mercado e Consumo**, [s.l.], 2024. Disponível em: <https://mercadoeconsumo.com.br/18/02/2024/foodservice/carnaval-registra-aumento-de-78-no-consumo-de-cerveja-e-de-48-na-agua-mineral/?cn-reloaded=1>. Acesso em: 13 maio. 2024.

METEOROLOGIA UNIFEI. **Índices de Teleconexões.** Itajubá: UNIFEI, 2024. Disponível em: <https://meteorologia.unifei.edu.br/teleconexoes/>. Acesso em: 03 maio. 2024.

MIRANDA, R. A. C.; OLIVEIRA, M. V. S.; SILVA, D. F. Ciclo hidrográfico planetário: abordagens e conceitos. **Geo Uerj**, Rio de Janeiro, v. 1, n. 21, 2010, p. 109-119. Disponível em: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/geouerj/article/view/1461/1226>. Acesso em: 07 fev. 2024.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO (Brasil). **Número de dias com ondas de calor passou de 7 para 52 em 30 anos.** Brasília, DF: MCTI, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/noticias/2023/11/numeros-de-dias-com-ondas-de-calor-passaram-de-7-para-52-em-30-anos>. Acesso em: 10 abr. 2024.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. **Situação Epidemiológica:** acesse os casos de óbitos e casos prováveis de Dengue. Brasília, DF, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-de-a-a-z/d/dengue/situacao-epidemiologica>. Acesso em: 06 maio. 2024.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE E MUDANÇA DO CLIMA. **273 brigadistas federais combatem incêndios florestais em Roraima.** Brasília, DF, 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/273-brigadistas-federais-combatem-incendios-florestais-em-roraima>. Acesso em: 29 maio. 2024.

MONTEIRO, R. N. F. *et al.* Balanço hídrico climatológico e classificação climática de Thornthwaite para o Município de Groaíras-CE. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 21., 2011, Petrolina. As oportunidades de empreendedorismo na agricultura irrigada: **Anais [...]**. Petrolina: ABID, 2011. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/910333>. Acesso em: 12 abr. 2024.

MOREIRA, M. C. *et al.* Índices para identificação de conflitos pelo uso da água: proposição metodológica e estudo de caso. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. Porto Alegre, v. 17, n. 3, 2012, p. 7–15.

MOREIRA, C.V. M. *et al.* **Qualidade da disponibilidade hídrica durante evento de seca prolongada na região semiárida tropical: dez anos de análise do reservatório Gargalheiras**, RN, Brasil. Niterói: [s. n.], 2023.

MOREL, J.; GASPARELLO, B; ALVARENGA, J. G. **Setor de água mineral espera aumento de 40% na demanda com ondas de calor, verão e efeitos do El Niño**. G1: Campinas, 2023. Disponível em: <https://g1.globo.com/sp/campinas-regiao/noticia/2023/12/14/setor-de-agua-mineral-espera-aumento-de-40percent-na-demanda-com-ondas-de-calor-verao-e-efeitos-do-el-nino.ghtml>. Acesso em: 12 maio. 2024.

NATIONAL METEOROLOGY AND HYDROLOGY SERVICE - SENAMHI. **Climate scenarios for Peru to 2030: second national communication on climate**. Lima: SENAMHI, 2009. Disponível em: https://www.senamhi.gob.pe/usr/cmn/pdf/Resumen_Nacional_Ingles.pdf. Acesso em: 11 abr. 2024.

NCEI, N. **Estado do clima**: relatório mensal sobre o clima global anual 2020. [S. l.: s. n.], 2021. (Relatório Técnico).

NETHERLANDS ORGANIZATION FOR SCIENTIFIC RESEARCH (NOSR). **Conflict and Security**: final version. NOSR: The Hague, 2007.

OLIVEIRA, J. M. B. **Remoção de *Cylindrospermopsis raciborskii* por meio de sedimentação e flotação**: avaliação em escala de bancada. 2005. 122 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos) - Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2005.

OLIVEIRA, G. S. **O El Niño e você**: o fenômeno climático. São José dos Campos, SP: Transtec, 2001.

OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA ELÉTRICO – ONS. **Carga de energia bate recorde nacional de 80.454 MW MED**. Brasília, DF: 2024. Disponível em: <https://www.ons.org.br/Paginas/Noticias/Carga-de-energia-bate-recorde-nacional-de-80-454-MWmed.aspx>. Acesso em: 18 maio. 2024.

PAINEL INTERGOVERNAMENTAL SOBRE MUDANÇA DO CLIMA – IPCC. **Mudança do Clima 2023** - Relatório Síntese. Geneva: Suíça, 2023. (Relatório Técnico). Disponível em: https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/publicacoes/relatorios-do-ipcc/arquivos/pdf/copy_of_IPCC_Longer_Report_2023_Portugues.pdf. Acesso em: 23 jun. 2024.

PARREIRA, A. G. B. *et al.* Water balance climatological to the county of Rio Verde, Goiás. **Científica - Multidisciplinary Journal**, Goianesia, v. 6, n. 1, p. 16-33. 2019.

PAULA, G. M. *et al.* Influência do fenômeno El Niño na erosividade das chuvas na região de Santa Maria (RS). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, v. 34, n. 4, p. 1315–1323, 2010. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/zS9LJJ3HC4nJ7mkHym7LcjK/#>. Acesso em: 30 abr. 2024.

PEIXOTO, F. DA S.; SOARES, J. A.; RIBEIRO, V. S. Conflicts over water in Brazil. **Sociedade & Natureza**. Uberlândia, v. 34, 2021. 13 p. DOI: 10.14393/SN-v34-2022-59410. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/sociedadennatureza/article/view/59410/32985>. Acesso em: 14 abr. 2024.

PEREIRA, A. R.; VILLA NOVA, N. A.; SEDIYAMA, G. C. **Evapo(transpi)ração**. Piracicaba: FEALQ, 1997.

PETRUCCI, E; AZEVEDO, L. M. Análise dos eventos extremos de precipitação máxima no município de Cachoeira do Sul/RS, de 1987 a 2020. **Revista de Geografia**, Recife, v. 40, n. 3, p. 258-281, 2023. DOI: <https://doi.org/10.51359/2238-6211.2023.253447>. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/index.php/revistageografia/article/view/253447/45497>. Acesso em: 26 maio. 2024.

PINHEIRO, A. Avaliação das variáveis hidrológicas do balanço Hídrico em área agrícola com cultivo de milho (*Zea mays*) através de uso de lisímetro. **Revista de Estudos Ambientais**, v. 12, n. 1, p. 73-81, 2010.

PLANO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS - PNRH. **Plano de ação: estratégia para a implementação do PNRH 2022-2040**, 2022. Volume II do PNRH 2022-2040. Disponível em: https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/seguranca-hidrica/plano-nacional-de-recursos-hidricos-1/pnrh_2022_para_baixar_e_imprimir.pdf. Acesso em: 04 mar. 2024.

PLUMPTRE, A. J. *et al.* Where Might We Find Ecologically Intact Communities?. **Frontiers in Forests and Global Change**, [s.l.], v. 4, 2021. DOI=10.3389/ffgc.2021.626635. ISSN=2624-893X. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/ffgc.2021.626635>. Acesso em: 04 mar. 2024.

PORTAL GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Hidrovia Tietê-Paraná bate recorde de movimentação de cargas em 2023**. São Paulo, 2023. Disponível em: <https://www.saopaulo.sp.gov.br/ultimas-noticias/hidrovia-tiete-parana-bate-recorde-de-movimentacao-de-cargas-em-2023/>. Acesso em: 12 mar. 2024.

RAGAN, R. M.; JACKSON, T. J. Use of satellite data in urban hydrologic models. **Journal of the Hydraulics Division**, [s.l.], v. 101, n. 12, 1975.

REBOITA, M. *et al.* Impacts of teleconnection patterns on South America climate. **Annals of the New York Academy of Sciences**. New York, v. 1504, n. 1, p. 116-153, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/nyas.14592>. Acesso em: maio. 2024

REBOITA, M. S. *et al.* South Atlantic Ocean cyclogenesis climatology simulated by regional climate model (RegCM3). **Climate Dynamics**, [s.l.], v. 35, n. 7-8, p. 1331-1347, 2009. DOI: 10.1007/s00382-009-0668-7. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00382-009-0668-7>. Acesso em: 28 maio. 2024.

REBOITA, M. S. *et al.* The South Atlantic Subtropical Anticyclone: Present and Future Climate. **Frontiers In Earth Science**, [s.l.], v. 7, n. 8, p. 1-15, 2019. DOI: 10.3389/feart.2019.00008. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/feart.2019.00008/full>. Acesso em: 29 maio. 2024.

REBOUÇAS, A. C. *et al.* **Águas doces no Brasil**. São Paulo: Escrituras Editora, 2006.

RIBEIRO, W. C. Impactos das mudanças climáticas em cidades no Brasil. **Parcerias estratégicas**, Brasília, v. 13, n. 27, p. 297-322, 2010.

RUI-LI, L; GENG, S. Impacts of Climate Change on Agriculture and Adaptive Strategies in China. **Journal of Integrative Agriculture**, [s.l.], v.12, n. 8, p. 1402-1408, 2013. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2095311913605523>. Acesso em: abr. 2024.

SA, L. L. C. de *et al.* Ocorrência de uma floração de cianobactérias tóxicas na margem direita do Rio Tapajós, no Município de Santarém (Pará, Brasil). **Rev Pan-Amaz Saude**, Ananindeua, v. 1, n. 1, p. 159-166, 2010. Disponível em: http://scielo.iec.gov.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2176-62232010000100022&lng=pt&nrm=iso. Acesso em: 09 mar. 2024.

SALES, M. A. L. **Balanço hídrico na sub-bacia hidrográfica do Boi Branco – SP para gestão sustentável da agricultura irrigada**. 2014. 120 f. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Botucatu, 2014.

SALES, S. S. *et al.* Estudos sobre o monitoramento hidrológico do rio Javari. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos – SBRH, 23., 2019, Foz do Iguaçu. **Anais [...]**. Porto Alegre: ABRHIDRO, 2019. Disponível em: <https://anais.abrhidro.org.br/job.php?Job=5427>. Acesso em: 06 mar. 2024.

SANDERSON, E. W. *et al.* The human footprint and the last of the wild. **BioScience**, [s.l.], v. 52, n. 10, p.891–904, 2002.

SANTOS, M. D. **O papel dos municípios na gestão de recursos hídricos: estudo de caso sobre o município de Rio Acima/MG**. 2013. 42 f. Monografia (Especialização) – Curso de Gerenciamento de Recursos Hídricos, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013. Disponível em: https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/BUOS9C5HWR/1/monografia_final_especializacao_recursos_hidricos_matheus_duarte_santos.pdf. Acesso em: 10 mar. 2024.

SANTOS, A. M.; GALVÍNCIO, J. D.; MOURA, M. S. B. Os recursos hídricos e as mudanças climáticas: discursos, impactos e conflitos. **Revista Geográfica Venezolana**, [s.l.], v. 51, n. 1, p. 59-68, 2010.

SANTOS, G. O.; HERNANDEZ, F. B. T.; ROSSETTI, J. C. Balanço hídrico como ferramenta ao planejamento agropecuário para a região de Marinópolis, noroeste do estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, Fortaleza, v. 4, n. 3, p. 142-149, 2010.

SCANLON, B. R. *et al.* Global impacts of conversion from natural to agricultural ecosystem on water resources: quantity versus quality. **Water Resources Research**, [s.l.], v. 43, n.3, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1029/2006WR005486>. Acesso em: 12 abr. 2024.

SCHUELER, T. R. The importance of imperviousness. **Watershed Protection Techniques**, Ellicott City, v. 1, n. 3, p. 100-111, 1994.

SECRETARIA DE AGRICULTURA E ABASTECIMENTO. **Cadeia Produtiva de Minerais utilizados no Agronegócio do Estado de São Paulo**. São Paulo, 2018.

Disponível em:

<https://dadosenergeticos.energia.sp.gov.br/portalsev2/intranet/biblioVirtual/mineracao/Cadeia-produtiva-mineracao-agronegocio.pdf>. Acesso em: 09 mar. 2024.

SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE, INFRAESTRUTURA E LOGÍSTICA – SEMIL. **Bacia hidrográfica**. São Paulo, 2020. Disponível em:

<https://semil.sp.gov.br/educacaoambiental/prateleira-ambiental/bacia-hidrografica/>. Acesso em: 17 mar. 2024.

SERRÃO, E. A. O. *et al.* Land use change scenarios and their effects on hydropower energy in the Amazon. **Science of The Total Environment**, Amsterdam, v. 744, p. 140981, 2020.

Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969720345101?via%3Dihub>. Acesso em: maio. 2024.

SHI, M. *et al.* The 2005 Amazon drought legacy effect delayed the 2006 wet season onset. **Geophysical Research Letters**, [s.l.], v. 46, n. 15, p. 9082-9090, 2019.

SIAS, E. Dados confirmam que pacífico atingiu super el niño em 2023-2024. **Met Sul Meteorologia**. Rio Grande do Sul. Fev. 2024. Disponível em: <https://metsul.com/dados-confirmam-que-pacifico-atingiu-super-el-nino-em-2023-2024/#:~:text=Dados%20confirmam%20que%20Pac%C3%ADfico%20atingiu%20Super%20El%20Ni%C3%B1o%20em%202023%2D2024>. Acesso em: 29 maio. 2024.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE RECURSOS HÍDRICOS – SNIRH (Brasil). **Divisão de bacias**. Brasília, DF: SNIRH, 2024. Disponível em:

<https://www.snirh.gov.br/portal/snirh-1/acesso-tematico/divisao-hidrografica>. Acesso em: 15 fev. 2024.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO – SNIS (Brasil). **Abastecimento de água - 2022**. Brasília, DF: SNIS, 2022. Disponível em:

<https://www.gov.br/cidades/pt-br/acesso-a-informacao/acoes-e-programas/saneamento/snis/painel/ab>. Acesso em: 22 maio. 2024.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO – SNIS (Brasil). **Diagnóstico Temático: Serviços de Água e Esgoto**. Brasília, DF: SNIS, 2023. Disponível em:

<https://www.gov.br/cidades/pt-br/acesso-a-informacao/acoes-e-programas/saneamento/snis/produtos-do-snis/diagnosticos-snis#:~:text=%C3%81gua%20e%20Esgoto>. Acesso em: 08 fev. 2024.

SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO – SNIS (Brasil). **Série Histórica**. Brasília: DF: SNIS, 2024. Disponível em:

<http://app4.mdr.gov.br/serieHistorica/>. Acesso em: 23 maio. 2024.

SILVA, L. É. P.; BRACHT, E. Uma nova abordagem para o cálculo de balanço hídrico climatológico. **Revista Brasileira de Computação Aplicada**, v. 2, n. 1, p. 2-16, 2010. DOI: 10.5335/rbca.2013.722.

SIPEK, V. *et al.* Influence of vegetation type and soil properties on soil water dynamics in the Šumava Mountains (Southern Bohemia). **Journal of Hydrology**, v. 582, n. 364, November, 2020. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2019.124285. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/337096755_Influence_of_vegetation_type_and_soil_properties_on_soil_water_dynamics_in_the_Sumava_Mountains_Southern_Bohemia. Acesso em: 22 maio. 2024.

SHIVA, V. **Water Wars. Guerras por Água: Privatização, poluição e lucro**, 2006. p. 69 – 100. Disponível em: <https://archive.org/details/guerrasporaguaprivatizacaopoluicaoelucrovandanashiva/mode/2up>. Acesso em: 05 fev. 2024.

SODRÉ, F. Fontes difusas de poluição da água: características e métodos de controle. **Artigos Temáticos do AQQUA**, v. 1, p. 9-16, 2012. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/259931943_Fontes_Difusas_de_Poluicao_da_Agua_Caracteristicas_e_metodos_de_controle. Acesso em: 28 jan. 2024.

SOITO, J. **Usos múltiplos da água. FGV Energia**. Disponível em: https://fgvenergia.fgv.br/sites/fgvenergia.fgv.br/files/coluna_opinioao_maio_-_usos_multiplos_da_agua.pdf. Acesso em: 11 mar. 2024.

SONDERMANN, M. Consequências drásticas do El Niño no setor elétrico. **Climatempo**, 19 out. 2023. Disponível em: <https://www.climatempo.com.br/noticia/2023/10/19/consequencias-drasticas-do-el-nino-no-setor-eletrico-2625#:~:text=Nas%20regi%C3%B5es%20Sudeste%20e%20Centro,energ%C3%A9tica%20do%20pa%C3%ADs%20naquele%20per%C3%ADodo>. Acesso em: 19 maio. 2024.

SOUZA, C. A.; REBOITA, M. S. Ferramenta para o Monitoramento dos Padrões de Teleconexão na América do Sul. **Terra e Didática**, Campinas, v. 17, n. 00, p. e02109, 2021. DOI: 10.20396/td.v17i00.8663474. Disponível em: <https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/td/article/view/8663474>. Acesso em: 01 maio. 2024.

STOCKWELL, J. D. *et al.* Storm impacts on phytoplankton community dynamics in lakes. **Global Change Biology**, v. 26, p. 2756-2784, 2020.

TAN, B.; CHEN, W. Progresso no estudo da dinâmica dos padrões de teleconexão atmosférica extratropical e seus impactos no clima do Leste Asiático. **Journal of Meteorological Research**, 28, p. 780-802, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s13351-014-4041-3>. Acesso em: maio. 2024

TALAMONE, R; FERRAZ JÚNIOR. Setor agrícola utiliza metade da água consumida no Brasil. **Jornal da USP**, São Paulo, 20 mar. 2024a. Disponível em: <https://jornal.usp.br/?p=735674>. Acesso em: 09 maio. 2024.

TALAMONE, R; FERRAZ JÚNIOR. **A evolução da gestão hídrica no Brasil:** da Lei das Águas à cobrança pelo uso, 2024b. Publicado em 19 de março de 2024 às 12h28 em Jornal da USP. Disponível em: <https://jornal.usp.br/?p=735368>. Acesso em: 09 maio. 2024.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia:** ciência e aplicação 2.ed. Porto Alegre: ABRH/Editora da UFRGS, 1997. (Col. ABRH de Recursos Hídricos, v.4).

TUCCI, C. E. M. **Modelos hidrológicos.** Porto Alegre: Ed. Universidade UFRGS, 1998.

TUNDISI, J. G. Ciclo hidrológico e gerenciamento integrado. **Ciência e Cultura**, v. 55, n. 4, p. 31-33, 2003. Disponível em: http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?pid=S0009-67252003000400018&script=sci_arttext&tlng=en. Acesso em: 05 fev. 2024.

TUNDISI, J. G.; TUNDISI, T. **Limnologia.** São Paulo: Oficina dos Textos, 2008. 631p.

TUNDISI, J. G. Recursos hídricos no futuro: problemas e soluções. **Dossiê Água. Estud. av.**, v. 22, n. 63, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-40142008000200002>. Acesso em: jun. 2024.

TUNDISI, J. G. **Recursos Hídricos no Brasil:** problemas, desafios e estratégias para o futuro. Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 2014. 76 p.

ORGANIZAÇÃO ÁRVORE ÁGUA. **Visualização bacias do mundo**, 2024. Disponível em: <https://arvoreagua.org/ciclo-hidrologico/bacias-hidrograficas/visualizacao-bacias-do-mundo>. Acesso em: 08 mar. 2024.

UMBERT, M. *et al.* Contribution of satellite sea surface salinity to the estimation of liquid freshwater content in the Beaufort Sea. **Ocean Science**, v. 20, p. 279-291, 2024. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/378572589_Contribution_of_satellite_sea_surface_salinity_to_the_estimation_of_liquid_freshwater_content_in_the_Beaufort_Sea. Acesso em: 02 mar. 2024.

VARGAS, G. M. **Conflitos sociais e socioambientais:** propostas de um marco teórico e metodológico. Sociedade & Natureza, Uberlândia, v. 19, n. 2, p. 191–203, 2007.

VELLEDA, L. **Estudo internacional indica que chuvas no RS foram intensificadas por mudanças climáticas**, 2024. Publicado em SUL 21 – Meio Ambiente em 11 de maio de 2024 às 11:43h. Disponível em: <https://sul21.com.br/noticias/meio-ambiente/2024/05/estudo-internacional-indica-que-chuvas-no-rs-foram-intensificadas-por-mudancas-climaticas/>. Acesso em: 27 maio. 2024.

VELEZ, M. V. *et al.* **Mudanças Climáticas no Brasil.** Juiz de Fora: Universidade Federal de Juiz de Fora, 2007.

VISENTIN, J. C.; SZIGETHY, L. Uso de Água no Brasil: o papel do efeito tecnológico. **Texto para discussão**, Brasília, v. 2756, mar. 2022. Disponível em: https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/11105/1/td_2756.pdf. Acesso em: 29 maio. 2024.

VILLACÍS, M. **Ressources en Eau Glaciaire dans les Andes d'Equateur en relation avec les variations du climat: le cas du volcan Antisana.** 2008. 231 f. Tese (Formation Doctorale: Eau continentale et société) - Université Montpellier II, Montpellier, 2008. Disponível em: https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers11-02/010047407.pdf. Acesso em: 11 abr. 2024.

VON SPERLING, M. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos.** 2. ed. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais; 1996. 213 p.

WANG, B. *et al.* Impact of climate change on wheat flowering time in Eastern Australia. **Agricultural and Forest Meteorology**, [s.l.], v. 209 210, n.15, 2015, p. 11-21

WISCHMEIER, W.H. A rainfall erosion index for a universal soil-loss equation. **Soil Science Society of America Journal**, [s.l.], v. 23, p. 246-249. DOI: <https://doi.org/10.2136/sssaj1959.03615995002300030027x1959>.

WISCHMEIER, W. H.; SMITH, D. D. **Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning.** Washington, DC: United States Department of Agriculture, 1978.

YAMADA, E. S. M. **A realização do balanço hídrico de diferentes locais com dados climáticos de uma rede de monitoramento permite a realização do zoneamento agroclimático e a classificação do clima.** Piracicaba: [S. n.], 2011.

ZUROVEC, O.; CADRO, S.; SITAUULA, B.K. Quantitative assessment of vulnerability to climate change in rural municipalities of Bosnia and Herzegovina. **Sustainability**, [s.l.], v. 9, n. 7, p. 1208, 2017. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/9/7/1208>. Acesso em: 06 maio. 2024.

DADOS CURRICULARES

IDENTIFICAÇÃO	
Data de nascimento	05/06/1994
Nacionalidade	Brasileira
Nome em citações bibliográficas	PRADO, F. L.; PRADO, FABYOLLA LOPES
Currículo Lattes	http://lattes.cnpq.br/8303432466333215
ORCID	https://orcid.org/0000-0002-1025-8182
FORMAÇÃO ACADÊMICA	
2011	EE Dr Pio Antunes de Figueiredo (Lourdes-SP)
2017	Bacharel em Engenharia Civil (Centro Universitário Toledo, Araçatuba-SP)
2019	Especialista em Gestão Empresarial (Centro Universitário Toledo, Araçatuba-SP)
2023	Especialista em Formação didático-pedagógica para cursos na modalidade a distância (UNIVESP)
2024 (Em andamento)	Mestre em Engenharia Civil (Unesp, Ilha Solteira-SP)
PRODUÇÃO BIBLIOGRÁFICA	
PRADO, F. L.; SILVA, T. A. S. – Avanço tecnológico em proteções de pilares nas pontes da Hidrovia Tietê-Paraná. Trabalho de conclusão de curso. Araçatuba: Centro Universitário Toledo, 2016. PRADO, F. L. – Absenteísmo: Os impactos e suas causas na construção civil. Trabalho de conclusão de curso. Araçatuba: Centro Universitário Toledo, 2019. PRADO, F. L. – As mudanças climáticas e suas relações com os recursos hídricos. Artigo científico. Revista eletrônica AtoZ: Novas práticas em informação e conhecimento, 2024. PRADO, F. L. - As mudanças climáticas e suas relações com os usos múltiplos da água e a disponibilidade dos recursos hídricos. Dissertação de mestrado. Ilha Solteira: Unesp, 2024.	
PARTICIPAÇÃO EM BANCAS E ORIENTAÇÕES	
Bancas de trabalhos de conclusão	
HORAS; G. T. Participação em banca de Gabriel Teixeira Horas. O sistema construtivo de paredes de concreto, 2022. Trabalho de Conclusão de Curso – Centro Universitário Toledo, Araçatuba, 2022. MARTINS, C. H. Participação em banca de Caio Henrique Martins. Telhados verdes associados ao sistema de aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis, 2021. Trabalho de Conclusão de Curso – Centro Universitário Toledo, Araçatuba, 2021. GAMINO, L. A. S. Participação em banca de Luís Augusto Souza Gamino. Conforto térmico: ambiente construído, aplicação e sustentabilidade, 2021. Trabalho de Conclusão de Curso – Centro Universitário Toledo, Araçatuba, 2021. DE OLIVEIRA, R. M. Participação em banca de Rubens Miranda de Oliveira, 2021. Processo de aprovação de projeto e habite-se de residências unifamiliares junto a prefeitura municipal de Coroados-SP, 2021. Trabalho de Conclusão de Curso – Centro Universitário Toledo, Araçatuba, 2021.	
Orientações	
Orientação de Projetos Integradores (PIs) dos alunos de graduação da Universidade Virtual do Estado de São Paulo (UNIVESP).	
PREMIAÇÕES	
Honra ao Mérito Acadêmico como melhor aluna do ano de 2016 do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Toledo. Honra ao Mérito da Loja Maçônica "Estrela Noroeste do Brasil" em Civismo e Esforços Escolares na XXXVI Maratona Cívico-Cultural "Semana da Pátria".	