

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA**

**MILENA MATOS AZEVEDO**

**APLICAÇÃO DO ÍNDICE DE PRECIPITAÇÃO PADRONIZADO (SPI) PARA  
ANÁLISES DE SECAS NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL**

**Itaqui  
2024**

**MILENA MATOS AZEVEDO**

**APLICAÇÃO DO ÍNDICE DE PRECIPITAÇÃO PADRONIZADO (SPI) PARA  
ANÁLISES DE SECAS NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Cartográfica e de Agrimensura da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharela em Engenharia Cartográfica e de Agrimensura.

Orientadora: Profa. Dra. Leydimere Janny Cota Oliveira.

**Itaqui  
2024**

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos  
pelo(a) autor(a) através do Módulo de Biblioteca do  
Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais) .

M642a Matos Azevedo, Milena

APLICAÇÃO DO ÍNDICE DE PRECIPITAÇÃO PADRONIZADO (SPI) PARA  
ANÁLISES DE SECAS NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL / Milena  
Matos Azevedo.

32 p.

Trabalho de Conclusão de Curso(Graduação)-- Universidade  
Federal do Pampa, DOUTORADO EM CIÊNCIA ANIMAL, 2024.

"Orientação: Leydimere Janny Cota Oliveira".

1. Secas . 2. SPI. 3. Mudanças Climáticas. I. Título.

**MILENA MATOS AZEVEDO**

**APLICAÇÃO DO ÍNDICE DE PRECIPITAÇÃO PADRONIZADO (SPI) PARA  
ANÁLISES DE SECAS NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Cartográfica e de Agrimensura da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Bacharela em Engenharia Cartográfica e de Agrimensura.

Trabalho de Conclusão de Curso defendido e aprovado em 12 de julho de 2024.

Banca examinadora:

Documento assinado digitalmente  
 LEYDIMERE JANNY COTA OLIVEIRA  
Data: 26/07/2024 13:16:14-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Profa. Dra. Leydimere Janny Cota Oliveira

Orientador

(UNIPAMPA)

Documento assinado digitalmente  
 MARCELO JORGE DE OLIVEIRA  
Data: 26/07/2024 13:14:02-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Prof. Me. Marcelo Jorge de Oliveira  
(UNIPAMPA)

Documento assinado digitalmente  
 RICHARD ASSIS DA SILVA  
Data: 26/07/2024 12:36:56-0300  
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

---

Prof. Richard Assis Da Silva  
(UNIPAMPA)

Dedico essa jornada a minha maior inspiração como mulher preta, minha avó Maria Luiza da Silva Azevedo, professora de estudos sociais e artesã. Dedico também a minha inspiração de força e coragem, minha mãe Fernanda Moura de Matos, mulher guerreira que nunca deixou faltar amor e cuidado e também a todas as mães que ganhei nessa vida.

“A menos que modifiquemos a nossa maneira de pensar, não seremos capazes de resolver os problemas causados pela forma como nos acostumamos a ver o mundo”. (Albert Einstein)

## RESUMO

Este estudo abordou a aplicação do índice de precipitação padronizado (SPI) no estado do Rio Grande do Sul. Com o objetivo de identificar e avaliar a intensidade das secas nas escalas de tempo: trimestral, semestral e anual no estado. Para tanto o SPI foi estimado a partir de dados de precipitação das estações meteorológicas espalhadas no estado que compõem o Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP), disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) no software *SPIGenerator*. Os resultados obtidos possibilitou identificar a severidades das secas nas diferentes Regiões Hidrográficas do estado do Rio Grande do Sul. Entender esse tipo de comportamento possibilita aos tomadores de decisão se preparar para o gerenciamento dos recursos hídricos disponíveis, tendo em vista que, a intensidade das secas em decorrência das mudanças climáticas.

Palavras-Chave: Secas, SPI, Mudanças Climáticas.

## **ABSTRACT**

This study addressed the application of the standardized precipitation index (SPI) in the state of Rio Grande do Sul. With the objective of identifying and evaluating the intensity of droughts on the time scales: quarterly, semi-annual and annual in the state. For this purpose, the SPI was estimated based on precipitation data from meteorological stations throughout the state that make up the Meteorological Database for Teaching and Research (BDMEP), made available by the National Institute of Meteorology (INMET) in the SPIGenerator software. The results obtained made it possible to identify the severity of droughts in the different Hydrographic Regions of the state of Rio Grande do Sul. Understanding this type of behavior allows decision makers to prepare for the management of available water resources, considering that the intensity of droughts as a result of climate change.

Keywords: Droughts, SPI, Climate Change.

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - SPI3 para as estações meteorológicas localizadas na Região Hidrográfica do Guaíba.....	22
Gráfico 2 - SPI6 para as estações meteorológicas localizadas na Região Hidrográfica do Guaíba .....	23
Gráfico 3 – SPI12 para as estações meteorológicas localizadas na Região Hidrográfica do Guaíba.....	23
Gráfico 4 - SPI3 para as estações meteorológicas localizadas na Região Hidrográfica do Uruguai.....	25
Gráfico 5 – SPI6 para as estações meteorológicas localizadas na Região Hidrográfica do Uruguai.....	26
Gráfico 6 – SPI12 para as estações meteorológicas localizadas na Região Hidrográfica do Uruguai.....	27
.....	27
Gráfico 7 – SPI3 para as estações meteorológicas localizadas na Região Hidrográfica Litorânea.....	28
Gráfico 8 – SPI6 para as estações meteorológicas localizadas na Região Hidrográfica Litorânea.....	29
Gráfico 9 – SPI12 para as estações meteorológicas localizadas na Região Hidrográfica Litorânea.....	29

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Classificação do Índice Padronizado de Precipitação de acordo com McKEE et al., (1993).	20
--	----

## **LISTA DE QUADROS**

Quadro 1 - Quadro da classificação da severidade da seca	17
--	----

## **LISTA DE FIGURAS**

Figura 1 - Imagem ilustrativa sobre as secas no estado do Rio Grande do Sul no ano de 2023.....	14
Figura 2 - Fluxograma da sequência das secas.....	15
Figura 3 - Histórico dos dados tabulares de secas.....	16
Figura 4 - Mapa de localização das Estações Meteorológicas do INMET no estado do Rio Grande do Sul.....	19
Figura 5 - Mapa das Regiões Hidrográficas do Rio Grande do Sul.....	20

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>11</b>
<b>2 CONCEITOS GERAIS E REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>12</b>
2.1 El Niño e La Niña.....	12
2.2 Secas.....	13
2.2 Índice de Precipitação Padronizado (SPI).....	17
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>18</b>
3.1 Dados.....	18
3.1.1 Área de Estudo.....	18
3.1.2 Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).....	20
3.1.3 Cálculo do SPI.....	21
<b>4 APRESENTAÇÃO DA PESQUISA E ANÁLISE DOS RESULTADOS.....</b>	<b>21</b>
4.1 SPI na Região Hidrográfica do Guaíba.....	21
4.2 SPI na Região Hidrográfica do Uruguai.....	24
4.3 SPI na Região Hidrográfica Litorânea.....	27
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>30</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>31</b>

## 1 INTRODUÇÃO

As discussões sobre as mudanças climáticas e as suas consequências têm se tornado cada vez mais frequentes. Já que com a intensidade das mudanças nas temperaturas, os ambientes vêm sofrendo uma severa degradação, e eventos extremos relacionados ao excesso ou ausência de precipitação são cada vez mais comuns.

A seca é o processo mais intenso da estiagem, provocando grandes desarmonias hidrológicas em muitas regiões no Brasil e no mundo. O Rio Grande do Sul é um dos estados que tem uma grande presença no ranking econômico do país, tendo a soja como o seu principal produto e entender como esse fenômeno impacta o estado, se torna essencial (IBGE, 2022).

A economia que envolve o setor agrícola e agropecuário se torna importante para o desenvolvimento socioeconômico e ambiental do país. De acordo com Mendonça (2023), o Rio Grande do Sul é a quarta maior economia do país e participa com 6,4% da composição do Produto Interno Bruto (PIB) nacional. É importante ressaltar também que o estado contribui de forma positiva para a importação e exportação de produtos.

Com essa preocupação, se torna inevitável encontrar formas que possam identificar fenômenos como a seca para poder ter um bom planejamento do setor agrícola, evitando os grandes prejuízos que a mesma pode ocasionar. É importante levar em consideração os momentos de troca de temperatura intensa, como os eventos climáticos El Niño e La Niña que acabam sendo grandes influências.

A partir disso, neste trabalho, foi utilizado o banco de dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), órgão responsável pelas informações meteorológicas do Brasil. Esses dados são retirados de estações meteorológicas ativas que estão espalhadas por todo o território nacional. Tais informações são essenciais para os estudos das variáveis meteorológicas, entre elas a precipitação (INMET, 2024).

O método escolhido para fazer a análise temporal da seca, foi o Índice de Precipitação Padronizado (*SPI*, sigla em inglês), o qual, segundo o INMET (2024), tem por objetivo associar um valor numérico único à variável precipitação, que possa ser comparado entre regiões e períodos do ano de climas bastante diferenciados.

O SPI é um índice muito utilizado para se fazer uma quantificação de seca. Ele basicamente utiliza todas as precipitações em um período de tempo com no mínimo 30 anos e identifica o acúmulo dessas precipitações em 3, 6, 12 meses ou mais. A identificação dos valores negativos que são obtidos como resultados acabam se tornando parâmetros para identificar a intensidade dessas secas (INPE, 2023).

O objetivo geral deste trabalho foi Identificar e avaliar a intensidade das secas por meio do SPI nas escalas de tempo: trimestral, semestral e anual no estado do Rio Grande do Sul.

## **2 CONCEITOS GERAIS E REVISÃO DE LITERATURA**

Dentro deste tópico serão destacados os principais assuntos desse trabalho acadêmico: El Niño e La Niña, a seca e seus tipos e o índice de precipitação padronizado (SPI). Outro ponto importante destacado aqui é a origem dos dados analisados ao longo do trabalho, dados esses que foram coletados diretamente pelo INMET.

### **2.1 El Niño e La Niña**

O El Niño e a La Niña são eventos que se iniciam no meio do Oceano Pacífico e terminam nos continentes gerando uma grande precipitação ou uma grande seca.

O El Niño é caracterizado por temperaturas oceânicas excepcionalmente quentes no Pacífico Equatorial, em oposição ao La Niña, que é caracterizado por temperaturas oceânicas excepcionalmente frias no Pacífico Equatorial (NOAA, 2024)

O aquecimento nas águas do Pacífico Equatorial acaba gerando uma interação com a atmosfera, provocando a umidade por conta desse aquecimento e formando nuvens carregadas. Segundo Ynoue *et al.* (2012), a convergência dos ventos alísios na região equatorial faz com que o ar quente e úmido ascenda, transportando a umidade do oceano para altos níveis da atmosfera. Nesse caso, esses ventos acabam influenciando na precipitação, tendo sentido leste oeste, atraindo essas nuvens para o continente sul-americano.

Como as nuvens não têm mais interação com a água aquecida, essa chuva acaba evaporando, causando grandes secas perto da linha do Equador por conta da baixa pressão atmosférica, ou seja, na região Norte/Nordeste do Brasil. A água evaporada acaba transbordando para as encostas do continente e para o Sul do Brasil, ocasionando grandes períodos de chuvas nos meses de outubro e novembro.

A fase El Niño do fenômeno acoplado ENOS refere-se às situações nas quais o oceano Pacífico Equatorial está mais quente do que a condição média histórica (climatológica), e a fase La Niña refere-se à situação oposta, ou seja, quando o oceano Pacífico Equatorial está mais frio do que a condição média histórica. (CPTEC, 2024)

De acordo com o Instituto de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (INEMA), o La Niña é um fenômeno climático com características opostas ao EL Niño, ou seja, apresenta um resfriamento anormal nas águas superficiais do Oceano Pacífico Equatorial. Guitarrara (2024), afirma que a La Niña ocorre a cada dois ou sete anos e tem duração de nove a 12 meses.

Diferente do El Niño, a La Niña acaba conservando as nuvens perto da linha do Equador, por conta da baixa pressão atmosférica, como as temperaturas não estão tão elevadas por conta do verão, as chuvas ficam concentradas nessa região, ocasionando grandes chuvas na região Norte/Nordeste e secas intensas na região Sul do Brasil. Entender esse comportamento faz com que a percepção sobre a decorrência das secas em determinada época, possa ser melhor compreendida.

## **2.2 Secas**

Segundo o Paranhos (2022), a estiagem é o resultado da falta, da redução ou do atraso das chuvas previstas para um determinado período. Caracteriza-se por ser menos intensa que a seca, ocorre em tempo menor e está relacionada com a redução no volume das reservas hídricas da superfície e do subsolo.

Quando essas reservas hídricas acabam afetando a produção agrícola e agropecuária podem ter impactos significativos na economia. A Emater/RS-Ascar, afirma que:

“Tal é o caso da estiagem que acomete o território gaúcho, com preocupante deficiência hídrica nas atividades agropecuárias que continua se agravando progressivamente, provocando perdas já consolidadas e ampliando a cada dia o número de produtores rurais atingidos, seja pela impossibilidade de irrigar cultivos e dessedentar criações, seja pela

indisponibilidade de acesso à água para consumo humano e para as atividades domésticas das famílias atingidas” (EMATER/RS-ASCAR, 2022, p.1).

Já a seca, acaba se tornando um estágio mais severo da estiagem. De acordo com Paz e Bonetto (2017), a seca agrícola pode ser definida como uma seca com duração suficiente para que haja um desequilíbrio na disponibilidade de água no solo, entretanto, somente nas camadas mais superficiais as quais realizam algum processo de interação com as plantas cultivadas. Abaixo, a figura 1 traz ao texto uma ilustração de como seriam as secas agrícolas.

**Figura 1** - Imagem ilustrativa sobre as secas no estado do Rio Grande do Sul no ano de 2023.



Fonte: Adaptado do Diário do Poder, 2023.

A seca pode ser classificada de acordo com sua intensidade em: seca meteorológica, seca agrícola, seca hidrológica e seca socioeconômica (AMBIENTAIS, 2019)

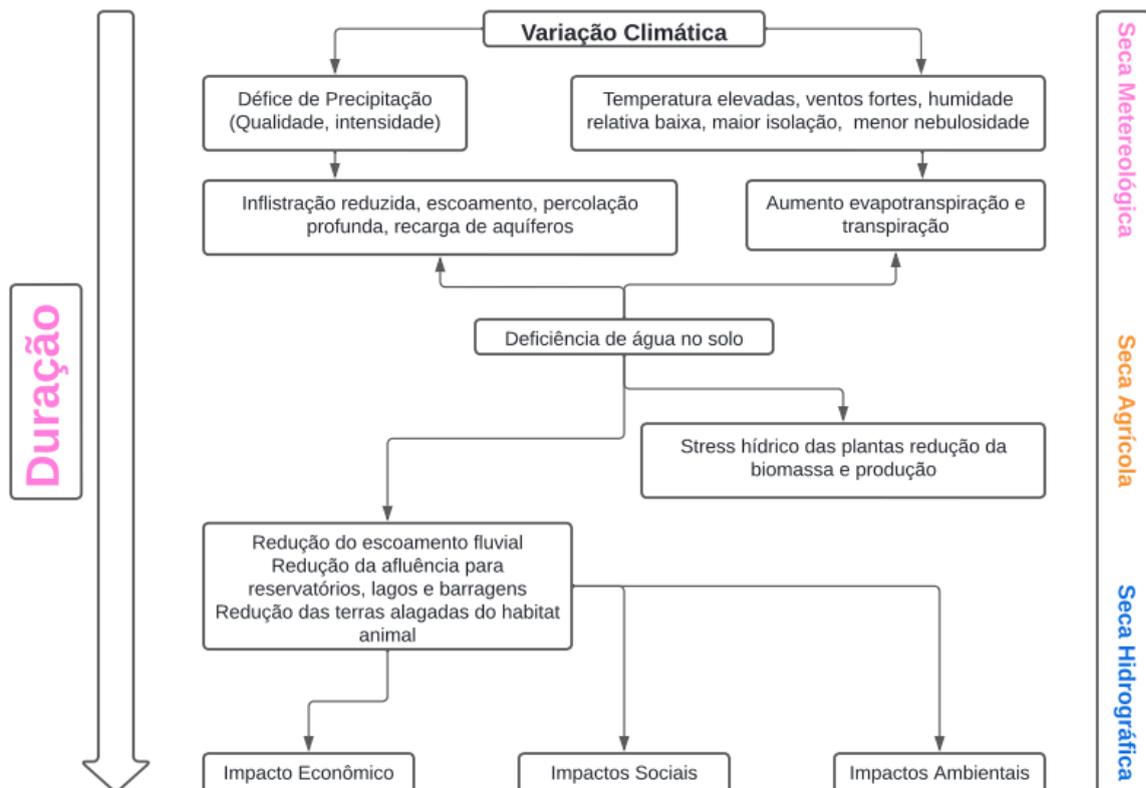
Van Lon (2015) enfatiza que a seca meteorológica refere-se a uma deficiência de precipitação, possivelmente combinada com o aumento da evapotranspiração potencial, estendendo-se por uma grande área e abrangendo um extenso período de tempo.

A seca agrícola já uma fase mais prolongada da meteorológica, afetando os solos e os cultivos. Segundo o Instituto Português de Mar e Atmosfera (IPMA), a seca agrícola está associada à falta de água causada pelo desequilíbrio entre a água disponível no solo, a necessidade das culturas e a transpiração das plantas.

As secas meteorológicas duram em torno de 15 dias a 1 mês, enquanto a seca agrícola tende a ser prolongada, dentro de 3 a 6 meses. Já a seca hidrológica, fala sobre não existir água na superfície e nem em lençóis freáticos, impactando grandes rios e reservatórios. Do ponto de vista do Silva (2020, p. 8) a tipologia resultante de volumes de água superficial e subsuperficial, inferiores ao normal, como por exemplo, a vazão de rios e o nível dos lagos. Pode afetar a navegação em rios, geração de energia elétrica e captação de água para consumo.

As secas socioeconômicas acabam se formando por conta do impacto que todas as outras secas ocasionam, pois com a falta de água se torna muito difícil manter grandes cultivos, grandes abastecimentos de água, entre outras situações que a seca pode influenciar. O fluxograma contido na figura 2, apresenta uma melhor perspectiva sobre o funcionamento das secas.

**Figura 2** - Fluxograma da sequência das secas.

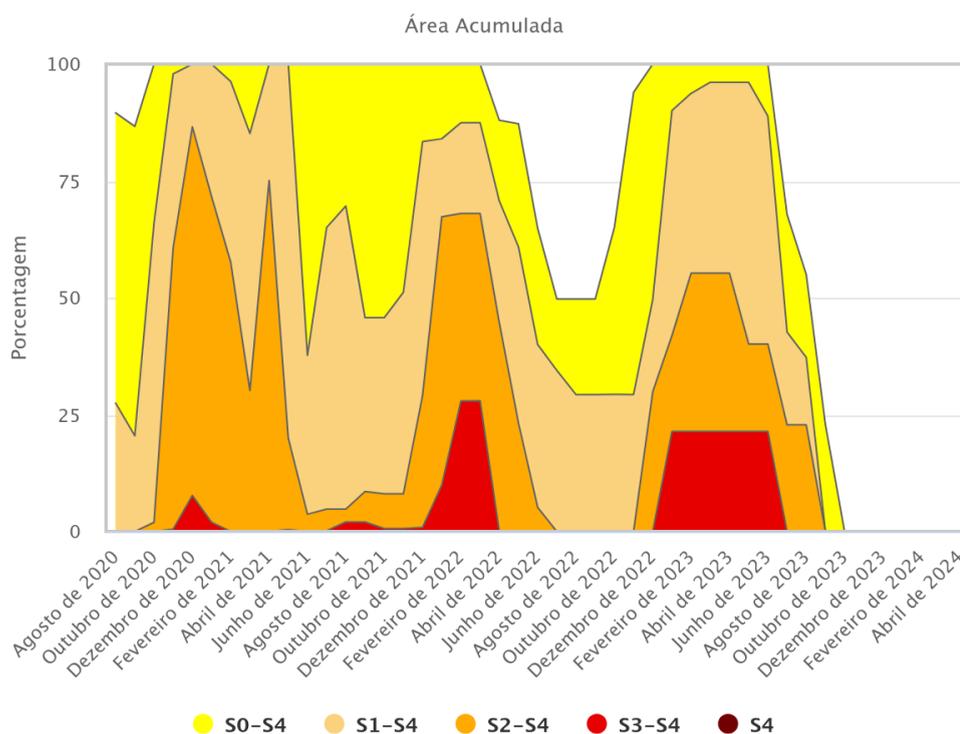


Fonte: Adaptado do Instituto Português de Mar e Atmosfera (IPMA).

A partir do entendimento dessas classificações se torna possível interpretar os dados providos de índices gerados para fazer o cálculo da intensidade dessa seca e assim poder fazer algum tipo de prevenção para maiores desastres.

A figura 3 apresenta um estudo feito pelo Monitor de Secas da Agência Nacional de Águas (ANA), sobre as secas no estado do Rio Grande do Sul em um período de tempo de aproximadamente 3 anos. (ANA, 2024)

**Figura 3** - Histórico dos dados tabulares de secas



Fonte: adaptado do Monitor de Secas da ANA (2024).

O quadro 1 apresenta a classificação do gráfico do Monitor de Secas (2024).

**Quadro 1** - Quadro da classificação da severidade da seca.

<b>Categoria</b>	<b>Percentil</b>	<b>Descrição</b>	<b>Impactos Possíveis</b>
<b>S0</b>	30 %til	Seca Fraca	Entrando em seca: veranico de curto prazo diminuindo plantio, crescimento de culturas ou pastagem. Saindo de seca: alguns déficits hídricos prolongados, pastagens ou culturas não completamente recuperadas.
<b>S1</b>	20 %til	Seca Moderada	Alguns danos às culturas, pastagens, córregos, reservatórios ou poços com níveis

<b>S2</b>	10 %til	Seca Grave	baixos, algumas faltas de água em desenvolvimento ou iminentes; restrições voluntárias de uso de água solicitadas.  Perdas de cultura ou pastagens prováveis; escassez de água comuns; restrições de água impostas.
<b>S3</b>	5 %til	Seca Extrema	Grandes perdas de culturas / pastagem; escassez de água generalizada ou restrições
<b>S4</b>	2 %til	Seca Excepcional	Perdas de cultura / pastagem excepcionais e generalizadas; escassez de água nos reservatórios, córregos e poços de água, criando situações de emergência.

Fonte: adaptado do Monitor de Secas da ANA (2024).

## 2.2 Índice de Precipitação Padronizado (SPI)

O SPI é uma ferramenta consistente de detecção e monitoramento probabilístico/padronizado de déficit ou excesso de precipitação para diferentes escalas temporais, possibilitando a comparação entre regiões com diferentes características climáticas (INPE, 2019).

De acordo com McKee et al. (1993), autores que desenvolveram o SPI, um conjunto mensal de dados de precipitação é preparado para um período de “m” meses, idealmente um período contínuo de pelo menos 30 anos. Um conjunto de períodos médios é selecionado para determinar um conjunto de escalas de tempo do período “j” meses onde j é 3, 6, 12, 24 ou 48 meses. Apesar dessa escala de tempo ser totalmente arbitrária, os valores acabam demonstrando melhor os déficits hidrológicos que acabam ocorrendo ao longo do tempo.

Segundo Santos *et al.*(2011), o conjunto de dados, resultantes do somatório das precipitações ao longo dos meses é, em seguida, ajustado a uma função densidade de probabilidades. Na formulação original, McKee (1993) utilizou a função Gamma.

A Tabela 1 apresenta a classificação dos valores arbitrários do SPI. Os valores negativos indicam a falta de umidade no solo. Esse método tem a grande vantagem de padronizar a análise, permitindo comparar regiões totalmente distintas,

como por exemplo, regiões com climas mais úmidos e chuvosos com regiões mais áridas e secas (FERNANDES et al., 2009).

**Tabela 1** - Classificação do Índice Padronizado de Precipitação de acordo com McKEE et al., (1993).

<b>Valores do SPI</b>	<b>Categoria das Secas</b>
0 até -0.99	Seca Leve
-1 até -1.49	Seca Moderada
-1.50 a -1.99	Seca Severa
≤ -2.00	Seca Extrema

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

Inicialmente, foram feitas análises das estações meteorológicas distribuídas pelo território gaúcho, sendo coletados os dados mensais de precipitação, a partir do Banco de Dados Meteorológicos para ensino e Pesquisa (BDMEP). Em seguida, foi utilizado o software SPI Generator para o cálculo do SPI nas diferentes escalas temporal, e posteriormente os resultados foram exportados para uma planilha eletrônica para a confecção dos gráficos.

#### **3.1 Dados**

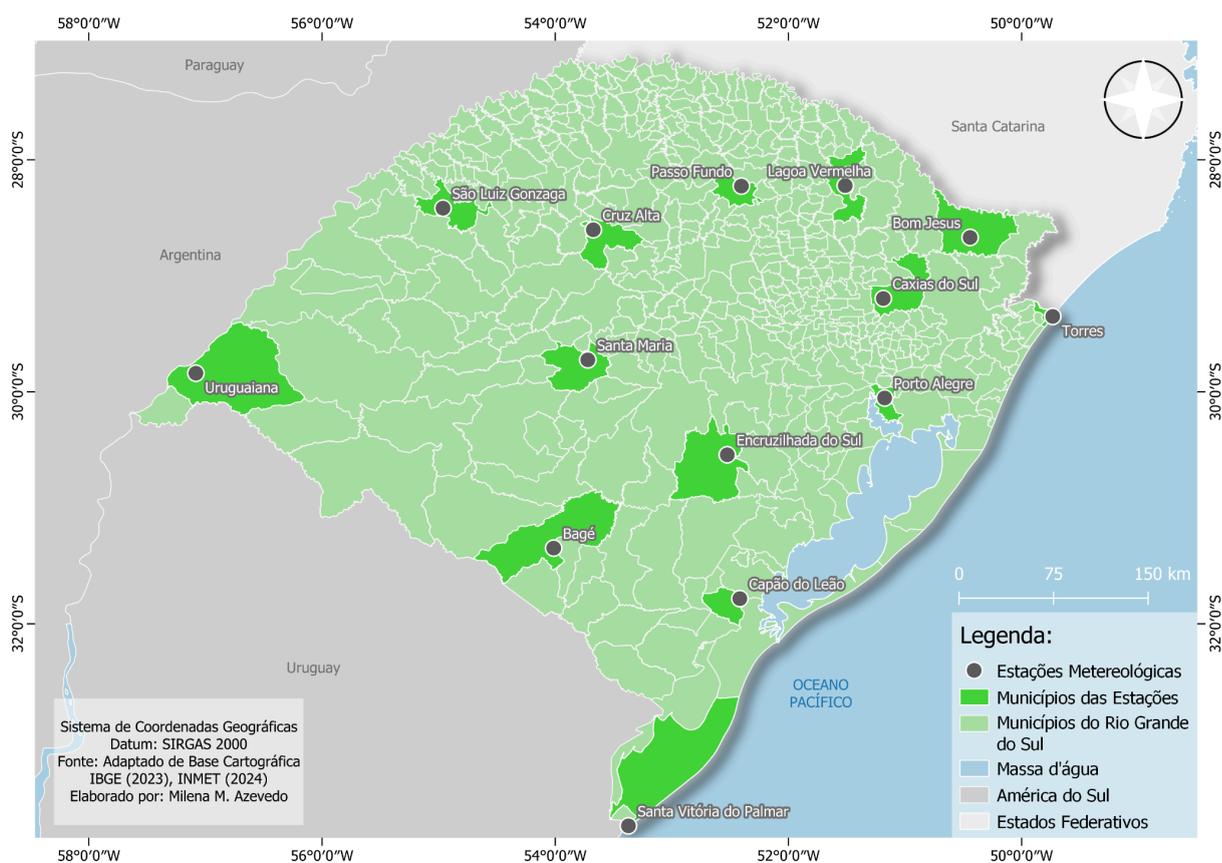
##### **3.1.1 Área de Estudo**

A área de estudo selecionada foi o estado do Rio Grande do Sul. De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2021), o território gaúcho possui uma área de 281.707.151 km<sup>2</sup> e uma população estimada de 11.466.630 habitantes.

Segundo o Atlas Socioeconômico (2022), o clima do estado é Temperado do tipo Subtropical, classificado como Mesotérmico Úmido (classificação de Köppen).

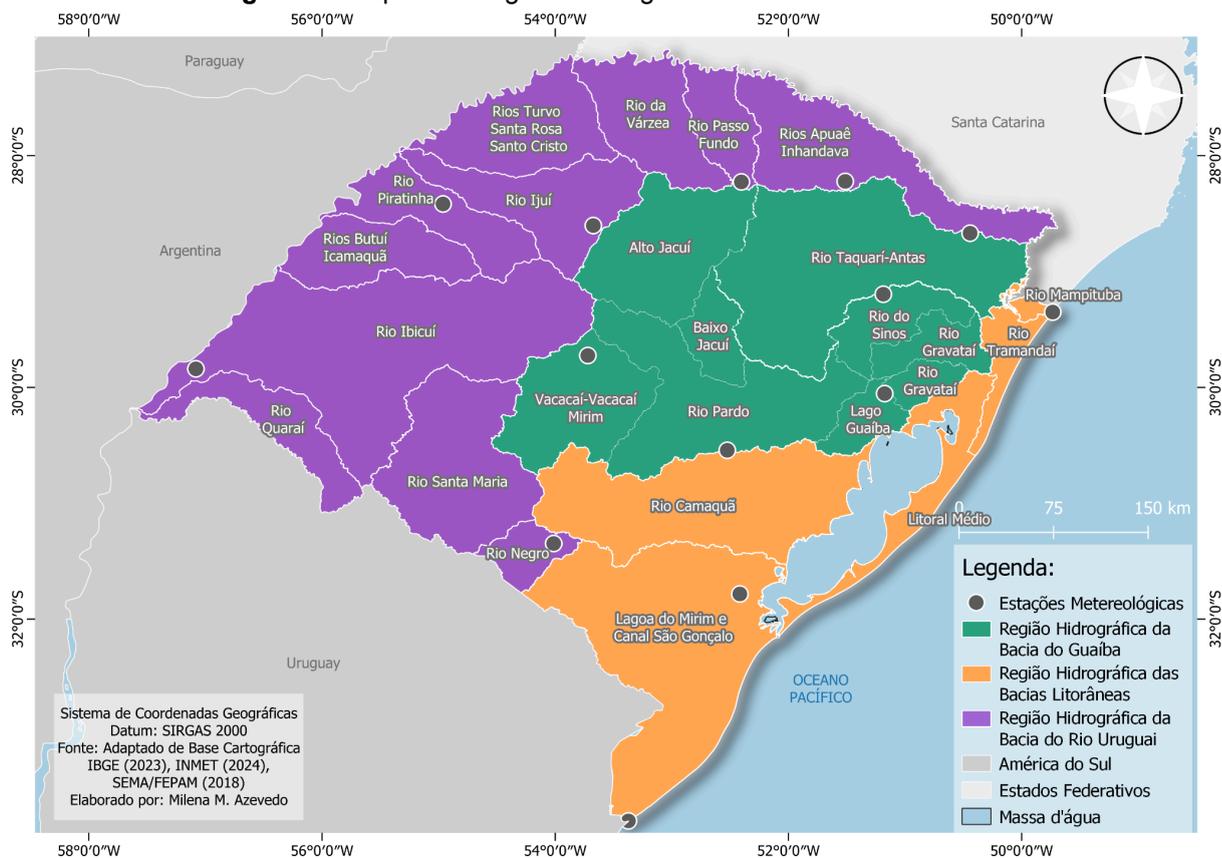
A figura 4 ilustra a localização das estações meteorológicas que foram escolhidas para este estudo, de acordo com a disponibilidade de dados.

**Figura 4** - Mapa de localização das Estações Meteorológicas do INMET no estado do Rio Grande do Sul



As estações convencionais utilizadas neste estudo são localizadas nas seguintes cidades: Bagé, Bom Jesus, Caxias do Sul, Capão do Leão, Cruz Alta, Encruzilhada do Sul, Lagoa Vermelha, Passo Fundo, Porto Alegre, Santa Maria, Santa Vitória do Palmar, São Luiz Gonzaga e Uruguai. A fim de agrupar as estações escolheu-se a subdivisão do estado em Regiões Hidrográficas apresentada na Figura 5.

**Figura 5 - Mapa das Regiões Hidrográficas do Rio Grande do Sul.**



Elaboração: Autora (2024).

### 3.1.2 Instituto Nacional de Meteorologia (INMET)

De acordo com o INMET (2023), a missão dessa organização é agregar valor à produção no Brasil por meio de informações meteorológicas. Esta missão é alcançada por meio de monitoramento, análise e previsão de tempo e de clima, que se fundamentam em pesquisa aplicada, trabalho em parceria e compartilhamento do conhecimento, com ênfase em resultados práticos e confiáveis.

As estações meteorológicas responsáveis pela coleta de dados disseminam essas informações de forma gratuita pelo site da instituição, com grande importância para os setores da economia do país. Esses dados são armazenados no BDMEP.

O BDMEP abriga dados meteorológicos diários em forma digital, de séries históricas das várias estações meteorológicas convencionais da rede de estações do INMET com milhões de informações, referentes às medições diárias, de acordo com as normas técnicas internacionais da Organização Meteorológica Mundial (INMET, 2023).

Neste estudo foram utilizados dados de precipitação mensal para o período de 1993 a 2023 das estações apresentadas na figura 4.

### **3.1.3 Cálculo do SPI**

O cálculo do SPI para as escalas de tempo trimestral, semestral e anual foi executado no software *SPIGenerator* versão 1.7.6 desenvolvido pelo Centro Nacional de Mitigação da Seca (NDMC) da Universidade de Nebraska em 2018. Para o cálculo do SPI neste software os dados históricos de precipitação são ajustados à distribuição de probabilidade gama, após o ajuste a precipitação acumulada estimada, para determinada estação durante certo período de tempo, é comparada com o valor observado para aquela localidade (NDMC, 2018).

Os resultados gerados foram então organizados com os nomes de suas respectivas cidades e de acordo com a região hidrográfica e exportados para uma planilha eletrônica para a confecção dos gráficos.

## **4 APRESENTAÇÃO DA PESQUISA E ANÁLISE DOS RESULTADOS**

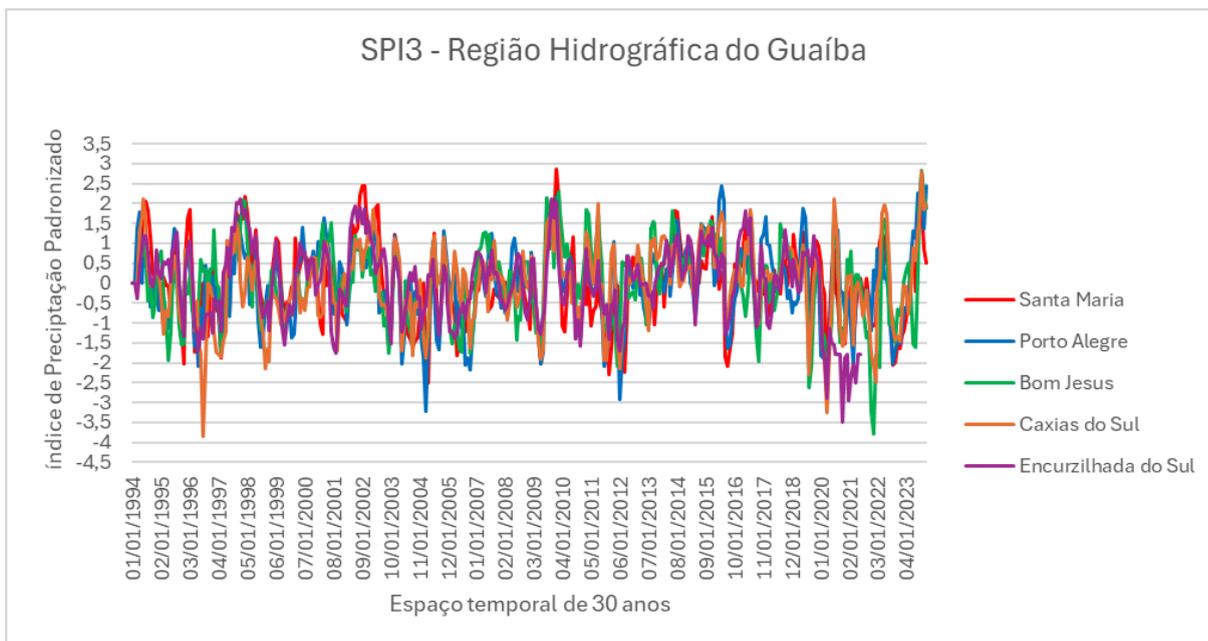
Foram gerados dados referentes ao SPI3 que analisa o acúmulo de secas ao longo de 3 meses, o SPI6 com análise de acúmulo de secas por 6 meses e o SPI12 que seria a análise anual.

### **4.1 SPI na Região Hidrográfica do Guaíba**

Na Região Hidrográfica do Guaíba, foram analisados dados de 5 estações meteorológicas, são elas: Santa Maria, Porto Alegre, Bom Jesus, Caxias do Sul e Encruzilhada do Sul.

O gráfico 1 apresenta os resultados do SPI3 para a Região Hidrográfica do Guaíba.

**Gráfico 1** - SPI3 para as estações meteorológicas localizadas na Região Hidrográfica do Guaíba.

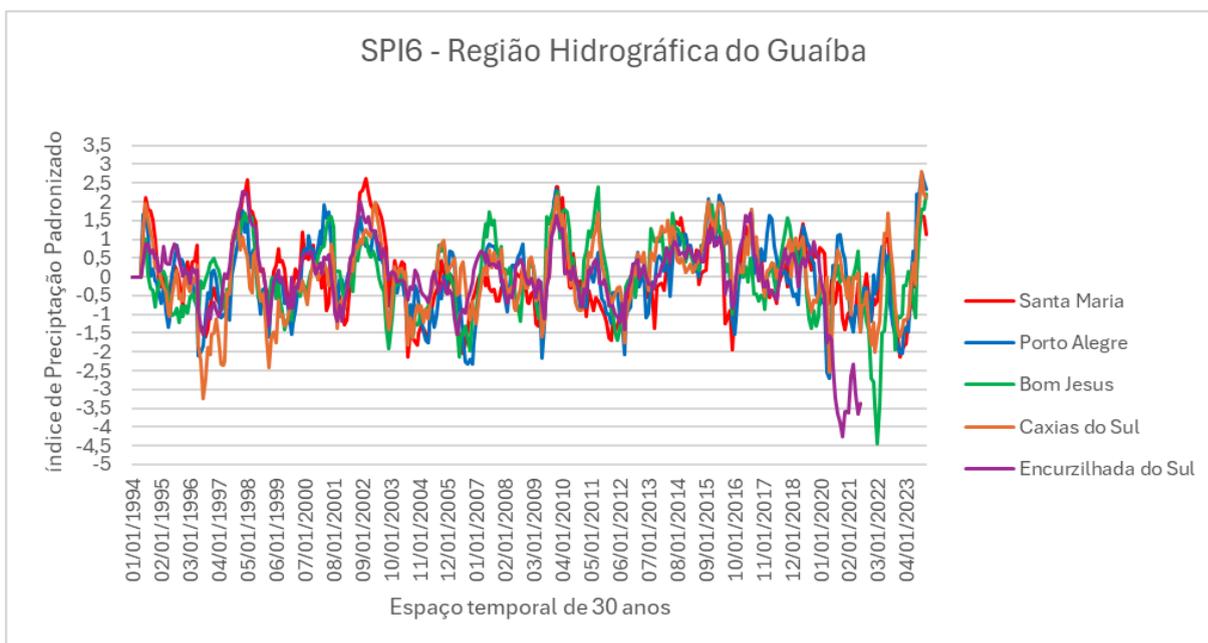


Elaboração: Autora (2024).

Para os dados do SPI3 foi constatado que a seca com maior severidade ocorreu em Caxias do Sul, tendo o SPI de - 3,86 no ano de 1996. Já a segunda localidade mais afetada pela seca severa foi Bom Jesus com o valor de SPI igual a -3,78 no ano de 2022 (Gráfico 1).

O gráfico 2 apresenta os resultados do SPI6 para a Região Hidrográfica do Guaíba.

**Gráfico 2** - SPI6 para as estações meteorológicas localizadas na Região Hidrográfica do Guaíba.

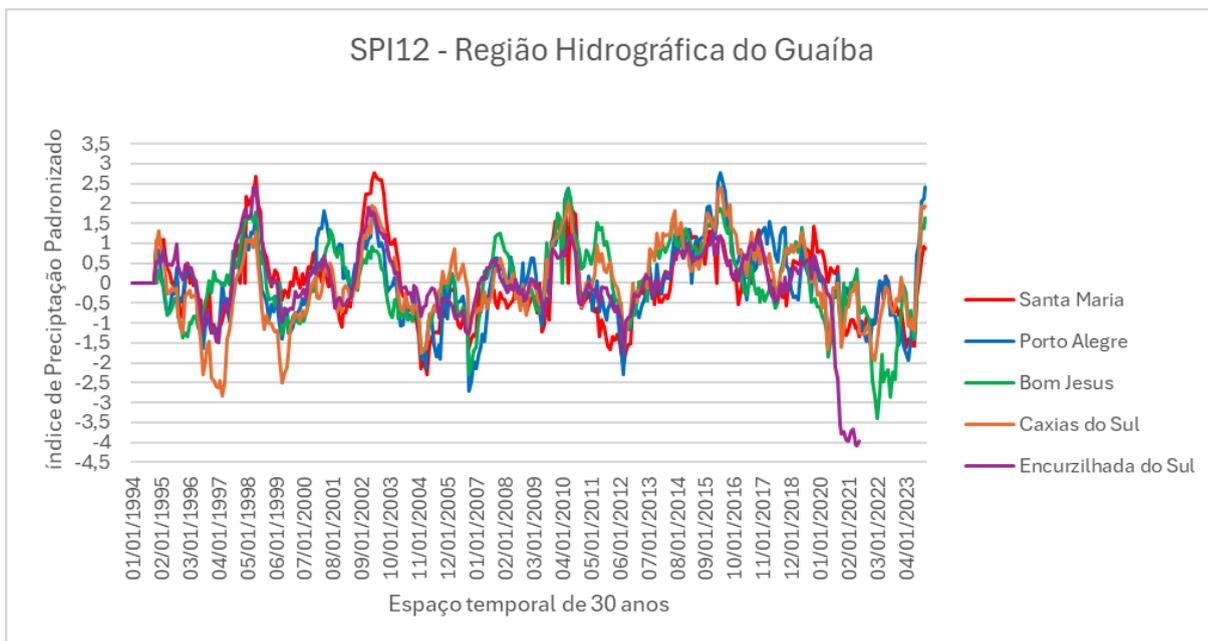


Elaboração: Autora (2024).

Como pode ser observado no gráfico 2, os resultados ficam um pouco mais suavizados com o tempo de amostragem maior. Para esta escala temporal a seca mais severa ocorreu em Bom Jesus (SPI=-4,44), seguida de Encruzilhada do Sul, com SPI igual a - 4,27.

O gráfico 3 apresenta os resultados do SPI12 para a Região Hidrográfica do Guaíba.

**Gráfico 3** – SPI12 para as estações meteorológicas localizadas na Região Hidrográfica do Guaíba.



Elaboração: Autora (2024).

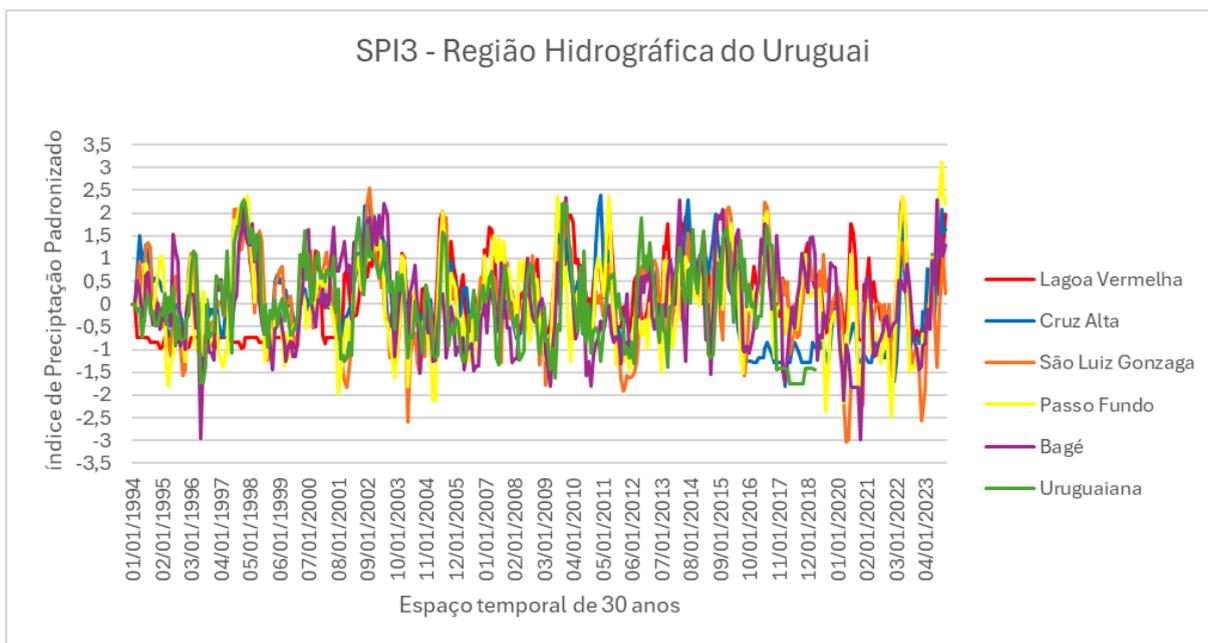
O SPI12 mostra o comportamento anual das secas, pode-se observar que Encruzilhada do Sul foi o local que mais sofreu com escassez de água, nesta escala temporal com SPI igual -4,10 com início em 2020 e se estendendo até 2021 (Gráfico 3).

#### 4.2 SPI na Região Hidrográfica do Uruguai

Para a Região Hidrográfica do Uruguai foram analisados dados de 6 estações meteorológicas, são elas: Bagé, Cruz Alta, Lagoa Vermelha, Passo Fundo, São Luiz Gonzaga e Uruguiana.

O gráfico 4 apresenta os resultados do SPI3 para a Região Hidrográfica do Uruguai.

**Gráfico 4** - SPI3 para as estações meteorológicas localizadas na Região Hidrográfica do Uruguai.

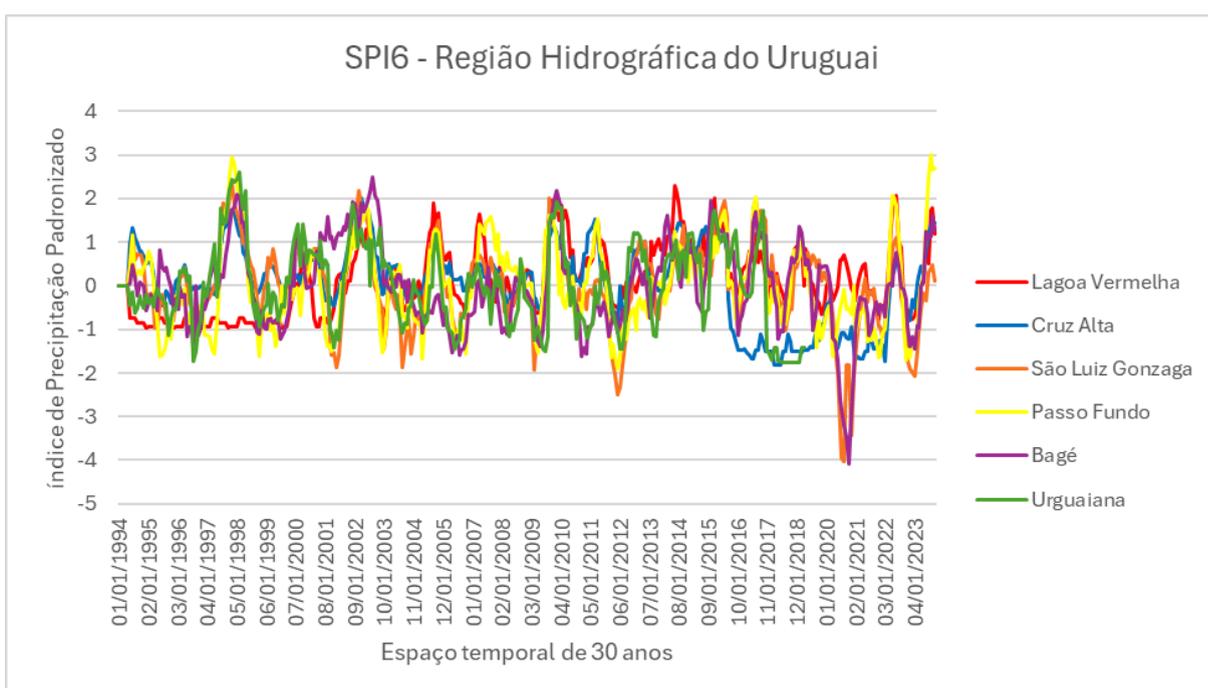


Elaboração: Autora (2024).

Na escala temporal trimestral para a Região Hidrográfica do Uruguai as secas mais intensas ocorreram nos anos de 1996, 2020 e 2021 (Gráfico 4).

O gráfico 5 apresenta os resultados do SPI6 para a Região Hidrográfica do Uruguai.

**Gráfico 5** – SPI6 para as estações meteorológicas localizadas na Região Hidrográfica do Uruguai.

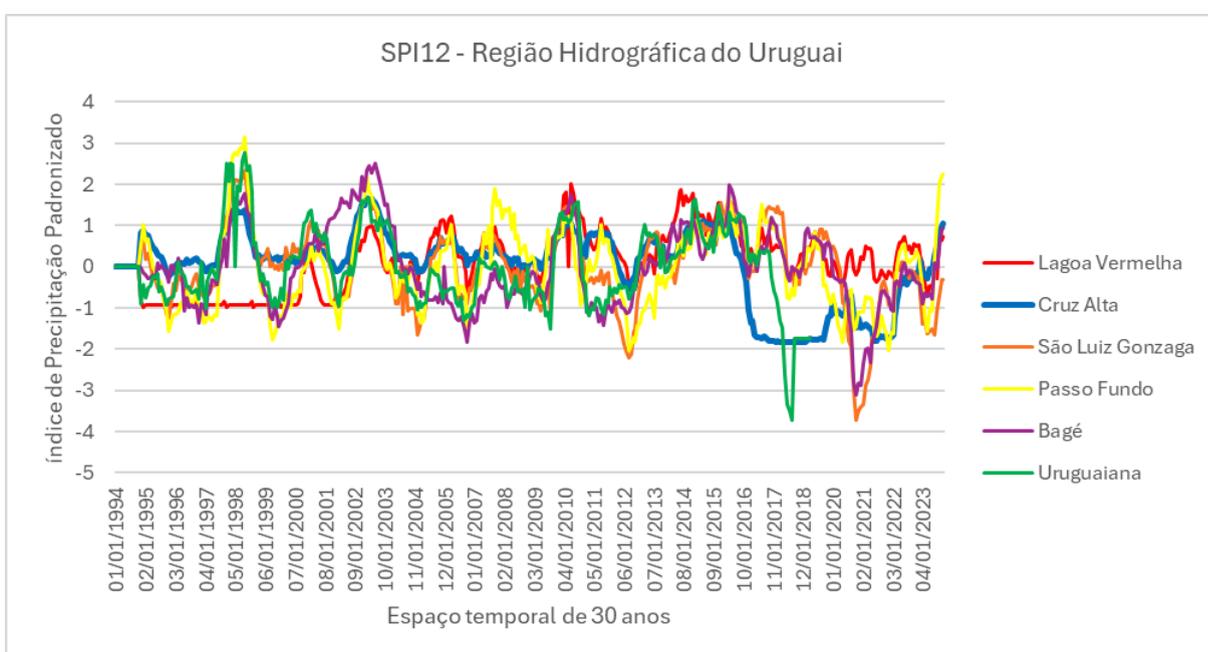


Elaboração: Autora (2024).

No gráfico 5 pode-se observar que as secas em escala temporal de 6 meses, para a Região Hidrográfica do Uruguai, apresentaram uma maior severidade nos anos de 2020 e 2021 nos municípios de São Luiz Gonzaga e Bagé, respectivamente.

O gráfico 6 apresenta os resultados do SPI12 para a Região Hidrográfica do Uruguai.

**Gráfico 6** – SPI12 para as estações meteorológicas localizadas na Região Hidrográfica do Uruguai.



Elaboração: Autora (2024).

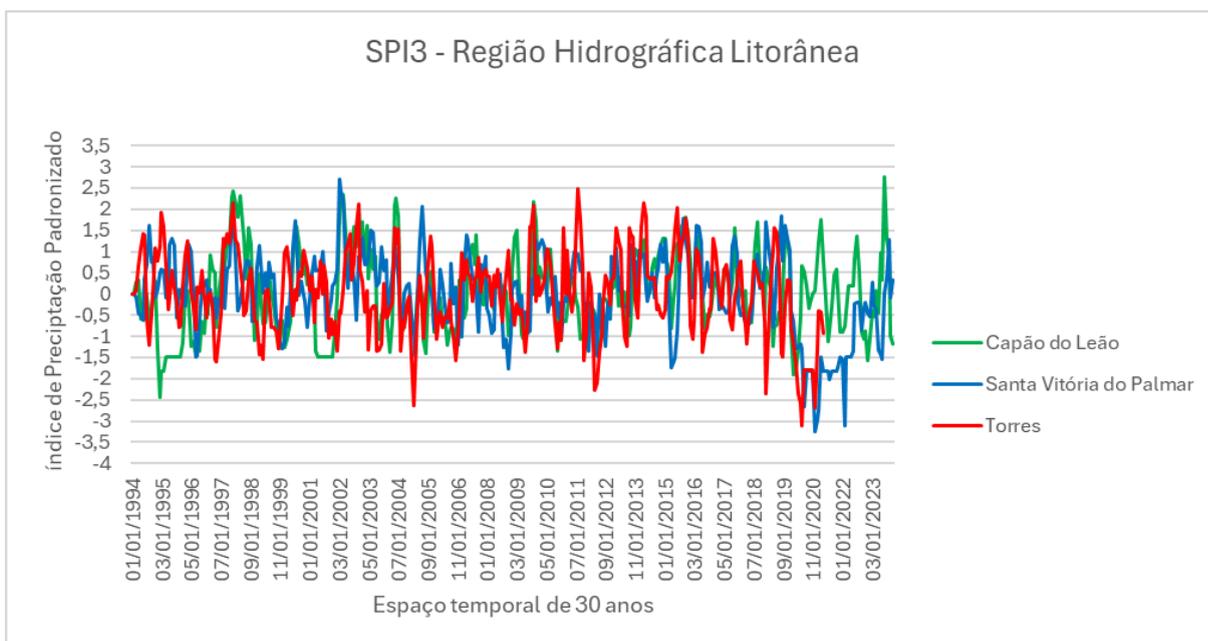
Na escala temporal anual, o município de Uruguaiana em 2017 apresentou um valor de SPI de -3,72 (Gráfico 6) indicando uma seca extrema para esta localidade, o que não ocorreu nas outras escalas de tempo.

#### 4.3 SPI na Região Hidrográfica Litorânea

Para a Região Hidrográfica Litorânea foram analisados dados de 3 estações meteorológicas, são elas: Capão do Leão, Santa Vitória do Palmar e Torres.

O gráfico 7 apresenta os resultados do SPI3 para a Região Hidrográfica Litorânea.

**Gráfico 7** – SPI3 para as estações meteorológicas localizadas na Região Hidrográfica Litorânea.

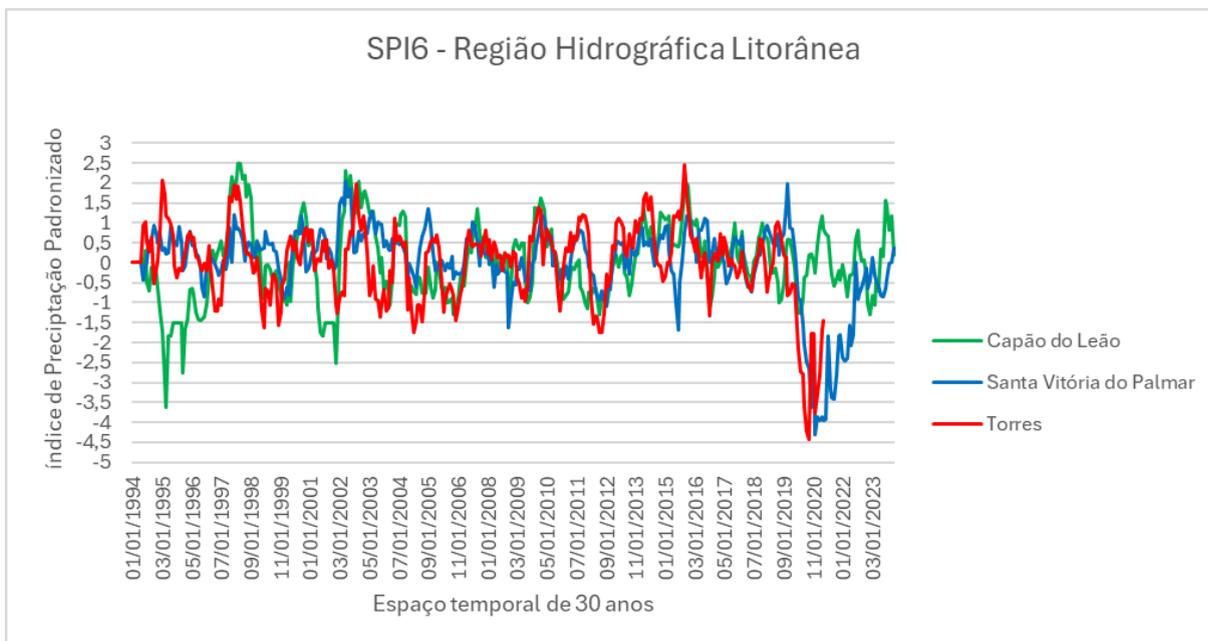


Elaboração: Autora (2024).

Observa-se que Capão do Leão apresentou uma seca extrema no início de 1995 com SPI igual a - 2,43, já Torres apresentou um SPI igual a - 3,25 no final de 2019, enquanto em Santa Vitória do Palmar valores de SPI para seca extrema foram encontrados em 2020 e 2022 (Gráfico 7).

O gráfico 8 apresenta os resultados do SPI6 para a Região Hidrográfica Litorânea.

**Gráfico 8** – SPI6 para as estações meteorológicas localizadas na Região Hidrográfica Litorânea.

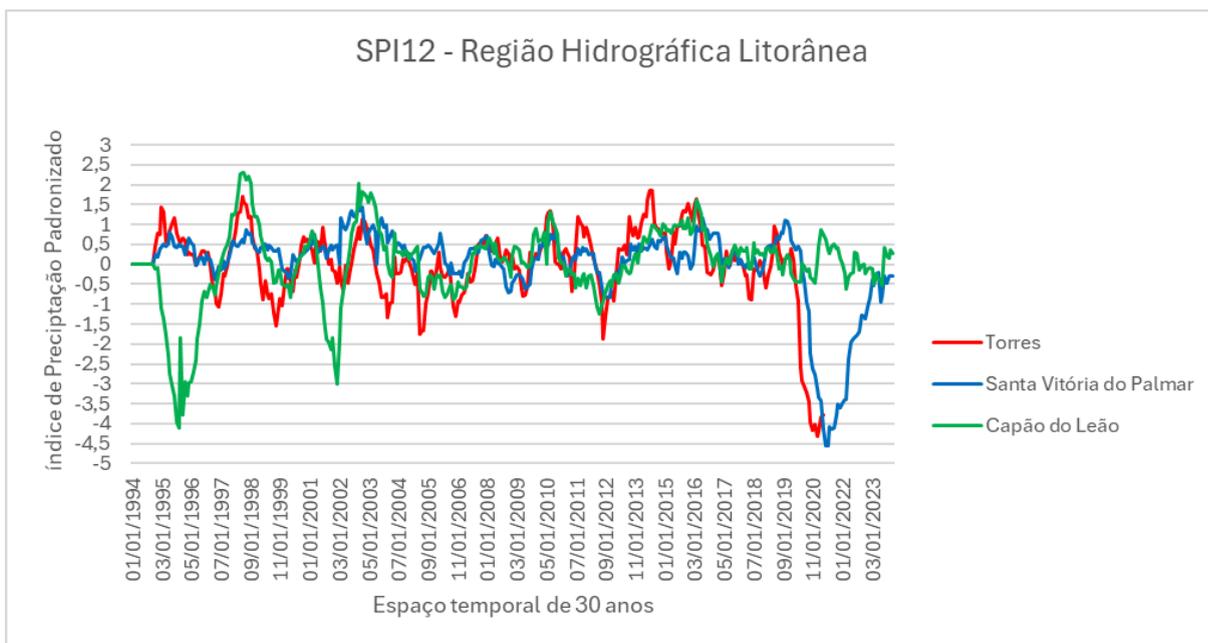


Elaboração: Autora (2024).

Na escala de tempo semestral foram detectadas secas extremas nos três municípios (Gráfico 8).

O gráfico 9 apresenta os resultados do SPI12 para a Região Hidrográfica Litorânea.

**Gráfico 9** – SPI12 para as estações meteorológicas localizadas na Região Hidrográfica Litorânea.



Elaboração: Autora (2024).

Assim como na escala de tempo semestral, todas as estações localizadas na Região Hidrográfica Litorânea apresentam secas extremas na escala anual (Gráfico 9).

## **5 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Em suma, o cálculo do SPI nas diferentes escalas de tempo em análise neste trabalho possibilitou identificar a severidade das secas nas diferentes Regiões Hidrográficas do estado do Rio Grande do Sul. Entender esse tipo de comportamento possibilita aos tomadores de decisão se preparar para o gerenciamento dos recursos hídricos disponíveis, tendo em vista que, a intensidade das secas tem aumentando com o passar dos anos.

Sugere-se ainda em trabalhos futuros a utilização das ferramentas de geoprocessamento para a espacialização dos valores de SPI, o que possibilitará identificar as regiões mais afetadas pelas secas e assim subsidiar às tomadas de decisão no âmbito da gestão dos recursos.

## REFERÊNCIAS

AMBIENTAIS, Letras. **Qual a diferença entre seca e estiagem? Entenda de uma vez por todas.** 2019. Disponível em: <https://www.letrasambientais.org.br/posts/qual-a-diferenca-entre-seca-e-estiagem--entenda-de-uma-vez-por-todas#:~:text=Existem%20quatro%20tipos%20de%20secas,de%20%C3%A1gua%20sobre%20a%20popula%C3%A7%C3%A3o..> Acesso em: 25 maio 2024.

ATLAS SOCIOECONÔMICO. **Clima, temperatura e precipitação:** o clima do rio grande do sul é temperado do tipo subtropical, classificado como mesotérmico úmido. O clima do Rio Grande do Sul é Temperado do tipo Subtropical, classificado como Mesotérmico Úmido. 2022. Disponível em: <https://atlassocioeconomico.rs.gov.br/clima-temperatura-e-precipitacao>. Acesso em: 17 jun. 2023.

Centro Nacional de Mitigação de Secas (2018). Gerador SPI [software]. Universidade de Nebraska–Lincoln. <https://drought.unl.edu/Monitoring/SPI/SPIProgram.aspx>

**CPTEC** - Centro de Previsão do Tempo e Estudo Climático. Disponível em: <http://enos.cptec.inpe.br/>. Acesso em: 5 jun. 2024.

DCRS, Defesa Civil Rs. **Rio Grande do Sul sofre com seca e recebe R\$ 430 milhões para ações.** 2023. Disponível em: <https://diariodopoder.com.br/brasil-e-regioes/lbv-brasil/rio-grande-do-sul-sofre-com-seca-e-recebe-r-430-milhoes-para-acoas>. Acesso em: 25 maio 2024.

EMATER/RS-ASCAR. **EFEITO DA ESTIAGEM NAS PRINCIPAIS ATIVIDADES AGRÍCOLAS DO RIO GRANDE DO SUL.** Porto Alegre: Gerência de Planejamento/Gpl e Gerência Técnica/Get, 2022. 9 p.

FERNANDES, Diego Simões, et al. **Índices para a Quantificação da Seca.** 21. ed. Santo Antônio de Goiás: Embrapa, 2009. 48 p. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPAF-2010/29786/1/doc-244.pdf>. Acesso em: 22 maio 2023.

GUITARRARA, Paloma. **"La Niña"; Brasil Escola.** Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/geografia/la-nina.htm>. Acesso em 06 de julho de 2024.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades e Estados:** rio grande do sul. Rio Grande do Sul. 2021. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/rs.html>. Acesso em: 7 jun. 2023.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Agropecuária.** 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/rs>. Acesso em: 25 jun. 2024.

INEMA - Instituto Nacional do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **Informações do La Niña.** Disponível em:

[www.inema.ba.gov.br/wp-content/uploads/2011/11/Informações-do-La-Niña.pdf](http://www.inema.ba.gov.br/wp-content/uploads/2011/11/Informações-do-La-Niña.pdf). Acesso em: 17 jun. 2024.

INMET, Instituto Nacional de Meteorologia. **BDMEP - Dados Históricos**. Disponível em:

<https://portal.inmet.gov.br/servicos/bdmep-dados-hist%C3%B3ricos#:~:text=Descri%C3%A7%C3%A3o%3A%20O%20BDMEP%20abriga%20dados,internacionais%20da%20Organiza%C3%A7%C3%A3o%20Meteorol%C3%B3gica%20Mundial..> Acesso em: 15 jun. 2023.

INMET, Instituto Nacional de Meteorologia. **Sobre o INMET**. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/sobre>. Acesso em: 26 maio 2023.

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. **SPI - ÍNDICE DE PRECIPITAÇÃO PADRONIZADA**. Disponível em:

<https://portal.inmet.gov.br/servicos/spi-%C3%ADndice-de-precipita%C3%A7%C3%A3o-padronizada#:~:text=O%20objetivo%20do%20SPI%20%C3%A9,ano%20de%20cimas%20bastante%20diferenciados..> Acesso em: 05 jul. 2024.

INPE, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Índice de Precipitação Padronizado**. 2019. Disponível em: <http://clima1.cptec.inpe.br/spi/pt>. Acesso em: 19 jun. 2023.

IPMA - INSTITUTO PORTUGUÊS DO MAR E DA ATMOSFERA. **IPMA**. Área educativa - Definição seca Meteorológica. Portugal: República Portuguesa, 2024. Disponível em:

<https://www.ipma.pt/pt/educativa/tempo.clima/index.jsp?page=seca.definicao.xml>. Acesso em: 7 jul. 2024.

JEUNG, Sejin; JONGYUL, Parque; YANG, Dongmin; KIM, Byungsik. Índice de Precipitação Padronizado Modificado e Avaliação de sua Efetividade usando Casos Passados de Seca Extrema. **Kosham: Jornal da Sociedade Coreana de Mitigação de Riscos**. Coréia do Sul, p. 117-124. 31 dez. 2019.

MCKEE, TB, NJ Doesken e J. Kleist, 1993: **A relação entre a frequência da seca e a duração das escalas de tempo**. Oitava Conferência sobre Climatologia Aplicada, American Meteorological Society, Jan17-23, 1993, Anaheim CA, pp.179-186.

Monitor de Secas. **DADOS TABULARES**. Disponível em: <https://monitordesecas.ana.gov.br/dados-tabulares?tipo=1&area=43>. Acesso em: 25 maio 2024.

NOOA - National Oceanic and Atmospheric Administration. **What is El Niño?** Disponível em: <https://www.pmel.noaa.gov/elnino/what-is-el-nino>. Acesso em: 05 maio 2024.

PARANHOS, Alexandre José Vitalini, et al. **Desastres Naturais no Rio Grande do Sul**: estudo sobre as ocorrências no período 2003-2001. 2. ed. Porto Alegre: Secretaria de Planejamento, Governança e Gestão, 2022. 110 p. Disponível em:

<https://planejamento.rs.gov.br/desastres-naturais-no-rio-grande-do-sul><https://planejamento.rs.gov.br/desastres-naturais-no-rio-grande-do-sul>. Acesso em: 25 jun. 2023.

PAZ, Denys Lopes da; BONETTO, Nelson Cesar Fernando. COMPORTAMENTO DAS SECAS AGRÍCOLAS EM CENÁRIOS DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS NO ESTADO DE GOIÁS. **Revista Acadêmica Oswaldo Cruz**, São Paulo, v. 11, n. 1, p. 1-16, jun. 2017. Disponível em: [http://revista.oswaldocruz.br/Edicao\\_14/Artigos](http://revista.oswaldocruz.br/Edicao_14/Artigos). Acesso em: 1 jul. 2023.

PODER, Diário do. **Rio Grande do Sul sofre com seca e recebe R\$ 430 milhões para ações.** 2023. Disponível em: <https://diariodopoder.com.br/brasil-e-regioes/lbv-brasil/rio-grande-do-sul-sofre-com-seca-e-recebe-r-430-milhoes-para-acoes>. Acesso em: 25 maio 2024.

SANTOS, M. S.; PINTO, E. J. A.; MARTINS, L. K. L. A. e PINTO, J. A. O. (2011). Definição de limiares de secas e cálculo do índice de precipitação padronizada por meio de análise regional de frequências na bacia do alto São Francisco. Artigo submetido a Revista Brasileira de Recursos Hídricos em março de 2011 – ABRH.

SILVA, André Felipe Araújo e. **AVALIAÇÃO DA PROPAGAÇÃO DE SECAS METEOROLÓGICAS PARA HIDROLÓGICAS NA BACIA DO RIO SÃO FRANCISCO: ANÁLISE EXPLORATÓRIA, FATORES INFLUENTES E ESTRATÉGIAS DE PREVISÃO.** Orientador: Veber Afonso Figueiredo Costa. 2020. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Sanitária, Programa de Pós-Graduação Em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS, Belo Horizonte , 2020. Disponível em: <https://www.smarh.eng.ufmg.br/defesas/1361M.PDF>. Acesso em: 7 jul. 2024.

VAN LOON, A. F. **Hydrological drought explained.** WIREs Water, v. 2, p. 359-392, 2015.

YNOUE, Rita Yuri *et al.* (ed.). **Circulação Geral da Atmosfera:** Meteorologia. São Paulo: USP, 2012. *E-book* (29p.) (Licenciatura em Ciências). color. Disponível em: [https://midia.atp.usp.br/plc/plc0009/impressos/plc0009\\_08.pdf](https://midia.atp.usp.br/plc/plc0009/impressos/plc0009_08.pdf). Acesso em: 5 jun. 2024.