



UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DE LONDRINA

---

LARISSA FERNANDES DIAS PINTO

**DISTRIBUIÇÃO, INTENSIDADE E  
FREQUÊNCIA DE PRECIPITAÇÃO PLUVIAL  
E ESTIAGEM NO ESTADO DO PARANÁ**

---

Londrina  
2022

LARISSA FERNANDES DIAS PINTO

**DISTRIBUIÇÃO, INTENSIDADE E FREQUÊNCIA DE  
PRECIPITAÇÃO PLUVIAL E ESTIAGEM NO  
ESTADO DO PARANÁ**

Dissertação de mestrado apresentada ao Departamento de Ciências Agrárias da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial para a obtenção do Título de MESTRE em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Augusto de Aguiar e Silva

Londrina  
2022

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL

P659d Pinto, Larissa Fernandes Dias.  
Distribuição, intensidade e frequência de precipitação pluvial e estiagem no estado do Paraná. / Larissa Fernandes Dias Pinto. - Londrina, 2022.  
152 f. : il.

Orientador: Marcelo Augusto de Aguiar e Silva.  
Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2022.  
Inclui bibliografia.

1. Mudanças climáticas - Tese. 2. Déficit hídrico - Tese. 3. Anomalias climáticas - Tese. 4. Eventos extremos - Tese. I. Silva, Marcelo Augusto de Aguiar e . II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. III. Título.

CDU 63

LARISSA FERNANDES DIAS PINTO

**DISTRIBUIÇÃO, INTENSIDADE E FREQUÊNCIA DE  
PRECIPITAÇÃO PLUVIAL E ESTIAGEM NO ESTADO  
DO PARANÁ**

Dissertação de mestrado apresentada ao Departamento de Ciências Agrárias da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial para a obtenção do Título de MESTRE em Agronomia.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Augusto de  
Aguar e Silva  
Universidade Estadual de Londrina – UEL

---

Prof. Dr. Ângela Beatriz Ferreira da Costa  
Universidade Estadual de Londrina – UEL

---

Prof. Dr. Daniel Soares Alves  
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Londrina, 22 de fevereiro de 2022

PINTO, Larissa Fernandes Dias. **Distribuição, intensidade e frequência de precipitação pluvial e estiagem no estado do Paraná**. 2021. 170. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2021.

## RESUMO

Com as mudanças climáticas globais observa-se também aumento na ocorrência de eventos meteorológicos extremos locais, gerando impactos e perdas na produção agrícola. Com isso, o objetivo deste trabalho foi avaliar a frequência e intensidade de ocorrência de eventos de estiagem e precipitação a partir de diferentes métodos de quantificação para o estado do Paraná. Foram utilizados dados diários de precipitação pluvial e temperatura do ar, coletados pelas estações meteorológicas do Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná IAPAR-EMATER (IDR-Paraná), no período de 1976 a 2020 para as regiões: Central, Sul, Norte, Litoral, Noroeste e Sudoeste do estado. Para a análise de intensidade de estiagem e precipitação utilizou-se o Índice De Precipitação Padronizado (*Standard Precipitation Index*) SPI. Já para a intensidade e frequência de estiagem utilizou-se: I) Frequência de estiagem pela soma móvel com precipitação  $\leq 4\text{mm dia}^{-1}$ ; II) Frequência de estiagem pela soma móvel com ausência de chuva ( $0\text{ mm dia}^{-1}$ ); III) Razão da Evapotranspiração Real (ETR) pela Evapotranspiração Potencial (ETP). Todas as metodologias apontam o mês de agosto e o seu terceiro decêndio como o de maior frequência e intensidade de estiagem em todo o estado. De modo que a região Noroeste é que está mais sujeita a ocorrência de estiagem, seguida da região Norte, Sul, Sudoeste e Litoral.

**Palavras-chave:** Mudanças climáticas. Déficit hídrico. Anomalias climáticas. Eventos extremos. Estiagem.

PINTO, Larissa Fernandes Dias. **Distribution, intensity and frequency of rainfall and summery in the state of Paraná.** 2021. 170. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2021.

### **ABSTRACT**

With global climate change there is also an increase in the occurrence of local extreme weather events, generating impacts and losses in agricultural production. Thus, the objective of this work was to evaluate the frequency and intensity of occurrence of drought and precipitation events from different quantification methods. We used daily data on rainfall and air temperature, collected by the meteorological stations of the Rural Development Institute of Paraná IAPAR-EMATER (IDR-Paraná), from 1976 to 2020 for the regions: Central, South, North, Coast, Northwest and Southwest of the state. For the analysis of drought intensity and precipitation, the Standard Precipitation Index (SPI) was used. For only the intensity and frequency of drought we used: I) Frequency of drought by moving sum with precipitation  $\leq 4\text{mm day}^{-1}$ ; II) Frequency of drought by moving sum with no rain ( $0\text{ mm day}^{-1}$ ); III) Ratio of actual evapotranspiration (ETR) by potential evapotranspiration (ETP). All methodologies point to the month of August and its third ten-day period as the most frequent and intense drought throughout the state. So that the northwestern region is the most subject to the occurrence of drought, followed by the northern, southern, southwestern and coastal regions.

**Keywords:** Climate change. Water deficit. Climate anomalies. Extreme events. Drought.

## LISTA DE FIGURA

<b>Figura 1.</b> Altimetria, caracterização climática e localização das estações meteorológicas no Paraná.....	27
<b>Figura 2.</b> SPI estações do ano região Central .....	35
<b>Figura 3.</b> SPI estações do ano região Sul.....	37
<b>Figura 4.</b> SPI estações do ano região Norte.....	39
<b>Figura 5.</b> SPI estações do ano região Litoral.....	41
<b>Figura 6.</b> SPI estações do ano região Noroeste.....	43
<b>Figura 7.</b> SPI estações do ano Sudoeste .....	45
<b>Figura 8.</b> Intensidade de estiagem mensal para as regiões do Paraná .....	49
<b>Figura 9.</b> Média de intensidade de Estiagem para o estado do Paraná .....	51
<b>Figura 10.</b> Intensidade de estiagem mensal para as regiões do Paraná para dia .....	55
<b>Figura 11.</b> Relação ETR/ETP média anual para as regiões do Paraná .....	59
<b>Figura 12.</b> Relação ETR/ETP média decencial para as regiões do Paraná.....	60
<b>Figura 13.</b> Relação ETR/ETP mensal para região Central.....	62
<b>Figura 14.</b> Relação ETR/ETP estações do ano para região Central .....	64
<b>Figura 15.</b> Relação ETR/ETP mensal para região Sul .....	66
<b>Figura 16.</b> Relação ETR/ETP estações do ano para região Sul.....	68
<b>Figura 17.</b> Relação ETR/ETP mensal para região Norte.....	70
<b>Figura 18.</b> Relação ETR/ETP estações do ano para região Norte.....	72
<b>Figura 19.</b> Relação ETR/ETP mensal para região Litoral.....	74
<b>Figura 20.</b> Relação ETR/ETP estações do ano para região Litoral.....	76
<b>Figura 21.</b> Relação ETR/ETP mensal para região Noroeste.....	78
<b>Figura 22.</b> Relação ETR/ETP estações do ano para região Noroeste .....	80
<b>Figura 23.</b> Relação ETR/ETP mensal para região Sudoeste.....	82
<b>Figura 24.</b> Relação ETR/ETP estações do ano para região Sudoeste .....	84
<b>Figura 25.</b> Relação ETR/ETP média geral mensal e decencial para o estado do Paraná .....	85
<b>Figura 26.</b> Relação ETR/ETP média mensal para o estado do Paraná .....	88
<b>Figura 27.</b> Relação ETR/ETP média decencial para o estado do Paraná .....	90
<b>Figura 28.</b> Relação ETR/ETP média estações do ano para o estado do Paraná .....	94

## LISTA DE TABELAS

<b>TABELA 1. Classificação de períodos secos e de chuva utilizando-se o SPI. ....</b>	<b>24</b>
<b>TABELA 2: Representatividade das mesorregiões paranaenses e período de dados avaliados. ....</b>	<b>28</b>
<b>TABELA 3. Adaptação da classificação de intensidade dos eventos de estiagem ...</b>	<b>32</b>
<b>TABELA 4. Frequência mensal de estiagem pela soma móvel para dias com precipitação menor ou igual a 4 mm dia<sup>-1</sup> .....</b>	<b>46</b>
<b>TABELA 5. Frequência anual e trimestral de estiagem pela soma móvel, para dias com precipitação menor ou igual a 4 mm dia<sup>-1</sup> .....</b>	<b>47</b>
<b>TABELA 6. Frequência mensal de estiagem pela soma móvel para dias com precipitação igual a 0 mm dia<sup>-1</sup>, em porcentagem (%) .....</b>	<b>52</b>
<b>TABELA 7. Frequência anual e trimestral de estiagem pela soma móvel, para dias com precipitação igual a 0 mm dia<sup>-1</sup> .....</b>	<b>53</b>

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>13</b>
2.1 MUDANÇA, VARIABILIDADE E ANOMALIA CLIMÁTICA.....	13
2.2 TENDÊNCIA CLMÁTICA .....	15
2.3 PRECIPITAÇÃO PLUVIAL .....	16
2.4 TEMPEATURA DO AR.....	17
2.5 EVAPOTRANSPIRAÇÃO .....	19
2.6 CARACTERIZAÇÃO DE SECA .....	20
2.7 CARACTERIZAÇÃO DE VERANICO .....	21
2.8 CARACTERIZAÇÃO DE ESTIAGEM.....	23
2.9 DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE PRECIPITAÇÃO PADRONIZADA – SPI (Standard Precipitation Index).....	24
2.9 PLANEJAMENTO AGRÍCOLA.....	25
2.10 FRUSTAÇÃO DE SAFRA .....	26
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>27</b>
<b>3.4.1 ANÁLISES DE INTENSIDADE DE CHUVA E ESTIAGEM:.....</b>	<b>28</b>
3.4.1.1 Índice De Precipitação Padronizado ( <i>Standard Precipitation Index</i> ) – SPI.....	28
<b>3.4.2 ANÁLISES DE INTENSIDADE E FREQUÊNCIA DE ESTIAGEM: .....</b>	<b>31</b>
3.4.2.1 Frequência de estiagem pela soma móvel com precipitação menor ou igual a 4 mm dia <sup>-1</sup> . .....	31
3.4.2.2 Frequência de estiagem pela soma móvel com ausência de chuva .....	32
3.4.2.3 Razão da Evapotranspiração Real (ETR) pela Evapotranspiração Potencial (ETP). .....	32
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>34</b>
<b>4.1 Índice De Precipitação Padronizado (<i>Standard Precipitation Index</i>) – SPI .....</b>	<b>34</b>
<b>4.2 Frequência mensal de estiagem pela soma móvel com precipitação menor ou igual a 4 mm dia<sup>-1</sup>. .....</b>	<b>46</b>
4.2.1 Intensidade estiagem para dias com precipitação menor ou igual a 4 mm dia <sup>-1</sup> .....	48
<b>4.3 Frequência de estiagem pela soma móvel com ausência de chuva 0 mm dia<sup>-1</sup> .....</b>	<b>52</b>
4.3.1 Intensidade estiagem para dias com precipitação igual a 0 mm dia <sup>-1</sup> .....	54
4.4 Razão da Evapotranspiração Real (ETR) pela Evapotranspiração Potencial (ETP).....	58
<b>5. CONCLUSÕES.....</b>	<b>95</b>

**REFERÊNCIAS .....96**

**6. ANEXOS .....109**

## 1. INTRODUÇÃO

A atmosfera não é estática, suas características variam de um lugar para o outro em escalas temporais distintas. Seus eventos variam de microssegundos até milênios e as interações que ocorrem são resultantes de mudanças e variações sobre determinado local. Dessa forma, o conhecimento do clima e a periodicidade de eventos climáticos extremos vêm despertando interesse da comunidade científica e de toda a sociedade, uma vez que, suas estimativas e frequência são fundamentais para o planejamento das vertentes socioambientais.

Os eventos climáticos extremos referem-se aos extremos de precipitação, granizo, secas e estiagens, vento (tufões e tornados), ondas de calor e frio (geada). São eventos que apresentam uma maior variabilidade do que a já conhecida para uma determinada região, sendo que ultimamente os de interferência hidrológica e térmica ganharam destaque na pesquisa devido suas maiores ocorrência e exigência de um melhor planejamento socioambiental. Estes eventos são aqueles que estatisticamente se distanciam da média e possuem rara incidência, podendo ter diferentes impactos e proporções.

A sociedade está vulnerável tanto ao incremento como a redução desse tipo de acontecimento, por isso é de suma importância os estudos sobre as tendências do comportamento climático para o futuro. Na maioria das vezes, tais eventos provocam impactos negativos, posto que pela dificuldade de se obter dados precisos sobre esses episódios, a estrutura social não está preparada para receber esses acontecimentos fora do “normal” e lidar com suas consequências, visto que sua intensidade vai estar correlacionada com a duração e frequência de acontecimentos de forma imprevisível.

As análises de mudanças climáticas globais têm focado apenas na busca por alterações dos valores médios, tanto de precipitação como os de temperatura, porém o aumento da média nem sempre tem relação com o aumento da ocorrência de eventos extremos. Além de que, essas projeções climáticas são feitas baseadas em tendências ponderadas no passado, tornando os atributos dessas informações dependentes da quantidade e qualidade dos dados registrados, evidenciando a necessidade de adquirir informações cada vez mais precisas.

No Brasil, dentre todos os setores afetados pelas mudanças climáticas a agricultura é a que mais sofre com seus impactos, junto do aumento da demanda de

produção de alimentos, tornou-se um dos principais problemas enfrentados pelos produtores rurais. No estado do Paraná, para a produção de grãos houve nos últimos anos um aumento pela procura por seguro agrícola e crédito rural na tentativa de amenizar prejuízos causados por longos períodos de estiagem em períodos de enchimento de grão e chuvas intensas na época da colheita. Apesar de seguirem as normas do Zoneamento de Riscos Climático (ZARC) os agricultores estão sujeitos a imprevisibilidades meteorológicas.

Para o estado do Paraná a hipótese é que o número de ocorrência de eventos como veranicos tem aumentado, porém, percebe-se que os registros de acúmulo mensal de precipitação mantêm-se com valores médios históricos durante os diferentes períodos do ano, ou seja, está sendo identificado um menor número de dias com precipitação nos meses agrícolas, porém o seu total médio acumulado permanece o mesmo. Portanto, um aumento na intensidade das chuvas.

Esses eventos não são identificados em grande parte das ferramentas aplicadas pela agrometeorologia (como o balanço hídrico e o zoneamento agroclimático), pois normalmente trabalham com os valores médios. Desse modo, este trabalho tem por objetivo analisar a frequência e intensidade de ocorrência de estiagem e chuva para o estado do Paraná.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 MUDANÇA, VARIABILIDADE E ANOMALIA CLIMÁTICA**

Nos últimos anos as mudanças climáticas estão cada vez mais nas pautas científicas devido aos seus efeitos socioambientais associados às alterações no equilíbrio natural do planeta em diferentes magnitudes. Estas são ocasionadas principalmente pela ação antrópica e tem provocado mutações na variabilidade climática natural de vários ambientes (NOBRE, 2010; TAVARES, 2018).

Essas mudanças já podem ser observadas em vários ecossistemas marinhos e terrestres, segundo o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC 2018). Se o ritmo de aquecimento global continuar o mesmo, no período de 2030 a 2052, pode-se atingir um aumento de até 1,5°C, se não houver mudanças em relação ao desmatamento desenfreado, liberação de dióxido de carbônico (CO<sub>2</sub>) na atmosfera e produção de alimentos. Além disso, o relatório aborda também os efeitos e perigos que a humanidade pode estar sujeita se não encontrar um equilíbrio entre o desgaste ambiental e as atividades econômicas.

As informações não são precisas sobre o quanto o planeta irá esquentar, mas sabe-se que a humanidade e o ambiente não estão preparados para lidar com suas consequências. Diante do potencial impacto, espera-se que ocorram alterações principalmente nos padrões de precipitação, o que pode atingir diretamente a disponibilidade de recursos hídricos e a biodiversidade terrestre (BEBBER et al., 2013; HATFIELD et al., 2011; HU et al., 2019).

De acordo com Martinez et al. (2015), as plantas nativas e cultivadas estarão sujeitas a estresses mais intensos e recorrentes, causados pela alta temperatura, maior poluição do ar e a ocorrência de eventos extremos. Estes serão os grandes desafios a serem enfrentados principalmente por produtores rurais e desenvolvedores de tecnologias de produção.

Segundo Castro e Nogueira (2019), o relatório do IPCC (2014) já abordava sobre a necessidade de adaptações econômicas e comportamentais da população urbana e principalmente da rural em relação às possíveis mudanças da frequência e intensidade de eventos climáticos extremos. Além disso, alertavam também sobre a expansão do volume de água dos oceanos em até 20,6 cm nos próximos 100 anos, por

consequência do aumento de temperatura global, provocado, principalmente, pela elevação da concentração de CO<sub>2</sub> na atmosfera.

Outra consequência do aumento da concentração de CO<sub>2</sub> atmosférico causando mudanças climáticas está diretamente relacionada a alterações dos elementos meteorológicos representativos do clima ao longo tempo (precipitação, vento, radiação solar, umidade relativa, temperatura do ar). Sendo assim, a investigação dessas variabilidades climáticas deve também considerar a especificidade e particularidade de um local, observando tendências de mudanças em uma microescala (SANTOS et al., 2010; SILVA et al., 2006; LEMOS, 2018).

Essa análise em menores escalas temporal e espacial é chamada de variabilidade climática e pode ser definida como a oscilação/ flutuação de um elemento meteorológico em torno da média (normal climatológica) de uma série histórica. Sendo a precipitação um dos elementos meteorológico sujeito a sofrer essas alterações espaciais e temporais tanto em intensidade como em frequência de ocorrência, como consequência de sua alta variabilidade. Provocando grandes impactos na disponibilidade de recursos hídricos (ANGELOCCI e SENTELHAS, 2010; BARBOSA et al., 2016; SCHIMIDT, LIMA e JESUS, 2018; PEREIRA et al., 2017).

Já as anomalias climáticas são os desvios acentuados em torno da flutuação da variabilidade segundo a normal climatológica. Normalmente estão associados a eventos climatológicos como o El Niño – Oscilação Sul (ENOS), onde pela variabilidade da temperatura da superfície do oceano equatorial podem caracterizar anomalias de caráter positivo, quando ocorre enfraquecimento de ventos alísios vindo da direção nordeste do Atlântico (La Niña), e negativos quando transcorre um maior aquecimento na superfície no Pacífico Leste (El Niño) (MARENGO et al., 2011; CARPENEDO, 2018).

Os estudos da variabilidade e anomalias climáticas são importantes para o desenvolvimento de ferramentas que poderão ser replicados no conhecimento das mudanças climáticas em maiores escala. Compreender como e quais as causas dessas alterações em séries temporais, proporcionam melhores meios para o planejamento e a tomada de decisão, principalmente no manejo de recursos hídricos (MANZIONE, 2018).

## 2.2 TENDÊNCIA CLMÁTICA

Entende-se por tendência, como alterações contínuas e sistemáticas de um parâmetro observado em uma determinada amostra desconsiderando-se mudanças periódicas. Ou seja, pequenas variações de acréscimo ou decréscimo nos valores médios de variáveis climáticas, baseando-se em um determinado período de registro (RIBEIRO et al., 2014).

Nos últimos tempos com a publicação de várias pesquisas e a relevante discussão sobre as mudanças climáticas, fez com que o uso e cálculo das tendências ganhasse destaque na ciência principalmente por ela apresentar fortes indicadores de alterações climáticas em escala global e regional. Isso fez com que resultasse em uma das ferramentas essenciais para o planejamento e tomada de decisão, tanto no campo como na cidade, voltados principalmente ao manejo de recursos hídricos (ULIANA et al., 2015; MEDEIROS et al., 2020).

Seja pela análise de tendências de mudanças na temperatura, identificando redução das temperaturas máximas no verão e aumento das temperaturas mínima no inverno (CORDEIRO et al., 2016), ora em estudos hidrológicos apresentando redução na precipitação sazonal e anual e aumento de dias com chuvas intensas na América do Sul (NATIVIDADE, GARCIA e TORRES, 2017). Ou então, analisando a tendência de aumento volume pluviométrico nas próximas décadas durante o verão de 17 a 37mm no estado do Paraná (MINUZZI e CARAMORI, 2011; PINHEIRO, GRACIANO e SEVERO, 2013).

As tendências das alterações climáticas tanto de temperatura como precipitação, podem afetar a segurança alimentar global e Brasileira, de forma que seja cada vez maior o número e as áreas de risco de produção agrícola (LACERDA et al., 2016; SILVA, MONTENEGRO e SOUZA, 2017; MENEZES e FERNANDES, 2016).

De acordo com Minuzzi (2010), essas mudanças e alterações em escala regional são demasiadamente divergentes e se contradizem em relação as de escala global. Isso ressalta a importância e necessidade de cada vez mais estudos buscando uma melhor caracterização de cada região (BACK, 2001; SILVA et al., 2015).

### 2.3 PRECIPITAÇÃO PLUVIAL

A precipitação pluvial é um dos elementos de maior magnitude e importância para as atividades agrícolas, por isso tornou-se necessário o conhecimento, tanto sobre sua evolução ao longo do tempo (cronológica) quanto sua distribuição espacial, sendo normalmente mensurada em postos de coletas pontuais através de pluviômetros. Devido a sua variabilidade espacial tornou-se fator determinante no planejamento agrícola e na tomada de decisão, principalmente na identificação de áreas de risco de excessos ou escassez hídrica em momentos críticos (COSTA e ANDRADE, 2017; CUNHA et al., 2013).

A pluviosidade de um local será determinada por sistemas dinâmicos que atuam sobre certa paisagem geográfica (relevo, altitude, continentalidade, maritimidade, etc.), ou seja, a formação e ocorrência de precipitação pluvial são dependentes da dinâmica atmosférica sobre dado relevo em macro ou microescala. Essa amplitude dimensional permite que haja divergências de um regime pluviométrico em uma mesma localidade, seja em nível municipal ou entre regiões de um mesmo país (NERY, CARFAN e PARIZOTTO, 2017).

Pode ser classificada ou diferenciada de acordo com a sua origem em três tipos básicos: Chuvas convectivas, formadas pelo adensamento da coluna de ar úmida acima da troposfera e seu repentino resfriamento; Chuvas orográficas ocorrem quando massas de ar úmido e quente resfriam-se ao encontrarem barreiras topográficas, como montanhas e serras, em consequência da menor densidade do ar nessas regiões elevadas; e Chuva frontal ou ciclônica, formadas pelo encontro de massas de ar quente e fria (MENDONÇA e DANNI-OLIVEIRA, 2017; COSTA e ANDRADE, 2017).

Uma das maiores dificuldades das análises de precipitação se deve a sua variabilidade, pois esta quando estimada inclina-se a constituir uma das maiores matrizes de erros de planejamento agrícola, justamente por ser uma das variáveis climáticas que menos apresentam tendências estatísticas em análise de comportamento ao longo do tempo (MOURA, VITORINO e ADAMI, 2018; PENEIRO, MACCHERI e BADINGER, 2017).

Grimm, Barros, Doyle (2000), ressaltam ainda que a distribuição e intensidade de precipitação estão relacionadas ao tipo de vegetação existente em um local, seja ela nativa ou cultivada. O que gera destaque para a agricultura de sequeiro no Brasil, que possui um refinado zoneamento agroclimático derivado das médias de precipitação

exigidas de cada cultura e região e do estabelecimento de delimitações de áreas homogêneas de acordo com suas similaridades de precipitação (ARAÚJO, MAIA e NEVES, 2015; OLIVEIRA, MARCUZZO e BARROS, 2015).

Por mais que se tenha conhecimento sobre o zoneamento agroclimático, isso não impede que o evento ENOS atue sobre o regime de precipitação local e/ou regional. Com isso em anos de ocorrência de El Niño (aquecimento das águas do Pacífico Equatorial), para a região Sul do Brasil, espera-se um aumento de precipitação, enquanto em anos de La Niña (resfriamento das águas do Pacífico Equatorial) redução da precipitação média. De maneira geral, esses dois eventos interferem na performance produtiva de culturas agrícolas de modo danoso ou assertivo (RAMOS et al., 2015; ARSEGO et al., 2018; BRAZ, 2015; DONEL, 2018).

## **2.4 TEMPEATURA DO AR**

De acordo com Rosso et al. (2015), entende-se por temperatura do ar a transposição dos estados energéticos e dinâmicos da atmosfera. Assim como a precipitação é um dos elementos climático-meteorológicos mais importantes, pois pode induzir ou bloquear a ocorrência de fenômenos atmosféricos. Sua variação se dá em escala diária e temporal (ao longo do ano) e é dependente da distribuição da radiação solar influenciada pelo relevo e a latitude local.

É um dos elementos que mais promove efeitos sobre processos fisiológicos de crescimento e desenvolvimento de animais e vegetais. Sendo observado nos últimos anos um aumento das temperaturas mínimas durante o verão, intensificadas durante o inverno (DE MEDEIROS et al., 2018; CAMPOS, 2011).

Peneiro et al. (2018), apresentam dados onde identificaram que o aumento da temperatura da superfície terrestre tem sido progressivamente acentuado nas últimas das três décadas, e como consequência desse fenômeno, tem-se um aumento da temperatura do ar e do nível do mar proporcional ao degelo induzido pelo incremento da concentração de gases de efeito estufa na atmosfera.

Segundo Cordeiro et al. (2016), no Brasil já é possível identificar um aumento na frequência de noites quentes, principalmente durante as épocas mais frias do ano, apresentado uma redução da amplitude de temperaturas extremas e de eventos de geada, prioritariamente em regiões mais frias do país. É possível reconhecer e caracterizar

um aumento dos valores de temperatura mínima e de temperatura média do ar, em decorrência da tendência de elevação dos valores mínimos, relacionados ao fenômeno ENOS, principalmente o El Niño, e a alteração do balanço de radiação da superfície terrestre, provocado pela substituição de vegetação nativa por cidades pavimentadas (BERLATO e ALTHAUS, 2010; ALEIXO e SILVA NETO, 2018).

A avaliação da disponibilidade de recursos hídricos e seus efeitos sobre a temperatura do ar são fundamentais na compreensão de suas oscilações e tendências futuras. Devido a particularidades de oscilação de local para local é essencial estudos em escalas regionais na projeção de cenários climáticos futuros, principalmente aos relacionados à agricultura (NEVES et al., 2016).

Um exemplo dos efeitos da temperatura sobre a produtividade agrícola é observado na produção e rendimento de culturas representativas no Brasil (soja, milho, café, cana-de-açúcar, feijão, algodão), com interferências em processos fisiológicos desde a emergência até a colheita e beneficiamento de grãos e sementes. Um aumento da temperatura do ar induz o surgimento de mais áreas de risco climático de plantio devido as maiores taxas de evapotranspiração e consequentemente deficiência hídrica (SANTOS e DA SILVA ALVES, 2020; PAIXÃO et al., 2020).

Uma das principais culturas que pode ser afetada é a soja. Sabe-se que a planta possui melhores adaptações a temperaturas entre 20 e 30°C. Durante seu desenvolvimento abaixo de 10°C apresenta crescimento vegetativo nulo, já acima de 30°C ocorrem distúrbios fisiológicos na floração e retenção de vagens (abortamento), além de fechamento estomático e enrolamento de folhas. No final do ciclo temperaturas amenas junto de umidade relativa alta atrasa a colheita, acarretando perda de qualidade dos grãos (NASCIMENTO et al., 2016, TECNOLOGIAS ,2013 e SILVA ,2018).

As plantas de milho precisam de temperaturas entre 24°C e 30°C. O aumento da temperatura do ar tem como respostas fisiológicas o encurtamento do ciclo e perdas de rendimento de grão devido ao menor tempo disponível para enchimento, resultando também em menor acúmulo de massa seca (CRUZ et al., 2006; MAGALHÃES, 2017; RENATO et al., 2018).

Com isso, as projeções futuras exigem dos produtores alterações em práticas de manejo, adubação, controle de doenças e pragas e principalmente seleção de cultivares tolerante a essas condições (CASTILHO, 2016).

## 2.5 EVAPOTRANSPIRAÇÃO

Segundo Coelho et. al (2011), evapotranspiração é a soma da quantidade de água perdida a partir da superfície vegetada de um solo e da transpiração das plantas. Ou seja, é o conjunto entre o processo físico de evaporação e fisiológico transpiração em um ambiente ocorrendo de maneira simultânea, transformando vapor da atmosfera em água precipitada (RODRIGUES, 2017; DE MIRANDA, DE OLIVEIRA e DA SILVA, 2010).

Assim como a precipitação e evaporação, é expressa em milímetros evapotranspirados pois sua aferição é feita considerando a altura da lâmina de água. Desse modo, um milímetro evapotranspirado corresponde a um litro de água transferido para a atmosfera para cada metro quadrado de área (VAREJÃO-SILVA, 2006).

É um processo dependente das condições da vegetação local, do tamanho da área vegetada e do fornecimento de água no solo. Além disso, pode ser determinada por: Fatores Climáticos (radiação líquida, temperatura, umidade relativa do ar e vento); Fatores de Planta (Espécies, Coeficiente de Reflexão ou albedo, Estádio de desenvolvimento, Índice de área foliar, altura de planta e Profundidade do sistema radicular) e por Fatores de Manejo de Solo (Espaçamento e densidade de plantio, Orientação do plantio, Capacidade de Armazenamento de água do solo, limitação Física e química) (PEREIRA, ANGELOCCI e SENTELHAS, 2007).

Com isso é possível classificar e definir a evapotranspiração em:

Evapotranspiração Potencial (ETP) ou de Referência (ET<sub>o</sub>), caracterizada pela conversão de vapor de água em precipitação no sistema solo-planta-atmosfera em condições padronizadas (FRANCO et al., 2019). Para sua aferição considera-se a quantidade de água em uma superfície vegetada por grama, ocupando toda a área tendo seu crescimento sem restrições hídricas. De acordo com Pereira, Angelocci e Sentelhas (2007), a ETP indica a demanda evapotranspirativa da atmosfera de um local em um período (DE FRANÇA et al., 2021). Sendo necessário apenas dados meteorológicos para quantificação, e através de métodos empíricos ou determinísticos pode-se ajustar seus valores às condições de cada vegetação e umidade do solo em estudo (PRIMO, TREVISAN e DUARTE, 2018).

Evapotranspiração Real (ETR), baseada no mesmo preceito da ETP, porém em suas condições pode ou não haver restrições hídrica. Se não há restrições hídricas considera-se que o valor de ETR é igual ao de ETP. Do contrário, a ETR expressa

a perda de água de uma superfície em condições padrões onde o desenvolvimento adequado de uma cultura pode vir a ser prejudicado (PAULA, 2018). De acordo com Lins et al. (2017), entender o conceito de ETR permite o planejamento sob a gestão de bacias hidrográficas e manejo de irrigação, principalmente na execução de modelagens de caráter meteorológico e hidrológico em uma região; especialmente as que são caracterizadas por baixos índices de precipitação e sofrem com escassez de água.

Evapotranspiração de Oásis (ETO), definida como a quantidade de água de água utilizada em uma pequena área vegetada (irrigada) adjacente a uma seca, de maneira que através do descolamento de massas de ar ocorre o transporte lateral de calor fornecendo energia por advecção o que aumenta a energia disponível para a ETP. Portanto, adota-se que o valor de ETO é maior do que o de ETP (LIMA et al., 2019; DAS NEVES et al., 2022).

Já a Evapotranspiração de Cultura (ETc), expressa a quantidade de água utilizada por uma cultura desde o plantio à colheita, ou seja, em qualquer estágio de desenvolvimento sem restrição hídrica. Ocorre em função da área foliar, de modo que quanto maior área foliar maior a ETc. Pode ser estimada pelo produto do valor de Coeficiente de cultura (Kc) e ETP correspondendo à demanda evaporativa da atmosfera (de maneira que o Kc varia por espécie, cultivares e fase fenológica) (ROSSATO, et al., 2019); ou ser medida diretamente por meio de lisímetros (DE OLIVEIRA et al., 2015) a escolha de cálculo é dependente do objetivo e necessidade de precisão (VENANCIO et al., 2019).

## **2.6 CARACTERIZAÇÃO DE SECA**

Os eventos de secas não possuem uma definição precisa, ainda assim é considerado como o maior dos fenômenos climáticos responsável pelos prejuízos agrícolas devido à dificuldade de se estabelecer seu início e fim, podendo ser apresentada por diferentes aspectos. Em consequência disso Suassuna e Maia (2017), apontam que mais de 150 definições foram revistas por revistas por Wilhite e Glantz em 1985, das quais, estas foram agrupadas em quatro principais grupos: Seca meteorológica, agrícola, hidrológica e socioeconômica (FERNANDES et al., 2009). De maneira que todas elas são ocasionadas pela deficiência de precipitação afetando a sobrevivência dos seres vivos (NORONHA, HORA e SILVA, 2016).

A seca meteorológica é expressa pelo déficit de precipitação em relação ao valor da normal climatológica para a duração de um período constantemente seco em um local. Baseia-se no desequilíbrio entre o valor de precipitação e Evapotranspiração Potencial em determinado período, onde a precipitação está abaixo dos valores de precipitação média para o mesmo (DE ARAUJO JUNIOR et al., 2020; DA SILVA e MANDUÍ, 2020; BEVACQUA, 2021).

Já a seca agrícola está atrelada a disponibilidade de água no solo para sustentação do crescimento e desenvolvimento das plantas. De forma que baixas umidades afetam a produtividade final e estão diretamente relacionados aos altos prejuízos e perdas do setor. Podendo variar de acordo com a suscetibilidade de cultura e cultivar a deficiência hídrica (VAN LOON, 2015; SANTOS 2020).

A seca hidrológica é uma das mais conhecidas, pois afeta de maneira rápida toda a sociedade. Está relacionada aos níveis médios dos reservatórios superficiais e subterrâneos responsáveis por armazenar e fornecer água para uso e consumo diário da população. Podendo ocorrer de maneira sucessiva por anos, meses, semanas ou mesmo dias (MEDEIROS, 2016; DA CONCEIÇÃO 2018; SILVA e COSTA, 2021).

Com isso, a seca socioeconômica nada mais é do que o impacto e consequências dos outros tipos de seca sobre as atividades humanas. Ocorrendo quando a deficiência hídrica por consequência de má distribuição de chuvas, consumo desenfreado e mau controle dos recursos hídricos, provocam a falta de bens de consumo ou serviços (NUNES, 2020; TAVARES, DE ARRUDA e DA SILVA, 2019).

## **2.7 CARACTERIZAÇÃO DE VERANICO**

Para uma melhor compreensão sobre como se dá o acontecimento de veranicos é necessário que se realize a definição de sua duração (normalmente dada em dias), frequência e probabilidade de ocorrência.

Dentre as várias definições da literatura, os veranicos são eventos meteorológicos nos quais ocorrem períodos de estiagem em determinados intervalos temporais, sem uma precipitação acumulada de valor significativo, o que acaba acarretando danos e perdas da produção agrícola. O conhecimento de suas probabilidades e comportamento permite realizar previsões que auxiliem o produtor no planejamento agrícola e na tomada de decisão em busca de minimizar os efeitos da escassez de água

em momentos cruciais do desenvolvimento de culturas (SILVA e FERREIRA, 2015).

Assunção e Leitão Junior (2006), Borges, Bernhofer e Rodrigues (2018) e DA Silva et al. (2015), consideram como veranicos o intervalo de dias sem precipitação dentro de uma estação chuvosa. Podendo os valores de precipitação acumulada serem iguais ou inferiores à metade da evapotranspiração diária, considerando a capacidade da precipitação em repor a água do solo perdida via evaporação da superfície e transpiração da planta. São dias característicos de forte insolação e calor intenso, o que permite classificar os eventos de acordo com a sua intensidade e probabilidade de ocorrência dado determinado número de dias de duração, sendo: fracos (7 a 8 dias), médios (9 a 12 dias), fortes (13 a 18 dias) e muitos fortes (mais que 18 dias) (SILVA et al. 2014).

Estudos realizados por Jacondino, Conrado e Nascimento (2019) e Oliveira et al. (2015), trazem metodologias que definem como a ausência de precipitação significativa no período de quatro ou mais dias em que há o registro da temperatura máxima superior a 25°C e de temperatura mínima superior a 12°C.

Conrado, Mariano e Carvalho (2014) ressaltam uma relação entre a ocorrência de eventos de veranico em consequência das massas de ar quente e secas estacionadas. Estas criam um bloqueio de circulação atmosférica não permitindo a chegada de sistemas de precipitação estando diretamente associadas ao aumento de temperaturas acima da média, principalmente em regiões tropicais e temperadas.

De acordo com Roldão et al. (2015), o Sistema de Monitoramento Agrometeorológico (Agritempo) para definir o veranico, pondera que o período de estiagem durante a estação chuvosa tenha no mínimo a duração de quatro dias consecutivos. De forma que, quanto maior sua intensidade, tempo de duração e severidade, maiores serão seus impactos sobre o ambiente, causando riscos para a agricultura em razão da sua imprevisibilidade. Por fim, abordam também trabalhos mais antigos onde outros autores caracterizam veranico como dias consecutivos de precipitação inferior a 3,0 mm (CASTRO NETO e VILELLA, 1986), 1,0 mm (ASSAD e SANO, 1998) e até 5,0 mm (SILVA et al., 1981).

De Abreu Araujo et al. (2019), abordam uma relação de regiões áridas em ambientes brasileiros provocadas pelos veranicos e seus prejuízos ao desenvolvimento de culturas de sequeiro, devido as elevações das temperaturas máximas e mínimas e aumento da intensidade de radiação solar. Enquanto Magalhães et al. (2019) relatam que a ocorrência, duração e intensidades dos veranicos estão ligados aos fenômenos ENOS, responsáveis pelas condições atmosféricas oceânicas que determinam o regime de chuvas

em algumas regiões.

Segundo Menezes et al. (2015), os efeitos de veranicos na agricultura podem caracterizar a seca verde, momento em que ocorre perda parcial ou total dos campos por falta de água e não maturidade fisiológica, ou seja, mesmo que secos os cultivos permanecem verdes. Sendo assim, torna-se necessário o uso de informações sobre esses eventos climáticos tanto para a agricultura irrigada e de sequeiro como na agropecuária (DE MEDEIROS, FRANCISCO, SANTOS, 2015).

A melhor forma de analisar a ocorrência de veranicos é caracterizar uma longa série de dados de precipitação em relação aos valores médios, aos desvios em torno da média, às frequências, probabilidades e intensidade em conjunto do aumento da temperatura (PERTUSSATTI, 2013; BOSHI et al., 2010; LIMA, 2016)

## **2.8 CARACTERIZAÇÃO DE ESTIAGEM**

Geralmente o conceito de estiagem vem atrelado ao de seca. Alguns autores consideram estiagem como um período com ausência ou baixa precipitação, onde o solo perde mais umidade do que consegue repor e que usualmente abrange grandes áreas ao mesmo tempo possuindo efeitos direto sob comportamento e saúde humana (GRIGOLETTO et al., 2016; LIMA e MAGALHÃES, 2019).

Outros tratam como um fenômeno climático em que ocorre a falta de precipitação por períodos prolongados, ou seja, de maneira sazonal comprometendo a agropecuária e as indústrias e serviços dependentes de toda a cadeia. Ou então, meses com precipitação abaixo da média esperada e com poucos dias de chuva em que a Evapotranspiração Potencial é superior ao volume de precipitação mensal (AGUIAR, 2005; TEIXEIRA e PIRES, 2017; BERGAMASCHI et al., 2004).

Segundo Lazzari (2006), agronomicamente a estiagem está diretamente ligada as perdas de produtividade agrícola no Brasil, sendo a produção de grãos a mais atingida. Conseqüentemente, isso surte efeitos que afetam principalmente pequenos produtores, as indústrias de beneficiamento, feiras e comércios. Mas ainda pode haver interferência no processo de produção de energia em usinas hidroelétricas, e fornecimento de água para a população tanto do campo como cidade. Podendo provocar até mesmo problemas de saúde pública (GOMES et al., 2018).

Um dos principais agentes agravadores da estiagem está a

impermeabilização e compactação do solo, as queimadas e aumento desenfreado do desmatamento em propriedades rurais e de áreas de preservação; crescimento e concentração de edificações nas cidades. Spinelli e Nascimento (2021), ainda abordam estiagem como resultados de fatores naturais acerca de consequências da ação antrópica em um espaço geográfico.

## **2.9 DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE PRECIPITAÇÃO PADRONIZADA – SPI (Standard Precipitation Index)**

Diante da necessidade de monitoramento e detecção de eventos extremos de precipitação e seca, foram desenvolvidas várias ferramentas para que se pudessem levantar essas informações com maior precisão possível. Desse modo, desenvolveu-se vários índices de seca voltados a se quantificar severidade e duração desses eventos utilizando-se de séries históricas de precipitação e outras variáveis climáticas (HAO e SINGH, 2015).

Dentre esses, o Índice de Precipitação Padronizada – SPI (Standard Precipitation Index), voltado para seca meteorológica, ganhou destaque devido a possibilidade de se realizar análise e caracterização de déficit ou excesso de chuva em diferentes escalas temporais (semanal, mensal, trimestral e anual) utilizando-se apenas dados diários de precipitação. Além de que, por ser padronizado também permite que seja realizado comparação entre diferentes locais com flexibilidade, facilidade de cálculo e interpretação dos resultados (CARMO e LIMA, 2020; DA SILVA et al., 2020; ULIANA et al., 2015).

É um índice que apresenta o número de desvios padrão em que a precipitação acumulada observada se afasta da média climatológica. Sua utilização foi descrita pela primeira vez por Mckee et al. (1983), e permite sua aplicação tanto em condições úmidas como secas em diferentes escalas de tempo, flexibilizando o seu uso.

Com a determinação de valores de SPI, estes podem ser classificados considerando as situações extremas de déficit e excesso de precipitação. Da Silva et al. (2020), traz uma adaptação desses valores (Tabela 1).

**Tabela 1. Classificação de períodos secos e de chuva utilizando-se o SPI.**

<b>Valores de SPI</b>	<b>Classes</b>
-----------------------	----------------

< -2,00	<b>Seca Extrema</b>
-1,99 a -1,50	<b>Seca Severa</b>
-1,49 a -1,00	<b>Seca Moderada</b>
-0,99 a -0,49	<b>Seca Leve</b>
-0,48 a 0,49	<b>Quase normal</b>
0,50 a 0,99	<b>Chuva Leve</b>
1,00 a 1,49	<b>Chuva Moderada</b>
1,50 a 1,99	<b>Chuva Severa</b>
> 2,00	<b>Chuva Extrema</b>

## 2.9 PLANEJAMENTO AGRÍCOLA

Nos últimos tempos, a competitividade comercial e a pressão para atender a demanda crescente por alimento, fez com que surgisse na agricultura a necessidade de se aprofundar o conhecimento sobre as exigências agroclimáticas das culturas agrícolas por todo mundo. Atualmente, é considerada uma das melhores ferramentas de planejamento agrícola, pois a partir dela é possível definir a produção e rentabilidade com redução de perdas em diferentes cenários (ARAÚJO, 2017; CARDOSO, 2018).

Na tentativa de minimizar os riscos da atividade agrícola, o planejamento agrícola baseia-se em três pilares: O zoneamento agroclimático, época adequada de semeadura e planejamento topo e microclimático, em que a partir das necessidades térmicas, hídricas e fisiológicas de uma cultura consegue-se determinar áreas aptas ao seu cultivo de acordo com a safra, época do ano e sua disposição pelo terreno (SENTELJAS e ANGELOCCIM, 2016).

A fim de aproveitar melhor à radiação solar local e evitar exposição a geadas e outras intempéries que podem interferir no desenvolvimento saudável das culturas. É uma técnica voltada a tentar erradicar o máximo possível as causas de redução de produtividade buscando sempre a um máximo rendimento de culturas (CAMPOS, et al., 2009).

É necessário que se realize o planejamento e manejo agrícola de forma minuciosa e eficiente, de acordo com as mudanças do clima e seus impactos, que podem induzir aumento de preço por conta das grandes frustrações de produção em decorrência da instabilidade que atinge o desenvolvimento desses alimentos no campo. Visto que os produtores devem também adotar no dia a dia práticas de conservação de água, solo e

investir no desenvolvimento de tecnologias das quais foram baseadas em projeções futuras (SOUSA et al., 2018).

## **2.10 FRUSTAÇÃO DE SAFRA**

No Brasil o clima e suas flutuações são fatores limitantes de produção de grãos, sendo responsáveis pelas frustrações a ocorrência de estiagem intensas e desuniformidade da distribuição de precipitação no período produtivo (TOREZANI, CALDAS, CALDEIRA, 2016).

Além de mudanças nos valores médios de precipitação, tem-se observado também como fator de frustração de safra, a elevação de valores médios de temperatura do ar e uma maior frequência de chuvas intensas ou veranicos mais severos em épocas não esperadas, com isso surgiu uma maior procura pelo crédito rural e seguro agrícola (SILVA et al., 2015; PIMENTEL, TONIN e TONIN, 2013).

Um bom exemplo de susceptibilidade da agricultura em relação ao clima pode ser observado pelo 11º levantamento da safra de grãos no Brasil feito pela CONAB (2021), onde a produção de grãos estimada para o país na safra de 2020/2021 seria de aproximadamente 254 milhões de toneladas, porém devido à seca prolongada e os eventos de geada que acometeram principalmente a região Sul e centro Sul nos fim do mês de junho e começo de julho, se espera uma redução de 1,2% cerca de 3 milhões de toneladas em relação ao safra 2019/2020.

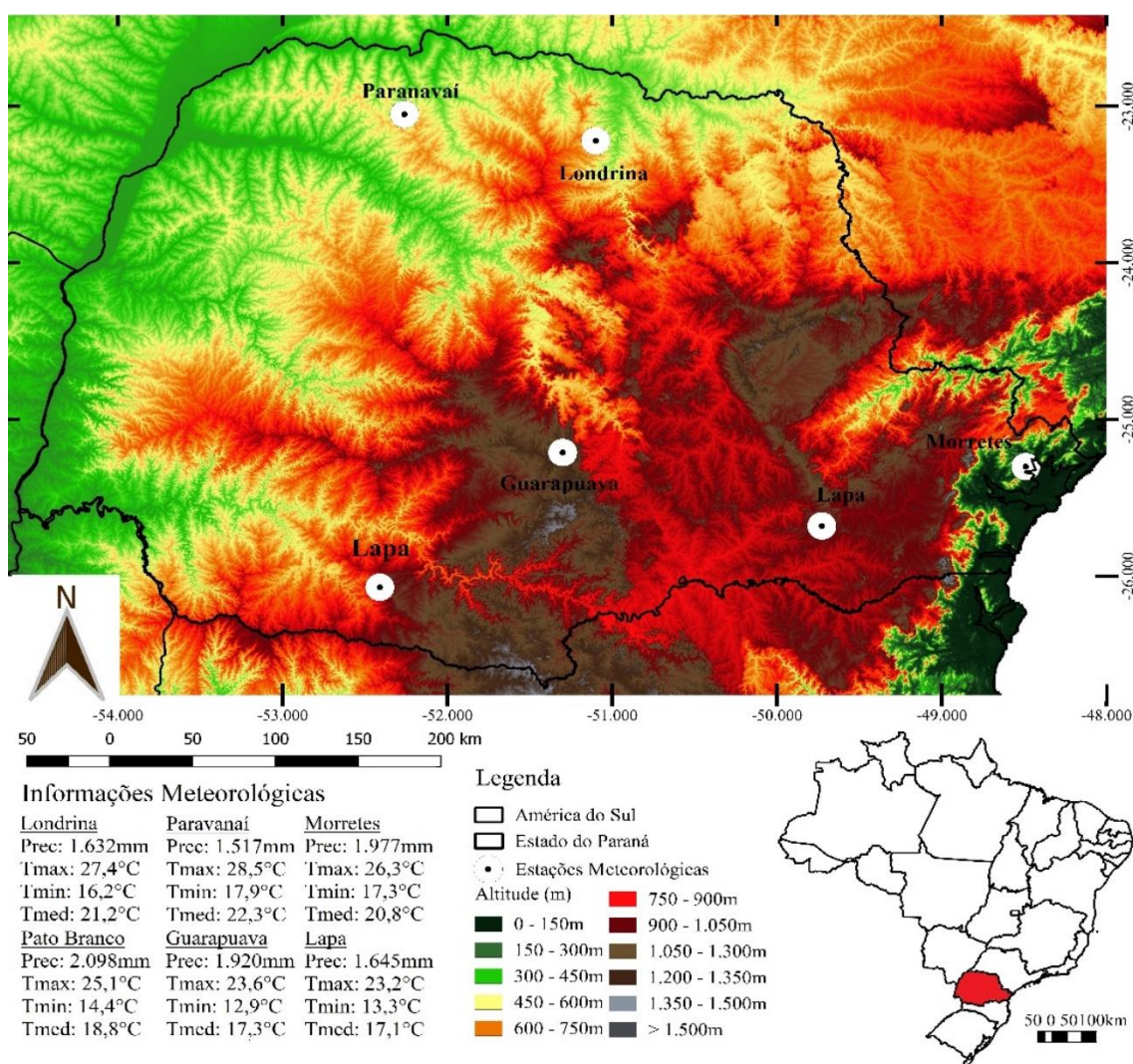
Só no estado do Paraná essa perda de produção chega a quase 6,2 mil toneladas de grãos, o equivalente a 800 kg por hectares. Segundo o relatório do DERAL (2022) a expectativa de produção no estado é de 22,54 milhões de toneladas na safra de verão em 6,24 milhões de hectares, um volume 3% menor do que a safra passada mesmo que em uma área de produção de 2% maior.

O relatório ainda traz um levantamento com perspectivas de 12% de redução na produção da soja, 13% no milho e 10% no feijão em consequência das altas temperaturas e falta de umidade, o que representa um prejuízo de aproximadamente R\$ 16,84 bilhões de reais. O impacto provocado por essa perda já é sentido pelos consumidores que identificam o aumento de muitos produtos das prateleiras do mercado.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado para seis localidades do estado do Paraná, situado na região Sul do Brasil representadas na Figura 1. O clima é de transição entre subtropical Cfa, com verões quentes e concentração de precipitações de verão, sem estação seca definida, e Cfb, clima temperado com verões amenos e sem estação seca definida e altitude variando de 0 a 1300 m (NITSCHKE et al, 2019) descritos na Figura 1.

**Figura 1. Altimetria, caracterização climática e localização das estações meteorológicas no Paraná.**



Foram utilizados dados diários de precipitação pluvial e temperatura do ar, no período de 1976 a 2020, da rede de estações meteorológicas do Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná IAPAR-EMATER (IDR – Paraná), de seis localidades

distintas, das quais representam mesorregiões climáticas descrita na Tabela 02.

**Tabela 2:** Representatividade das mesorregiões paranaenses e período de dados avaliados.

<b>Município</b>	<b>Mesorregião</b>	<b>Precipitação (mm)</b>	<b>Temperatura do ar (°C)</b>
Guarapuava	Central	1976 - 2020	1976 - 2020
Lapa	Sul	1976 - 2020	1988 - 2020
Londrina	Norte	1976 - 2020	1976 - 2020
Morretes	Litoral	1976 - 2020	1976 - 2020
Paranavaí	Noroeste	1976 - 2020	1976 - 2020
Pato Branco	Sudoeste	1976 - 2020	1978 - 2020

**Fonte:** Autor

Para preenchimento de falhas e melhorar a consistência das informações, também foram utilizados dados do Sistema de Tecnologia e Monitoramento Ambiental do Paraná (SIMEPAR), da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) e do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

Após a construção dos bancos de dados, estes foram organizados em planilha eletrônica do Microsoft Excel TM e através de tabela dinâmica separou-se os dados em escala anual, trimestral (estações do ano), mensal e decenal de cada região. Para as análises de frequência e intensidade de estiagem de dias com precipitação de 0 e  $\leq 4$  mm, foi calculado a média móvel dos dados, e estes submetidos a Teste t com 5% de significância pelo software STATISTICA®.

Com isso, para este estudo considerou-se como estiagem duas situações: dias sem precipitação acumulada ( $0 \text{ mm dia}^{-1}$ ) e dias com total de precipitação acumulado em  $\leq 4 \text{ mm dia}^{-1}$ .

### **3.4.1 ANÁLISES DE INTENSIDADE DE CHUVA E ESTIAGEM:**

#### **3.4.1.1 Índice De Precipitação Padronizado (*Standard Precipitation Index*) – SPI**

Para os cálculos de SPI utilizou-se do software SPI Generator, programa disponibilizado para download pelo National Drought Mitigation Center (NDMC) da universidade de Nebraska (<https://drought.unl.edu/Monitoring/SPI/SPIProgram.aspx>).

Logo, para análise e cálculo da intensidade de precipitação por SPI, o

software baseia-se nas equações apresentadas por Teixeira et al. (2013) e Dos Santos, Cunha e Ribeiro-neto (2019):

$$SPI = Z_i = \left( \frac{P_i - \bar{P}}{\sigma_i} \right) \quad (1)$$

No qual,  $Z_i$  é a distribuição normal da precipitação;  $i$  é a escala de tempo (1, 3, 6, 12 meses);  $P_i$  a precipitação acumulada;  $\bar{P}$  e  $\sigma_i$ , são respectivamente, a média e o desvio padrão da série ajustada. Com isso, de acordo com a escala temporal escolhida, estima-se a probabilidade de ocorrência da precipitação por parâmetros de Gama definida para uma variável aleatória contínua positiva  $X$  pela função de densidade de probabilidade.

$$g(x) = \frac{1}{\beta} \left( \frac{x}{\beta} \right)^{\alpha-1} \frac{\exp\left(-\frac{x}{\beta}\right)}{\Gamma(\alpha)} \quad x > 0 \quad (2)$$

Em que:

$g$  = parâmetro de gama

$x$  = variável aleatória contínua positiva

$\alpha$  - parâmetro de forma,  $> 0$  (adimensional);

$\beta$  - parâmetro de escala,  $> 0$  (mm); e

$\Gamma(\alpha)$  - função Gama de (adimensional).

A função gama  $\Gamma(\alpha)$  é definida por:

$$\Gamma(\alpha) = \int_0^{\infty} y^{\alpha-1} e^{-y} dy \quad (3)$$

Os resultados dos parâmetros de forma e escalas são utilizados para se calcular a probabilidade cumulativa de um evento de precipitação observado, para a escala de tempo considerada (semanal, mensal, anual). A probabilidade cumulativa é dada pela Equação:

$$G(x) = \int_0^x g(x) dx = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} \int_0^x x^{\alpha-1} e^{-\frac{x}{\beta}} dx \quad (4)$$

Substituindo  $t = x/\beta$ , transformando-se na função Gama incompleta:

$$G(x) = \frac{1}{\Gamma(\alpha)} \int_0^x t^{\alpha-1} e^{-t} dt \quad (5)$$

A distribuição gama é, por definição, indefinida para  $<0$ . Considerando que séries de chuva podem conter zeros, a probabilidade cumulativa utilizada no cálculo do SPI é dada por  $H(x)$ :

$$H(X) = q + (1 - q)G(x) \quad (6)$$

$$q = (m/n)$$

Sendo:

$q$  - probabilidade de ocorrência de precipitação zero;

$m$  - Número de observações com chuva igual a zero; e

$n$  - número de observações de chuva maior do que zero.

O valor de  $(Z)$  ou SPI pode ser obtido por aproximação matemática relacionando a distribuição de probabilidade cumulativa Gama e a Normal, sendo  $(Z)$  e  $t$  definido pelas equações abaixo:

$$Z = \text{SPI} = - \left( t - \frac{C_0 + C_1 + C_2 t^2}{1 + d_1 + d_2 t^2 + d_3 t^2} \right) \text{ para } 0 < H(X) \leq 0,5 \quad (7)$$

$$Z = \text{SPI} = + \left( t - \frac{C_0 + C_1 + C_2 t^2}{1 + d_1 t + d_2 t^2 + d_3 t^3} \right) \text{ para } 0, < H(x) \leq 1,0 \quad (8)$$

$$t = \sqrt{\ln \left[ \frac{1}{(H(x))^2} \right]} \text{ para } 0 < H(x) \leq 0,5 \quad (9)$$

$$t = \sqrt{\ln \left[ \frac{1}{(1-H(x))^2} \right]} \text{ para } 0,5 < H(x) < 1,0 \quad (10)$$

Os coeficientes utilizados nas Equações 7, 8, 9 e 10 são:

$$C_0 = 2,515517;$$

$$C_1 = 0,802853;$$

$$C_3 = 0,010328;$$

$$d_1 = 1,432788;$$

$$d2 = 0,189269;$$

$$d3 = 0,001308.$$

Desse modo o software utiliza como fonte de entrada dados diários de precipitação de todo o período avaliado. Os dados de saída foram filtrados em valores anuais, trimestrais (estações do ano) e mensais e em seguida classificados de acordo com a Tabela 1.

### **3.4.2 ANÁLISES DE INTENSIDADE E FREQUÊNCIA DE ESTIAGEM:**

#### **3.4.2.1 Frequência de estiagem pela soma móvel com precipitação menor ou igual a 4 mm dia<sup>-1</sup>.**

Para identificar a probabilidade de ocorrência de veranicos pela soma móvel, determinou-se a frequência do número de dias consecutivos com precipitação igual ou inferior a 4 mm dia<sup>-1</sup> ou 40 mm decêndio<sup>-1</sup>. Considerou-se este valor pois agronomicamente precipitações abaixo de 4 mm diários não são suficientes para interromper o estresse hídrico, pois não excedem a Evapotranspiração Potencial (ETP) diária de uma planta, principalmente em períodos secos.

Primeiro foi feito o agrupamento dos dados e calculado o número de eventos e a frequência relativa desses (Equação 11) para cada sazonalidade.

$$F = \frac{n}{T} \tag{11}$$

Onde:

F - é a frequência relativa

n - número de eventos

T - Número de dias do período de cada sazonalidade.

Para a frequência relativa anual foi adotado que T=365, a trimestral representando as estações do ano T=90; a mensal dos meses de janeiro, março, maio, julho, agosto, outubro e dezembro T=31, para os meses abril, junho, setembro, novembro

T= 30 e para o mês de fevereiro T=28. Nos decêndios T=10.

Em seguida, o cálculo de média móvel dos agrupamentos de cada sazonalidades foi realizado partindo do mesmo princípio utilizado para o de decêndio móveis. Iniciando a partir do 1º de janeiro de cada ano da série histórica (1-10/01, 2-11/01, 3-12/01, e assim por diante) diferentemente da média fixa (1-10, 11-20 e 20-30).

Utilizar de médias móveis evita a omissão de períodos consecutivos de estiagem que podem ocorrer quando se considera somente as médias fixas de cada intervalo de tempo. De modo que o resultado é dado em porcentagem (%).

Com isso, considerou-se como precipitação os dias que apresentarem apenas valores menor ou igual a 4 mm dia<sup>-1</sup>.

Adaptando valores obtidos por Silva e Ferreira (2015), a intensidade de ocorrência dos eventos de estiagem foi classificada a partir no número de dias de duração (Tabela 3).

**Tabela 3.** Adaptação da classificação de intensidade dos eventos de estiagem

<b>Dias</b>	<b>Intensidade de Estiagem</b>
6	Inapreciável
7 - 8	Fraca
9 - 12	Média
13 - 18	Forte
≥ 18	Muito Forte

#### **3.4.2.2 Frequência de estiagem pela soma móvel com ausência de chuva**

A determinação de frequência e intensidade de ocorrência de estiagem pela soma móvel com ausência de chuva é semelhante à metodologia do tópico 3.4.2.1, porém é calculado com base nos dias em que a precipitação acumulada for igual a 0 mm dia<sup>-1</sup>, ou seja, dias que não houver ocorrência de chuvas.

#### **3.4.2.3 Razão da Evapotranspiração Real (ETR) pela Evapotranspiração Potencial (ETP).**

Esta metodologia é replicada de Ferreira (2016), e se baseia na relação entre a Evapotranspiração Real (ETR), a qual a grama/planta pode ou não estar sujeita a ocorrência de déficit hídrico, e a Evapotranspiração Potencial (ETP) onde não há déficit hídrico. Ou seja, este método correlaciona o quanto de água foi perdido pela planta em

um dia normal (ETR) com a quantidade de água que seria perdido por ela em condições ideais de disponibilidade de água no solo (ETP).

Os dados de ETP e ETR foram obtidos pelo Balanço Hídrico Climatológico proposto por Thornthwaite e Mather (1955) e calculadas pelas planilhas de EXCEL TM de acordo com o modelo oferecido por ROLIM, SENTELHAS e BARBIERI (1998). Adotando uma capacidade de água disponível no solo (CAD) de 75 mm segundo (FARIAS et al., 2001).

A partir da relação entre ETR/ETP encontra-se o coeficiente de exatidão (Índice d) ou também chamado de Índice de Satisfação das Necessidades de Água (ISNA). Ele expressa a quantidade de evapotranspiração máxima requerida por uma cultura segundo a disponibilidade de água no solo vinda da irrigação ou precipitação. Os valores de ISNA variam de 0 a 1, sendo 1 a planta com demanda de água suprida e 0 plantas sob condições de deficiência hídrica (WILLMOTT, 1981; FARIAS et al., 2001).

Para cada cultura é adotado um valor ISNA limite. Considerando que as principais culturas no Paraná são soja, milho e trigo, adotou-se um ISNA médio de valor 0,6 (DE SALES et al., 2017). Dessa forma, foi determinada a ocorrência de estiagem quando as médias da relação ETR/ETP forem inferiores a 0,6 em escala Anual, trimestral, mensal e decenal.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Índice De Precipitação Padronizado (*Standard Precipitation Index*) – SPI

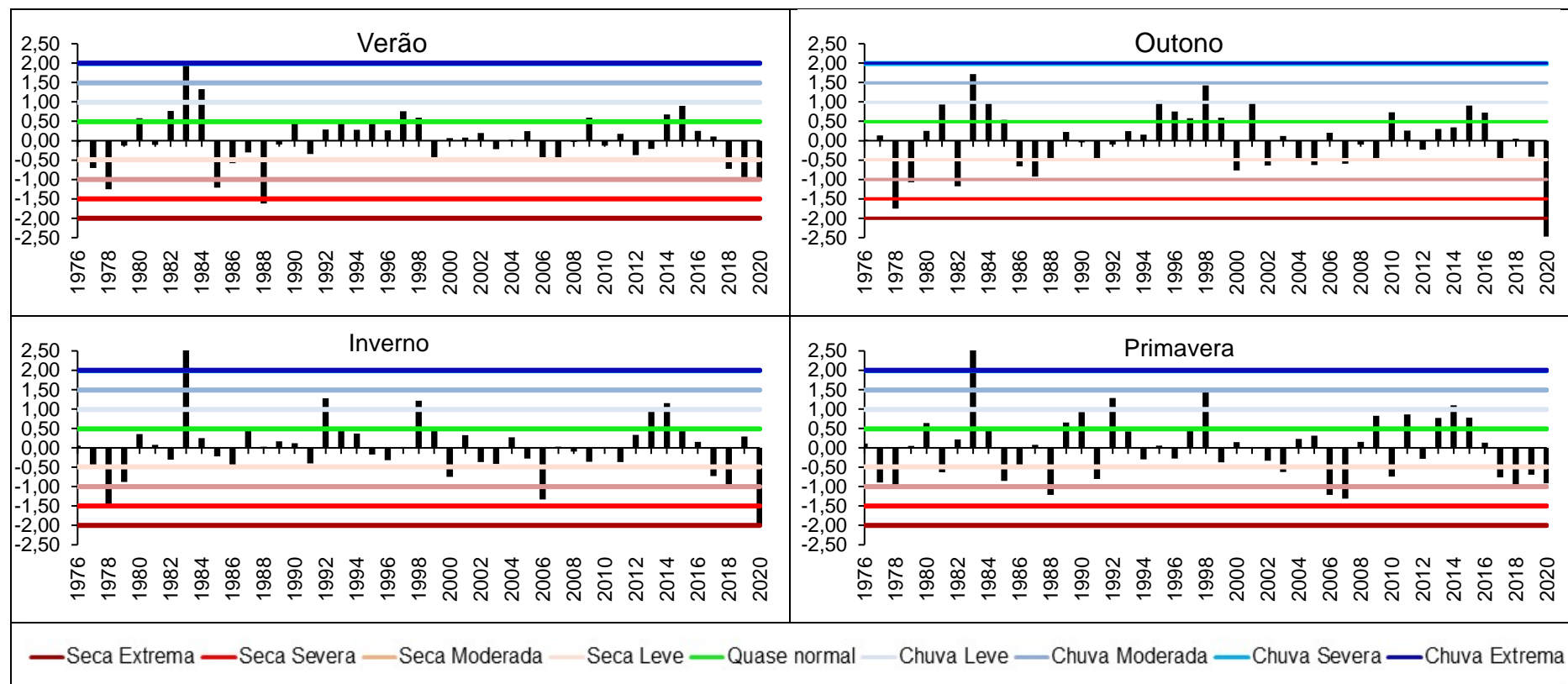
De maneira geral ao analisar os índices de SPI anual para a série histórica (Anexo I), observou-se um maior número de eventos de seca moderada a extrema nos primeiros 12 anos, bem como a repetição do mesmo comportamento para os últimos 5 anos em todas as regiões. Fernandes et al. (2021), ao analisarem a seca e seus impactos na região Sul do Brasil também detectaram por meio do SPI no ano de 2019/2020 altos índices de seca severa para o estado, ocorrendo principalmente a partir do mês de setembro e tendo impactos sobre a atividade agrícola e disponibilidade de recursos hídricos para a população.

As regiões Norte e Litoral foram as que mais apresentaram oscilações de eventos de chuva e seca leve a moderada, diferentemente da região Noroeste e Sudoeste que apresentaram comportamento e nuances semelhante para os dois eventos. Percebe-se que a intensidade de precipitação em nenhuma das regiões apresentou chuva extrema de maneira recorrente, apenas raros episódios em toda a série.

Realizando uma observação mensal da região Central do estado (Anexo II) os meses de janeiro, fevereiro e março apresentaram comportamento semelhante, tanto para intensidade de chuva como seca, sendo sua ocorrência moderada. Abril, maio e junho foram os meses mais chuvosos e menos secos. Os demais meses do ano apresentaram eventos de seca severa de maneira mais recorrente, porém também foi possível observar extremos de chuva e seca com mais recorrência nos meses de outubro, novembro e dezembro.

Para as estações do ano na região Central (Figura 2), assim como na análise anual geral do estado, observou-se uma maior ocorrência de seca leve a moderada para os últimos 5 anos consecutivos (2015 a 2020). Sendo que no ano 2020 registrou-se seca Extrema no outono e inverno na região. De maneira geral, o verão e outono apresentaram eventos de chuva quase normal a chuva leve, maior do que seca de qualquer intensidade, diferentemente das demais estações do ano. Considera-se, portanto, a primavera a estação mais seca, seguida do inverno na região. O ano de 1983 foi um ano atípico, pois foi o único que apresentou índices de chuva extrema para os quatro trimestres. De Quadros et al., (2017), caracterizaram o estado do Paraná como não tendo um clima seco, porém conta com grande variabilidade e recorrência de eventos de seca extrema.

**Figura 2. SPI estações do ano região Central**

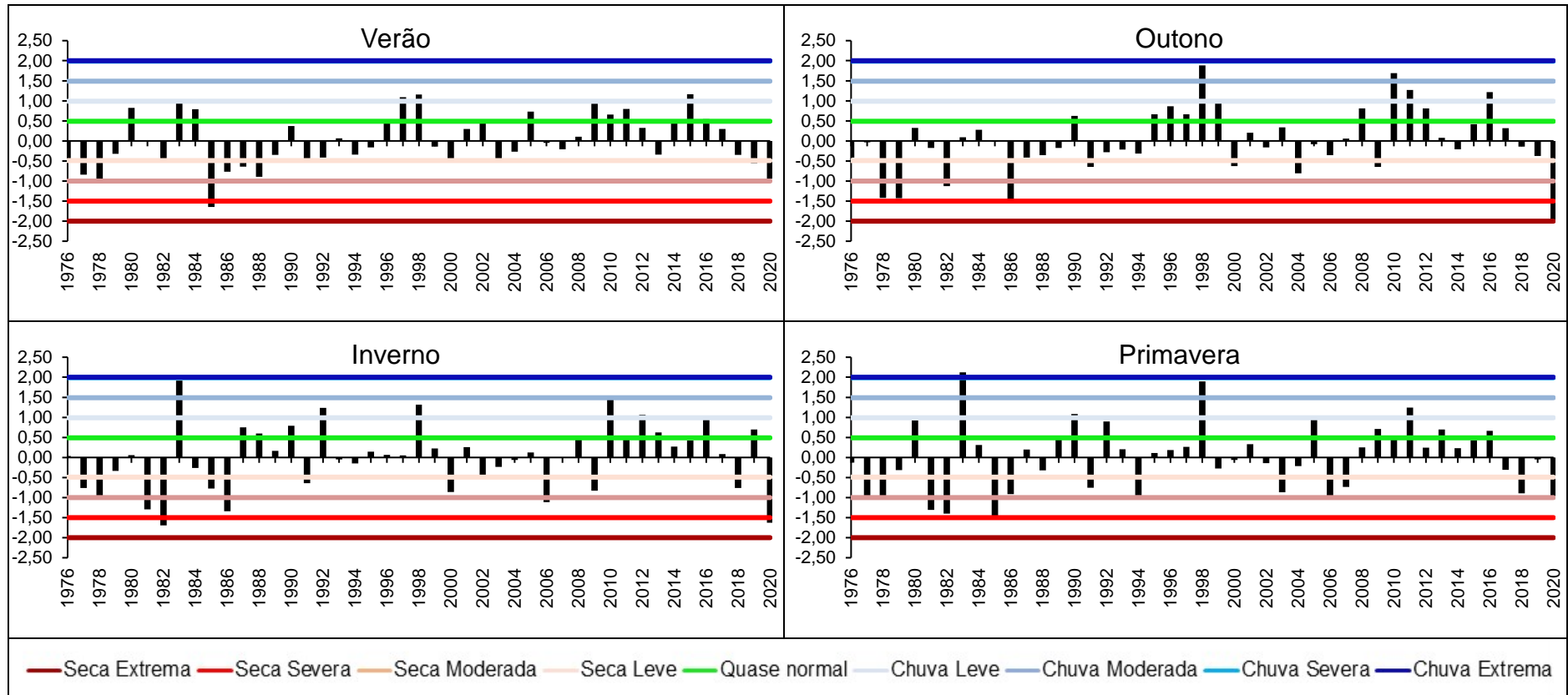


De modo geral, De Andrade e Pereira (2019), analisando a dinâmica da precipitação no centro Sul do Paraná, em escala anual e mensal, constataram que a região tem boa distribuição pluviométrica e de alta intensidade, sem nenhum mês característico como seco. Porém ainda sim é sujeita a ocorrência de seca alta e extrema. Sendo que na primavera ocorrem secas intensas de maneira frequente.

Para a região Sul do estado na análise mensal de SPI (Anexo III), os meses de janeiro, fevereiro e março apresentaram comportamento semelhante na distribuição de eventos de chuva e seca, variando de leve a severo. Assim como na região Central observou-se um aumento de evento de seca nos últimos anos principalmente nos meses de julho a dezembro, alcançando em quase todos seca extrema. Em relação aos eventos de chuva o SPI indica que para toda série histórica e em todos os meses do ano a região Sul do estado possuiu uma distribuição regular de chuva leve e moderada, poucos foram os casos de chuva severa ou extrema.

Para as estações do ano na região Sul (Figura 3) observou-se ocorrência regular da chuva quase normal a leve em todas elas, destacando o verão com mais eventos de chuva do que seca. Outono e inverno apresentaram maior ocorrência de eventos de seca leve a severa, porém em nenhum momento seca extrema. A primavera na região Sul, pode ser caracterizada com certa equidade para eventos de seca e chuva de maneira que ambos aconteçam com intensidade moderada.

Figura 3. SPI estações do ano região Sul

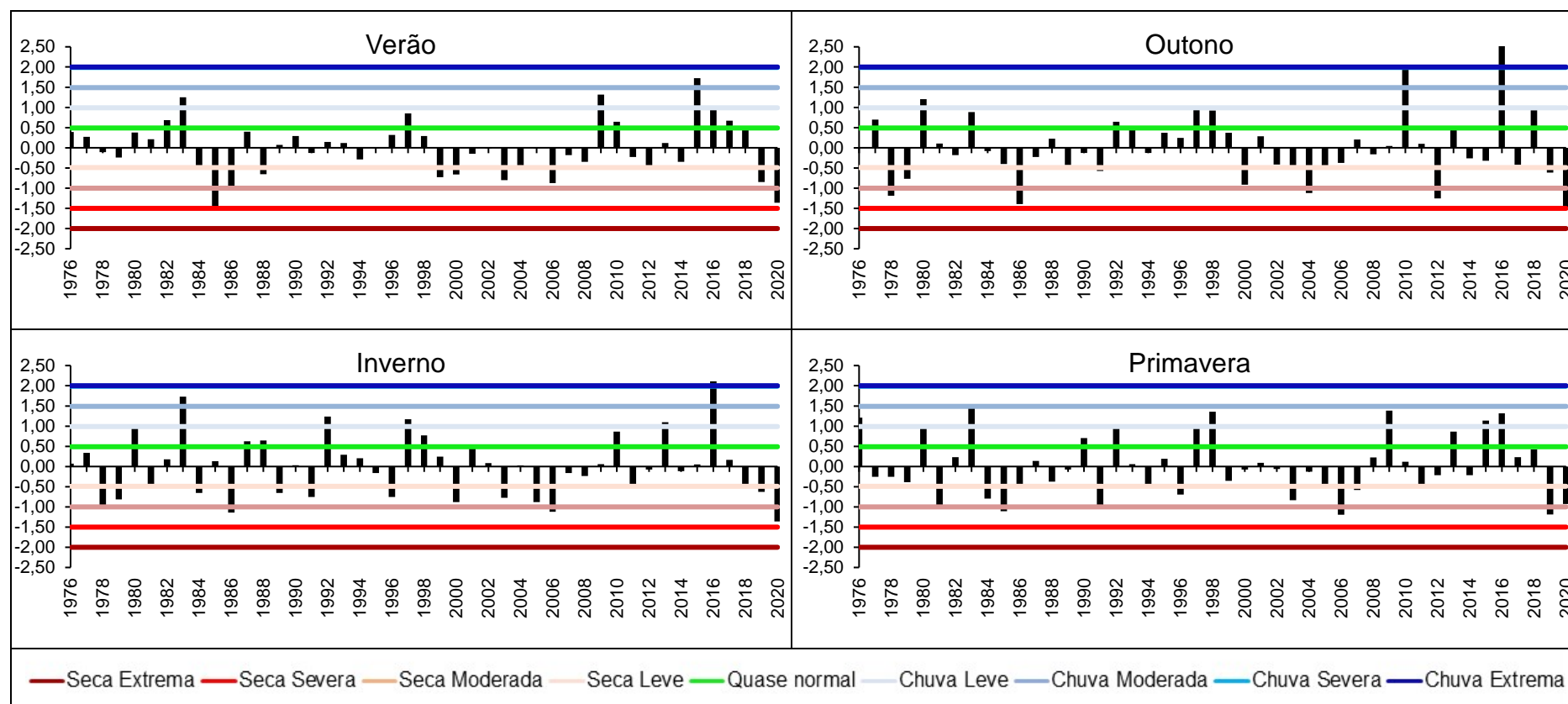


Na região Norte, de maneira geral, observou-se uma regularidade de ocorrência, tanto chuva moderada como seca severa no decorrer dos anos, em quase todos os meses houve ocorrência de chuva de intensidade severa ou extrema (Anexo IV), contrariamente à seca extrema que só ocorreu no mês de dezembro, sendo os demais apenas seca moderada a severa. O mês de dezembro apresentou maiores eventos de seca do que de chuva, diferentemente dos meses de abril a outubro que apresentaram em sua maioria chuvas de intensidade leve.

Já durante as estações do ano (Figura 4), o verão do Norte paranaense caracterizou-se como chuvoso ocorrendo chuvas leves a moderadas de tal forma que a seca também se mantém moderada.

No outono e inverno foi observado no decorrer dos anos secas de intensidade leve a moderada, porém uma maior recorrência de chuvas severas e extremas. O índice SPI da primavera indicou uma estação chuvosa, mas também com chances de ocorrer seca, porém sem extremos. Ely (2019), ao analisar tendências de precipitações para o estado do Paraná, observou que assim como o verão, no inverno e primavera o Norte e Noroeste do estado tem tendências positivas ao aumento de precipitação principalmente no mês de julho. Em trabalho semelhante Pessini, Chagas e Chaffe (2017), a partir da aplicação de SPI determinaram que a região Norte do estado foi mais seca em relação as demais.

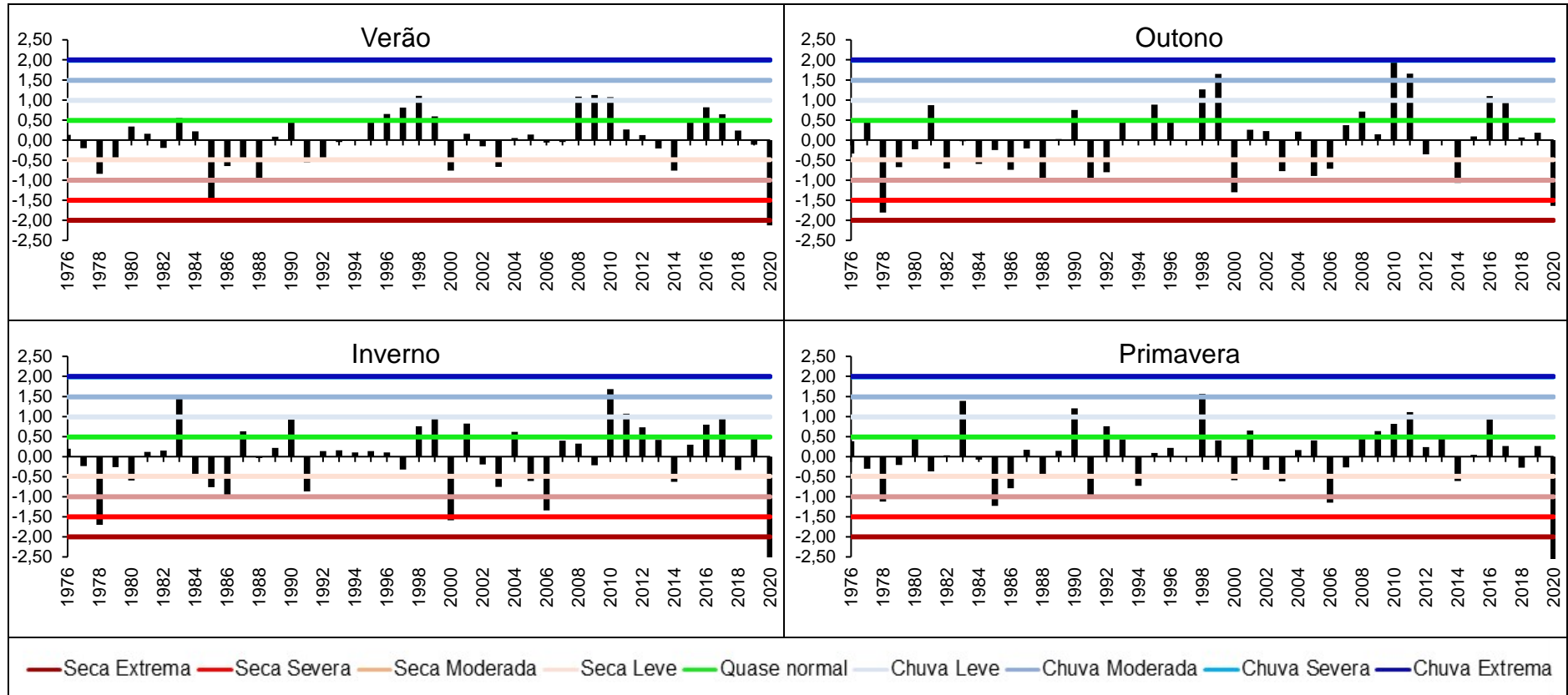
**Figura 4. SPI estações do ano região Norte**



Analisando o Litoral paranaense pelo SPI, este apresentou elevados índices de seca de variadas intensidades em todos os meses do ano (Anexo V), não sendo observado a ocorrência de seca extrema apenas nos meses de janeiro, fevereiro e março, ficando as demais com intensidades entre leve e severa. Com relação as chuvas o segundo semestre do ano foi o mais chuvoso em relação ao primeiro, em sua maioria chuvas de intensidade moderada. Porém, nos meses de janeiro a abril encontrou-se para a região uma maior ocorrência de chuvas severa e extrema. Angonese (2020), ao avaliar anomalias de precipitação na região Sul do Brasil, detectou que o Litoral de toda região possui chuvas constantes durante todas as estações do ano em decorrência principalmente do relevo topográfico.

Das estações do ano (Figura 5), a primavera caracterizou-se pela maior ocorrência de chuva e seca moderada, enquanto no verão, em sua maioria, chuva de intensidade quase normal e seca leve. O inverno e outono aparentaram mais eventos de seca de caráter moderado a severo, porém no outono observou-se chuvas severas.

**Figura 5. SPI estações do ano região Litoral**

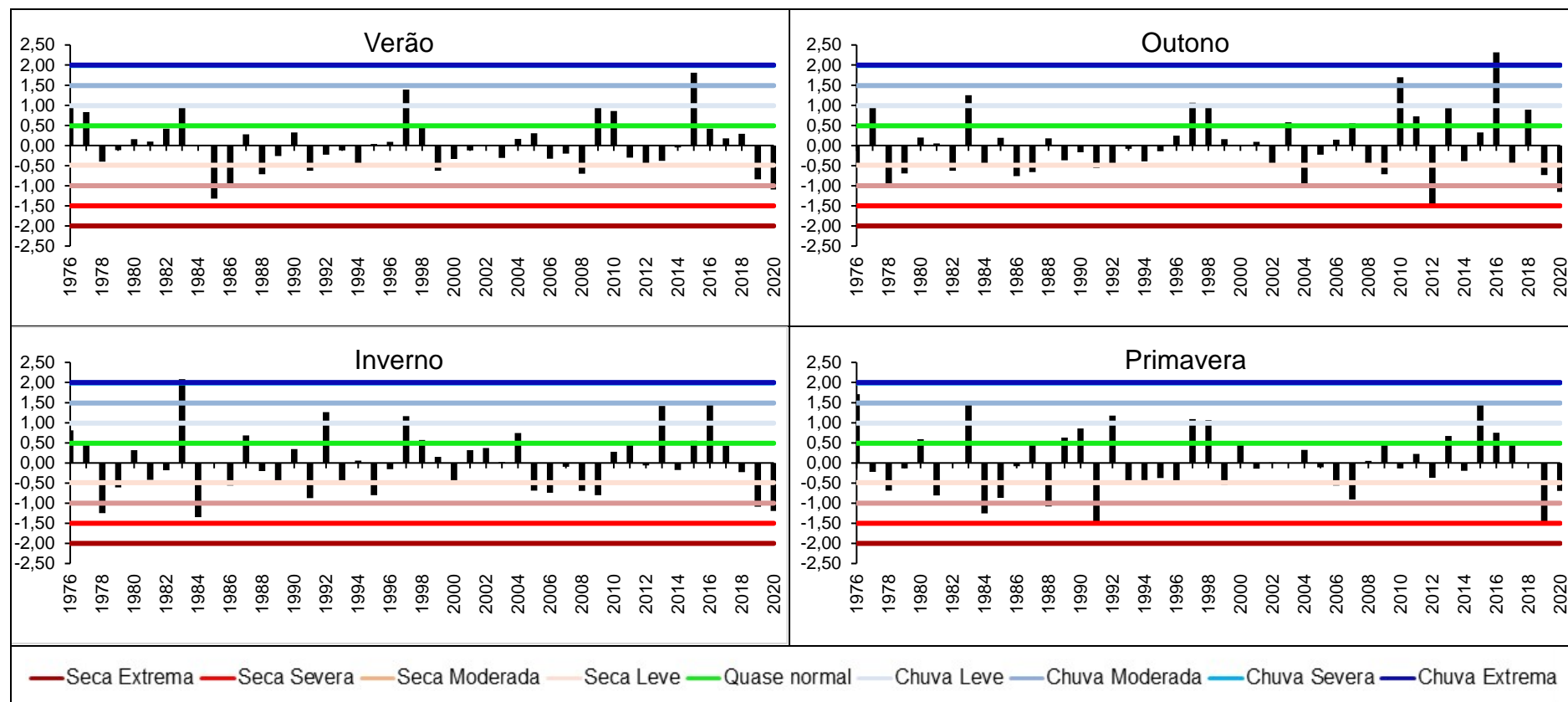


Enquanto isso, a região Noroeste mostrou para todos os meses do ano (Anexo VI), que nos últimos 10 anos aumentaram os eventos de chuva moderada a extrema, mas observou-se ainda aumento de intensidade de seca para os últimos meses da série. Dezembro foi o único mês com ocorrência de seca extremas, sendo os demais caracterizados por apenas seca severa ou moderada.

Constatou-se também que em todos os meses ocorreu seca leve. Outubro, novembro e dezembro tiveram maior volume de registros de seca moderada e severa, enquanto os meses de março, abril e maio chuva moderada.

As estações do ano (Figura 6) de modo geral foram secas, porém na primavera, outono inverno foi recorrente a ocorrência de chuva leve a moderada, podendo ocorrer chuva extrema para as duas últimas estações. O índice SPI indica que para a região Noroeste, o verão apresentou chuvas regulares de intensidade quase normal, sendo poucos os casos de chuva com intensidade leve. Por outro lado, Junior e Neto (2016), identificaram para região Noroeste tendências de aumento na intensidade das chuvas na região, o que pode vir a mudar o cenário futuramente.

**Figura 6. SPI estações do ano região Noroeste**

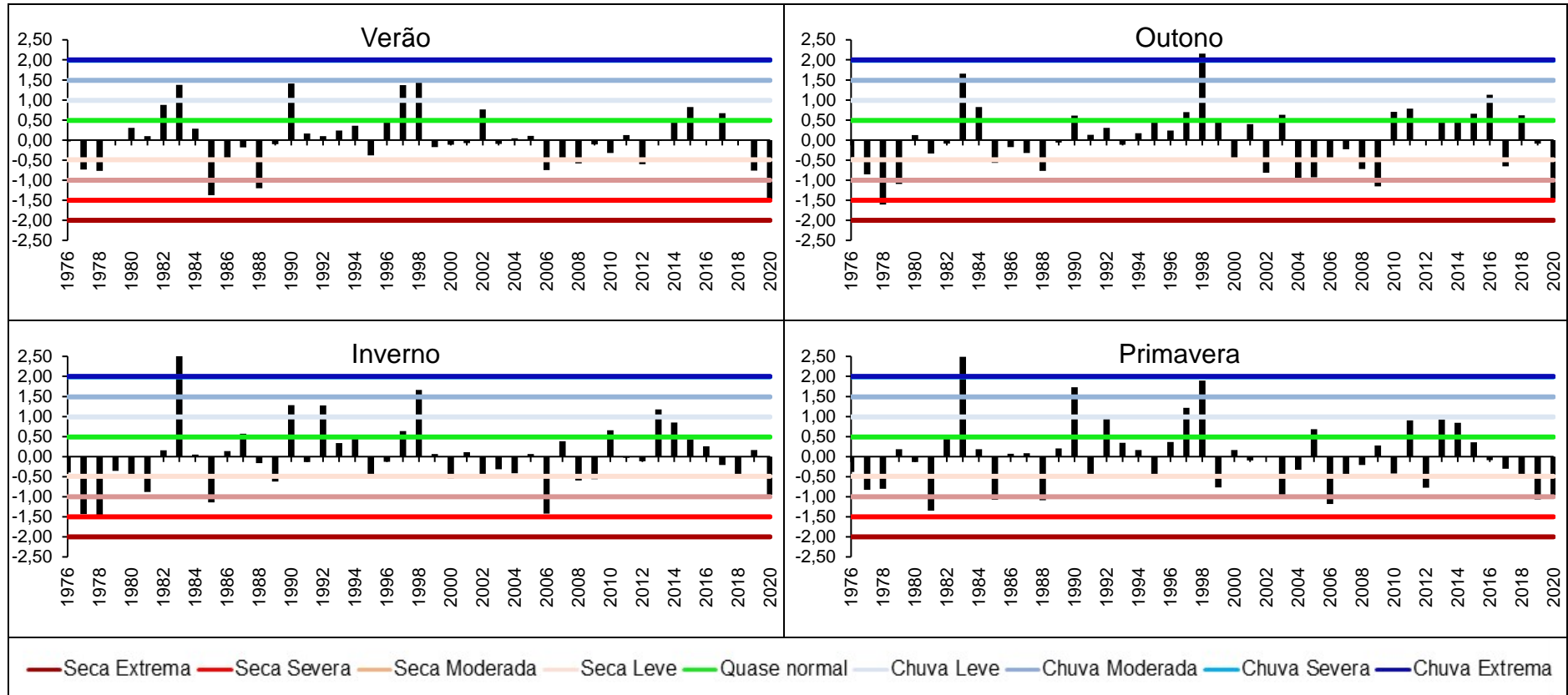


O índice SPI para a região Sudoeste durante os meses do ano (Anexo VII) demonstrou que nos meses de janeiro, fevereiro e março a intensidade de chuva e seca foram moderadas, com raros os casos de ocorrência de evento severo.

Já os meses de abril a setembro observou-se que a precipitação pode ocasionalmente acontecer de forma extrema, porém é mais comum que seja de no máximo intensidade leve. Outubro, novembro e dezembro foram meses de instabilidade, possuem chances de ocorrer de maneira recorrente seca e chuva severa.

Para as estações do ano (Figura 7), o outono e inverno aparentaram comportamento de intensidade semelhantes, com ocorrência de chuva e seca variando de leve a severa e alguns episódios de chuva extrema. Já a primavera possuiu chuvas de maior intensidade do que o verão, indicando ocorrência de seca leve a moderada e pouca precipitação.

**Figura 7. SPI estações do ano Sudoeste**



## 4.2 Frequência mensal de estiagem pela soma móvel com precipitação menor ou igual a 4 mm dia<sup>-1</sup>.

A frequência mensal de estiagem para os dias em que a precipitação foi menor ou igual a 4mm dia<sup>-1</sup>, indica que os meses de janeiro, fevereiro e setembro possuem menor frequência de estiagem em todo o estado (Tabela 4), em média 68% dos dias dos meses.

**Tabela 4.** Frequência mensal de estiagem pela soma móvel para dias com precipitação menor ou igual a 4 mm dia<sup>-1</sup>

Mesorregião	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun
<b>Central</b>	67% a2	67% a2	76% a2	79% a2	79% a1	80% a1
<b>Sul</b>	69% a2 a3	71% a3	78% a3	84% a3	84% a2	83% a2
<b>Norte</b>	68% a2	69% a2 a3	79% a3	84% a3	83% a2	86% a3
<b>Litoral</b>	55% a1	60% a1	64% a1	77% a1	80% a1	83% a2
<b>Noroeste</b>	71% a3	71% a3	80% a3	85% a3	83% a2	86% a3
<b>Sudoeste</b>	71% a3	68% a2 a3	79% a3	79% a2	79% a1	79% a1
<b>Média Geral</b>	<b>67%</b>	<b>68%</b>	<b>76%</b>	<b>81%</b>	<b>81%</b>	<b>83%</b>
<b>Cv(%)</b>	<b>8,78</b>	<b>8,79</b>	<b>5,58</b>	<b>4,6</b>	<b>5,36</b>	<b>4,73</b>
Mesorregião	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
<b>Central</b>	82% a1 a2	84% a1	77% a3	70% a2	74% a2	70% a2
<b>Sul</b>	83% a2	86% a2	77% a3	73% a3	78% a4 a5	73% a3
<b>Norte</b>	89% a3	91% a3	81% a4	79% a4	76% a3 a4	70% a2
<b>Litoral</b>	83% a2	86% a2	76% a3	71% a2	70% a1	67% a1
<b>Noroeste</b>	91% a3	91% a3	54% a2	68% a1	79% a5	75% a4
<b>Sudoeste</b>	80% a1	83% a1	51% a1	70% a2	74% a2 a3	73% a3 a4
<b>Média Geral</b>	<b>85%</b>	<b>87%</b>	<b>69%</b>	<b>72%</b>	<b>75%</b>	<b>71%</b>
<b>Cv(%)</b>	<b>4,54</b>	<b>3,43</b>	<b>5,2</b>	<b>6,31</b>	<b>5,74</b>	<b>5,92</b>

a: indica valor da média do teste t, sendo a1 o menor e a5 o maior.

Já os meses de abril a agosto registraram as maiores frequências com média de 83% dos dias dos meses ocorrer estiagem, sendo que só no mês de agosto pode-se acontecer em 87% dos dias. Para os demais meses do ano essa chance cai para 74% dos dias, um número ainda significativo, uma vez que é maior do que a metade dos dias dos meses. Enquanto isso, Bodaas Terassi et al. (2018), abordaram que no estado os meses de junho, julho e agosto foram os que registram as maiores frequências de eventos de estiagem de intensidade moderada, a extremamente seco.

Nota-se também que nenhuma das regiões apresentou menos que 50% dos dias com ocorrência de estiagem. As menores frequências foram registradas para o

mês de setembro na região Sudoeste (51%) e Noroeste (54%) a maior 91% dos dias, nos meses de julho e agosto na região, e em agosto na região Norte.

O Litoral foi a região com menor registro de estiagem nos meses do ano, sendo sua menor ocorrência no mês de janeiro em que 55% de seus dias a precipitação foi inferior a 4mm e o maior no mês de agosto com 80% dos dias. Já a região Noroeste foi a que registrou maior frequência, seu menor registro de frequência de estiagem se deu no mês de setembro com 54% dos dias, enquanto a maior nos meses de julho e agosto com 91% dos dias concomitantemente. As demais regiões, apresentaram frequência média de 76% dos dias do ano a ocorrência de estiagem.

Ao analisar a frequência de estiagem anual e para estações do ano de cada região (Tabela 5), verificou-se que 77% dos dias do ano no estado ocorre estiagem considerando dias com precipitação menor ou igual a 4mm. Sendo o inverno a estação do ano com maior frequência (87% dos dias) e o verão a menor 69%.

**Tabela 5.** Frequência anual e trimestral de estiagem pela soma móvel, para dias com precipitação menor ou igual a 4 mm dia<sup>-1</sup>

Mesorregião	Anual		Verão		Outono		Inverno		Primavera		
<b>Central</b>	75%	a2	68%	a2	80%	a2	84%	a1	74%	a1	a2
<b>Sul</b>	78%	a4	71%	a3	84%	a3	86%	a2	77%	a3	
<b>Norte</b>	80%	a5	69%	a2	84%	a3	91%	a3	80%	a4	
<b>Litoral</b>	73%	a1	61%	a1	75%	a1	86%	a2	73%	a1	
<b>Noroeste</b>	81%	a6	72%	a3	85%	a3	91%	a3	81%	a4	
<b>Sudoeste</b>	76%	a3	71%	a3	81%	a2	83%	a1	75%	a2	a2
<b>Média Geral</b>	<b>77%</b>		<b>69%</b>		<b>81%</b>		<b>87%</b>		<b>77%</b>		
<b>Cv(%)</b>	<b>2,15</b>		<b>5,34</b>		<b>3,27</b>		<b>2,64</b>		<b>3,68</b>		

a: indica valor da média do teste t, sendo a1 o menor e a5 o maior.

O outono apresentou a segunda maior frequência de estiagem em média 81% dos seus dias; de modo que apenas a região litorânea teve valor inferior à média 75% dos dias durante a estação. Em contrapartida considerou-se a primavera como uma estação do ano intermediária, uma vez que atingiu a média de 77% de seus dias com estiagem.

Com isso, a região litorânea apesar da elevada porcentagem de frequência de estiagem (73% dos dias do ano), é a região mais chuvosa do estado considerando os dias com menos de 4mm precipitados; desse 61% dos dias do verão e 86% no inverno. Por outro lado, as regiões Noroeste e Norte tiveram as maiores

frequências 81 e 80% dos seus dias, comparando-as observou-se que há pouca variação das frequências entre as estações do ano.

As regiões Sul e Sudoeste apresentam uma frequência média de 77% dos dias com estiagem, constatou-se que no verão elas possuem comportamento semelhante em que 71% dos dias da estação tem estiagem. Porém, no inverno estação mais seca, o Sudoeste tem 83% e Sul 86% dos dias. Já a região Central de maneira geral é observado valores em 75% dos dias do ano, com menor registro também para o verão (68%) e maior inverno (84%).

Em análise de frequência decendial para as regiões (Anexo VIII), em tese os 6 primeiros decêndios do ano são os de menor frequência, a média nesse período é de 6,6% dos dias do decêndio ocorrer estiagem. Já as maiores frequências são observadas do 19º ao 27º decêndio do ano (JUL1 a SET3) com média de 8,5%.

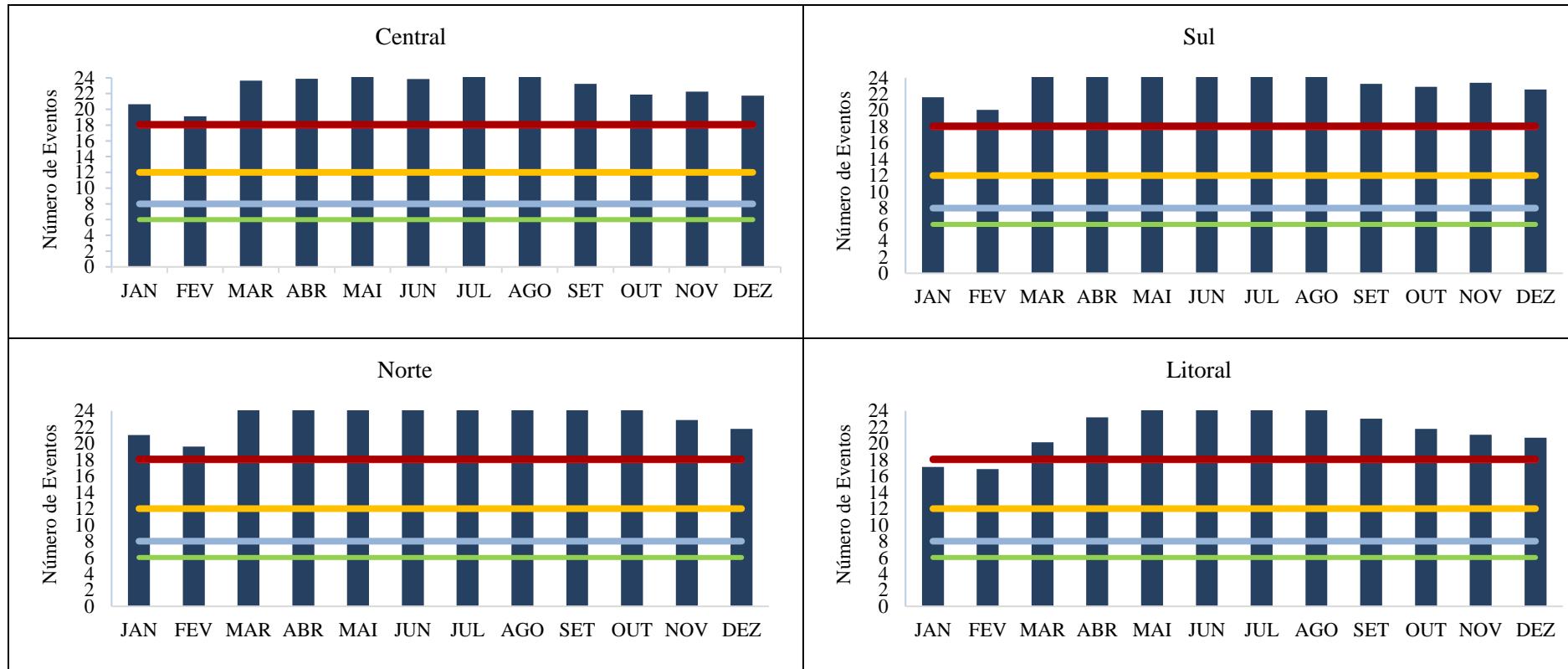
FEV3 é o de menor frequência no ano com apenas 5,5% dos dias do decêndio, enquanto AGO3 é o maior com 9,5%, logo em seguida vem JUL3 com 9,4% o que representa ocorrência de estiagem em quase todo o decêndio.

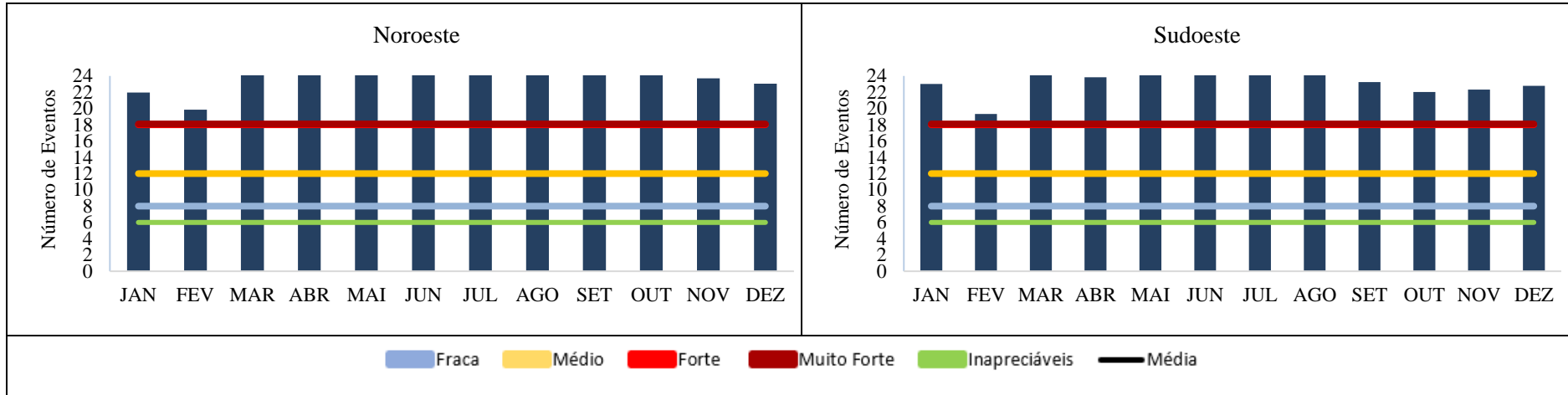
O segundo período mais seco do ano ocorre nos decêndios de março a junho, com média de 8,1% dos dias sujeitos a ocorrência de estiagem por precipitação acumulada inferior a 4mm. Com valores intermediários de frequência temos os últimos seis decêndios do ano (OUT1 – DEZ3) com média de 7,5% dos dias ocorrendo estiagem.

#### **4.2.1 Intensidade estiagem para dias com precipitação menor ou igual a 4 mm dia<sup>-1</sup>**

Em uma análise geral quando considerados os dias em que a precipitação foi inferior a 4mm, todas as regiões apresentam estiagem de intensidade muito forte em quase todos os meses do ano (Figura 8). Não se observou eventos de intensidade fraca ou média. O mês de fevereiro é o de menor ocorrência de estiagem com intensidade forte a muito forte e os meses de julho e agosto o de maior, apenas com estiagem muito forte. Salto, Morais e Lohmann (2021), abordam em estudo que não existe uma tendência tanto para aumento como redução de períodos secos no Paraná, porém, sabe-se que esses ocorrem com maior frequência nos meses de maio a agosto.

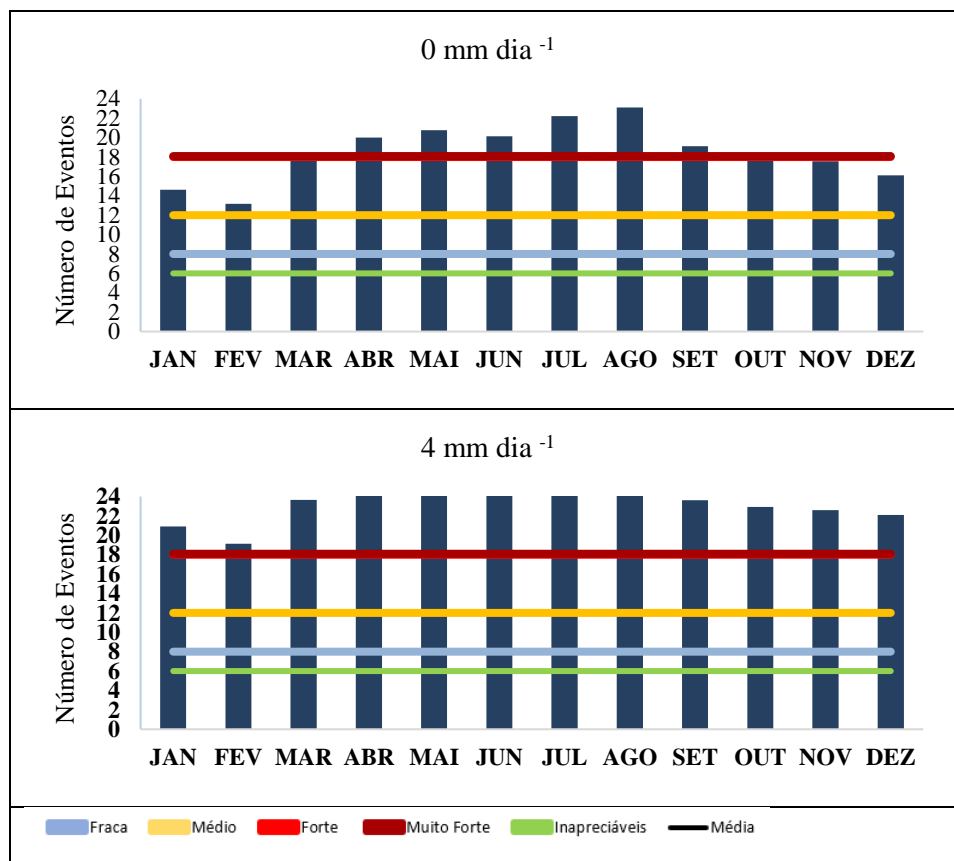
**Figura 8. Intensidade de estiagem mensal para as regiões do Paraná**





Comparando os níveis de intensidade de estiagem para dias sem precipitação ou menor a 4 mm por dia a partir de uma média geral para todo o estado (Figura 9), observou-se que por ambos os parâmetros os meses de maiores risco de estiagem muito forte para o estado são de março a setembro. Sendo agosto o de maior risco e intensidade.

**Figura 9. Média de intensidade de Estiagem para o estado do Paraná**



Nesse período a agricultura do estado se encontra principalmente com o desenvolvimento do milho segunda safra no campo; De acordo com Mangili e Ely (2016), o milho safrinha necessita de 5,0 a 7,5 mm dia<sup>-1</sup> de precipitação no período do florescimento e enchimento de grãos (fase crítica da cultura), um total médio de 150 mm mês<sup>-1</sup> de modo que essas condições geralmente só são encontradas até meados do fim de abril.

Na tentativa de contornar esses riscos produtores optam pela implementação de culturas de inverno como aveia e trigo, porém ainda existe a possibilidade de déficit hídrico nas primeiras etapas de desenvolvimento (germinação e estabelecimento de estande) podendo comprometer a produtividade final (DE

ANDRADRE et al., 2015; COSTA, 2014).

Eventos de intensidade média ocorrem somente em fevereiro quando analisados para dias sem precipitação, enquanto para a frequência de estiagem 4 mm dia<sup>-1</sup> não é detectado estiagem dessa intensidade, apenas forte ou muito forte.

#### 4.3 Frequência de estiagem pela soma móvel com ausência de chuva 0 mm dia<sup>-1</sup>

Os meses de dezembro, janeiro e fevereiro apresentaram menor frequência de estiagem em todo o estado (Tabela 6), sendo que menos de 50% dos dias dos meses ocorreu estiagem. Já julho e agosto registraram as maiores frequências, com média de 73% dos dias dos meses. Enquanto isso, os demais meses possuíram chances de mais de 50% dos dias de terem ocorrência de estiagem a 0 mm.

**Tabela 6.** Frequência mensal de estiagem pela soma móvel para dias com precipitação igual a 0 mm dia<sup>-1</sup>, em porcentagem (%)

Mesorregião	Jan		Fev		Mar		Abr		Mai		Jun			
Central	46%	a2	45%	a2	56%	a2	63%	a2	60%	a1	59%	a1		
Sul	51%	a3	a4	50%	a3	61%	a3	70%	a4	70%	a2	a3	68%	a2
Norte	48%	a2	a3	49%	a3	61%	a3	73%	a4	a5	73%	a3	72%	a3
Litoral	26%	a1		31%	a1	33%	a1	47%	a1		57%	a1	60%	a1
Noroeste	54%	a5		52%	a3	66%	a4	75%	a5		73%	a3	76%	a4
Sudoeste	53%	a4	a5	49%	a3	64%	a4	67%	a3		68%	a2	68%	a2
<b>Média Geral</b>	<b>46%</b>		<b>46%</b>		<b>57%</b>		<b>66%</b>		<b>67%</b>		<b>67%</b>			
<b>Cv(%)</b>	<b>14,63</b>		<b>18,09</b>		<b>11,41</b>		<b>9,55</b>		<b>12,45</b>		<b>11,76</b>			
Mesorregião	Jul		Ago		Set		Out		Nov		Dez			
Central	64%	a2	73%	a2	63%	a2	57%	a2	59%	a2	51%	a2		
Sul	73%	a4	77%	a3	64%	a2	59%	a2	a3	62%	a2	a3	57%	a3
Norte	80%	a5	82%	a4	71%	a3	66%	a4	63%	a3	53%	a2		
Litoral	59%	a1	60%	a1	44%	a1	37%	a1	38%	a1	33%	a1		
Noroeste	81%	a5	83%	a4	71%	a3	68%	a4	67%	a4	57%	a3		
Sudoeste	70%	a3	74%	a2	65%	a2	60%	a3	62%	a3	59%	a3		
<b>Média Geral</b>	<b>71%</b>		<b>75%</b>		<b>63%</b>		<b>58%</b>		<b>58%</b>		<b>52%</b>			
<b>Cv(%)</b>	<b>9,44</b>		<b>7,16</b>		<b>8,53</b>		<b>10,48</b>		<b>9,62</b>		<b>9,96</b>			

a: indica valor da média do teste t, sendo a1 o menor e a5 o maior.

Essa alta frequência de estiagem principalmente no mês de agosto, já vem gerando impactos diretos na população, além das perdas no campo. Segundo Diniz et al. (2021) toda a região Sul do Brasil vem enfrentando uma intensa crise hídrica, chegando a ser necessário realizar rodízio de horários com disponibilidade de água para

evitar que o abastecimento seja interrompido por completo. O que também prejudica a geração de energia elétrica, uma vez que as vazões dos principais rios que abastecem o estado vêm operando muito abaixo da sua capacidade (MELO, 2021).

O Litoral foi a região com menor registro de estiagem nos meses do ano, sendo sua menor ocorrência no mês de janeiro, onde 26% dos dias a precipitação foi igual a zero e o maior no mês de junho e agosto com 60% dos dias. O Noroeste foi a região que registrou maior valores, sendo 52% dos dias em fevereiro (menor registro) e o 86% dos dias em agosto.

As demais regiões apresentaram, ocorrência de geadas em média 60% dos dias do ano. Observou-se que as regiões Sul e sudeste possuem frequência semelhante para todos os meses do ano, em média 63% dos dias.

Ao realizar uma análise anual e para estações do ano de cada região (Tabela 7), constatou-se que em 61% dos dias do ano podem ocorrer estiagem com 0 mm precipitados. De modo que, o inverno foi a estação do ano com maior frequência de estiagem (72% dos dias) e o verão a menor, apenas 48%. O outono apresentou maior variação de frequência de região para região, tendo em média 65% dos seus dias com estiagem em todo o estado; já a primavera oscilou com média de 60% em todas as regiões com exceção para o Litoral com 40%.

**Tabela 7.** Frequência anual e trimestral de estiagem pela soma móvel, para dias com precipitação igual a 0 mm dia<sup>-1</sup>

Mesorregião	Anual		Verão		Outono		Inverno		Primavera		
<b>Central</b>	58%	a2	48%	a2	61%	a2	67%	a2	60%	a2	
<b>Sul</b>	64%	a3	53%	a4	69%	a3	a4	74%	a3	62%	a3
<b>Norte</b>	66%	a4	50%	a3	70%	a4		80%	a4	67%	a4
<b>Litoral</b>	44%	a1	30%	a1	47%	a1		61%	a1	40%	a1
<b>Noroeste</b>	69%	a5	55%	a4	73%	a5		82%	a4	69%	a5
<b>Sudoeste</b>	63%	a3	54%	a4	68%	a3		72%	a3	63%	a3
<b>Média Geral</b>	<b>61%</b>		<b>48%</b>		<b>65%</b>			<b>72%</b>		<b>60%</b>	
<b>Cv(%)</b>	<b>6,22</b>		<b>10,43</b>		<b>8,23</b>			<b>7,61</b>		<b>6,87</b>	

a: indica valor da média do teste t, sendo a1 o menor e a5 o maior.

A região litorânea foi mais chuvosa com apenas 44% dos dias do ano em que ocorrem estiagem, apresentando 30% dos dias no verão em contrapartida ao inverno com 61%. Em compensação a região Noroeste teve estiagem em 69% dos dias do ano, apresentando a maior frequência no inverno (82% dos dias) e a menor no verão

(55%). A região Norte mostrou menor frequência de estiagem que a região Noroeste, mas ainda assim foi relevante, pois cerca de 66% dos dias do ano ocorreram estiagem de modo que 50% do verão (estação chuvosa) e 80% do inverno.

A região Sul e Sudoeste apresentaram semelhanças tanto para as estações de maior frequência, quanto a de menor. Em média 64% dos dias dessas regiões ocorreu estiagem por dias sem precipitação. Enquanto isso, na região Central ocorreu frequência de estiagem em 58% dos dias do ano.

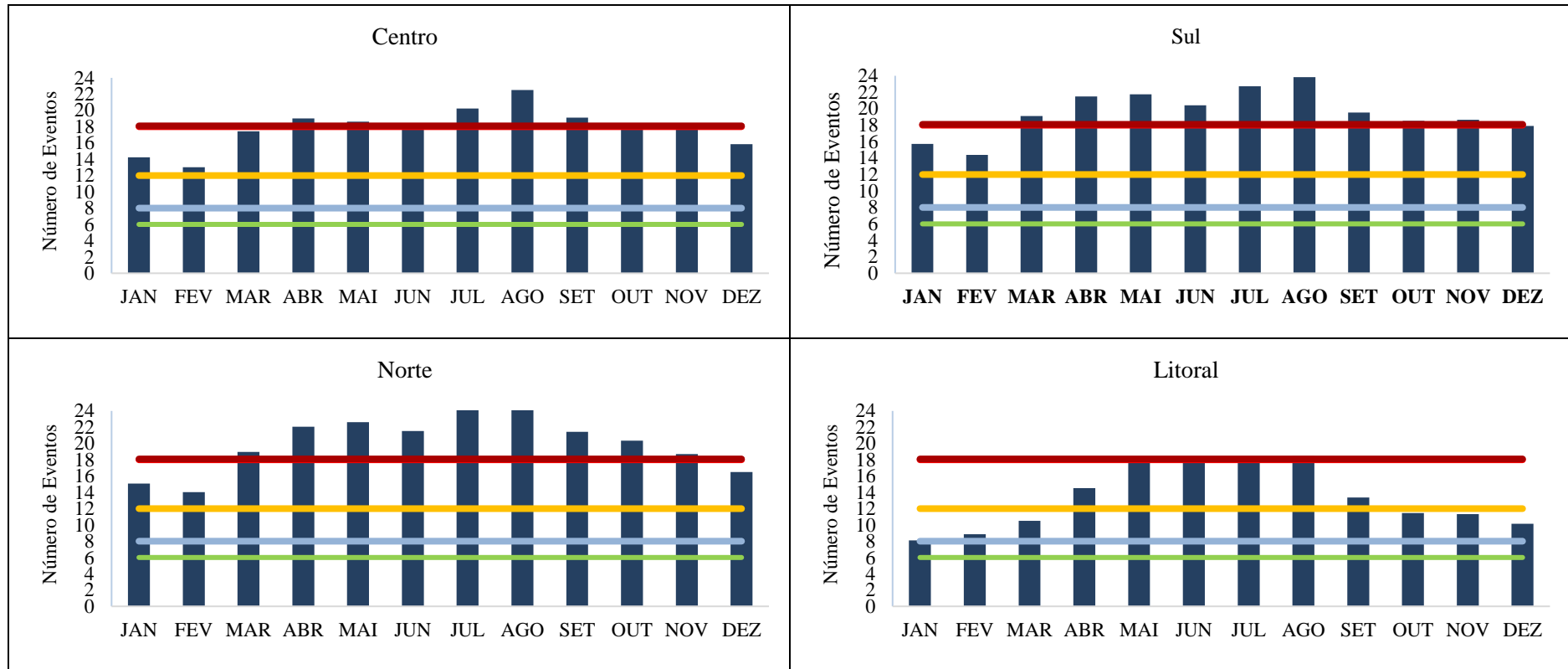
Já em uma análise mais detalhada feita pelas médias para os decêndios (Anexo IV), de modo geral, os oito primeiros decêndios do ano (JAN1 – MAR2), a média foi de que 4,8%, ou seja, menos da metade dos dias dos decêndios ocorreu estiagem. Em contrapartida os nove últimos decêndios (OUT1 – DEZ3) possuíram episódios de estiagem em média na metade dos seus dias do decêndio (5%). Logo em seguida vem os decêndios de ABR1 à JUN 3 (10 – 18) com média de 6,7% dos dias. Nota-se que o 6º decêndio do ano (FEV 3) foi o de menor frequência de estiagem do ano, onde encontrou-se frequência de estiagem em apenas 3,7% do decêndio. Ao mesmo tempo, o 24º decêndio (AGO 3) foi o de maior, com 8,2% dos dias tendo ocorrência de estiagem.

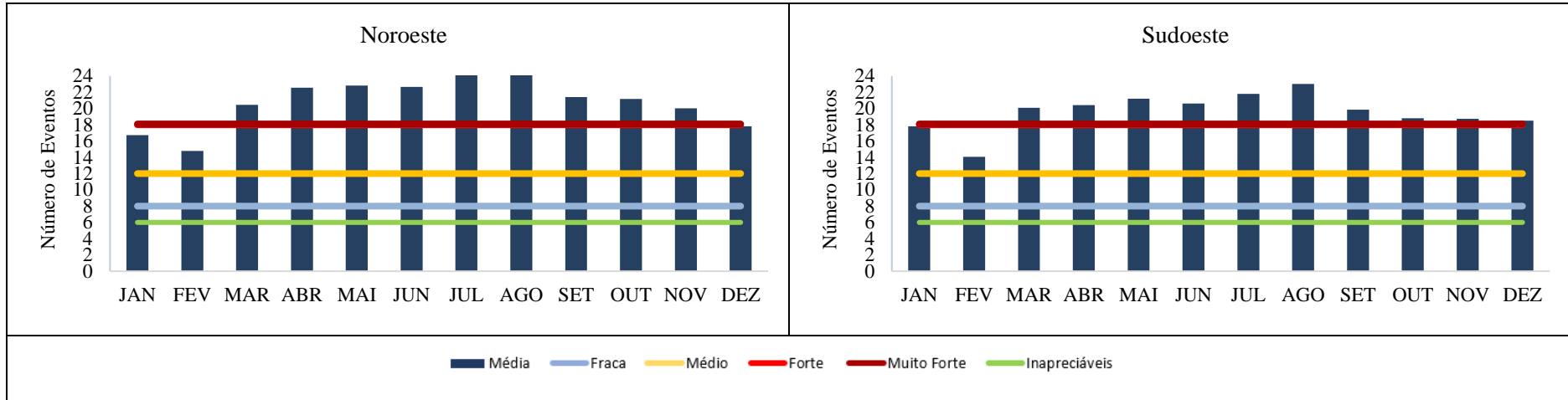
Com isso, observou-se que durante o ano os decêndios mais secos e de maior frequência de estiagem foram os que aconteceram a partir do 19º decêndio (JUL1) se estendendo até o 27º (SET3) com média de 7,1% dos dias tendo estiagem em consequência da falta de precipitação.

#### **4.3.1 Intensidade estiagem para dias com precipitação igual a 0 mm dia<sup>-1</sup>**

Ao analisar a média de intensidade mensal (Figura 10), considerando uma avaliação geral de todo o estado, verificou-se que em nenhuma das regiões teve a ocorrência de estiagem de intensidade inapreciável, apenas ocorrência de eventos acima dos classificados como intensidade fraca. Com exceção do Litoral todas as outras regiões os meses de março a novembro apresentam estiagem de intensidade forte.

**Figura 10. Intensidade de estiagem mensal para as regiões do Paraná para dia**





Quadros et al (2017), caracteriza que até 2050 o estado do Paraná conta com uma tendência de menor frequência de ocorrência de estiagem, podendo haver diminuição nos números de eventos, mas estes quando acontecer serão de forma mais intensa e severa.

Na região Central, nos meses de março a novembro ocorreram estiagem de caráter forte, sendo que concomitantemente nos meses de abril, junho, agosto e setembro na região a estiagem aconteceu com intensidade muito forte.

A região Sul apresentou algumas semelhanças com a região Central, onde os meses de março a dezembro tem-se a ocorrência de estiagem forte, porém em março, abril, maio, junho, julho agosto e setembro são classificados como de estiagem muito forte.

Já na região Norte os meses de janeiro, fevereiro e dezembro são os únicos acometidos por estiagem de intensidade média, pois de março a novembro houve apenas estiagem classificada como muito forte. De modo que os meses de julho e agosto apresentaram as maiores médias de eventos de estiagem muito forte.

Como constatado anteriormente pela análise da frequência de eventos de estiagem, a região litorânea é a mais chuvosa do estado. Com isso, observou-se estiagem forte nos meses de maio a agosto, de intensidade média nos meses de abril e setembro e fraca para os demais. Não sendo detectado eventos de estiagem muito forte.

Enquanto isso, o Noroeste paranaense tem os meses de março a novembro com estiagem de intensidade muito forte. Semelhante ao que acontece com a região Norte, julho e agosto são os meses com maior nível de estiagem de natureza muito forte. Janeiro e fevereiro apresentaram intensidade média e dezembro estiagem forte.

No Sudoeste os meses de março a novembro os eventos são de intensidade muito forte, de maneira que em dezembro e janeiro ocorrem apenas forte. Sendo assim, fevereiro é o único mês do ano com intensidade média de estiagem na região. Contraditoriamente Da Silva Caldada et al. (2019), caracterizaram que a precipitação anual na região Sudoeste é influenciada pelo relevo e por isso possui alta frequência, porém baixa intensidade.

Devido as proporções da escala de avaliação de intensidade de estiagem, não é possível detectar eventos em escala decenal utilizando-se dos mesmos parâmetros.

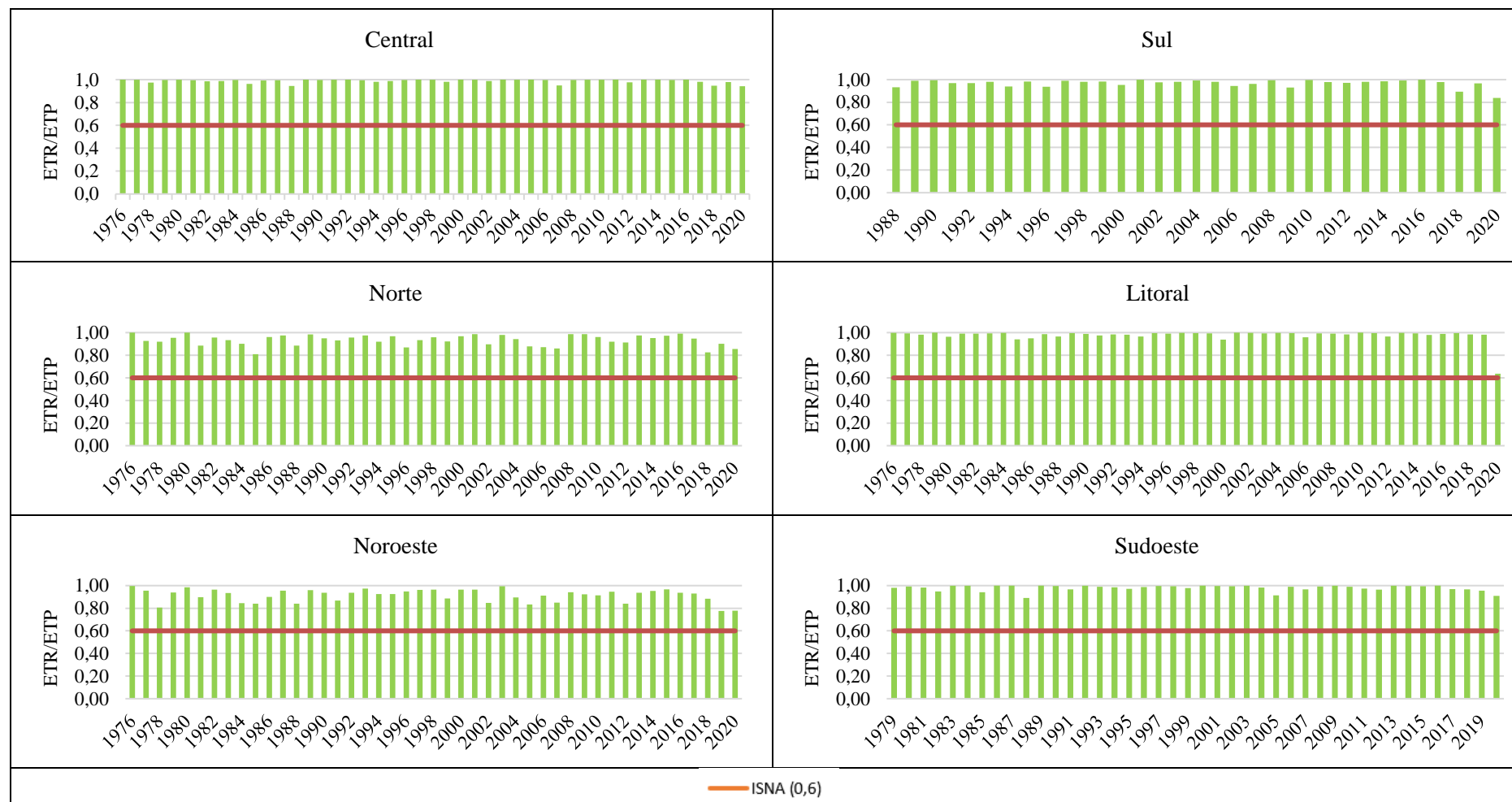
#### **4.4 Razão da Evapotranspiração Real (ETR) pela Evapotranspiração Potencial (ETP).**

A relação ETR/ETP permite avaliar os períodos em que a planta está sobre deficiência hídrica, considerou-se como estiagem quando essa relação apresentou um ISNA médio menor ou igual a 0,6.

A análise da média anual para cada região do estado (Figura 11), indicou que em nenhuma delas as plantas estariam sob condições de deficiência hídrica, haja vista, que o ISNA apresentou valor superior a 0,8 e próximo de 1,00 em todo o período avaliado. O mesmo aconteceu para a média geral das regiões por decêndio (Figura 12), todas as regiões apresentaram ISNA maior que 0,6.

Com o intuito de tentar identificar esses períodos de estresse foram realizadas análises mensais e para a estação do ano em cada região.

**Figura 11. Relação ETR/ETP média anual para as regiões do Paraná**





Na região Central nenhum dos meses do ano apresentou condição de estiagem pela relação ETR/ETP para todo período avaliado (Figura 13). Foi possível observar que os meses de janeiro, fevereiro, março, outubro, novembro e dezembro, quase não teve eventos com ISNA menor do que 0,7 normalmente em todos os anos se manteve em média com INSA igual a 0,8. Sendo que de abril a setembro essa relação apresentou maior oscilação entre os anos com destaque para o mês de agosto.

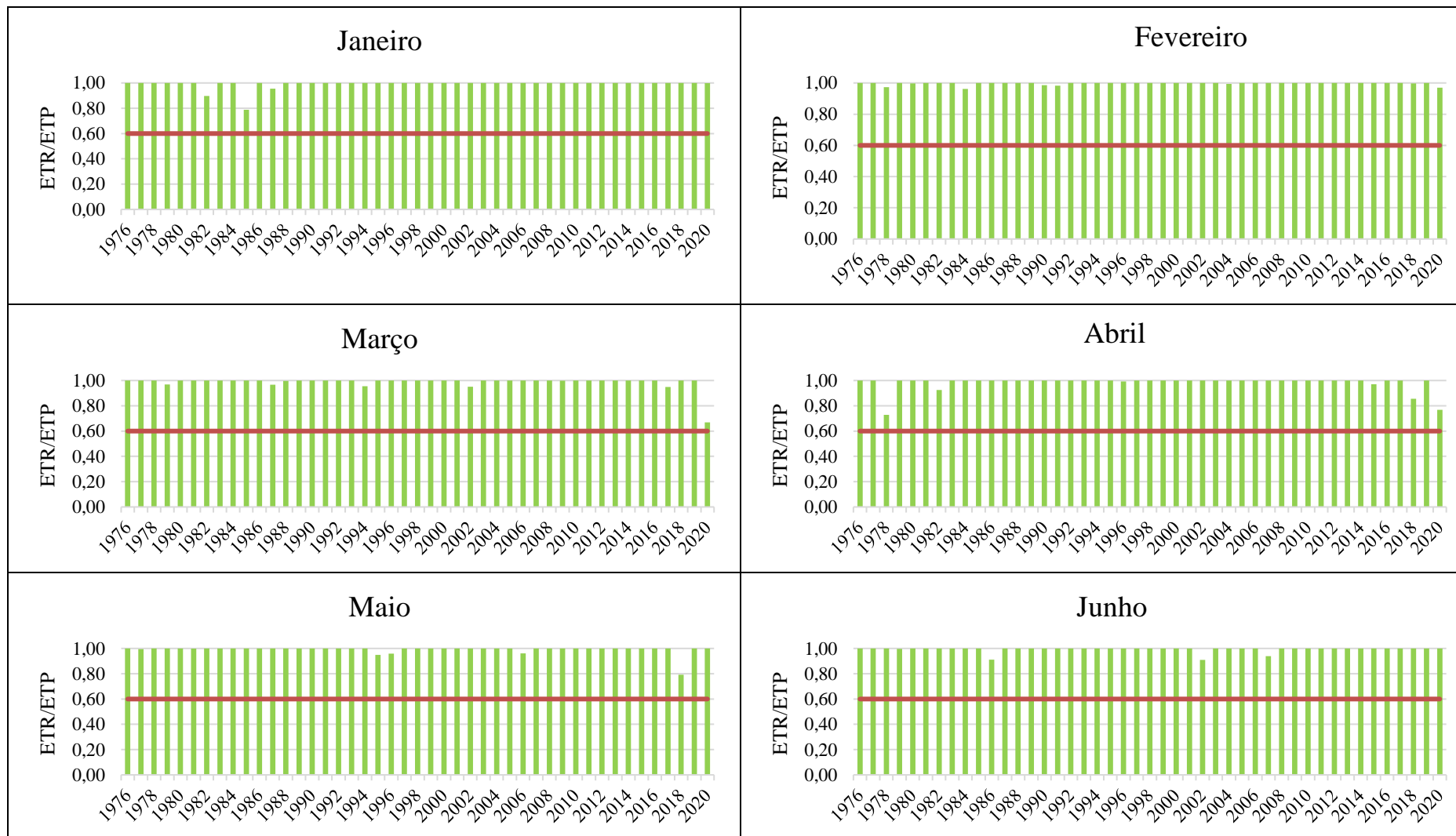
Para as médias das estações do ano na região (Figura 14) não foi detectado eventos de deficiência hídrica em nenhuma delas. Porém, no inverno observou-se que houve oscilações do valor de ISNA entre 0,9 e 1,0 durante todo o período avaliado. No outono identificou-se uma queda progressiva no valor de ISNA para os últimos 5 anos da série histórica avaliada, mas nada que caracterizasse estiagem.

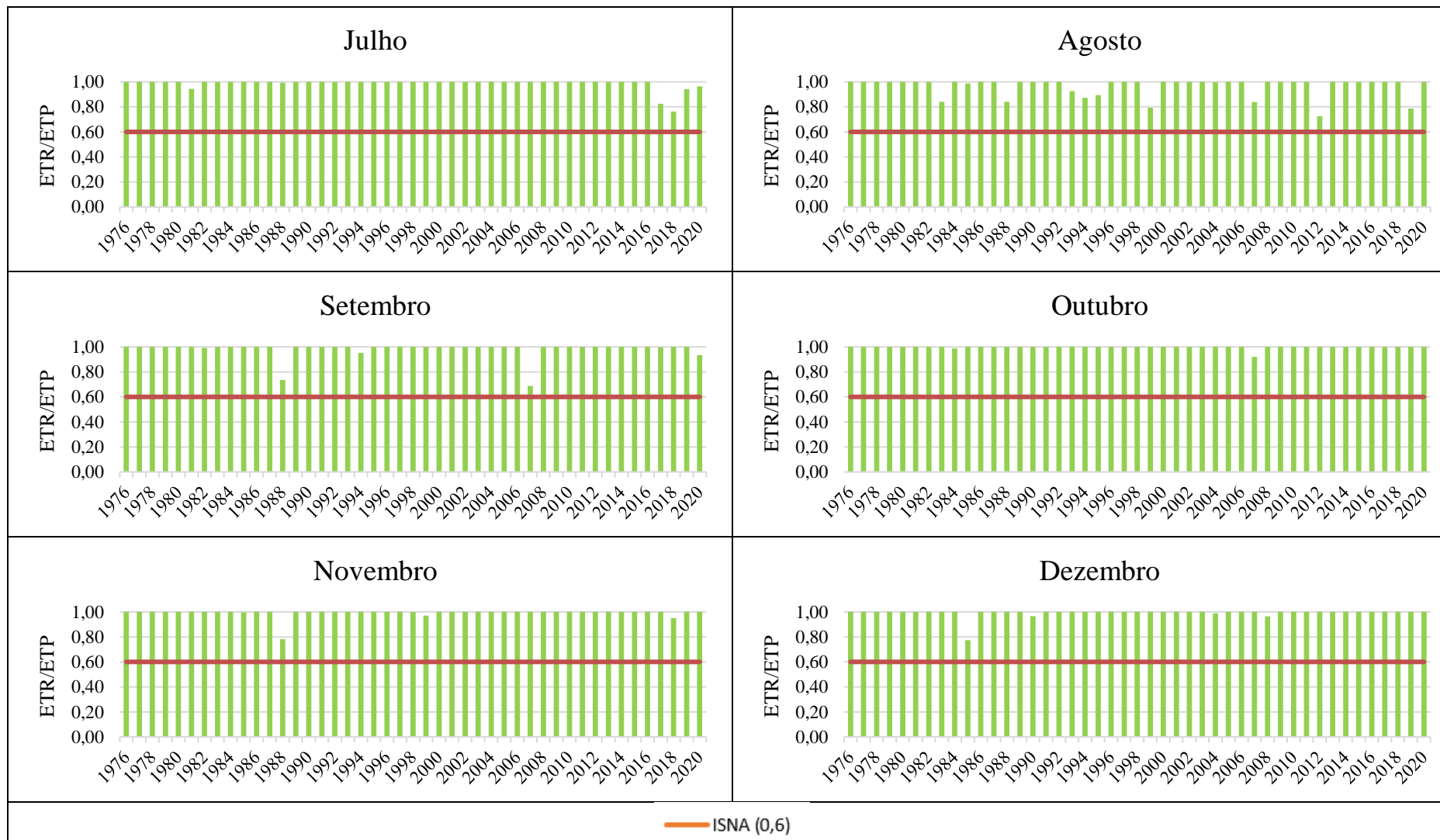
Em análise decendial (Anexo X), percebe-se que ocorreram valores de ISNA abaixo de 0,6 em alguns anos, porém esses eventos não são identificados pela média mensal da região. Um bom exemplo são os 3º e 4º decêndios de JAN 3, FEV1 e MAI 1.

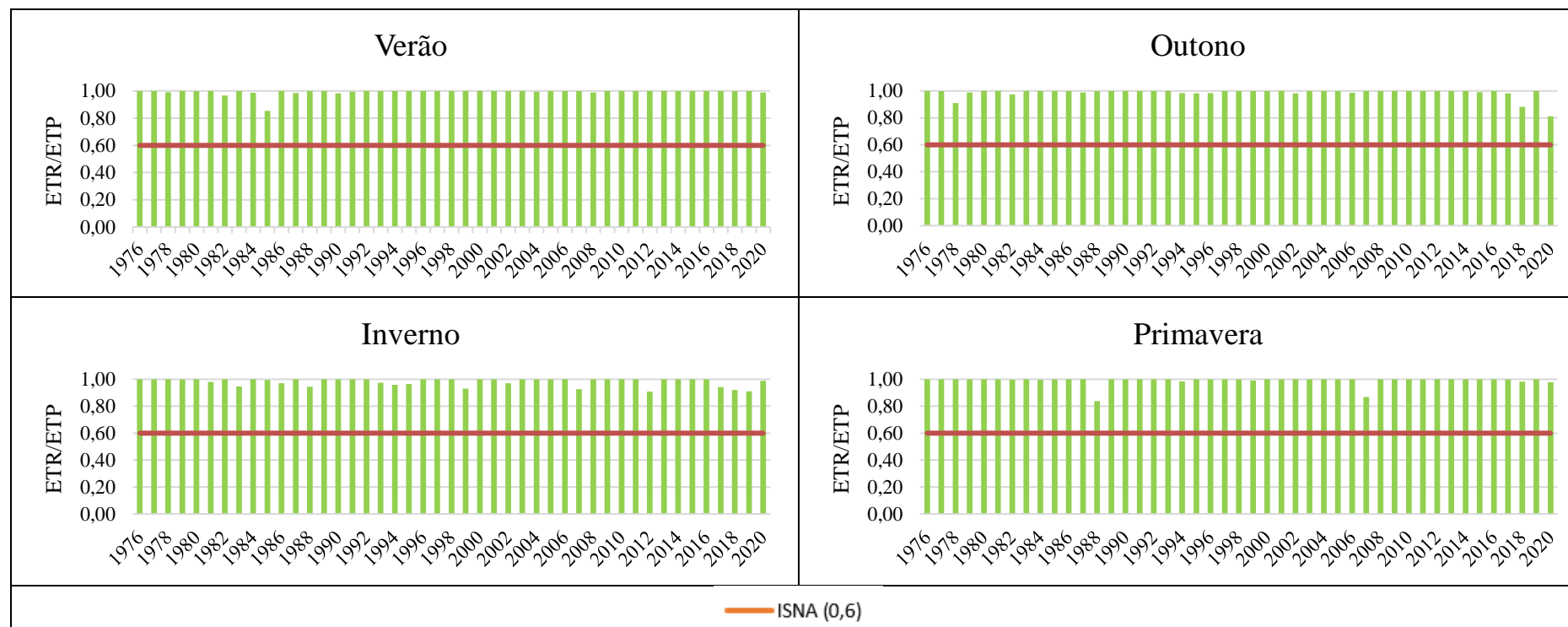
Os decêndios do mês de março a junho, indicaram que nessa época do ano apesar de apresentar várias vezes valores de ISNA oscilando, pode não haver efeitos de deficiência na planta uma vez que não acontecem de maneira recorrente entre os anos.

Já os decêndios de agosto e setembro foram os que mais apresentaram oscilações de valores de ISNA, detectando eventos de déficit de ano para ano indicando que foram os mais secos. Em contrapartida, temos os decêndios de novembro a dezembro dos quais raros foram os anos com episódios de estiagem.

**Figura 13. Relação ETR/ETP mensal para região Central**





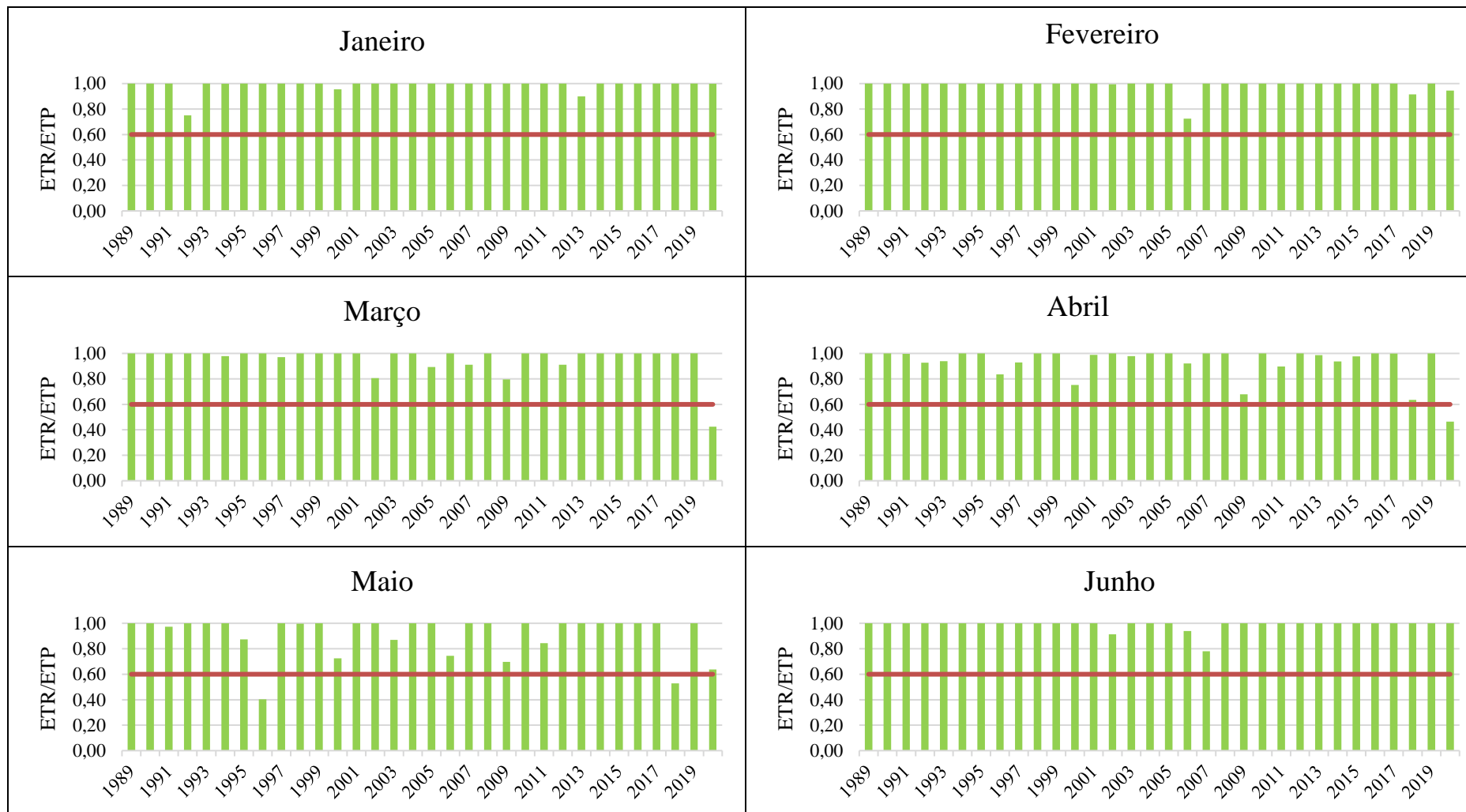
**Figura 14. Relação ETR/ETP estações do ano para região Central**

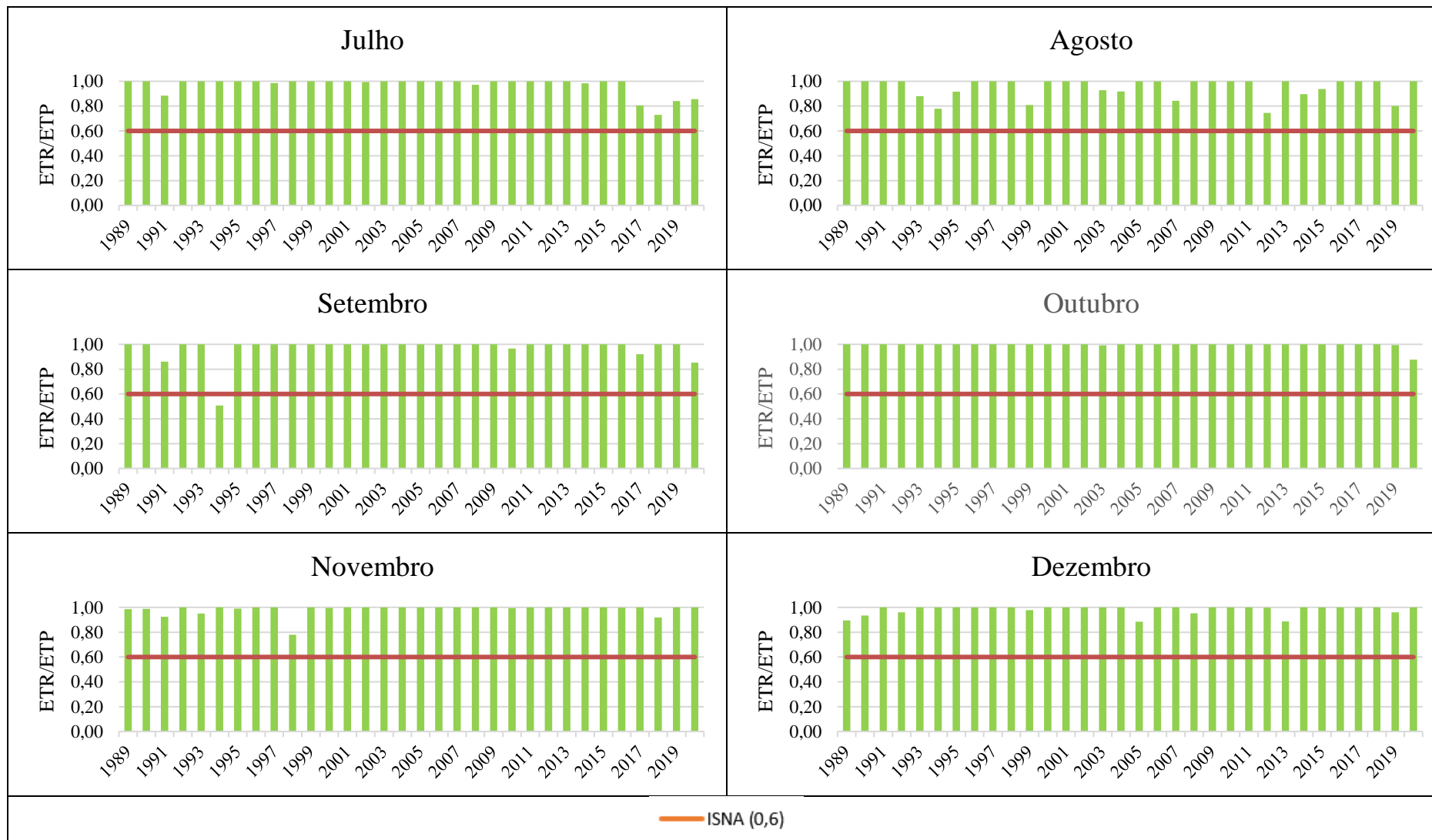
Para a região Sul do Paraná, os meses de janeiro a março apresentaram pouca oscilação entre os valores de ISNA (Figura 15), de forma que poucos foram os anos com episódios característicos de deficiência. Já os meses de abril e maio aconteceram o oposto, identificou-se vários eventos em que ISNA foi menor que 0,6, principalmente no mês de maio. Podendo então considerar esse o mês com maior risco de estiagem na região. Agosto também apresenta oscilações de ano para ano, porém os valores nunca ultrapassam menos do 0,7. Enquanto isso para os demais meses observa-se uma constância no valor de ISNA próximo a 1,0, independente do ano.

Durante as estações do ano (Figura 16) constatou-se que na primavera, verão e inverno na região dificilmente ocorrem eventos com déficit. O mesmo aconteceu para o outono, porém nessa estação foi maior a oscilação dos valores de ISNA atingindo no mínimo 0,7.

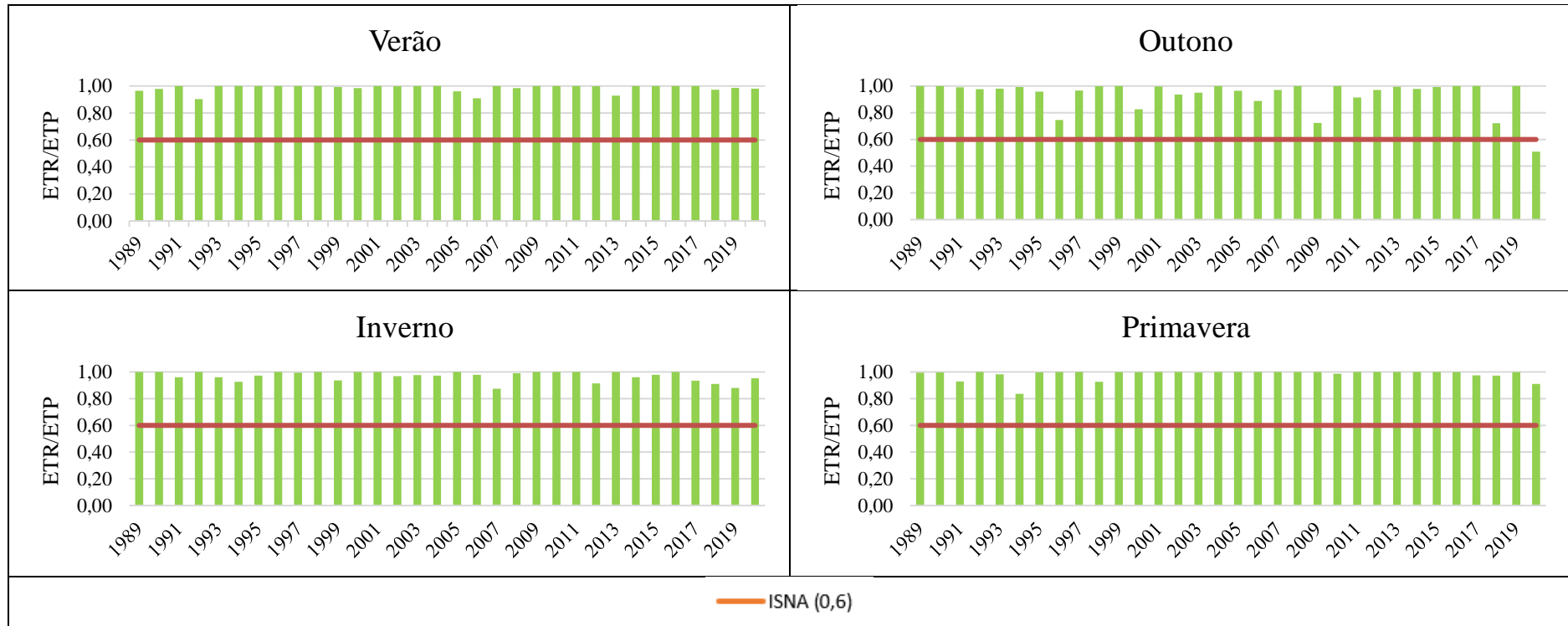
Já para a média dos decênios da região (ANEXO XI), os do mês de outubro não houve resultados de ISNA inferior a 0,6 e os decênios de novembro e dezembro podem ser considerados meses com menores chances de deficiência hídrica. Enquanto os decênios MAR3 ao SET2 foi relevante o número de casos de deficiência hídrica na série histórica da região. Destaque para o mês de abril, maio e agosto onde foi muito alta a oscilação de ano para ano e a ocorrência de anos com valores ISNA abaixo de 6,0 na série histórica da região.

**Figura 15. Relação ETR/ETP mensal para região Sul**





**Figura 16. Relação ETR/ETP estações do ano para região Sul**

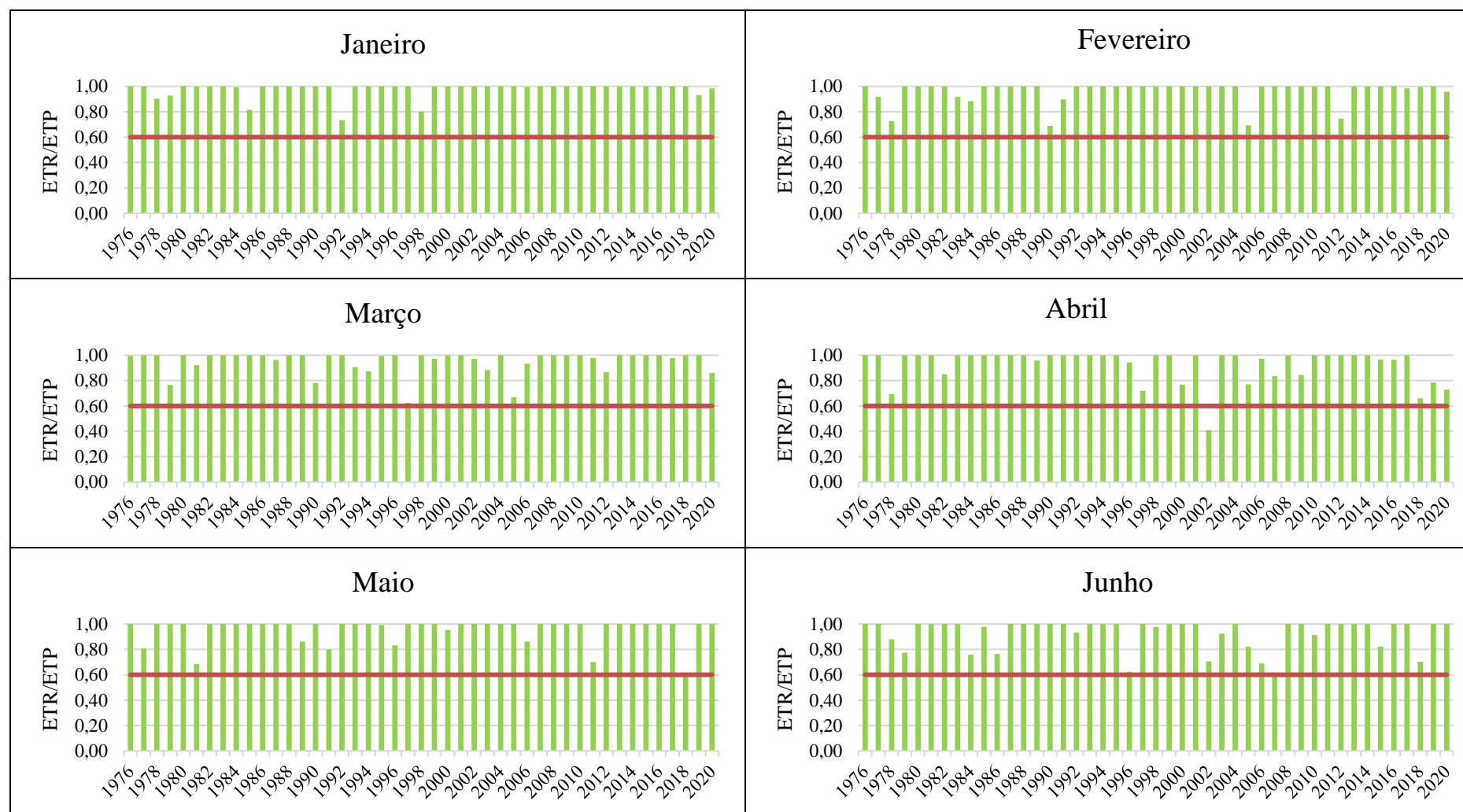


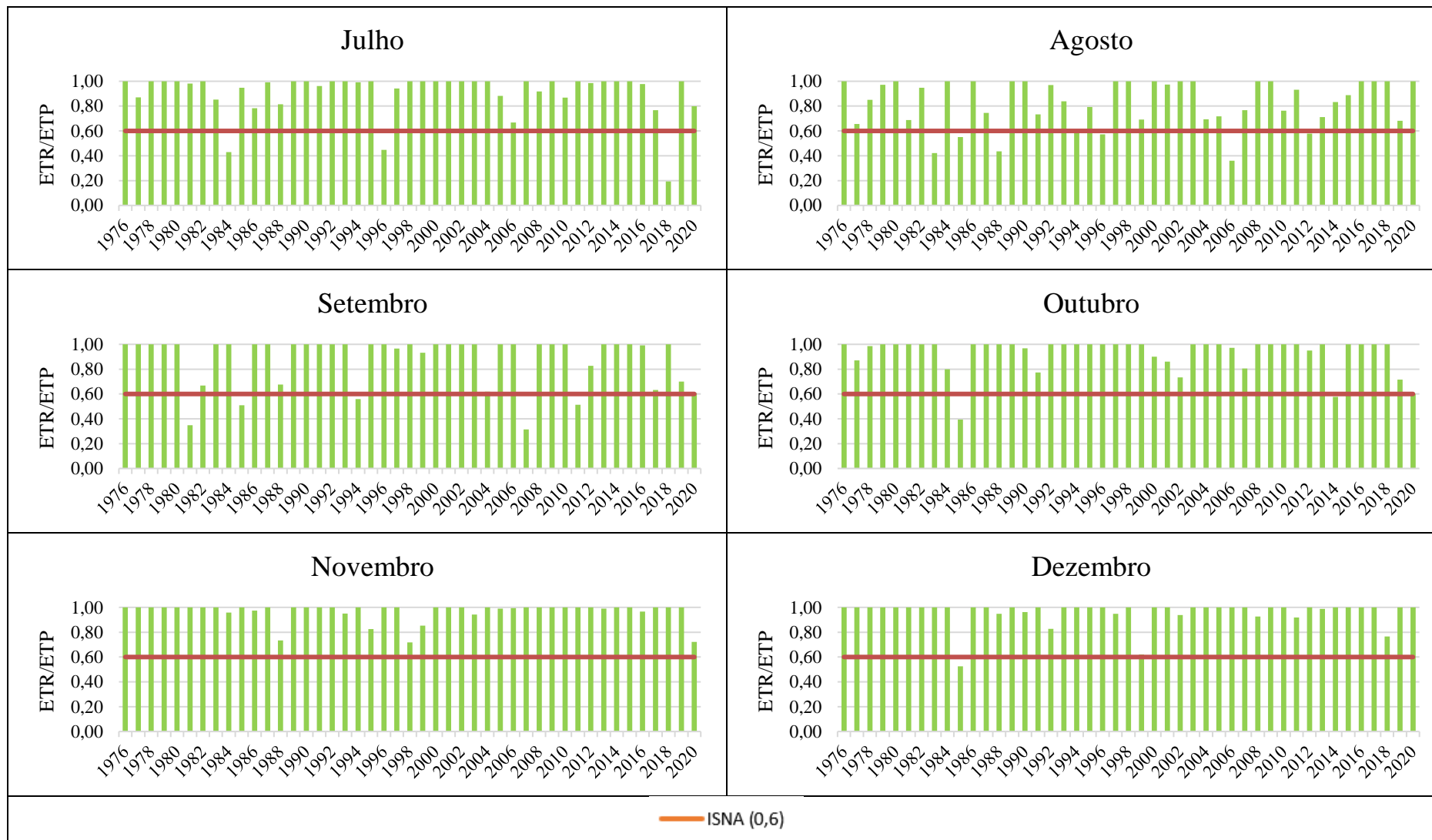
Na Região Norte, nos meses de janeiro a março (Figura 17) não há registro de eventos de estiagem, mas observou-se maior oscilação de ano para ano se comparado as regiões já discutidas. Os meses de julho, agosto e setembro foram os que mais apresentaram anos em que o valor de INSA foi menor que 0,6, principalmente agosto, de modo que as plantas se encontraram em deficiência hídrica. Sobretudo, em novembro e dezembro também foram meses com baixa ocorrência de eventos de deficiência hídrica, mas raros foram os anos em que a média de ISNA se manteve acima de 0,7.

Para as estações do ano na região Norte (Figura 18) o inverno foi a estação do ano com maior oscilação nos valores de ISNA e que apresentou maior quantidade de eventos abaixo da média de ano para ano. Em seguida, vem a primavera e outono. Já o verão foi úmido e com relação ETR/ETP alta em quase todos os períodos avaliados, não se houve registro de deficiência hídrica sendo que a menor média de ISNA registrado foi em de média 0,75.

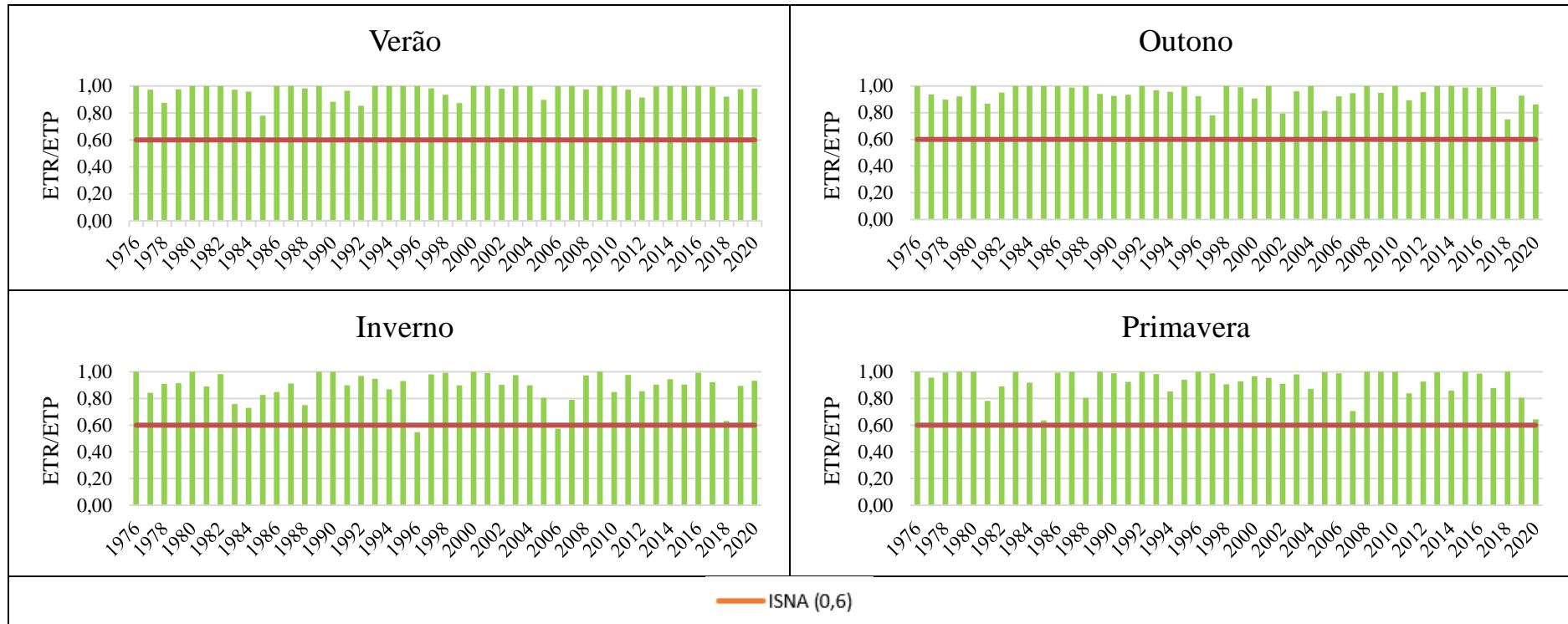
Na média dos decêndios (Anexo XII), observou-se que todos os decêndios do ano ocorreram episódios onde o valor de ISNA foi abaixo de 0,6 com destaque para os dois últimos de agosto e os dois primeiros de setembro, em que apresentaram recorrências desses eventos de ano para ano. Os primeiros decêndios de janeiro, o primeiro de fevereiro e os de novembro a dezembro, são os únicos que possuem maior número de eventos com alta relação ETR/ETP mais próximo de 1,0, fugindo da condição de déficit.

**Figura 17. Relação ETR/ETP mensal para região Norte**





**Figura 18. Relação ETR/ETP estações do ano para região Norte**

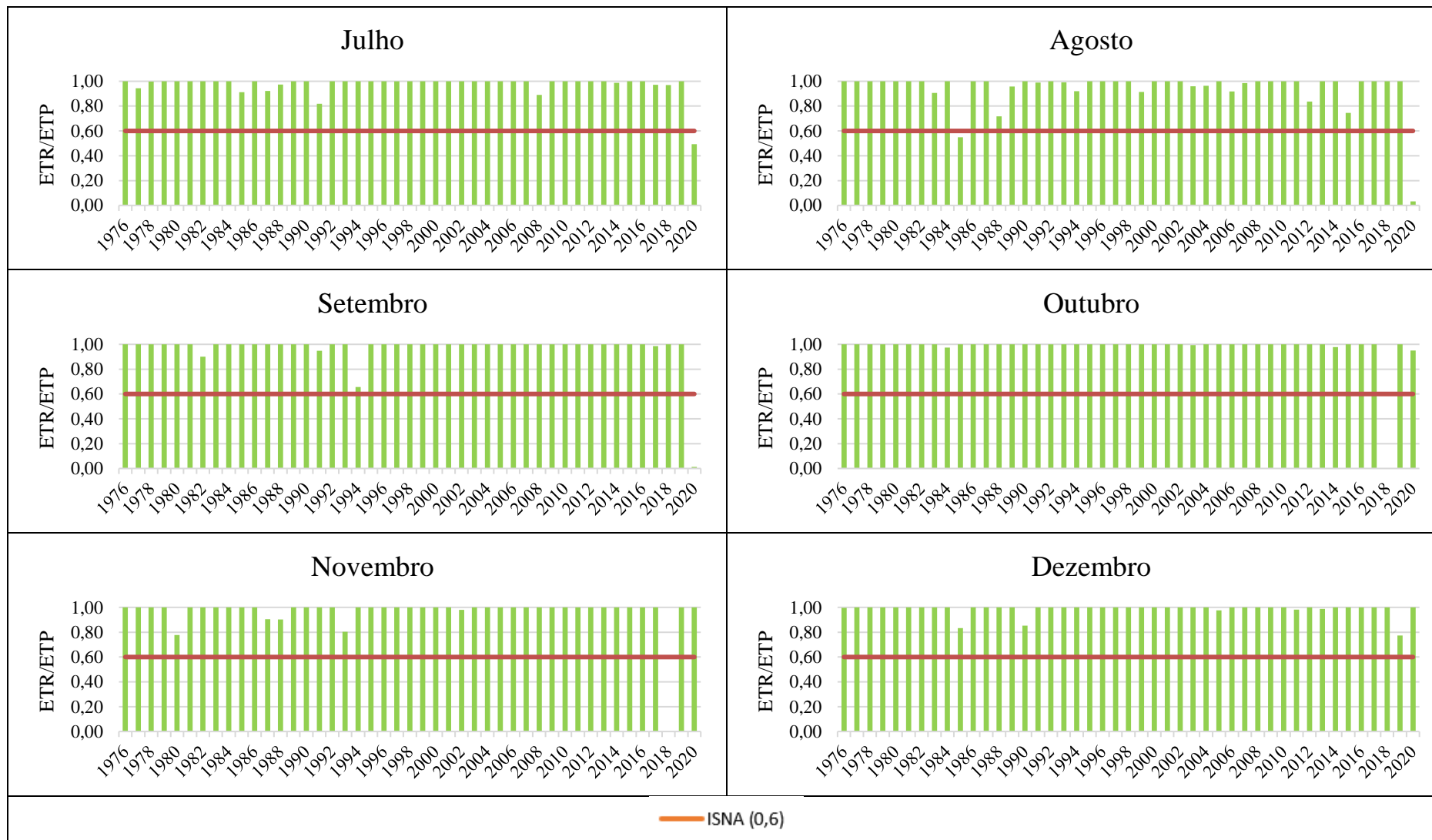


No Litoral paranaense a maioria dos meses do ano apresentaram alta relação ETR/ETP (Figura 19), fugindo da condição de deficiência hídrica na região. Observou-se apenas alguns episódios nos meses maio, junho e julho variando de 0,5 a 0,8. De forma que os demais meses o valor de ISNA sempre se manteve próximo de 1,0 de ano para ano.

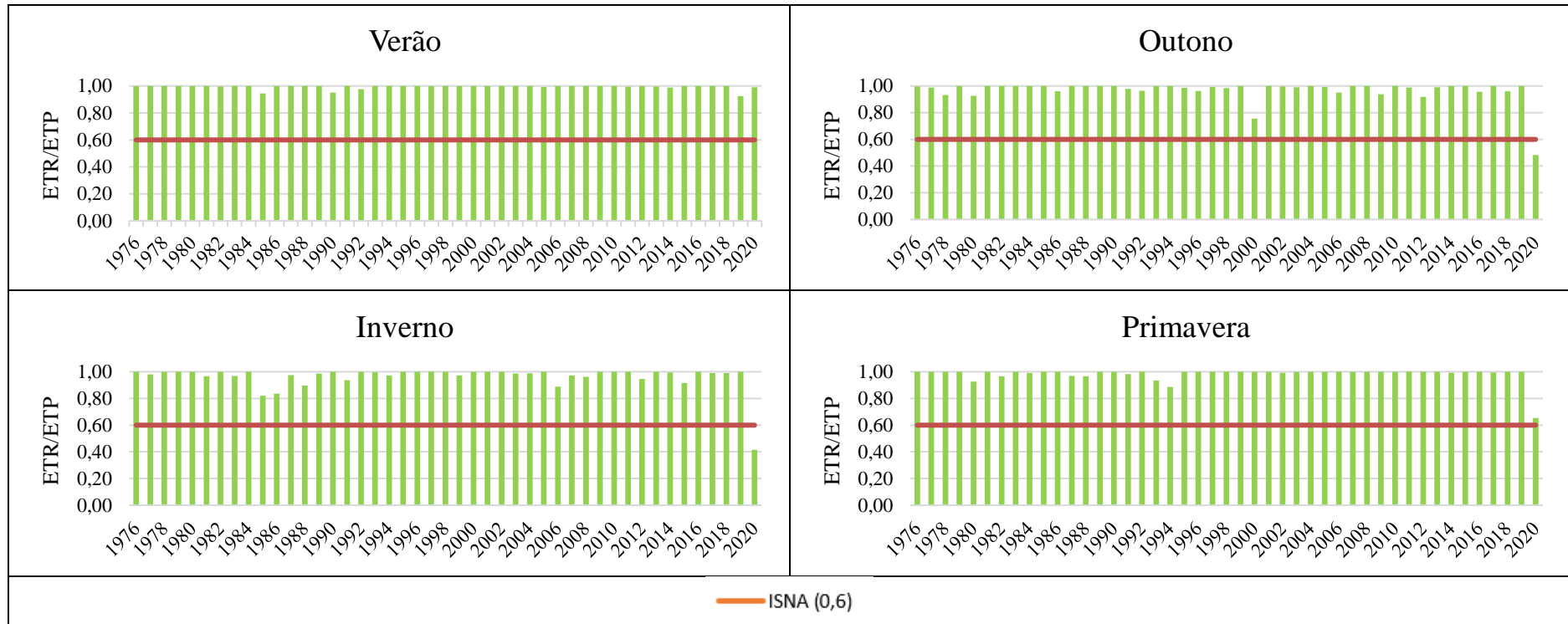
Em parte, as estações do ano não foram diferentes (Figura 20), no verão o menor valor de ISNA registrado é de 0,95 em apenas 3 dos 45 anos analisados sendo que todos os outros a relação foi de 1,00 ou seja, condição de atendimento de todas as necessidades hídricas da cultura. Na primavera, tem-se o mesmo comportamento na maioria dos anos. No inverno e outono, foi notável uma maior oscilação dos valores de ano para ano, principalmente no outono, mas sempre se mantendo acima de 0,75.

Os decêndios de agosto e setembro foram os que mais apresentaram anos com valor ISNA abaixo de 0,6 (Anexo XIII). Em dezembro, só se teve esse registro em apenas um ano, só seu último decêndio (DEZ 3). Do primeiro decêndio de janeiro até o segundo de abril, constatou-se que a relação ETR/ETP foi alta sempre se mantendo próximo de 1,0, com baixa oscilação de ano para ano.





**Figura 20. Relação ETR/ETP estações do ano para região Litoral**

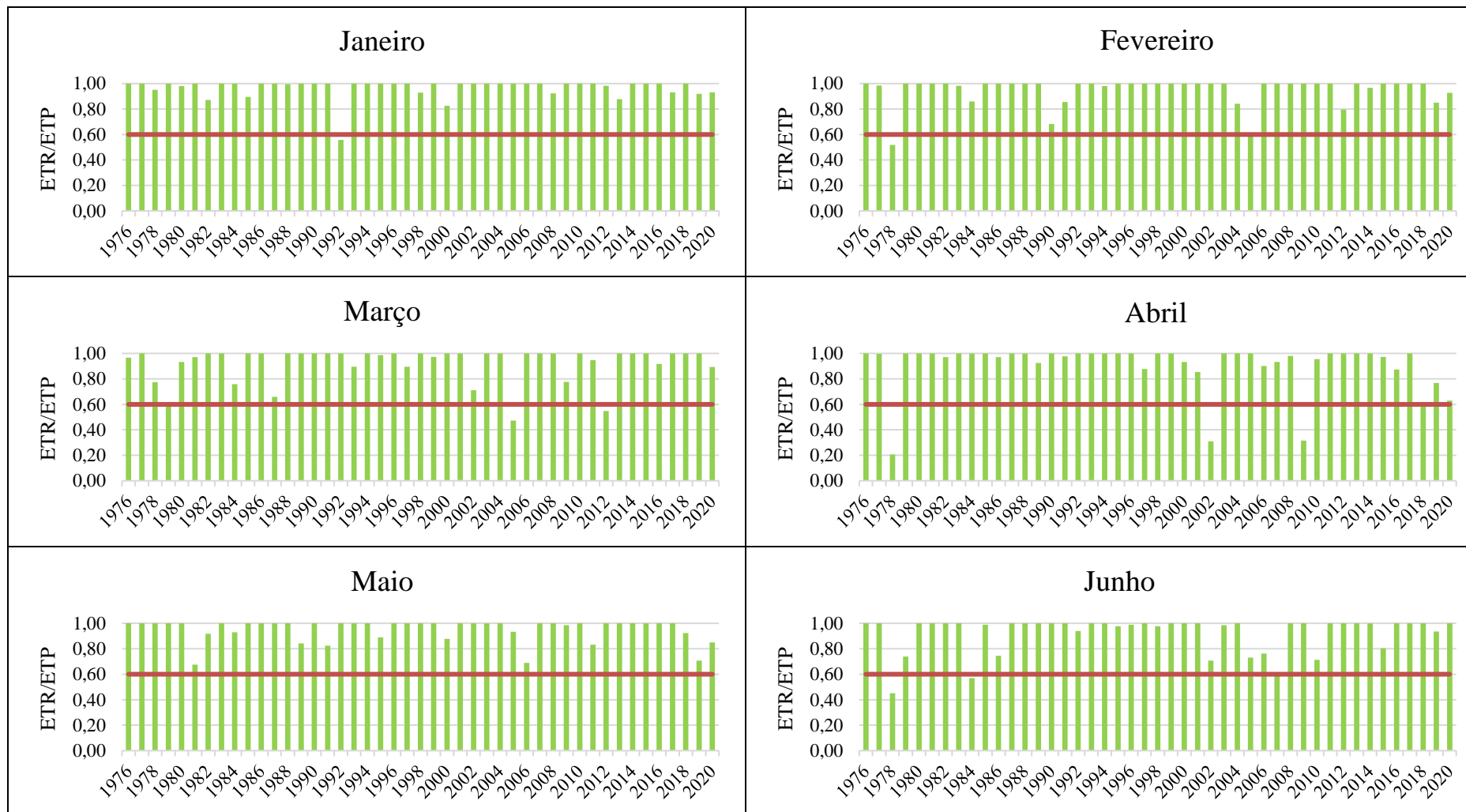


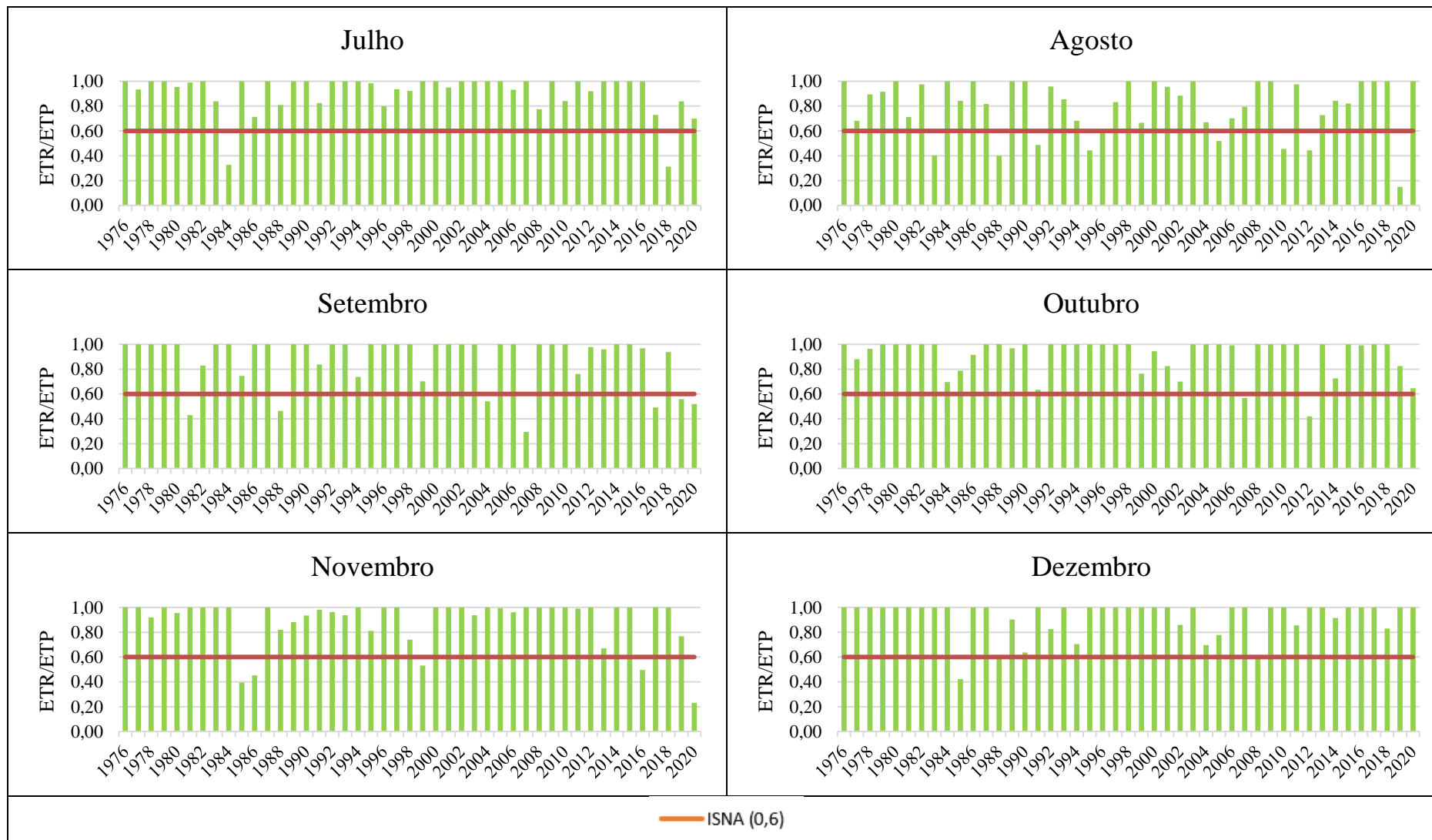
Na região Noroeste o mês de maio foi o único que não apresentou ISNA menor que 0,6 (Figura 21). De modo que junho a setembro foram os que mais obtiveram registro de ISNA abaixo da média e que mais oscilaram de ano para ano, com mais uma vez destaque para o mês de agosto como de maior deficiência hídrica para o período. Ao contrário das outras regiões, os meses de outubro, novembro e dezembro apresentaram mais eventos em que as relações de ETR/ETP foram mais próximas de 0,6 do que 1,0. Indicando maior deficiência hídrica para esses comparado as demais regiões.

Nas estações do ano (Figura 22), nenhuma delas teve registro de anos com deficiência hídrica, ou seja, com INSA abaixo de 0,6. Outono inverno e primavera foram as estações com maiores recorrência de eventos com relação ETR/ETP próximo de 0,6, indicando maiores chances de ocorrência de deficiência. Em compensação o verão foi a menor e com menos oscilação de ano para ano.

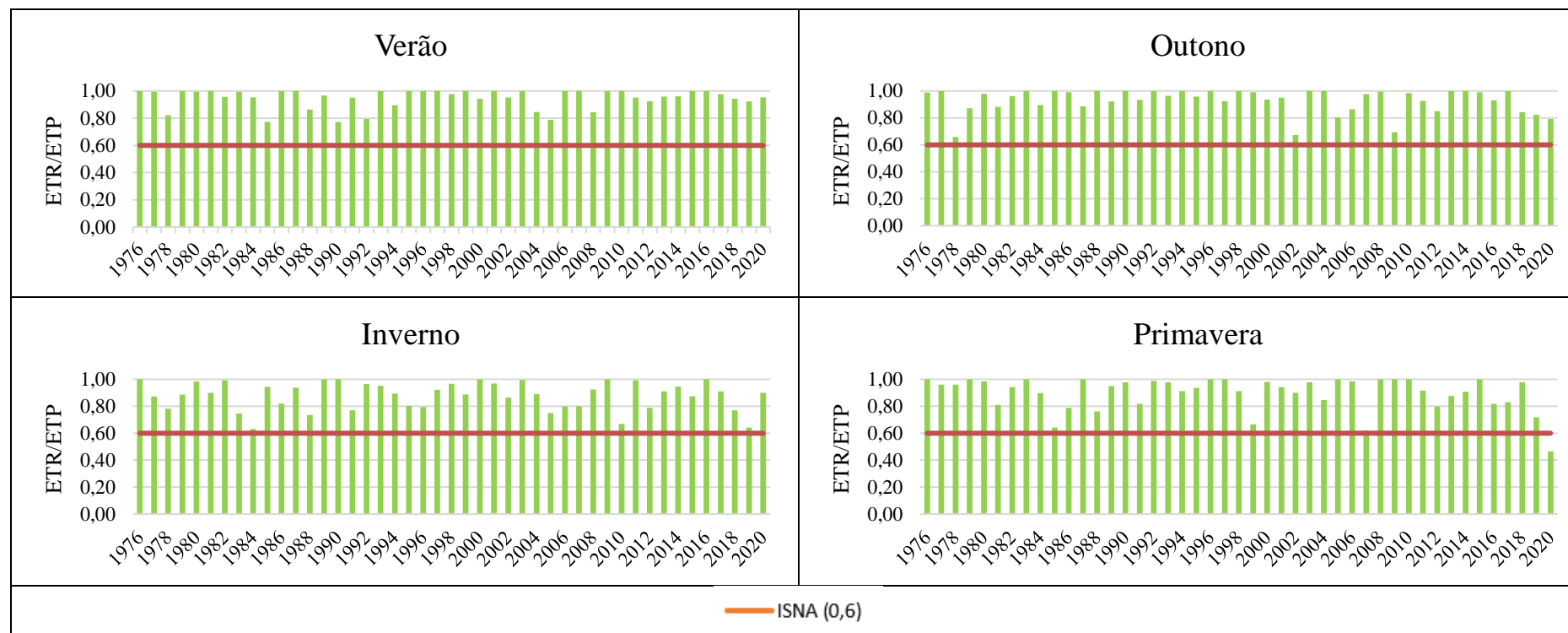
Portanto ao analisar os decênios da região (Anexo XIV), notou-se que todos os decênios ocorreram anos com valor de ISNA próximo ou abaixo a 0,6. Um bom exemplo foram os decênios do mês de agosto e o primeiro do mês de setembro que aparentou o maior risco de ocorrência de deficiência hídrica na região. Nos demais decênios, foi grande a oscilação de ISNA ano para ano, principalmente nos que apresentaram constância de condição de saturação de planta nas outras regiões, como no caso dos decênios dos meses de janeiro e fevereiro e os de novembro a dezembro.

**Figura 21. Relação ETR/ETP mensal para região Noroeste**





**Figura 22. Relação ETR/ETP estações do ano para região Noroeste**

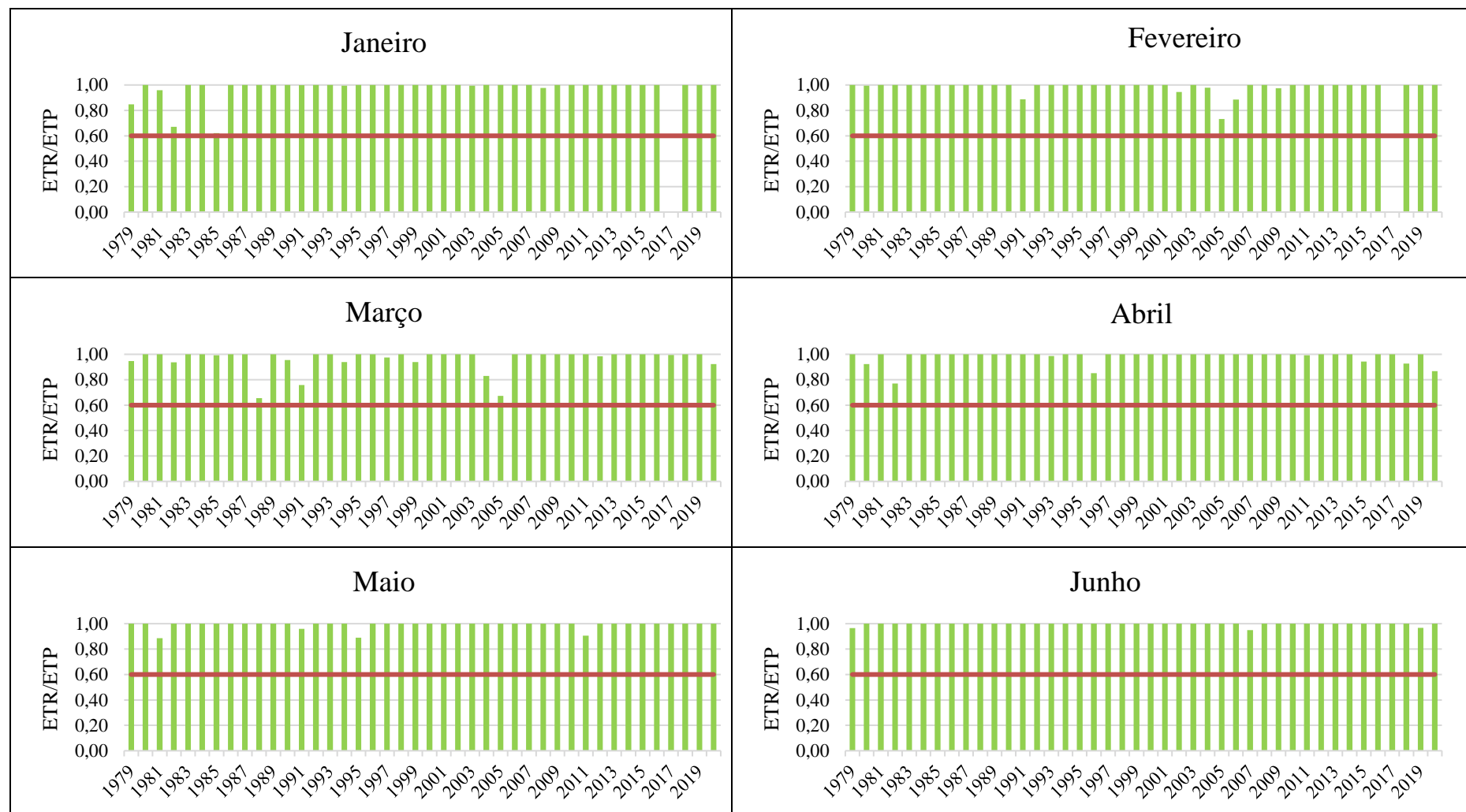


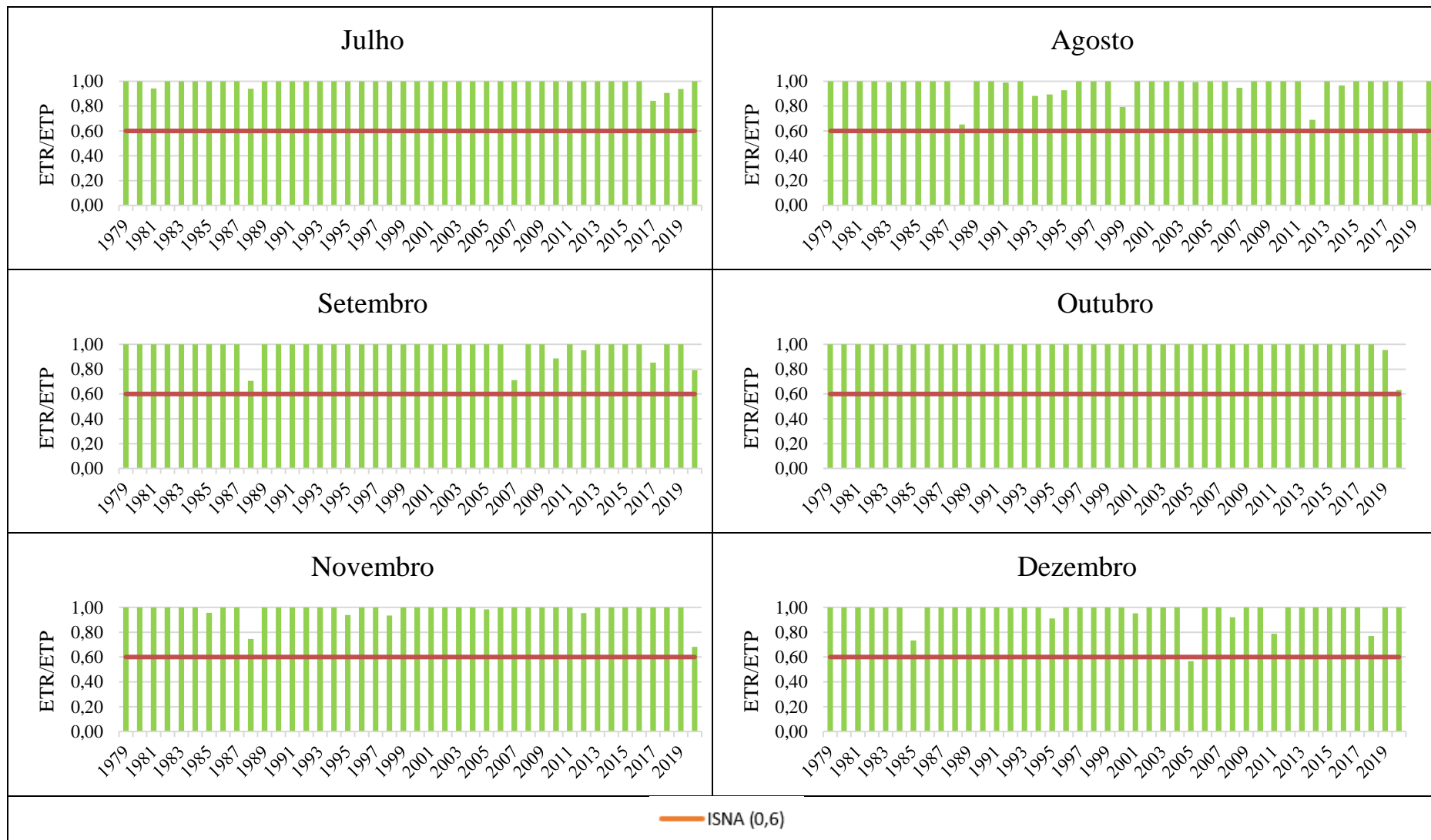
Na análise da média mensal todos os meses apresentaram alta relação ETR/ETP quase sempre próximo de 1,00 (Figura 23). De modo que no mês de junho apenas 2 anos dos 45 tiveram valor médio de 0,95. Uma maior oscilação de valores de ano para ano foi observada em março e agosto, foram poucos eventos, porém de média 0,75 não caracterizando deficiência hídrica.

Já para as estações do ano também não foi registrado eventos com valor de ISNA abaixo de 0,6 em nenhuma delas (Figura 24). Observou-se que na região Sudoeste ocorrendo de maneira esporádica os episódios em quem ETR/ETP foi menor que 1,00. Em todas as estações eles alcançaram a média de 0,8, distante da condição de estresse para plana.

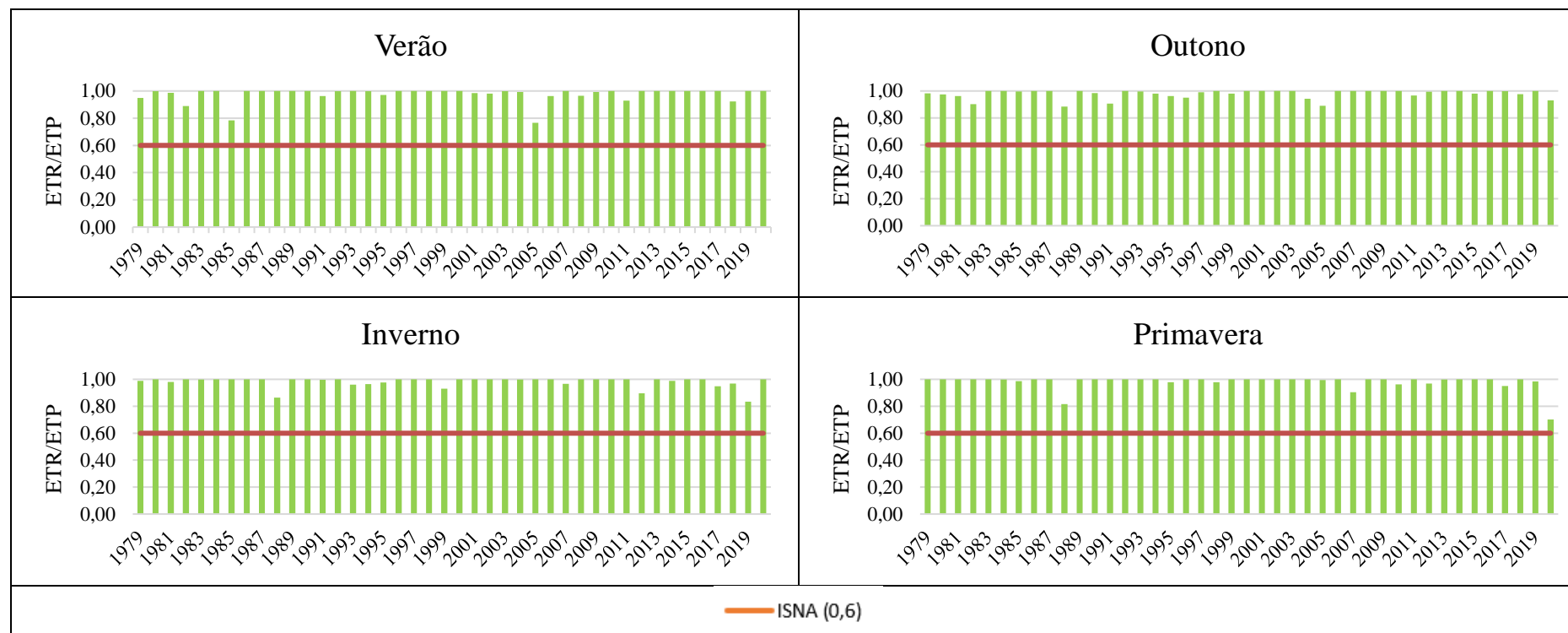
Os primeiros decêndios de março e setembro (Anexo XV) foram os que mais tiveram registro de deficiência hídrica nos anos avaliados. Enquanto isso, os decêndios do mês de novembro, os ABR3 - JUN1 - JUN2 - JUL1 - JUL3 - AGO1 - AGO2 - OUT2 e OUT3 foram os únicos que não apresentaram nenhum ano com valor de ISNA menor do que 0,6, mantiveram uma média próxima a 0,75.

**Figura 23. Relação ETR/ETP mensal para região Sudoeste**





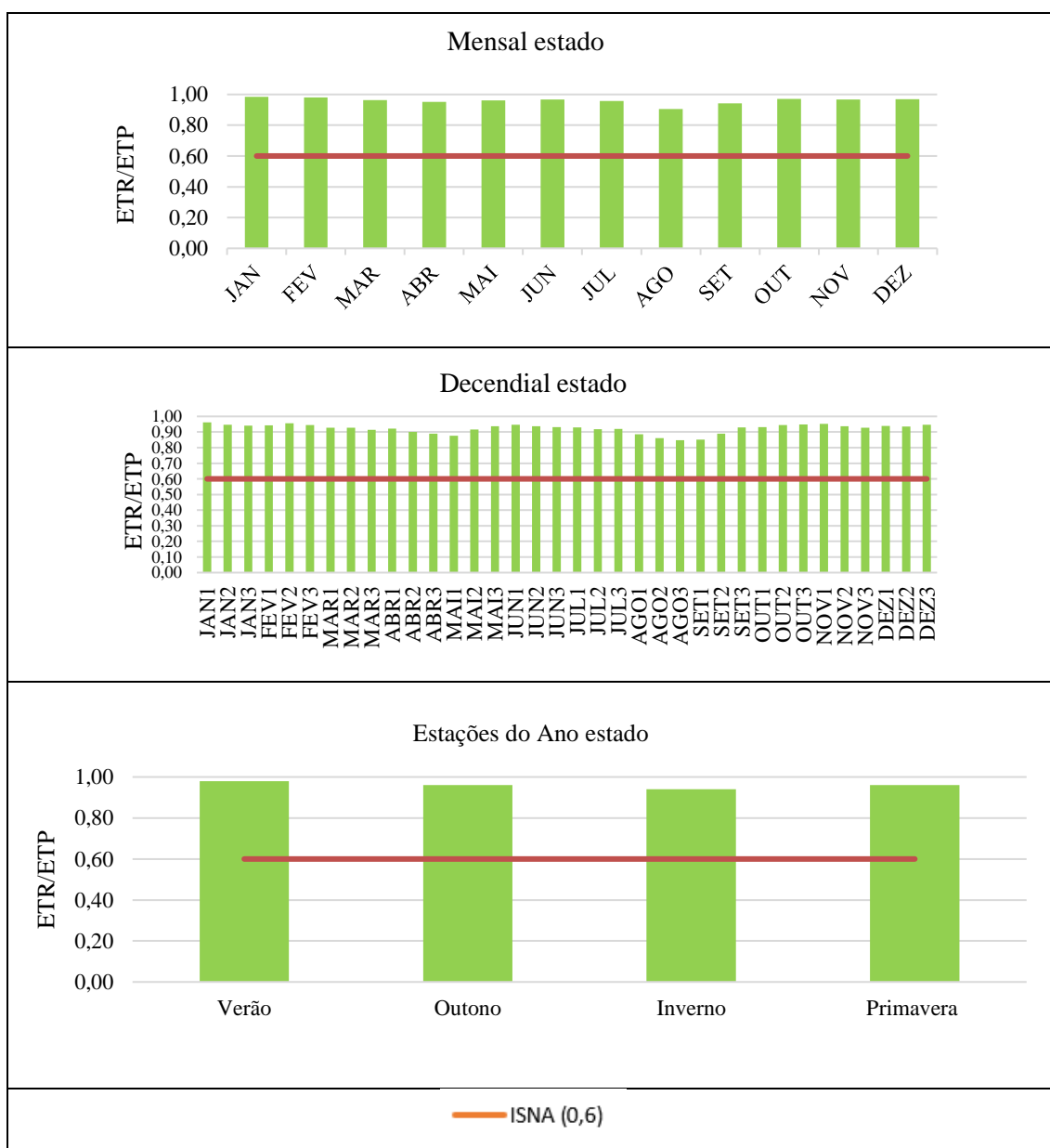
**Figura 24. Relação ETR/ETP estações do ano para região Sudoeste**



Analisando a relação ETR/ETP média dos 45 anos para o estado (Figura 25), não foi possível detectar eventos de deficiência hídrica em nenhuma das escalas analisadas (mensal, decencial e trimestral/ estações do ano).

Mas foi possível observar que o mês de agosto foi o que menos apresentou condições próximas ao valor de saturação do solo ( $ETR/ETP = 1,0$ ) atendendo as necessidades hídricas da planta. Percebeu-se mesmo comportamento para o inverno, podendo considerá-lo estação do ano mais seca do estado, seguido do outono, primavera e verão.

**Figura 25. Relação ETR/ETP média geral mensal e decencial para o estado do Paraná**



Assim como observados para a maioria das regiões os meses de janeiro, fevereiro, março, outubro, novembro e dezembro foram os mais chuvosos (Figura 26) de modo que a relação ETR/ETP sempre se manteve mais próxima de 1,0. Enquanto os meses de agosto e setembro foram os que mais apresentaram eventos de deficiência hídrica com valores de ISNA abaixo de 0,6. Dada a variabilidade entre as datas de semeadura das culturas agrícolas do Estado, neste período é comum estar ocorrendo o vazio sanitário para ferrugem da soja e fim da colheita das culturas de inverno, ou seja, essa deficiência hídrica seria favorável, pois evita injúrias e danos aos grãos colhidos (DIAS, 2018; BECKER et al., 2015).

Porém, entre o segundo e terceiro decêndio de setembro volta a ocorrer a semeadura da soja. Sabe-se que a deficiência hídrica nessa época é prejudicial para o desenvolvimento inicial da cultura, uma vez que afeta o estabelecimento e germinação das sementes (BARBOSA et al., 2017).

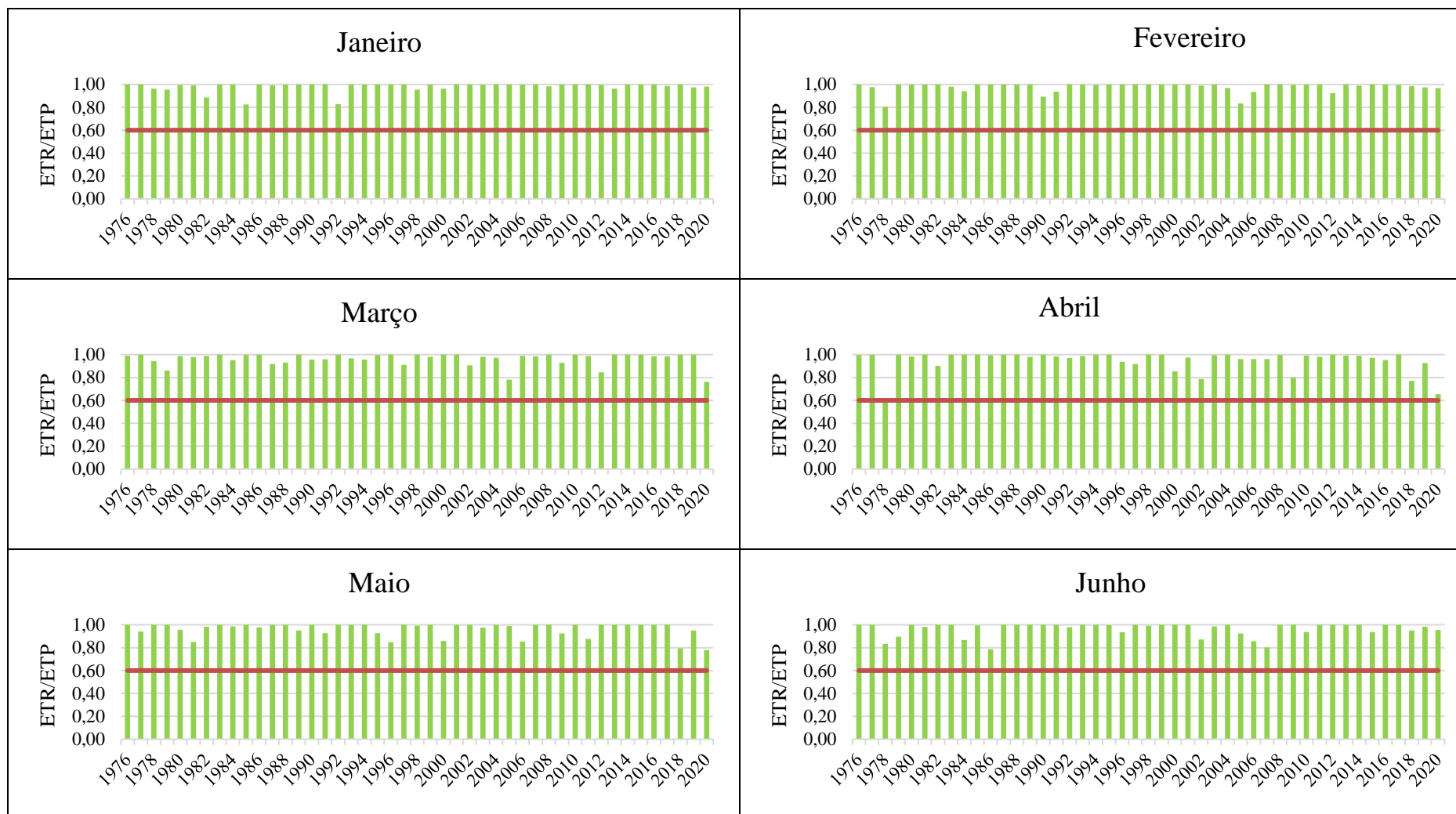
Já com a média decendial do estado (Figura 27) observou-se comportamento semelhante discutido em cada região. Constatou-se eventos de deficiência hídrica apenas para o 11º, 12º, 13º, 24º, 25º, 26º e 28º decêndios (ABR2-ABR3 – MAI1 -AGO3 – SET1 – SET2 – OUT1). Sendo os mais recorrentes nos de AGO 3 E SET1.

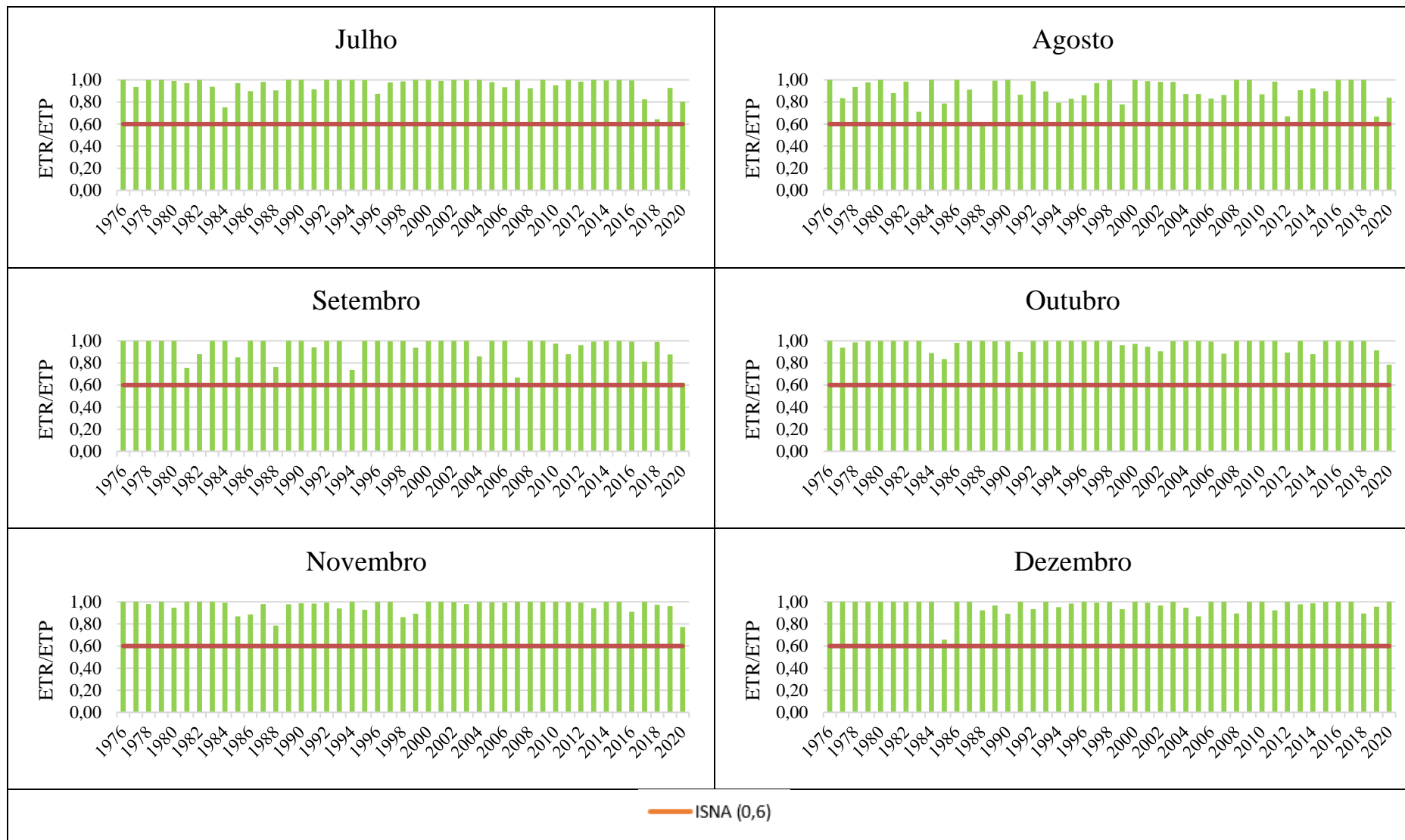
Os decêndios de janeiro a março apresentaram relação ETR/ETP constantemente próximo a 1,0 condição de saturação do solo atendendo as necessidades hídrica das plantas, ou seja, são decêndios de pouca deficiência hídrica. Isso também é observado para os dos meses de outubro a dezembro. Em estudo realizado por Carmello (2017), foi encontrado um cenário totalmente diferente, analisando os impactos da variabilidade de chuva no Paraná e seus efeitos sobre a produtividade da soja. O autor identificou que em alguns anos a produtividade de soja foi afetada pela diminuição de precipitação em alguns dos decêndios de janeiro e fevereiro. Já que atingem períodos críticos da cultura, como a época de floração e enchimento de vagem (BARBOSA et al., 2017).

Pela média geral das estações do ano no estado (Figura 28), também não foi possível detectar eventos de deficiência hídrica, porém observou-se maior oscilação da relação ETR/ETP de ano para ano principalmente no inverno e outono com média de 0,8.

A primavera aparenta ser uma estação de transição com anos mais secos outros mais úmidos, porém o número de eventos mais secos ainda é menor

daqueles que acontecem no outono.

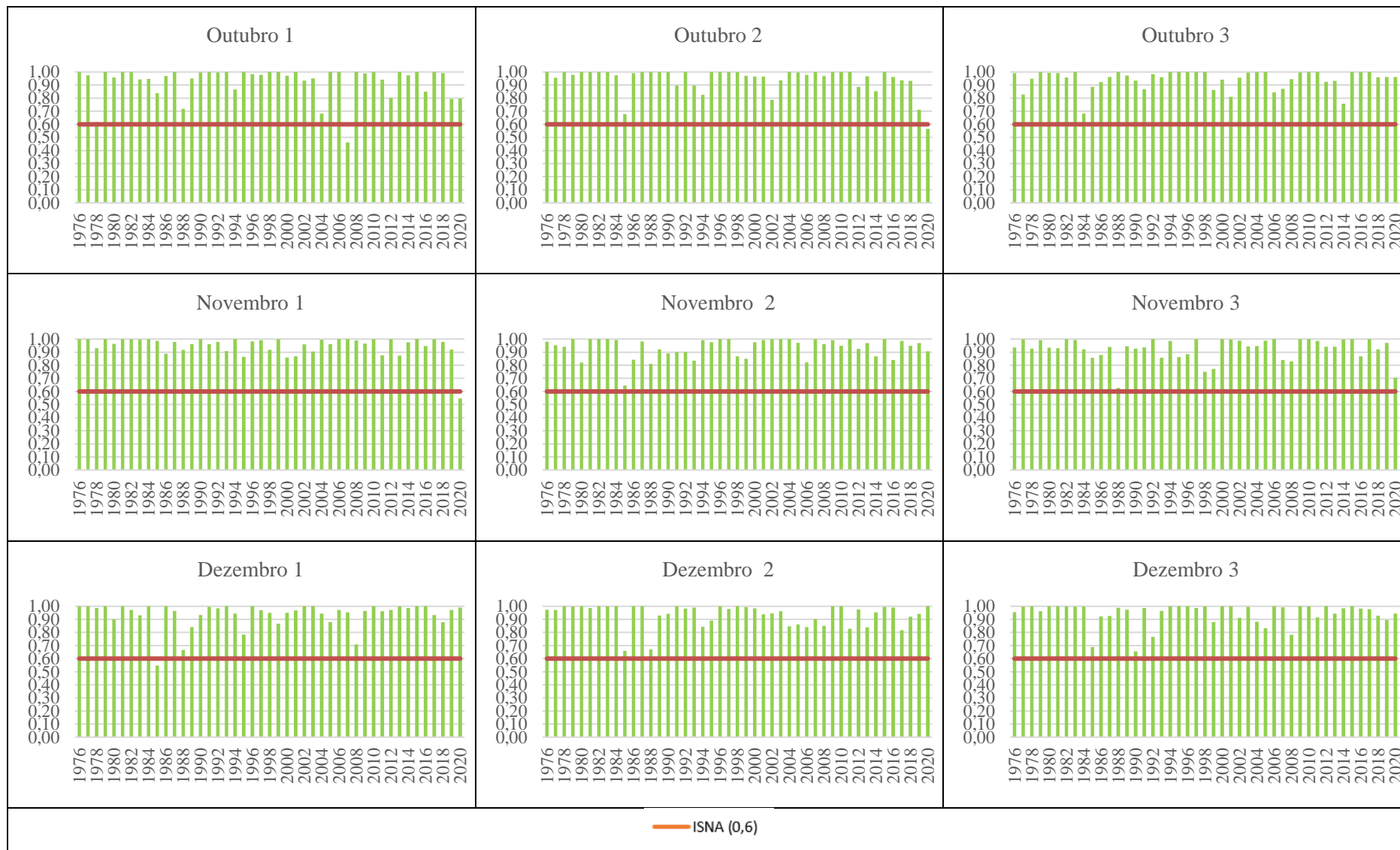
**Figura 26. Relação ETR/ETP média mensal para o estado do Paraná**



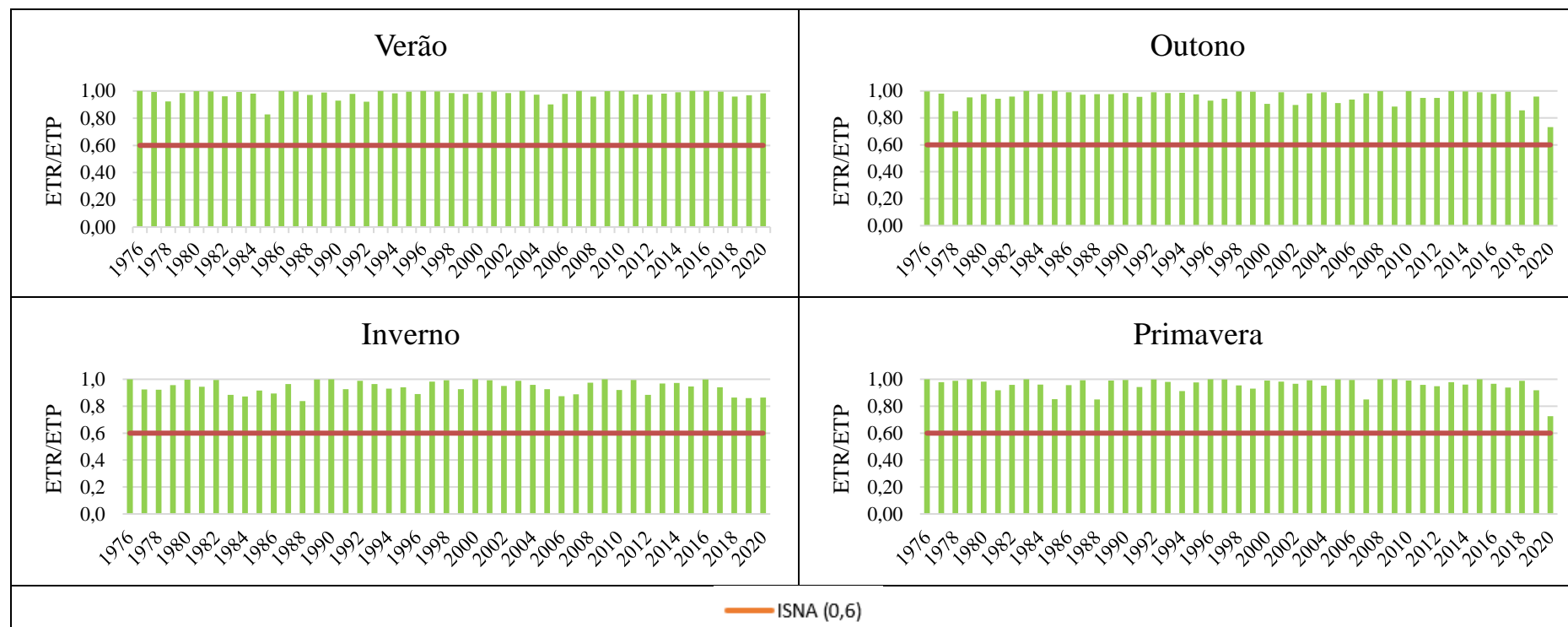








**Figura 28. Relação ETR/ETP média estações do ano para o estado do Paraná**



## 5. CONCLUSÕES

Na tentativa de avaliar a frequência e intensidade de eventos de estiagem no Paraná, é possível assegurar que independentemente do nível de precipitação considerado ( $0\text{mm dia}^{-1}$  ou  $\geq 4\text{mm dia}^{-1}$ ), mais de metade dos dias do ano ocorre estiagem no em estado, demonstrando que, apesar de em algumas regiões apresentar precipitação mais bem distribuída, ainda está sujeita a ocorrência desses eventos.

O Litoral é a região com menor índice de ocorrência de estiagem, ou seja, é a região do estado com maior precipitação. A região Noroeste é a que tem a mais expressiva estiagem em todo ano, tanto em intensidade como frequência; seguida da região Norte, Sul, sudeste e por último o Litoral.

Todas as metodologias indicam que o mês de agosto e seu terceiro decêndio (24<sup>º</sup>) são os maiores ocorrência de estiagem do ano. Em seguida tem o mês de setembro. Em contrapartida, os meses de janeiro a março são menos prováveis a ocorrência de estiagem para todo o estado.

Não é recomendado realizar a avaliação de intensidade dos eventos por estiagem para os decêndios, sem uma nova adaptação da escala de intensidade. Obteve-se uma melhor detecção quando aplicada em escala mensal uma vez que considera eventos de no mínimo 6 dias.

A relação ETR/ETP não é recomendada para análise de média geral para o estado, uma vez que não detecta todos os eventos com ocorrência de deficiência hídrica, diferentemente quando analisado por trimestre, mês e decêndio para cada região.

## REFERÊNCIAS

AGUIAR, Raquel. Estiagem: como conviver com esse fenômeno. **Extensão Rural e Desenvolvimento Sustentável**, v. 1, n. 4, p. 11-14, 2005.

ALEIXO, Natacha Cíntia Regina; SILVA NETO, João Cândido André. Índice de vegetação e comportamento da temperatura do ar em Tefé/Amazonas/Brasil (Vegetation Index and Air Temperature Behavior in Tefé-Amazonas, Brazil). **Revista Brasileira de Geografia Física**, [S.l.], v. 11, n. 3, p. 864-876, jul. 2018. ISSN 1984-2295. doi:<https://doi.org/10.26848/rbgf.v11.3.p864-876>.

ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, Paulo César. Variabilidade, tendência, anomalia e mudança climática. **Material didático de uso na disciplina LCE**, 2010.

ANGONESE, Kauana Cramer. Anomalias de precipitação sazonais e regionais no Sul do Brasil de 1988 a 2018. 2020.

ARAUJO, Guilherme Masarro. Risco térmico por altas temperaturas para a cultura do feijoeiro. 2017.

ARAÚJO, Jurema Maria Silva; MAIA, Adelená Gonçalves; NEVES, Josemir Araújo. USO DOS ÍNDICES PCP E PCD NA DETERMINAÇÃO DE REGIÕES COM PRECIPITAÇÃO PLUVIAL HOMOGÊNEA (THE USE OF PCP AND PCD INDICES TO DETERMINING PRECIPITATION HOMOGENEOUS AREAS). **Revista Brasileira de Climatologia**, [S.l.], v. 17, dec. 2015. ISSN 2237-8642. doi:<http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v17i0.38903>.

ARSEGO, Diogo Alessandro et al. Estudo do impacto de diferentes índices associados ao El Niño oscilação Sul na produtividade de soja no Rio Grande do Sul (2018). **Ciência e Natura**.. 40. 82. 10.5902/2179460X30684.

ASSAD, Eduardo Delgado; SANO, Edson Eyji. Sistema de informações geográficas: aplicações na agricultura. 1998.

ASSUNÇÃO, W. L.; LEITÃO JÚNIOR, A. M. A ocorrência de veranico na Macrorregião do Alto Paranaíba (MG), 1975-2004. **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA**, v. 7, p. 1-10, 2006.

BACK, Álvaro José. Aplicação de análise estatística para identificação de tendências climáticas. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 36, p. 717-726, 2001.

BARBOSA, Lucas Andrade et al. Limite crítico do potencial hídrico da soja durante os estádios vegetativo e reprodutivo. 2017.

BARBOSA, Vanessa Vasconcelos et al. Análise da variabilidade climática do município de Garanhuns, Pernambuco–Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 9, n. 02, p. 353-367, 2016.

BEBBER, Daniel P.; RAMOTOWSKI, Mark AT; GURR, Sarah J. Crop pests and pathogens move polewards in a warming world. **Nature climate change**, v. 3, n. 11, p.

985-988, 2013. <https://doi.org/10.1038/nclimate1990>

BECKER, Willyan Ronaldo et al. Obtenção de dados espaciais e temporais das culturas agrícolas no estado do Paraná. **XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, p. 3281-3288. 2015

BERGAMASCHI, Homero et al. Distribuição hídrica no período crítico do milho e produção de grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, p. 831-839, 2004.

BERLATO, Moacir Antonio; ALTHAUS, Daiana. Tendência observada da temperatura mínima e do número de dias de geada do Estado do Rio Grande do Sul. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v. 16, n. 1/2, p. 7-16, 2010.

BEVACQUA, Alena Gonzalez et al. Padrões espaciais e temporais da propagação de secas meteorológicas para hidrológicas no Brasil. 2021.

BODAS TERASSI, Paulo Miguel de et al. Variabilidade do índice de precipitação padronizada na região Norte do estado do paraná associada aos eventos de el niño-oscilação Sul. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 33, p. 11-25, 2018.

BORGES, Pablo de Amorim; BERNHOFER, Christian; RODRIGUES, Regina. Extreme rainfall indices in Distrito Federal, Brazil: Trends and links with El Niño southern oscillation and Madden–Julian oscillation. **International Journal of Climatology**, v. 38, n. 12, p. 4550-4567, 2018.

BOSCHI, Raquel Stucchi et al. Análise da precipitação pluvial e de veranicos no estado do Rio Grande do Sul por meio de técnicas de mineração de dados. 2010.

BRAZ, Dejanira Ferreira. **Impacto de eventos severos na agricultura do Rio Grande do Sul**. 2015. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pelotas.

CAMPOS, Claudia Guimaraes Camargo. Padrões climáticos atuais e futuros de temperatura do ar na Região Sul do Brasil e seus impactos nos cultivos de pêssego e de nectarina em Santa Catarina. 2011.

CAMPOS, Milton CC et al. Planejamento agrícola e implantação de sistema de cultivo de cana-de-açúcar com auxílio de técnicas geoestatísticas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 13, n. 3, p. 297-304, 2009.

CARDOSO, Amilde. POLÍTICA AGRÍCOLA E FONTES DE RECURSO PARA O CRÉDITO RURAL: UM ESTUDO SOBRE A DINÂMICA DO FINANCIAMENTO DE GRÃOS. In: **Congresso Sul Catarinense de Administração e Comércio Exterior**. 2018.

CARMELLO, Vinicius. Análise do impacto da variabilidade das chuvas em municípios que produzem soja no Paraná, Brasil. **Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento**, v. 1, p. 1719-1727, 2017.

CARMO, Maria Vitória Nava Silva do, LIMA, Carlos Henrique Ribeiro. Caracterização Espaço-Temporal das Secas no Nordeste a partir da Análise do índice SPI. **Revista**

**Brasileira de Meteorologia**, v. 35, p. 233-242, 2020.

CARPENEDO, Camila Bertoletti. Atividade convectiva associada às anomalias de temperatura da superfície do mar no Atlântico tropical e impactos climáticos no estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 1, 2018.

CASTILLO, Alejandro Campos. Efeito das mudanças climáticas sobre a demanda de água para irrigação e o rendimento de grãos da cultura da soja na bacia do rio Potiribu, Rio Grande do Sul. 2016.

CASTRO NETO, P.; VILELA, E. de A. Veranico: um problema de seca no período chuvoso. **Informe Agropecuario (Brasil)(Jun)**, v. 12, n. 138, p. 59-62, 1986.,

CASTRO, J.; NOGUEIRA, J. Especificidades Regionais e Mudança Climática. **Fronteiras: Journal of Social, Technological and Environmental Science**, v. 8, n. 1, p. 214-232, 22 fev. 2019

CAVALCANTI, Iracema FA. **Tempo e clima no Brasil**. Oficina de textos, 2016.

COELHO FILHO, Maurício Antonio et al. **O processo de evapotranspiração**. Embrapa Mandioca e Fruticultura-Capítulo em livro científico (ALICE), 2011.

CONAB – **Companhia Nacional de Abastecimento** - Acompanhamento de safra brasileira de grão 2020/2021, 11 º levantamento. Agosto 2021. Disponível em: < <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos> >.

CONRADO, Humberto; MARIANO, Glauber Lopes; CARVALHO, Lucas Conceição. VERANICOS AT RIO GRANDE DO SUL–NEW METHODOLOGY FOR QUANTIFICATION OF EVENTS. **Ciência e Natura**, v. 36, n. 2, p. 445-455, 2014.

CORDEIRO, Ana Paula Assumpção et al. Tendências climáticas das temperaturas do ar no estado do Rio Grande do Sul, Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 9, n. 03, p. 868-880, 2016.

COSTA, Claudiane Da; ANDRADE, Aparecido Ribeiro. DINÂMICA DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMETRICA NA CIDADE DE GUARAPUAVA, PR: CONDICIONANTES LOCAIS E REGIONAIS. **Revista Brasileira de Climatologia**, [S.l.], v. 21, sep. 2017. ISSN 2237-8642.  
doi:<http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v21i0.51625>.

COSTA, Sérgio Ely Valadão Gigante de Andrade. Intervalo hídrico ótimo do solo e estado hídrico das plantas em sistema integrado de produção agropecuária no subtropical brasileiro. 2014.

CRUZ, José Carlos et al. Manejo da cultura do milho. **Embrapa Milho e Sorgo-Circular Técnica (INFOTECA-E)**, 2006.

CUNHA, Alexson de Mello et al. Espacialização da precipitação pluvial por meio de krigagem e cokrigagem. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v. 48, n. 9, p. 1179-1191, Sept. 2013. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2013000900001>.

DA CONCEIÇÃO, Rogério Cícero Martins. ÍNDICE DE SEVERIDADE DE SECA DE PALMER APLICADO AO MUNICÍPIO DE SERRINHA-BA. **Anais dos Seminários de Iniciação Científica**, n. 22, 2018.

DA SILVA CALDANA, Nathan Felipe et al. Frequência, intensidade e variabilidade pluviométrica na mesorregião Sudoeste Paranaense. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 25, 2019.

DA SILVA, Djane Fonseca et al. Caracterização de eventos extremos e de suas causas climáticas com base no Índice Padronizado de Precipitação Para o Leste do Nordeste. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 13, n. 02, p. 449-464, 2020.

DA SILVA, Eduardo Almeida; MANDÚ, Tiago Bentes. APLICAÇÃO DO ÍNDICE DE PRECIPITAÇÃO PADRONIZADO (SPI) PARA IDENTIFICAÇÃO DE PERÍODOS DE SECA EM BRASÍLIA-DF. 2020

DA SILVA, F. A. M. et al. Ocorrência de veranicos no município de Planaltina-DF. In: **Embrapa Cerrados-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 19., 2015, Lavras. Agrometeorologia no século 21: o desafio do uso sustentável dos biomas brasileiros: anais. Lavras: UFLA, 2015.

DAS NEVES, Eletisanda et al. Determinação da demanda hídrica através do uso de tanques evaporímetros. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 1, p. e4611124578-e4611124578, 2022.

DE ABREU ARAÚJO, Beatriz et al. Veranicos na produtividade de feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) no município de Crateús, Ceará. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 14, n. 2, p. 312-316, 2019

DE ANDRADE, Aparecido Ribeiro; PEREIRA, Adriane Aparecida. Dinâmica Temporo-Espacial da Precipitação na Região Centro-Sul do Paraná. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 12, n. 04, p. 1399-1414, 2019.

DE ANDRADE, S. R. M. et al. Estudos de cultivares de trigo submetidas ao estresse hídrico em casa de vegetação. In: Embrapa Trigo-Artigo em anais de congresso (ALICE). In: REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALE, 8.; SEMINÁRIO TÉCNICO DO TRIGO, 9., 2014, Canela; REUNIÃO DA COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DE TRIGO E TRITICALE, 9.; SEMINÁRIO TÉCNICO DO TRIGO, 10., 2015, Passo Fundo. Anais... Passo Fundo: Biotrigo Genética: **Embrapa Trigo**, 2015., 2015.

DE ARAUJO JUNIOR, Luiz Martins et al. Avaliação de índices de seca meteorológica e hidrológica em relação ao impacto de acumulação de água em reservatório: um estudo de caso para o reservatório de Jucazinho-PE. **Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales. Investigación, desarrollo y práctica**, [S.l.], p. 382-398, ago. 2020. ISSN

0718-378X

DE FANÇA, Manoel Vieira et al. Análise da estimativa da evapotranspiração por diferentes modelos para Amparo de São Francisco–Sergipe. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 13, p. e514101321505-e514101321505, 2021.

DE MEDEIROS, Raimundo Mainar de et al. Temperatura média do ar e suas flutuações no Estado de Pernambuco, Brasil. **Revista Brasileira de Meio Ambiente**, v. 2, n. 1, 2018.

DE MEDEIROS, Raimundo Mainar; FRANCISCO, Paulo Roberto Megna; SANTOS, Djail. Balanço hídrico e erosividade em função das mudanças climáticas no Estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 8, n. 04, p. 1068-1084, 2015.

DE MELLO, Yara Rúbia; SAMPAIO, Tony Vinicius Moreira. Análise geoestatística da precipitação média para o estado do Paraná. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 25, 2019.

DE MIRANDA, Ricardo Augusto Calheiro; DE OLIVEIRA, Marcus Vinicius Siqueira; DA SILVA, Danielle Ferreira. Ciclo hidrográfico planetário: abordagens e conceitos. **Geo Uerj**, v. 1, n. 21, p. 109-119, 2010.

DE OLIVEIRA, Gertrudes M. et al. Evapotranspiração da cultura da cebola. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 10, n. 4, p. 11, 2015.

DE QUADROS, Luciana Espíndula et al. AJUSTE DE SÉRIE TEMPORAL PARA EVENTOS DE SECA SEVERA E EXTREMA NO ESTADO DO PARANÁ, NO PERÍODO DE 1980-2015. 2017

DE SALES, Ramon Amaro et al. ÍNDICE DE SATISFAÇÃO DAS DEMANDAS DE ÁGUA E PRODUTIVIDADE DO FEIJÃO EM DIFERENTES LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO EM COLATINA-ES. **Energia na Agricultura**, v. 32, n. 1, p. 81-87, 2017.

DERAL – **Departamento Nacional de Abastecimento** – Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento. Janeiro 2022. Disponível em: <<https://www.agricultura.pr.gov.br/deral/safras>>.

DIAS, Sabrina Kelly Ferreira. Avaliação da aplicação do vazio sanitário na cultura da soja no manejo da ferrugem-asiática no Distrito Federal e entorno. 2018.

DINIZ, João Alberto Oliveira et al. Crise hídrica no Brasil: o uso das águas subterrâneas como reforço no abastecimento público. **CPRM**, 2021.

DONEL, Jean Francesco Wille. Influência do fenômeno ENOS sobre a cultura do milho no Brasil. 2018.

DOS SANTOS, Sergio Rodrigo Quadros; CUNHA, Ana Paula Martins do Amaral; RIBEIRO-NETO, Germano Gondim. AVALIAÇÃO DE DADOS DE PRECIPITAÇÃO PARA O MONITORAMENTO DO PADRÃO ESPAÇO-

TEMPORAL DA SECA NO NORDESTE DO BRASIL. **Revista Brasileira de Climatologia**, [S.l.], v. 25, aug. 2019. ISSN 2237-8642.  
doi:<http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v25i0.62018>.

ELY, Deise Fabiana. PADRÕES ESPACIAIS DAS TENDÊNCIAS DAS PRECIPITAÇÕES SAZONAIS E MENSASIS NO ESTADO DO PARANÁ–BRASIL. **Revista Brasileira de Climatologia**, 2019.

FARIAS, José Renato Bouças et al. Caracterização de risco de déficit hídrico nas regiões produtoras de soja no Brasil. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 9, n. 3, p. 415-421, 2001

FERNANDES, Diego Simões et al. Índices para a quantificação da seca. Embrapa Arroz e Feijão-Documentos (**INFOTECA-E**), 2009.

FERNANDES, Valesca Rodriguez et al. SECAS E OS IMPACTOS NA REGIÃO SUL DO BRASIL. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 28, 2021.

FERREIRA, Rodrigo Cornacini. Quantificação Das Perdas Por Seca Na Cultura Da Soja No Brasil. 2016.

FRANCO, Brenda Mello et al. Comparação entre métodos de estimativa de evapotranspiração potencial e de referência. **Revista Brasileira de Ciência, Tecnologia e Inovação**, v. 4, n. 2, p. 180-189, 2019.

GOMES, Joyce Desirê Cavalcanti et al. Gestão das ações do setor saúde em situações de seca e estiagem: um relato de experiência do Município de Paulo Afonso-BA. 2018.

GRIGOLETTO, Jamyle Calencio et al. Gestão das ações do setor saúde em situações de seca e estiagem. **Ciência & Saúde Coletiva [online]**. 2016, v. 21, n. 3, pp. 709-718.

GRIMM, Alice M.; BARROS, Vicente R.; DOYLE, Moira E. Climate variability in southern South America associated with El Niño and La Niña events. **Journal of climate**, v. 13, n. 1, p. 35-58, 2000. [https://doi.org/10.1175/1520-0442\(2000\)013<0035:CVISSA>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(2000)013<0035:CVISSA>2.0.CO;2) .

HAO, Zengchao; SINGH, Vijay P. Drought characterization from a multivariate perspective: A review. **Journal of Hydrology**, v. 527, p. 668-678, 2015.

HATFIELD, Jerry L. et al. Climate impacts on agriculture: implications for crop production. **Agronomy journal**, v. 103, n. 2, p. 351-370, 2011. doi: 10.2134 / agronj2010.0303

HU, Bin et al. The projected hydrologic cycle under the scenario of 936 ppm CO<sub>2</sub> in 2100. **Hydrogeology Journal**, v. 27, n. 1, p. 31-53, 2019. <https://doi-org.ez78.periodicos.capes.gov.br/10.1007/s10040-018-1844-9>

IPCC, 2014: Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Edenhofer, O., R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J. Savolainen, S. Schlömer, C. von Stechow, T. Zwickel and J.C. Minx (eds.)]. Cambridge University

Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

IPCC, 2018: Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield (eds.)]. In Press.

JACONDINO, William Duarte; CONRADO, Humberto; NASCIMENTO, Ana. Análise de Veranicos Intensos na Região Sul do Brasil e Condições Sinóticas Associadas. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 41, n. 2, p. 377-389, 2019.

JÚNIOR, Lindberg Nascimento; NETO, João Lima Sant'Anna. Contribuição aos estudos da precipitação no estado do Paraná: a oscilação decadal do Pacífico-ODP. **Raega-O Espaço Geográfico em Análise**, v. 35, p. 314-343, 2016.

LACERDA, Francinete Francis et al. Tendência do clima do semiárido frente as perspectivas das mudanças climáticas globais; o caso de Araripina, Pernambuco. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 31, p. 132-141, 2016.

LAZZARI, Martinho Roberto. Agropecuária gaúcha em 2005: estiagem, câmbio e crise. **Indicadores Econômicos FEE**, v. 33, n. 4, p. 41-50, 2006.

LE MOS, Brenda Carolina dos Santos et al. Análise de tendência de mudanças climáticas para a região Sul do estado de Minas Gerais no período de 1976 a 2006. *Revista Agrogeoambiental*, [S.l.], v. 10, n. 3, nov. 2018. ISSN 2316-1817. doi:<http://dx.doi.org/10.18406/2316-1817v10n320181163>.

LIMA, José Roberto de; MAGALHÃES, Antonio Rocha. Secas no Nordeste: registros históricos das catástrofes econômicas e humanas do século 16 ao século 21. **Parcerias Estratégicas**, v. 23, n. 46, p. 191-212, 2019.

LIMA, Naiara da Silva et al. Estimativa de evapotranspiração potencial no semiárido baiano a partir das imagens termais. 2019.

LIMA, Rafael Petruceli Coelho. Avaliação de índices de severidade de seca na bacia do rio Doce visando ao desenvolvimento de sistema de classificação de secas. 2016.

LINS, Frederico Abraão Costa et al. Estimativa de parâmetros biofísicos e evapotranspiração real no semiárido pernambucano utilizando sensoriamento remoto. **Irriga**, v. 1, n. 1, p. 64-75, 2017.

MAGALHÃES, Anderson J. et al. Dry Spells in Brazil: Observations and Modelling (CMIP5). **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 34, n. 4, p. 597-626, 2019.

MAGALHÃES, Bruna Gomes. Simulação de estratégias de manejo da cultura do milho para mitigar efeitos de mudanças climáticas. **Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Agrônoma)**. Sete Lagoas, MG, Brasil: Universidade Federal de São

João Del Rei, 2017.

MANGILI, Fabiana Bezerra; ELY, Deise Fabiana. Análise da Relação da Produção do Milho Safrinha com o Balanço Hídrico em Londrina (PR). **Geografia (Londrina)**, v. 25, n. 1, p. 65-85.2016

MANZIONE, Rodrigo Lilla. Identificação de tendências em níveis freáticos frente às anomalias climáticas ocorridas entre 2014 e 2016 em área de conservação de cerrado na região hidrográfica do Médio Paranapanema/SP. **Boletim Goiano de Geografia**, v. 38, n. 1, p. 68-85, 2018.

MARENGO, José A. et al. Variabilidade e mudanças climáticas no semiárido brasileiro. **Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas**, v. 1, 2011.

MARTINEZ, Carlos Alberto et al. Respostas das plantas ao incremento atmosférico de dióxido de carbono e da temperatura (Plants responses to increase in atmospheric carbon dioxide and temperature). **Revista Brasileira de Geografia Física**, [S.l.], v. 8, p. 635-650, dez. 2015. ISSN 1984-2295.

MCKEE, Thomas B. et al. The relationship of drought frequency and duration to time scales. In: **Proceedings of the 8th Conference on Applied Climatology**. 1993. p. 179-183.

MEDEIROS, Giovana Cristina Santos de. Metodologia de avaliação da seca hidrológica sob a perspectiva da demanda hídrica. 2016. **Dissertação de Mestrado**. Brasil.

MEDEIROS, Raimundo Mainar de et al. Tendência climática das temperaturas do ar no município de Bom Jesus do Piauí, Brasil. 2020.

MELO, Davi de Carvalho Diniz. Propagação de secas na bacia do Rio Paraná: do evento climático ao impacto hidrológico. 2018. Tese de Doutorado. **Universidade de São Paulo**.

MENDONÇA, Francisco; DANNI-OLIVEIRA, Inês Moresco. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. Oficina de textos, 2017.

MENEZES, Franciani; FERNANDES, Lindemberg. Análise de tendência e variabilidade da precipitação no estado do Pará. **Enciclopédia biosfera**, v. 13, n. 24, 2016.

MENEZES, Hudson Ellen Alencar et al. Influência de veranico na produção agrícola no município de Santa Filomena, Piauí, Brasil. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 10, n. 4, p. 21-25, 2015.

MINUZZI, Rosandro B. Tendências na variabilidade climática de Santa Catarina, Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental [online]**. 2010, v. 14, n. 12 [Acessado 14 Janeiro 2022], pp. 1288-1293. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1415-43662010001200006>>. Epub 02 Dez 2010. ISSN 1807-1929. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662010001200006>.

MINUZZI, Rosandro Boligon; CARAMORI, Paulo Henrique Variabilidade climática sazonal e anual da chuva e veranicos no Estado do Paraná. **Revista Ceres [online]**. 2011, v. 58, n. 5, pp. 593-602.

MOURA, Maurício do Nascimento; VITORINO, Maria Isabel; ADAMI, Marcos. ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS DA PRECIPITAÇÃO PLUVIAL ASSOCIADA À PRODUTIVIDADE DE SOJA NA AMAZÔNIA LEGAL. **Revista Brasileira de Climatologia**, [S.l.], v. 22, July 2018. ISSN 2237-8642. doi:<http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v22i0.55109>.

NASCIMENTO, Wellington Ferreira et al. Efeitos da temperatura sobre a soja e milho no Estado de Mato Grosso do Sul. 2016.

NATIVIDADE, Ulisses Antônio; GARCIA, Sâmia Regina; TORRES, Roger Rodrigues. Tendência dos índices de extremos climáticos observados e projetados no estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 32, p. 600-614, 2017.

NERY, Jonas Teixeira; CARFAN, Ana Claudia; PARIZOTTO, Tatiana Mascari. ANÁLISE DA PRECIPITAÇÃO PLUVIAL NA BACIA DO PARANAPANEMA. **Revista Brasileira de Climatologia**, [S.l.], v. 5, Feb. 2017. ISSN 2237-8642.

NEVES, Gabriela Leite et al. TREND OF AIR TEMPERATURE IN THE STATE OF PARANÁ, BRAZIL (TENDÊNCIA DA TEMPERATURA DO AR NO ESTADO DO PARANÁ, BRASIL). **Revista Brasileira de Climatologia**, [S.l.], v. 18, Oct. 2016. ISSN 2237-8642. doi:<http://dx.doi.org/10.5380/abclima.v18i0.45639>.

NITSCHKE, P. R. et al. Atlas climático do estado do Paraná [recurso eletrônico]. **Londrina: Instituto Agrônomo do Paraná**, 2019. 210p.

NOBRE, Carlos A. Mudanças climáticas e o Brasil—Contextualização. **Parcerias estratégicas**, v. 13, n. 27, p. 07-18, 2010.

NORONHA, Gustavo Carneiro de; HORA, Mônica de Aquino Galeano Massera da; SILVA, Luciene Pimentel da. Análise do índice de anomalia de chuva para a microbacia de Santa Maria/Cambiocó, RJ. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 31, p. 74-81, 2016.

NUNES, Luiz Fabiano Camilo Viana. Análise histórica da severidade de secas no Ceará: efeitos da aquisição de capital hidráulico sobre a sociedade. **Revista de Gestão de Água da América Latina**, v. 17, n. 2020, 2020.

OLIVEIRA, Leilson Carvalho et al. FREQUENCIA E DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE VERANICOS NO ESTADO DO CEARÁ. (2015). II Simpósio Brasileiro de Recursos Naturais do Semiárido – SBRNS. 10.18068/IISBRNS2015.mudcli356

OLIVEIRA, Nayhara de Lima; MARCUZZO, Francisco Fernando Noronha; BARROS, Rosana Gonçalves. Influência do El Niño e La Niña no número de dias de precipitação pluviométrica no Estado do Mato Grosso. 2015.

PAIXÃO, Clodoaldo Moreno et al. Biomassa de Plantas Daninhas Emergidas em Solo Solarizado. **Ensaio e Ciência**, v. 24, n. 1, p. 54-58, 2020.

PAULA, Adriano Cesar Pereira de. Estimativa da evapotranspiração real da cultura da soja e do feijoeiro pelo método da razão de Bowen e pelo modelo SSEBop. 2018.

PENEREIRO, Júlio César et al . Distribuições de Tendências Sazonais de Temperatura Média e Precipitação nos Biomas Brasileiros. **Rev. bras. meteorol.**, São Paulo , v. 33, n. 1, p. 97-113, Mar. 2018 . <https://doi.org/10.1590/0102-7786331012>.

PENEREIRO, Júlio César; MACCHERI, Nicole Augusto; BADINGER, Anna. Análises da insolação sobre a temperatura média e a precipitação pluvial em cidades brasileiras por meio de tendências em séries anuais. *Revista Geografica Academica*, v. 11, n. 2, p. 5-23, 2017

PEREIRA, Antonio Roberto; ANGELOCCI, Luiz Roberto; SENTELHAS, Paulo Cesar. LCE 306. 2007.

PEREIRA, Maria Luana Torres et al. Variabilidade climática no Agreste de Pernambuco e os desastres decorrentes dos extremos climáticos. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, v. 2, n. 4, p. 394-402, 2017.

PERTUSSATTI, Caroline Alvarenga. Veranicos no estado do Mato Grosso: análise da variabilidade espaço-temporal e modelagem estatística. 2013.

PESSINI, Priscila Bogo; CHAGAS, Vinícius Bogo P.; CHAFFE, Pedro Luiz Borges. Aplicação do Índice de Precipitação Padronizado (SPI) para a região Sul do Brasil (1975-2010).

PIMENTEL, Daniel Amaral Mello; TONIN, Julyerme Matheus; TONIN, João Ricardo. O PAPEL DO SEGURO AGRÍCOLA NA GESTÃO DO RISCO RURAL: ESTUDO DOS PRODUTORES QUE UTILIZAM O SISTEMA FINANCEIRO MARINGAENSE. 2013.

PINHEIRO, Adilson; GRACIANO, Regina Luiza Gouvêa; SEVERO, Dirceu Luís. Tendência das séries temporais de precipitação da região Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 28, p. 281-290, 2013.

PRIMO, Daniele Freitas; TREVISAN, Diego Peruchi; DUARTE, Rogério Teixeira. Análise comparativa de métodos de estimativa de evapotranspiração para fins agrícolas na região de São Carlos-SP. **Revista Brasileira de Iniciação Científica**, v. 6, n. 1, p. 13-32, 2018.

QUADROS, Luciana Espíndula de et al. A ocorrência de secas meteorológicas no Estado do Paraná: utilizando dados históricos e simulados. 2017.

RAMOS, Henrique da Cruz et al . PRECIPITAÇÃO PLUVIAL DE DIAMANTINO-MT EM ANOS DE OCORRÊNCIA DE EL NIÑO, LA NIÑA E NEUTROS. **Rev. bras. meteorol.**, São Paulo , v. 30, n. 1, p. 71-80, Mar. 2015. <https://doi.org/10.1590/0102-778620120477>.

RENATO, Natalia S. et al. Modelo fotossintético para simulação da produtividade do milho em condições de temperatura e CO2 elevados. **Revista de Ciências Agrárias**, v.

41, n. 4, p. 211-220, 2018.

RIBEIRO, Roberta Everllyn Pereira et al. Análise da tendência climática nas séries temporais de temperatura e precipitação de Tucuruí-Pará. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 7, n. 5, p. 798-807, 2014

RODRIGUES, Carlos Miranda. Evaporação e evapotranspiração-Capítulo 8. 2017.

ROLDÃO, Aline de Freitas et al. Influência do fenômeno veranico na produtividade da soja na mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba-MG. 2015. <https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/16220>

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

ROSSATTO, Antônio Augusto et al. Determinação da evapotranspiração da cultura da soja em condições irrigadas e de sequeiro na safra 2018/2019 em Ibirubá/RS pelo modelo SIMDualKc. In: **4º Salão de Pesquisa, Extensão e Ensino do IFRS**. 2019.

ROSSO, Flávia V. et al. Trends and decadal variability in air temperature over Southern Brazil. **American Journal of Environmental Engineering**, v. 5, n. 1A, p. 85-95, 2015.

SALTON, Flávia Galvanini; MORAIS, Heverly; LOHMANN, Marciel. Períodos Secos no Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 36, p. 295-303, 2021.

SANTOS, David N. dos et al. Estudo de alguns cenários climáticos para o Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 5, p. 492-500, 2010. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662010000500006>.

SANTOS, Joelson Oliveira; DA SILVA ALVES, Janaina. Mudanças climáticas, comércio intranacional e exportações agrícolas à luz do modelo gravitacional: estimativas para o nordeste brasileiro. **DRd-Desenvolvimento Regional em debate**, v. 10, p. 324-347, 2020.

SANTOS, Kelly Marina Silva. Avaliação da eficiência do monitor de secas para definição de secas em Sergipe. 2020.

SCHMIDT, D. M.; LIMA, K. C.; JESUS, E. S.. Variability Climatic of Water Availability in the Semiarid of the State of Rio Grande do Norte. **Anuário do Instituto de Geociências - Ufrj**, [S.L.], v. 41, n. 3, p. 483-491, 4 dez. 2018. Instituto de Geociências - UFRJ. [http://dx.doi.org/10.11137/2018\\_3\\_483\\_491](http://dx.doi.org/10.11137/2018_3_483_491).

SENTELHAS, ALR; ANGELOCCI, Luiz Roberto. Introdução à Meteorologia Agrícola. **Universidade de São Paulo**, 2016.

SILVA, A. F. A.; COSTA, V. A. F. CARACTERIZAÇÃO ESPACIAL DE SECAS METEOROLÓGICAS E HIDROLÓGICAS NA PORÇÃO MINEIRA DA BACIA DO SÃO FRANCISCO. 2021

- SILVA, M. M. P.; OLIVEIRA, N. F.; CAVALCANTI, N. B. Probabilidade de ocorrência de dias secos e chuvosos. **Boletim Técnico do Instituto Nacional de Meteorologia**, v. 20, n. 146, 1981.
- SILVA, Mariana Mendes; FERREIRA, Vanderlei Oliveira. Duração da estação chuvosa e ocorrência de veranicos na Bacia do Rio Paranaíba. **Revista do Departamento de Geografia**, v. 29, p. 100-115, 2015.
- SILVA, Roberto Omena Barbosa da; MONTENEGRO, Suzana Maria Gico Lima; SOUZA, Weronica Meira de. Tendências de mudanças climáticas na precipitação pluviométrica nas bacias hidrográficas do estado de Pernambuco. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 22, p. 579-589, 2017.
- SILVA, Vicente de PR et al. Teleconnections between sea-surface temperature anomalies and air temperature in northeast Brazil. **JASTP**, v. 68, n. 7, p. 781-792, 2006.
- SILVA, Wanderson Luiz et al. Tendências observadas em indicadores de extremos climáticos de temperatura e precipitação no estado do Paraná. **Rev. bras. meteorol.**, São Paulo, v. 30, n. 2, p. 181-194, June 2015. <https://doi.org/10.1590/0102-778620130622>.
- SILVA, Wanderson Luiz et al. Tendências observadas em indicadores de extremos climáticos de temperatura e precipitação no estado do Paraná. **Revista Brasileira de Meteorologia [online]**. 2015, v. 30, n. 2 [Acessado 14 Janeiro 2022], pp. 181-194. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/0102-778620130622>>. ISSN 1982-4351. <https://doi.org/10.1590/0102-778620130622>.
- SILVA, Yane de Freitas da. Uso do algoritmo SAFER para evapotranspiração real na cultura da soja. 2018.
- SOUZA, Tamires Teles de. **Simulação de cenários agrícolas futuros para a cultura do milho no Brasil com base em projeções de mudanças climáticas**. 2018. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- SPINELLI, K.; NASCIMENTO, R. da S. MITIGAÇÃO E RESPOSTA DE ENFRENTAMENTO AOS PERÍODOS DE ESTIAGEM DOS AGRICULTORES DE CHAPECÓ (SC). **Geografia em Questão**, [S. l.], v. 14, n. 2, 2021. DOI: 10.48075/geoq.v14i02.22969. Disponível em: <https://e-revista.unioeste.br/index.php/geomquestao/article/view/22969>.
- SUASSUNA, Arthur de Souza Antunes; MAIA, Adelena Gonçalves. Aplicação do índice de precipitação padronizado (SPI) para identificação de períodos de seca no Rio Grande do Norte. **XXII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, p. 1-8, 2017.
- TAVARES, António. The impact of climate change on health. *Acta Medica Portuguesa*, v. 31, n. 5, p. 241-242, 2018. doi:<http://dx.doi.org/10.20344/amp.10473>
- TAVARES, Válter Cardoso; DE ARRUDA, Ítalo Rodrigo Paulino; DA SILVA, Danielle Gomes. Desertificação, mudanças climáticas e secas no semiárido brasileiro: uma revisão bibliográfica. **GeoSul**, v. 34, n. 70, p. 385-405, 2019.

Tecnologias de produção de soja – Região Central do Brasil 2014. – Londrina: Embrapa Soja, 2013. 265p. ; 21cm. – (Sistemas de Produção / Embrapa Soja, ISSN 2176- 2902; n.16)

TEIXEIRA, Cecília Tayse Muniz; PIRES, Maria Luiza Lins Silva. Análise da relação entre produção agroecológica, resiliência e reprodução social da agricultura familiar no Sertão do Araripe. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 55, p. 47-64, 2017.

TEIXEIRA, Claudia Fernanda Almeida et al . Intensidade da seca utilizando índices de precipitação. **Rev. Ambient. Água**, Taubaté , v. 8, n. 3, p. 203-213, Dec. 2013. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1245>.

THOM, Herbert CS. A note on the gamma distribution. **Monthly Weather Review**, v. 86, n. 4, p. 117-122, 1958.

THORNTHWAITE, C. W.; MATHER, J. R. The water balance. 104. **Publications in Climatology III (1) Drexel Institute of Technology, Centerton, New Jersey, USA**, 1955.

THORNTHWAITE, Charles Warren. An approach toward a rational classification of climate. **Geographical review**, v. 38, n. 1, p. 55-94, 1948.

TOREZANI, Tomás Amaral; CALDAS, Bruno Breyer; CALDEIRA, João Frois. Matriz Insumo Produto do RS e Brasil: Estimando os Multiplicadores Totais e os Impactos das Quebras de Safra da Soja no RS. **Encontro de Economia Gaúcha**, v. 8, p. 2016, 2016.

ULIANA, Eduardo Morgan et al. Análise de tendência em séries históricas de vazão e precipitação: uso de teste estatístico não paramétrico. **Revista Ambiente & Água**, v. 10, p. 82-88, 2015.

ULIANA, Eduardo Morgan et al. Utilização do índice de precipitação padronizado para a região Norte do Estado do Espírito Santo. **IRRIGA**, v. 20, n. 3, p. 414-428, 2015.

VAN LOON, Anne F. Hydrological drought explained. **Wiley Interdisciplinary Reviews: Water**, v. 2, n. 4, p. 359-392, 2015.

VAREJÃO-SILVA, Mário Adelmo. Meteorologia e climatologia: versão digital 2. Recife: Esalq, p. 449, 2006.

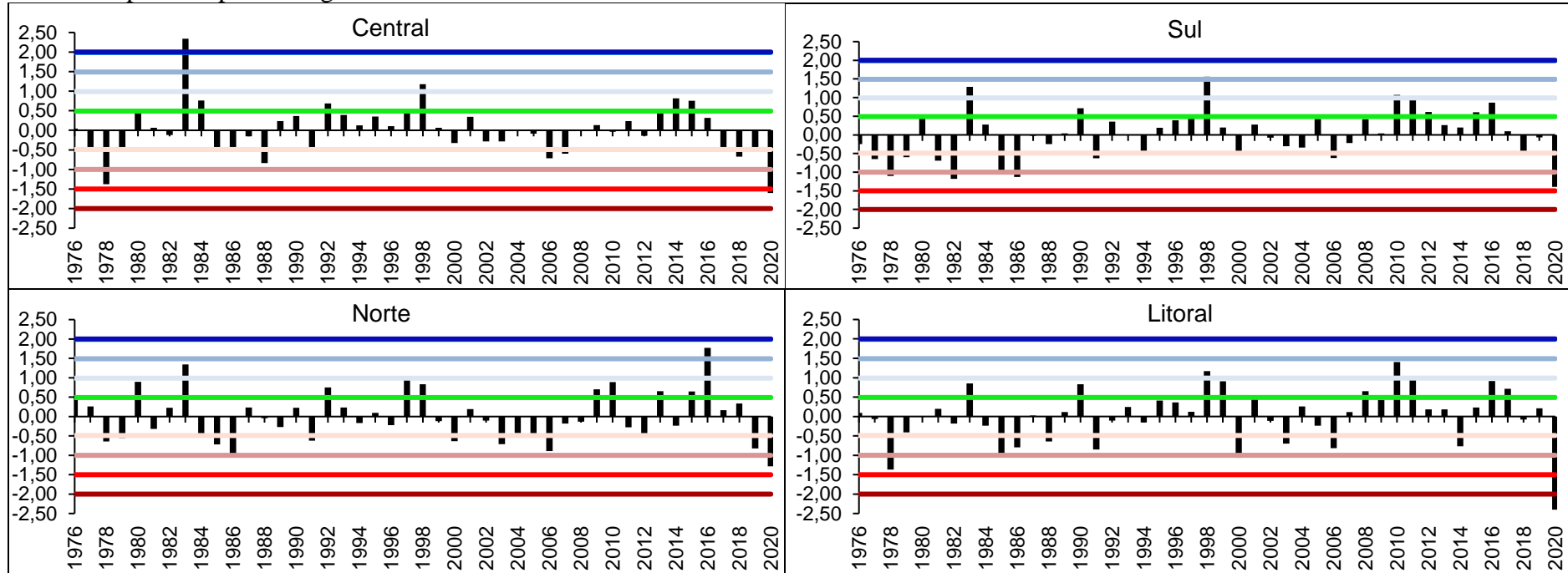
VENANCIO, Luan Peroni et al. EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE CULTURA: UMA ABORDAGEM DOS PRINCIPAIS MÉTODOS APLICADOS ÀS PESQUISAS CIENTÍFICAS E NA AGRICULTURA. **Irriga**, v. 24, n. 4, p. 719-746, 2019.

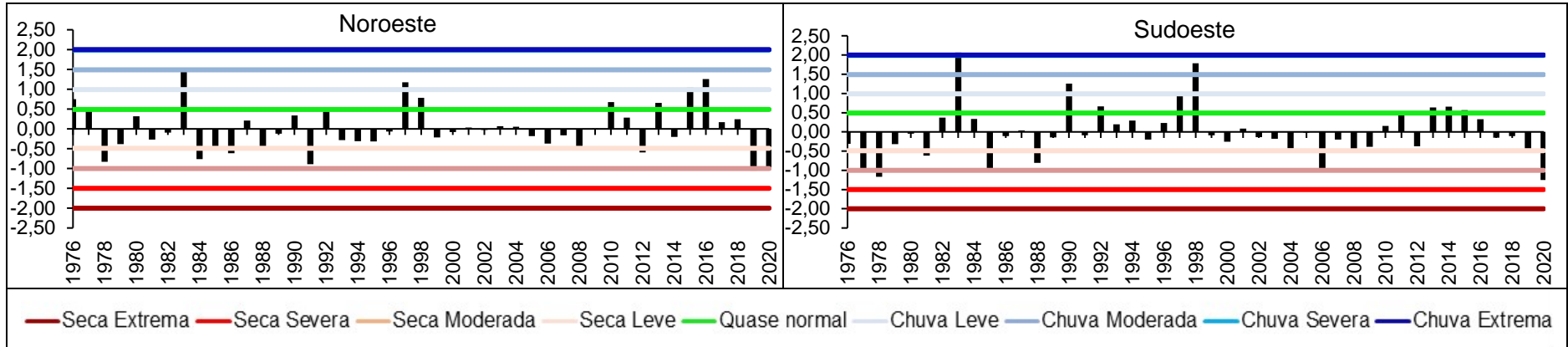
WILHITE, D.A. GLANTZ, M.H., 1985. Understanding: the drought phenomenon: the role of definitions. **Water international**, 10(3), pp.111-120.

WILLMOTT, Cort J. On the validation of models. **Physical geography**, v. 2, n. 2, p. 184-194, 1981.

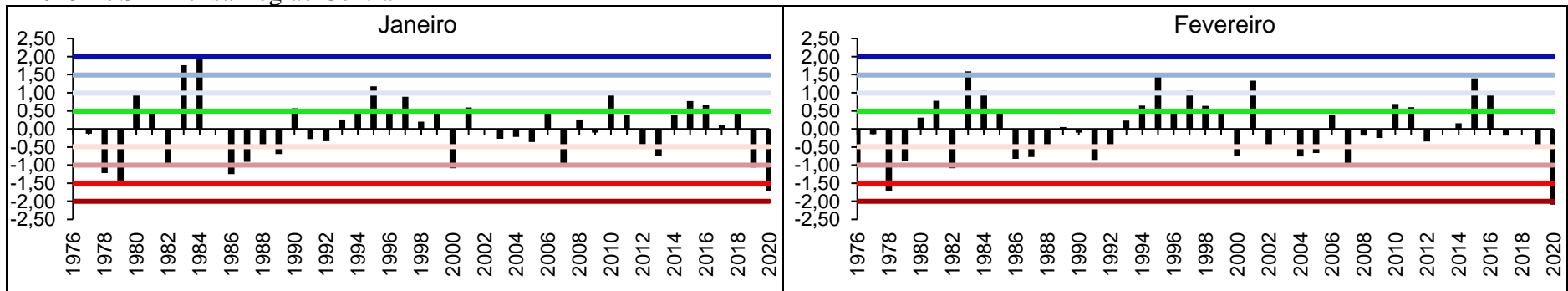
6. ANEXOS

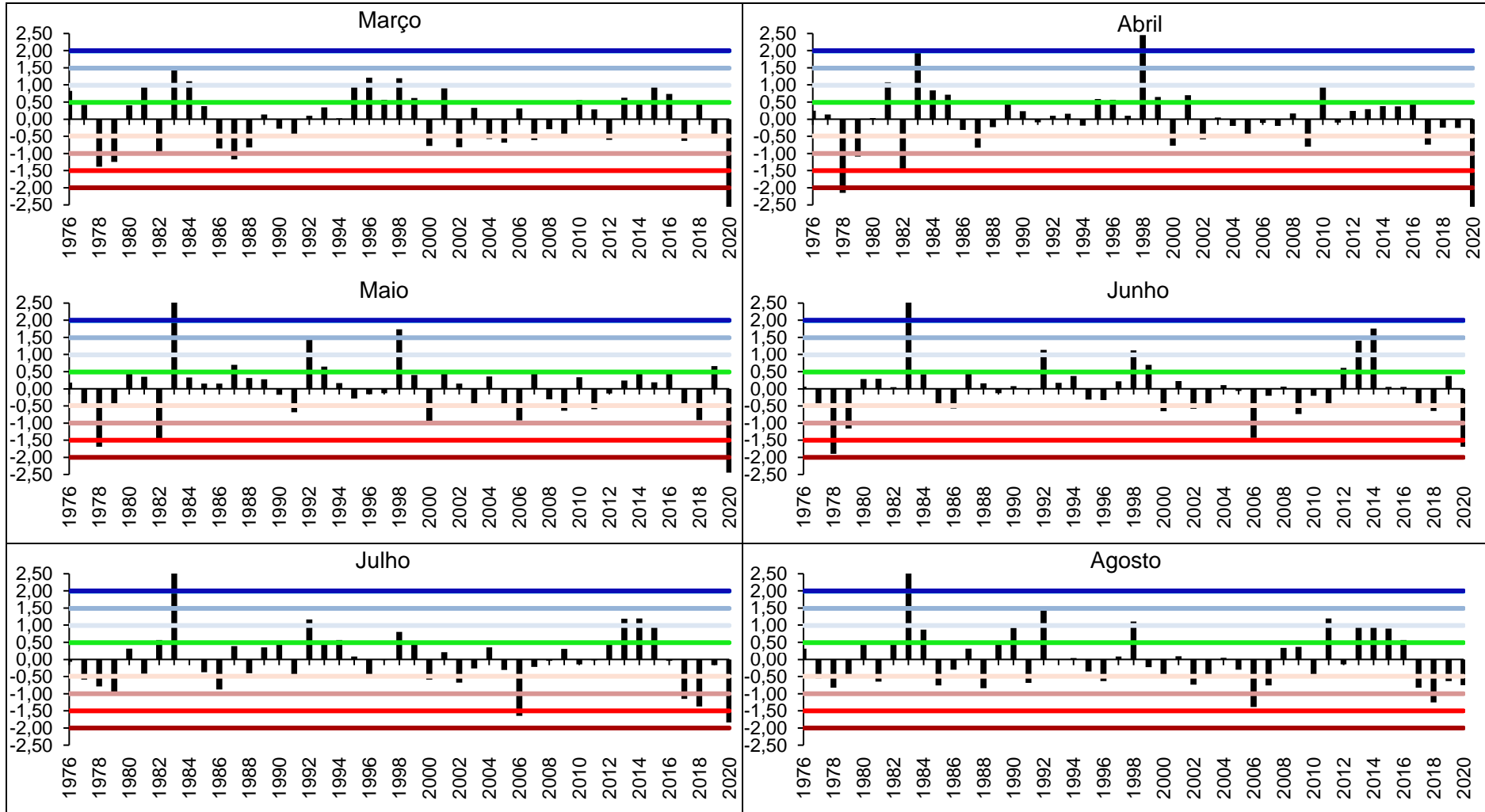
Anexo I. Spi anual para as regiões do estado do Paraná

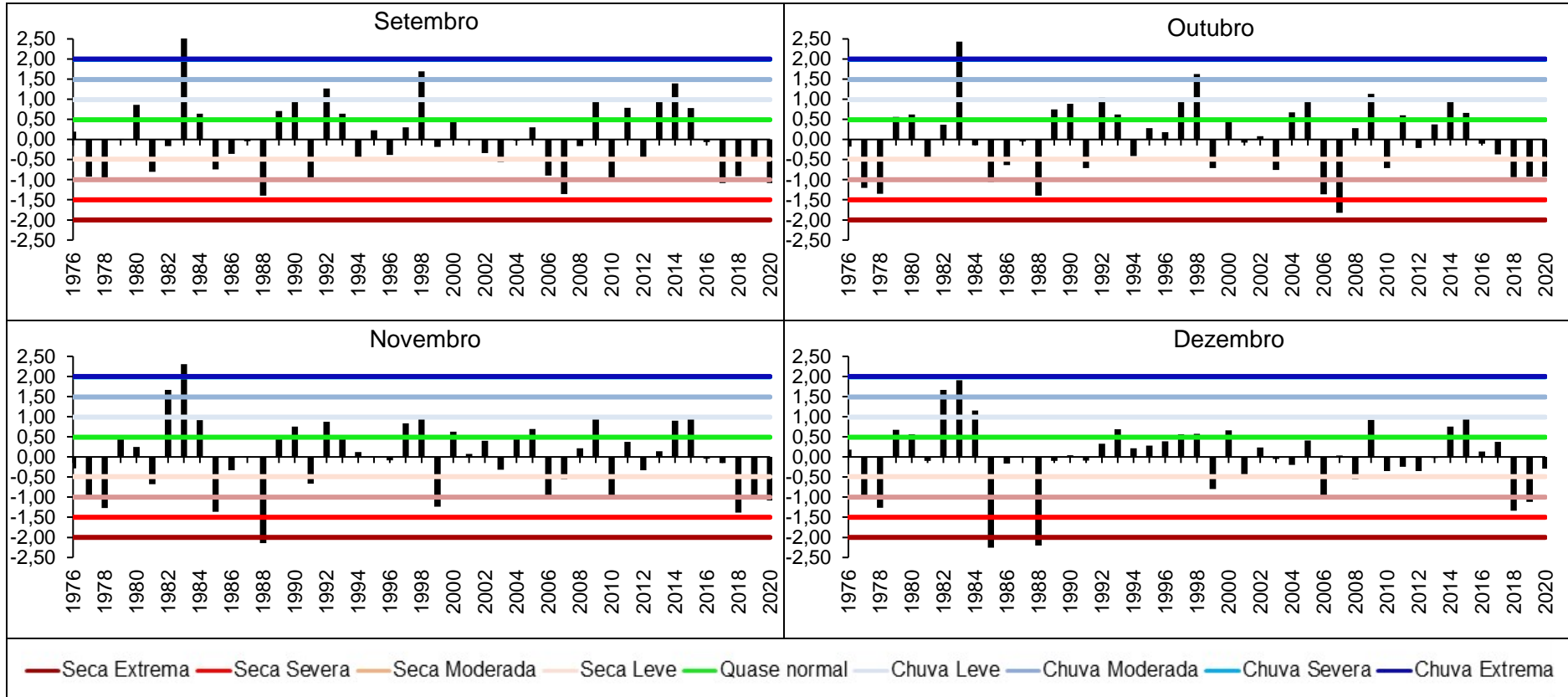




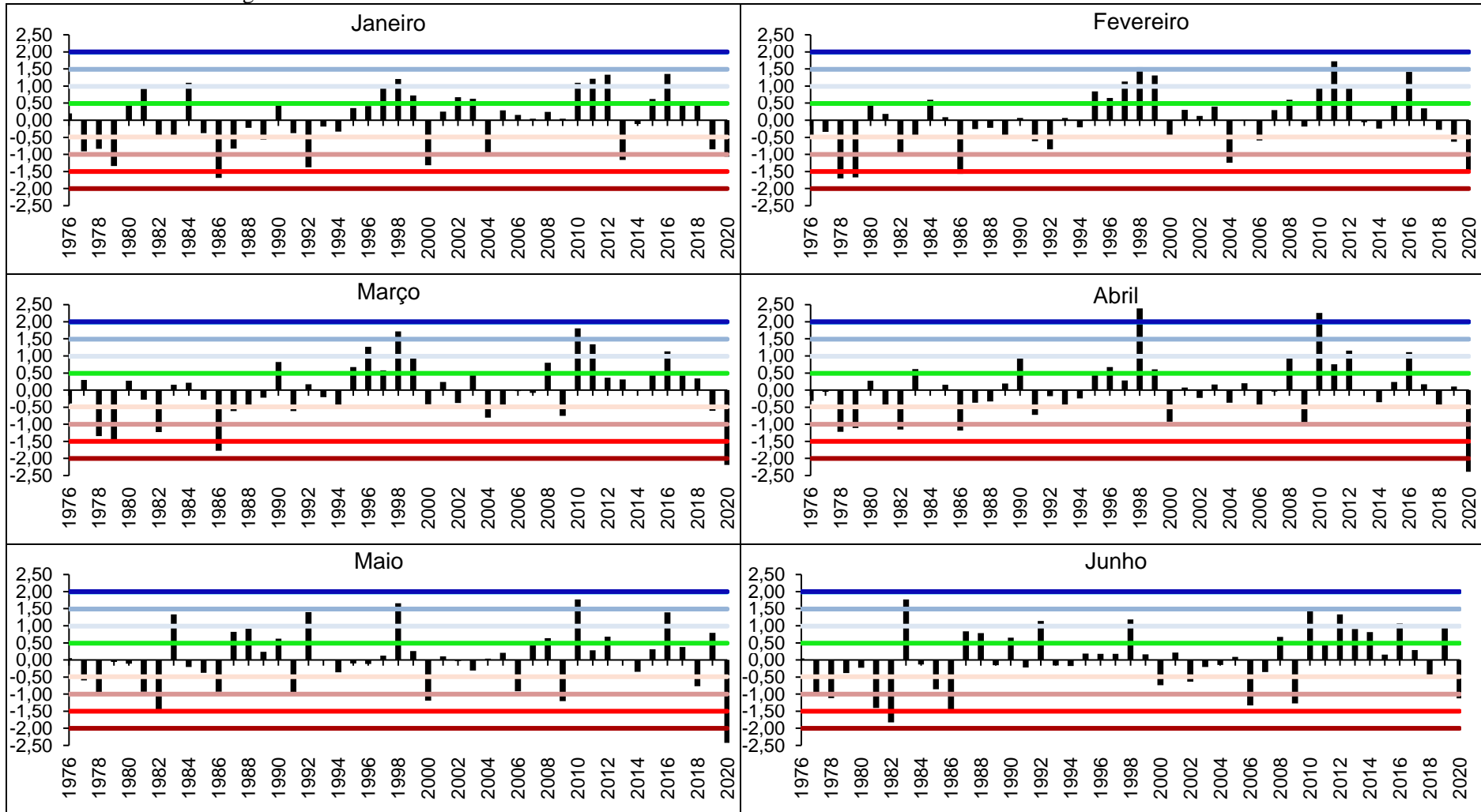
**Anexo II. SPI mensal região Central**

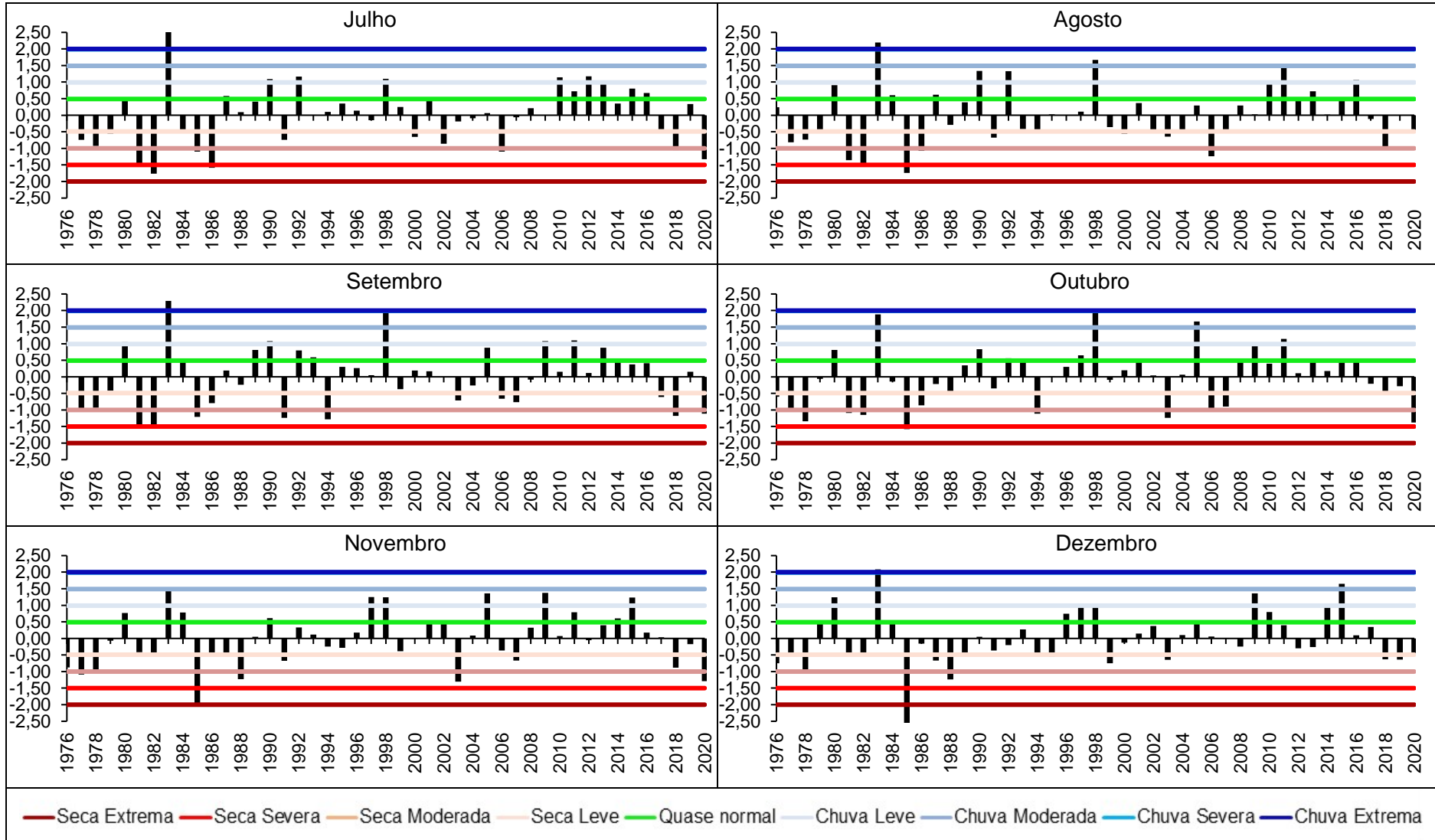




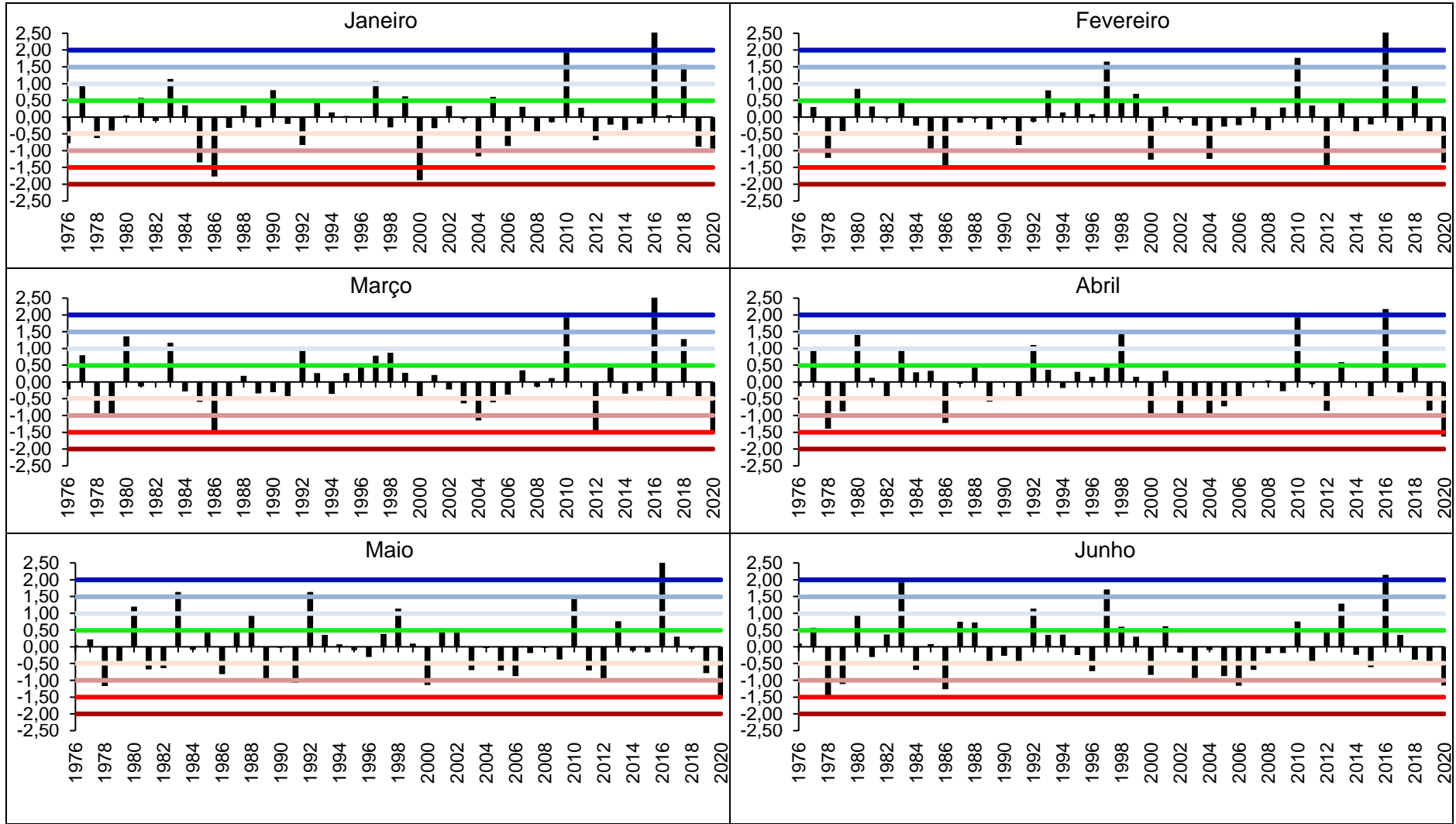


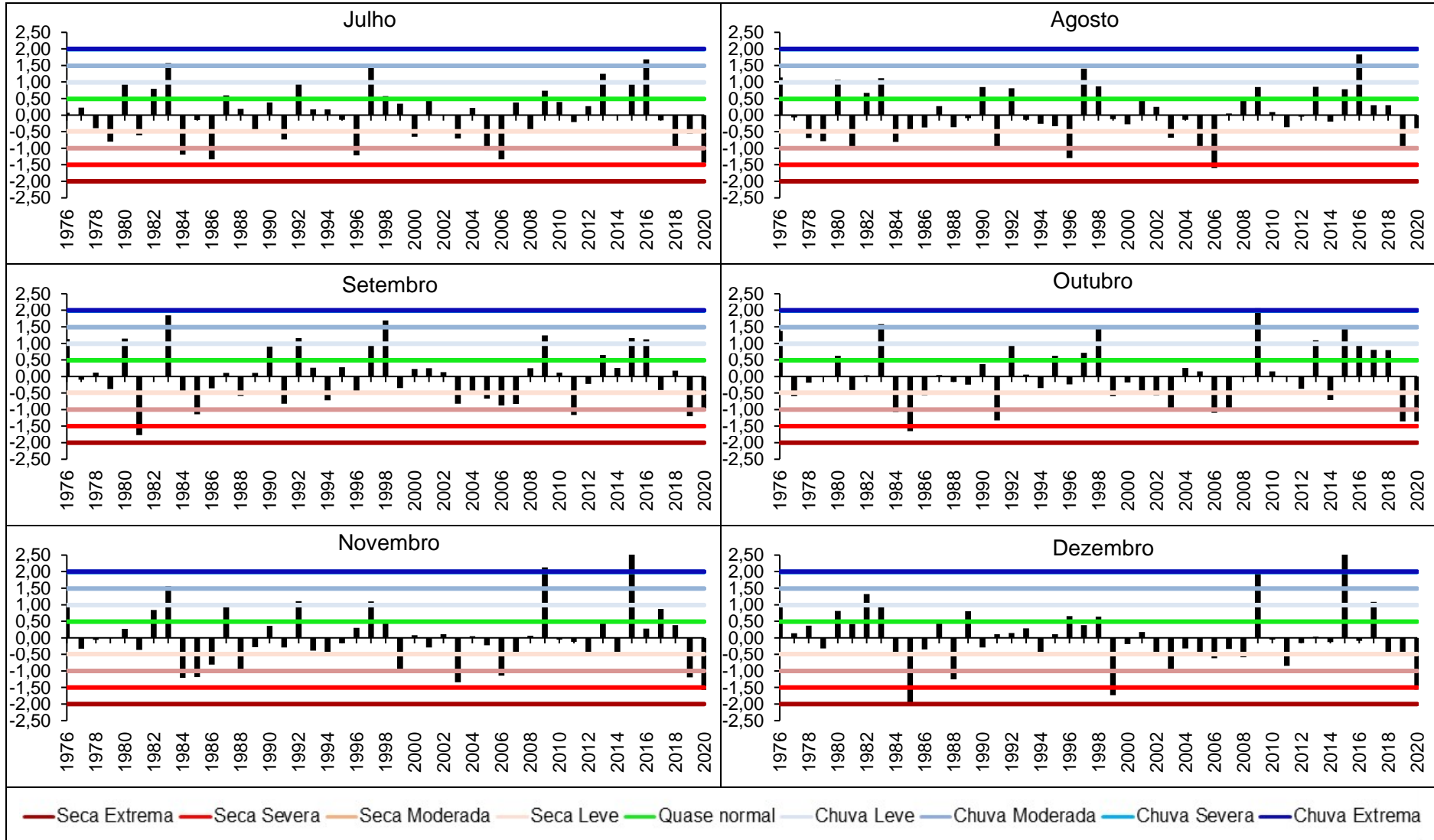
Anexo III. SPI mensal região Sul



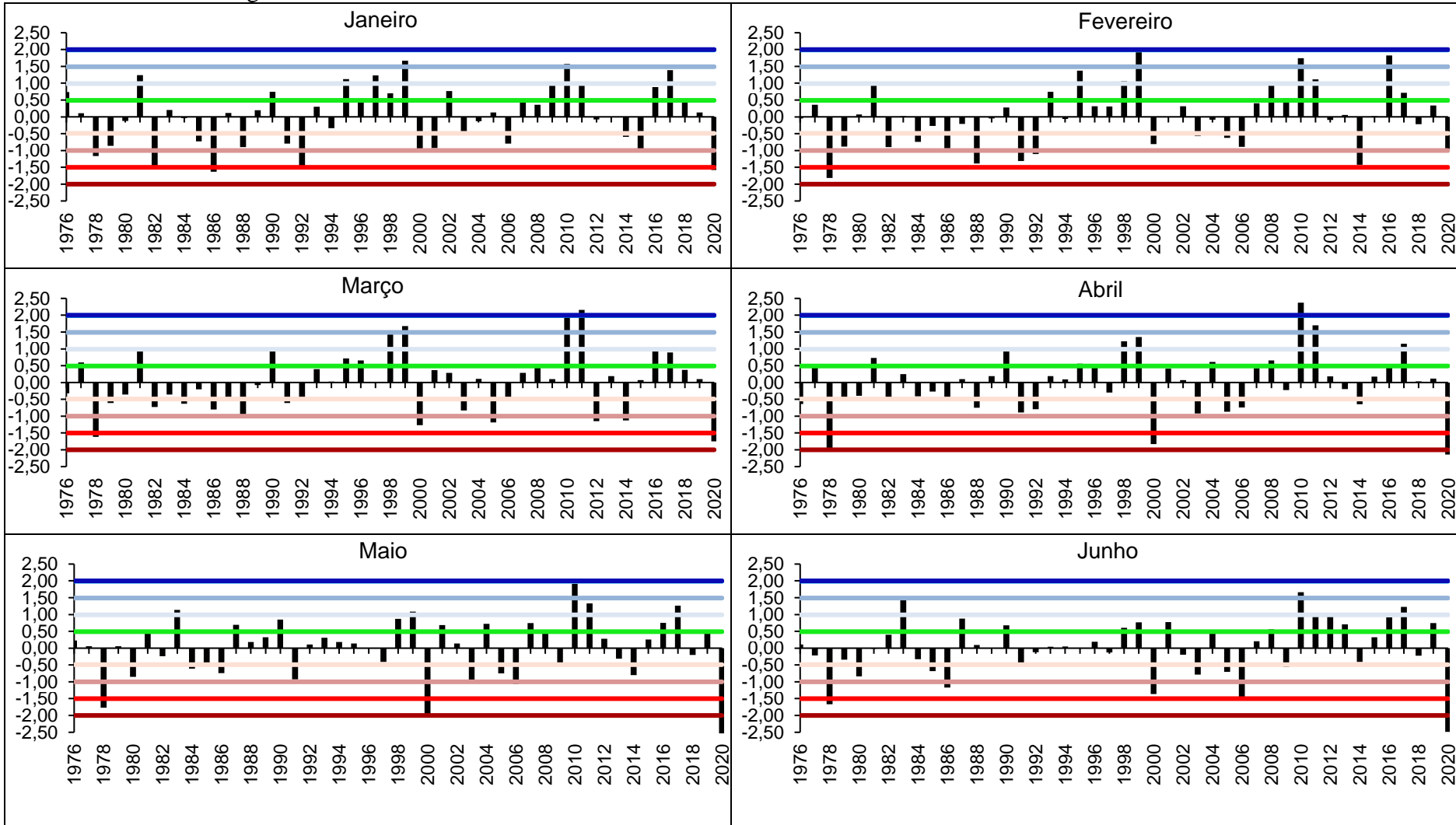


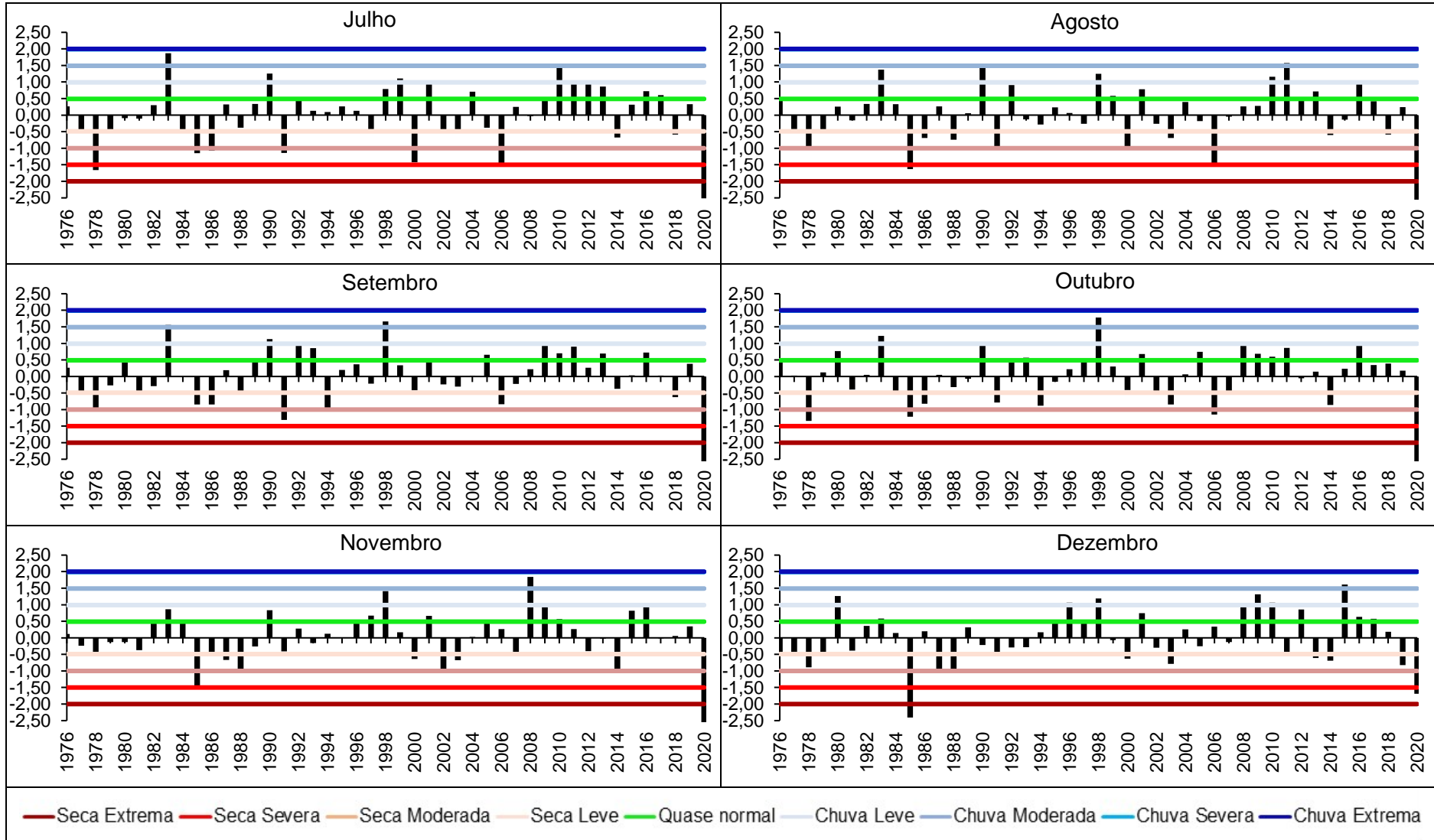
Anexo IV. SPI mensal região Norte



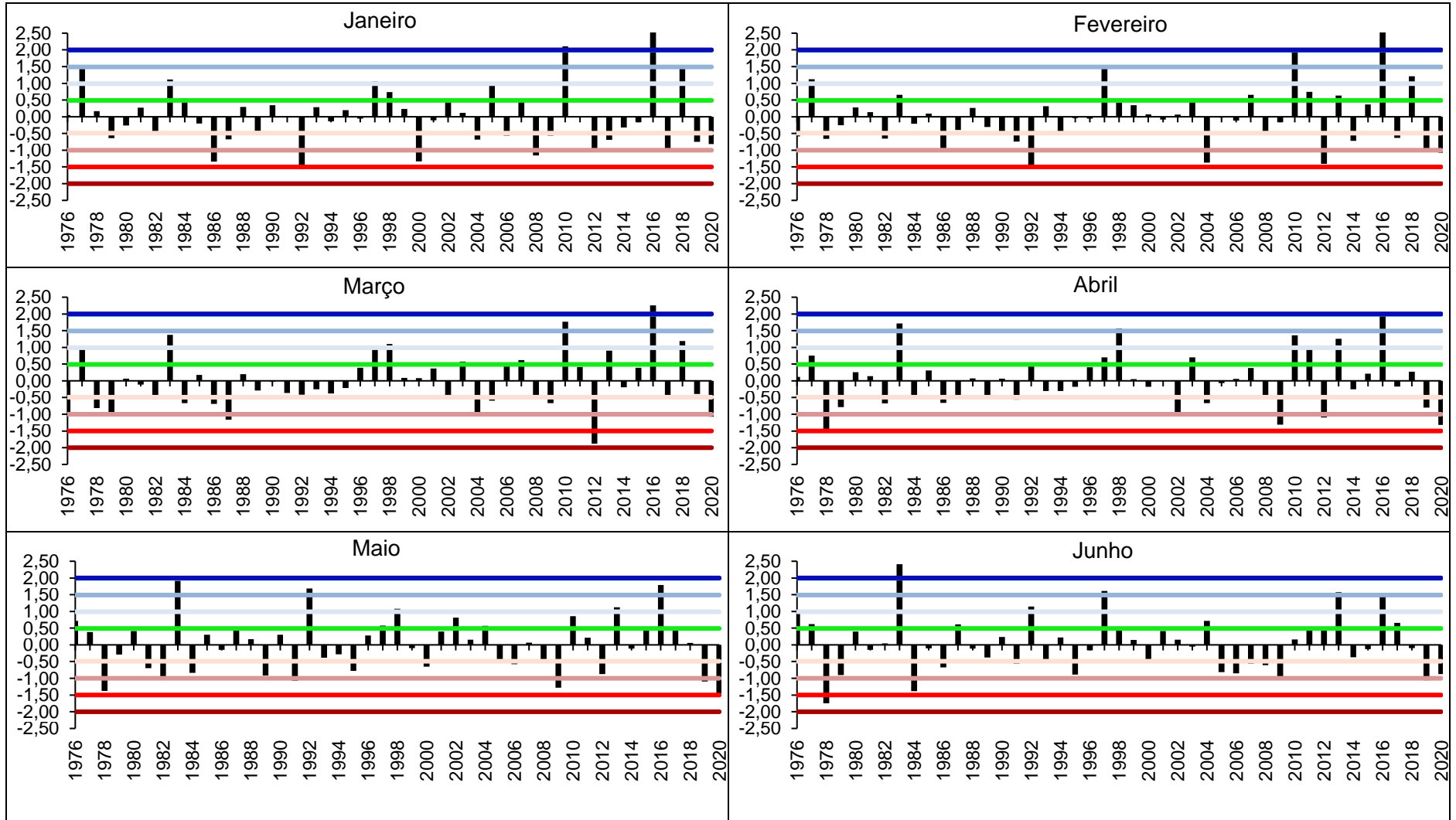


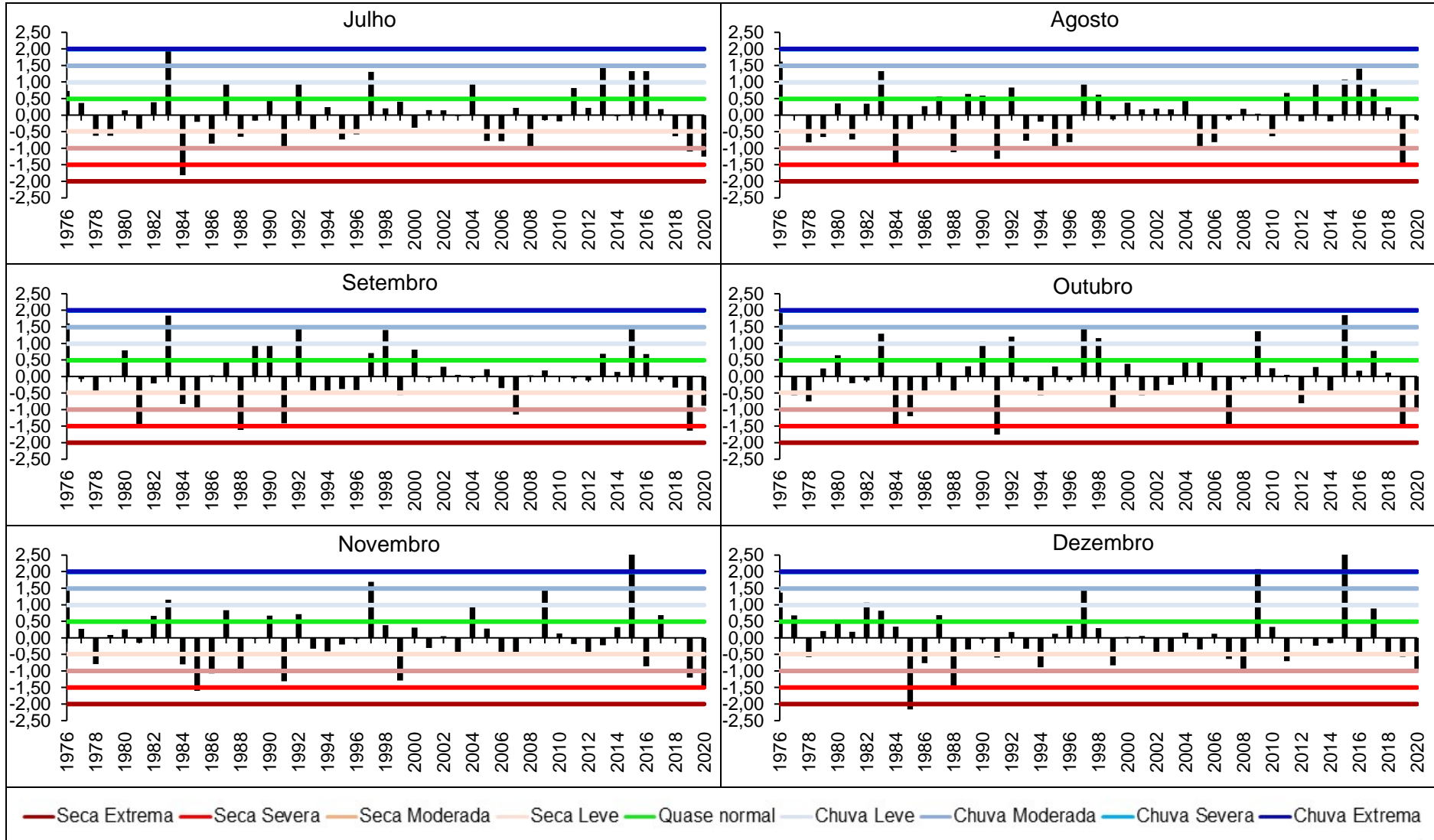
**Anexo V. SPI mensal região Litoral**



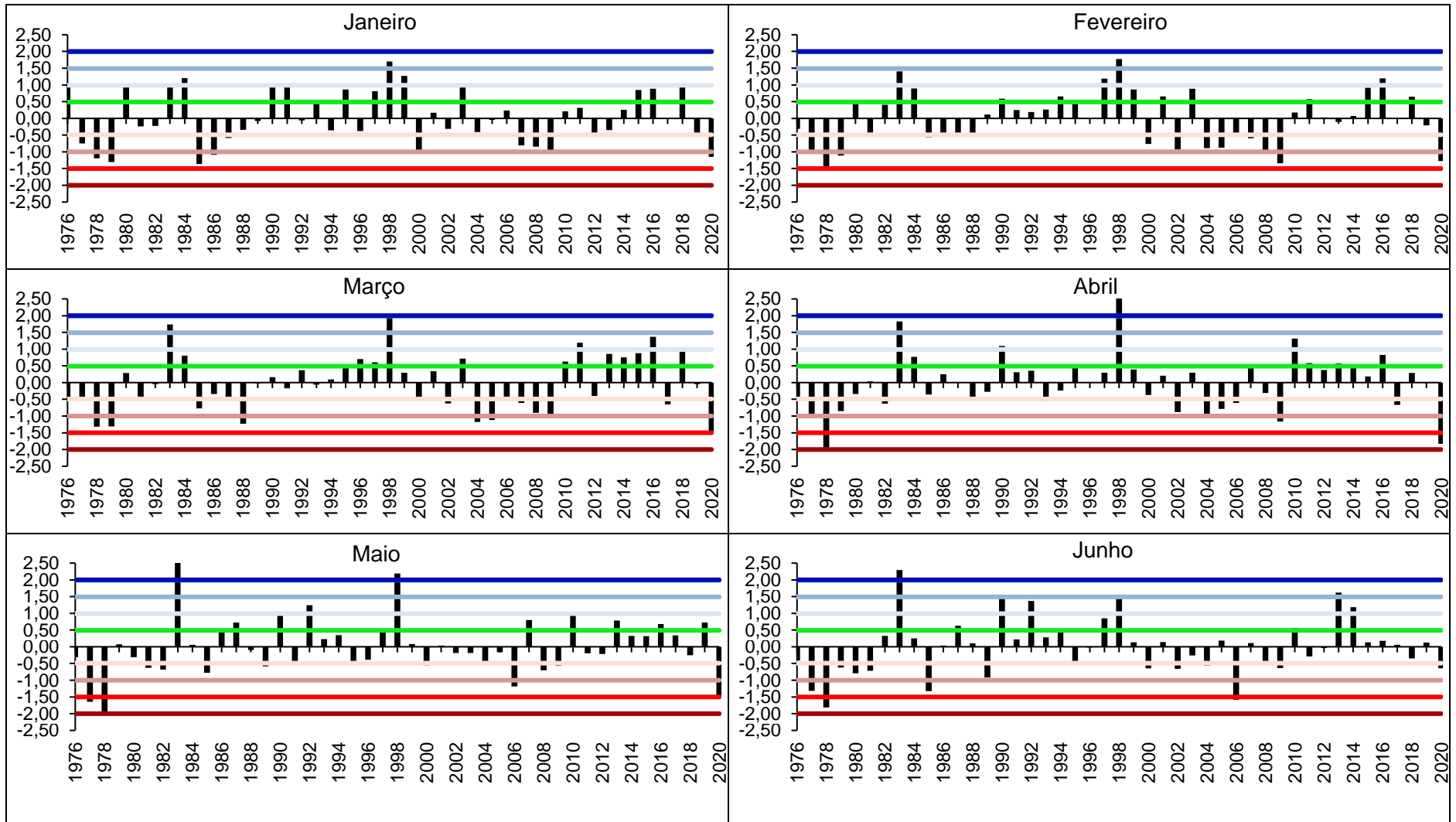


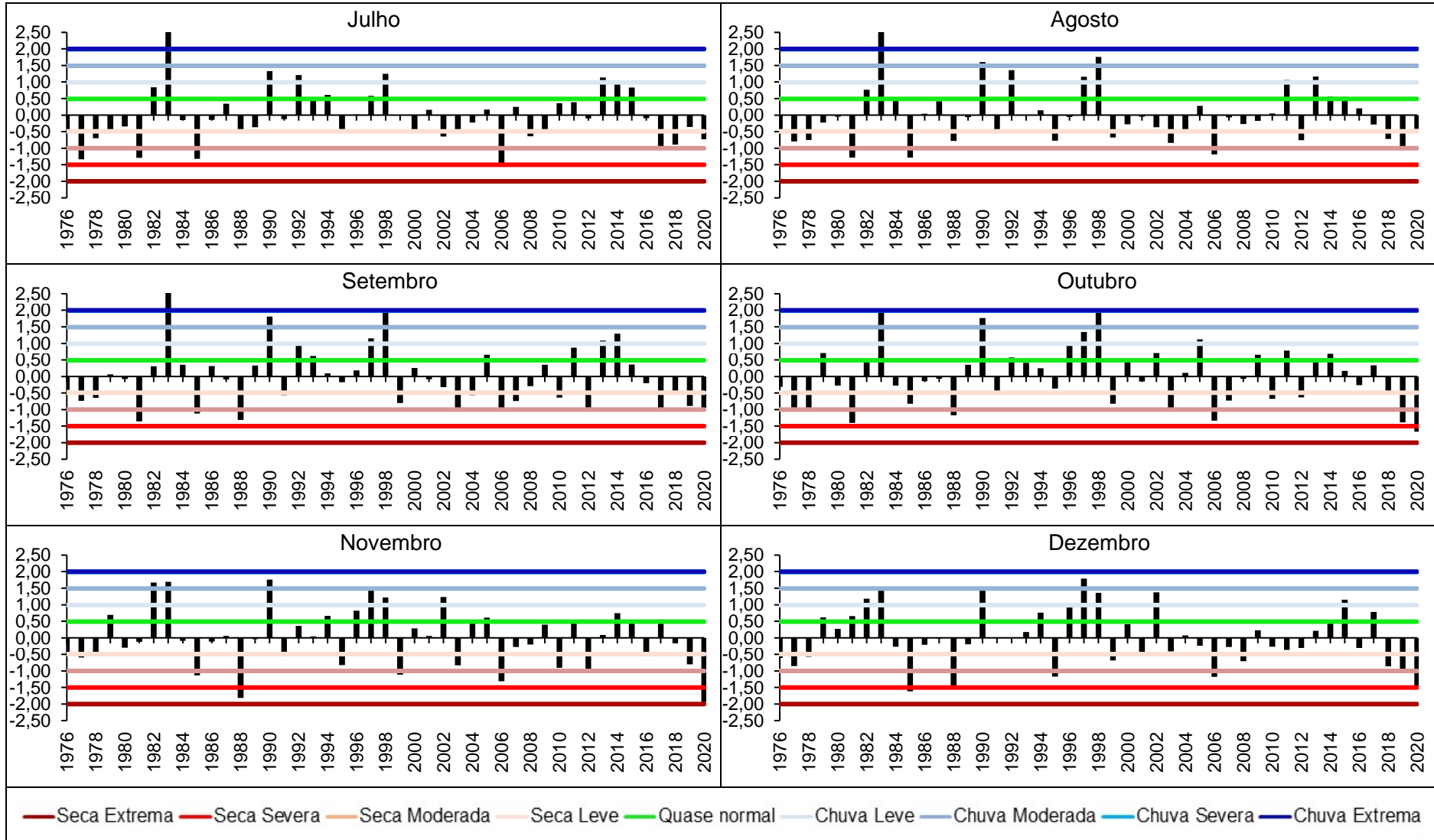
Anexo VI. SPI mensal região Noroeste





Anexo VII. SPI mensal região Sudoeste





**Anexo VIII.** Frequência decendial de estiagem pela soma móvel para dias com precipitação igual a 4 mm dia<sup>-1</sup> em porcentagem (%).

Mesorregião	JAN 1	JAN 2	JAN 3	FEV 1	FEV 2	FEV 3	MAR 1	MAR 2	MAR 3
<b>Central</b>	6,75 a2	6,66 a2	7,24 a2	6,66 a2	6,79 a2 a3	5,39 a1 a2	7,69 a2	7,72 a3	8,23 a2
<b>Sul</b>	6,70 a2	6,65 a2	8,09 a4	7,56 a4	6,76 a2 a3	5,49 a2 a3	7,65 a2	7,99 a4 a5	8,65 a3 a4
<b>Norte</b>	6,60 a2	6,78 a2	7,57 a2 a3	7,06 a3	6,59 a2	5,80 a3 a4	8,04 a3	7,32 a2	9,03 a5
<b>Litoral</b>	5,81 a1	5,51 a1	5,71 a1	6,03 a1	5,62 a1	5,08 a1	6,25 a1	6,36 a1	7,34 a1
<b>Noroeste</b>	6,83 a2 a3	6,87 a2	8,17 a4	7,08 a3	6,64 a2	6,04 a4	8,05 a3	7,80 a3 a4	8,99 a4 a5
<b>Sudoeste</b>	7,18 a3	6,89 a2	7,83 a3 a4	6,68 a2	7,08 a3	5,36 a1 a2	7,89 a2 a3	8,10 a5	8,53 a2 a3
<b>Média Geral</b>	<b>6,64</b>	<b>6,56</b>	<b>7,44</b>	<b>6,84</b>	<b>6,58</b>	<b>5,53</b>	<b>7,60</b>	<b>7,55</b>	<b>8,46</b>
<b>Cv(%)</b>	<b>13,02</b>	<b>14,20</b>	<b>11,50</b>	<b>11,59</b>	<b>13,62</b>	<b>13,92</b>	<b>9,50</b>	<b>7,86</b>	<b>9,66</b>
Mesorregião	ABR 1	ABR 2	ABR 3	MAI 1	MAI 2	MAI 3	JUN1	JUN2	JUN3
<b>Central</b>	8,04 a1	7,91 a1	7,80 a2	8,20 a1	7,97 a1	8,33 a1	8,27 a1 a2	7,65 a1	7,95 a1
<b>Sul</b>	8,32 a2	8,43 a2	8,32 a3	8,73 a2	8,35 a2	8,89 a2	8,37 a2 a3	8,09 a2 a3	8,32 a2 a3
<b>Norte</b>	8,43 a2	8,42 a2	8,39 a3	8,55 a2	8,18 a1 a2	8,86 a2	8,62 a3	8,75 a4	8,49 a3
<b>Litoral</b>	7,82 a1	7,72 a1	7,47 a1	8,18 a1	8,03 a1	8,72 a2	8,33 a1 a2	8,33 a3	8,23 a1 a2 a3
<b>Noroeste</b>	8,50 a2	8,43 a2	8,51 a3	8,69 a2	8,25 a1 a2	8,87 a2	8,54 a2 a3	8,68 a4	8,50 a3
<b>Sudoeste</b>	8,01 a1	7,74 a1	7,87 a2	8,20 a1	8,03 a1	8,39 a1	8,06 a1	7,95 a2	8,06 a1 a2
<b>Média Geral</b>	<b>8,19</b>	<b>8,11</b>	<b>8,06</b>	<b>8,42</b>	<b>8,14</b>	<b>8,68</b>	<b>8,37</b>	<b>8,24</b>	<b>8,26</b>
<b>Cv(%)</b>	<b>6,57</b>	<b>7,28</b>	<b>8,42</b>	<b>7,74</b>	<b>8,13</b>	<b>8,40</b>	<b>7,47</b>	<b>7,20</b>	<b>7,99</b>
Mesorregião	JUL1	JUL 2	JUL 3	AGO 1	AGO 2	AGO 3	SET 1	SET 2	SET 3
<b>Central</b>	7,89 a1	8,18 a1 a2	9,26 a1	8,24 a1	8,47 a2	9,40 a1 a2	8,11 a2 a3	7,60 a1	7,31 a1
<b>Sul</b>	8,22 a2	8,36 a2	9,15 a1	8,51 a2	8,65 a2	9,45 a2	7,94 a1 a2	7,76 a1	7,35 a1
<b>Norte</b>	8,80 a3	8,87 a3	10,05 a2	9,11 a3	9,07 a3	9,98 a3	8,33 a3	8,13 a2	7,90 a3
<b>Litoral</b>	8,11 a1 a2	8,34 a2	9,20 a1	8,56 a2	8,49 a2	9,57 a2	7,78 a1	7,69 a1	7,43 a1 a2
<b>Noroeste</b>	8,90 a3	9,14 a4	10,05 a2	9,14 a3	8,98 a3	9,98 a3	8,26 a3	8,40 a2	7,72 a2 a3
<b>Sudoeste</b>	7,89 a1	8,03 a1	9,01 a1	8,40 a1 a2	8,17 a1	9,18 a1	8,34 a3	7,41 a1	7,30 a1
<b>Média Geral</b>	<b>8,30</b>	<b>8,49</b>	<b>9,45</b>	<b>8,66</b>	<b>8,64</b>	<b>9,59</b>	<b>8,13</b>	<b>7,83</b>	<b>7,50</b>

Cv(%)	7,70	7,22	7,29	6,89	6,87	6,38	6,77	10,58	10,04
Mesorregião	OUT 1	OUT 2	OUT 3	NOV 1	NOV 2	NOV 3	DEZ 1	DEZ 2	DEZ 3
<b>Central</b>	6,83 a1	6,88 a1 a2	7,99 a2	7,23 a1	7,54 a2	7,36 a2	7,15 a2 a3	7,05 a2	7,54 a1 a2
<b>Sul</b>	7,09 a1 a2	7,06 a2	8,63 a3	7,63 a2	7,71 a2 a3	8,01 a4	7,34 a2 a3	7,41 a3 a4	7,81 a2
<b>Norte</b>	7,91 a3	7,70 a3	8,78 a3	7,60 a2	7,59 a2	7,64 a3	7,10 a2	7,12 a2 a3	7,57 a1 a2
<b>Litoral</b>	7,11 a2	6,66 a1	8,15 a2	7,25 a1	6,83 a1	7,04 a1	6,79 a1	6,64 a1	7,27 a1
<b>Noroeste</b>	8,10 a3	7,56 a3	8,80 a3	7,72 a2	7,98 a3	7,97 a4	7,73 a4	7,69 a4	7,74 a2
<b>Sudoeste</b>	7,12 a2	6,98 a1 a2	7,70 a1	7,11 a1	7,64 a2	7,55 a2 a3	7,40 a3	7,40 a3 a4	7,86 a2
<b>Média Geral</b>	<b>7,36</b>	<b>7,14</b>	<b>8,34</b>	<b>7,42</b>	<b>7,55</b>	<b>7,59</b>	<b>7,25</b>	<b>7,22</b>	<b>7,63</b>
<b>Cv(%)</b>	<b>8,57</b>	<b>10,92</b>	<b>6,66</b>	<b>9,53</b>	<b>9,58</b>	<b>8,35</b>	<b>8,48</b>	<b>9,87</b>	<b>9,92</b>

**Anexo IX.** Frequência decendial de estiagem pela soma móvel para dias com precipitação igual a 0 mm dia<sup>-1</sup> em porcentagem (%).

Mesorregião	JAN 1	JAN 2	JAN 3	FEV 1	FEV 2	FEV 3	MAR 1	MAR 2	MAR 3
<b>Central</b>	4,75 a2	4,80 a2 a3	4,82 a2	4,65 a2	4,42 a2	3,58 a2	5,56 a2	5,25 a2	6,57 a2
<b>Sul</b>	4,84 a2 a3	4,96 a2 a3	5,93 a4 a5	5,47 a3	4,69 a2	3,89 a2 a3	5,84 a2 a3	6,00 a4	7,18 a3
<b>Norte</b>	4,82 a2	4,74 a2	5,43 a3	5,13 a3	4,50 a2	4,14 a3 a4	6,01 a3 a4	5,60 a3	7,34 a3
<b>Litoral</b>	2,76 a1	2,86 a1	2,56 a1	3,02 a1	3,13 a1	2,66 a1	3,12 a1	3,32 a1	3,86 a1
<b>Noroeste</b>	5,24 a3 a4	5,21 a3	6,28 a5	5,55 a3	4,61 a2	4,42 a4	6,28 a4	6,38 a5	7,86 a4
<b>Sudoeste</b>	5,48 a4	5,14 a2 a3	5,82 a3 a4	5,32 a3	4,78 a2	3,59 a2	6,19 a3 a4	6,47 a5	7,27 a3
<b>Média Geral</b>	<b>4,65</b>	<b>4,62</b>	<b>5,14</b>	<b>4,86</b>	<b>4,35</b>	<b>3,71</b>	<b>5,50</b>	<b>5,50</b>	<b>6,68</b>
<b>Cv(%)</b>	<b>20,13</b>	<b>23,55</b>	<b>18,38</b>	<b>21,29</b>	<b>23,73</b>	<b>26,84</b>	<b>18,24</b>	<b>12,40</b>	<b>15,93</b>
Mesorregião	ABR 1	ABR 2	ABR 3	MAI 1	MAI 2	MAI 3	JUN1	JUN2	JUN3
<b>Central</b>	6,32 a2	6,33 a2	6,22 a2	6,34 a1	6,05 a2	5,85 a1	5,96 a1	5,96 a1	5,78 a1
<b>Sul</b>	6,87 a3 a4	7,12 a3	7,12 a3	7,31 a2 a3	6,95 a3 a4	7,37 a2 a3	6,83 a2	6,65 a2	6,83 a2 a3
<b>Norte</b>	7,20 a4 a5	7,21 a3	7,48 a3 a4	7,57 a3 a4	7,18 a3 a4	7,74 a3	6,93 a2 a3	7,44 a3	7,12 a3 a4

<b>Litoral</b>	4,41 a1	4,94 a1	4,88 a1	6,11 a1	5,27 a1	6,33 a1	6,14 a1	5,91 a1	5,83 a1
<b>Noroeste</b>	7,47 a5	7,37 a3	7,56 a4	7,73 a4	7,39 a4	7,60 a2 a3	7,38 a3	7,76 a3	7,52 a4
<b>Sudoeste</b>	6,78 a3	6,64 a2	6,61 a2	6,97 a2	6,85 a3	7,24 a2	6,82 a2	6,95 a2	6,61 a2
<b>Média Geral</b>	<b>6,51</b>	<b>6,60</b>	<b>6,64</b>	<b>7,00</b>	<b>6,62</b>	<b>7,02</b>	<b>6,68</b>	<b>6,78</b>	<b>6,61</b>
<b>Cv(%)</b>	<b>11,86</b>	<b>12,26</b>	<b>13,63</b>	<b>13,91</b>	<b>16,38</b>	<b>16,11</b>	<b>16,41</b>	<b>14,98</b>	<b>16,44</b>
<b>Mesorregião</b>	<b>JUL1</b>	<b>JUL 2</b>	<b>JUL 3</b>	<b>AGO 1</b>	<b>AGO 2</b>	<b>AGO 3</b>	<b>SET 1</b>	<b>SET 2</b>	<b>SET 3</b>
<b>Central</b>	6,31 a2	6,58 a1	7,05 a2	6,75 a2	7,43 a2	8,35 a2	6,92 a2	6,31 a2 a3	5,76 a2
<b>Sul</b>	6,69 a2	7,49 a3	8,35 a4	7,53 a3	7,66 a2	8,60 a2	6,78 a2	6,69 a3	5,73 a2
<b>Norte</b>	7,81 a3	8,00 a4	9,03 a5	8,29 a4	8,15 a3	9,00 a3	7,31 a3	7,20 a4	6,85 a3
<b>Litoral</b>	5,73 a1	6,26 a1	6,30 a1	6,29 a1	5,94 a1	6,26 a1	4,61 a1	4,83 a1	3,70 a1
<b>Noroeste</b>	7,92 a3	8,00 a4	9,22 a5	8,41 a4	8,10 a3	9,12 a3	7,37 a3	7,27 a4	6,68 a3
<b>Sudoeste</b>	6,61 a2	7,04 a2	7,88 a3	7,29 a3	7,33 a2	8,30 a2	7,34 a3	6,20 a2	5,99 a2
<b>Média Geral</b>	<b>6,84</b>	<b>7,23</b>	<b>7,97</b>	<b>7,43</b>	<b>7,44</b>	<b>8,27</b>	<b>6,72</b>	<b>6,42</b>	<b>5,78</b>
<b>Cv(%)</b>	<b>14,34</b>	<b>12,79</b>	<b>12,81</b>	<b>12,62</b>	<b>11,50</b>	<b>8,41</b>	<b>10,00</b>	<b>16,40</b>	<b>15,12</b>
<b>Mesorregião</b>	<b>OUT 1</b>	<b>OUT 2</b>	<b>OUT 3</b>	<b>NOV 1</b>	<b>NOV 2</b>	<b>NOV 3</b>	<b>DEZ 1</b>	<b>DEZ 2</b>	<b>DEZ 3</b>
<b>Central</b>	5,66 a2	5,47 a2	6,44 a2	5,77 a2	6,19 a2	5,83 a2	5,41 a2	5,23 a2	5,20 a2
<b>Sul</b>	5,91 a2 a3	5,40 a2	7,04 a3	5,93 a2	6,19 a2	6,33 a3 a4	5,98 a3	5,98 a3	5,84 a3 a4
<b>Norte</b>	6,79 a4	6,40 a3	7,22 a3 a4	6,04 a2	6,35 a2	6,38 a3 a4	5,52 a2	5,41 a2	5,53 a2 a3
<b>Litoral</b>	3,80 a1	3,65 a1	4,00 a1	3,80 a1	3,80 a1	3,87 a1	3,39 a1	3,39 a1	3,35 a1
<b>Noroeste</b>	7,09 a4	6,43 a3	7,54 a4	6,45 a3	6,82 a3	6,68 a4	5,93 a3	6,18 a3	5,72 a3
<b>Sudoeste</b>	6,05 a3	5,76 a2	6,68 a2	5,83 a2	6,50 a2 a3	6,26 a3	6,20 a3	5,84 a3	6,20 a4
<b>Média Geral</b>	<b>5,88</b>	<b>5,52</b>	<b>6,48</b>	<b>5,64</b>	<b>5,98</b>	<b>5,89</b>	<b>5,40</b>	<b>5,34</b>	<b>5,30</b>
<b>Cv(%)</b>	<b>14,00</b>	<b>15,78</b>	<b>11,68</b>	<b>14,40</b>	<b>16,57</b>	<b>14,31</b>	<b>14,33</b>	<b>14,77</b>	<b>18,16</b>

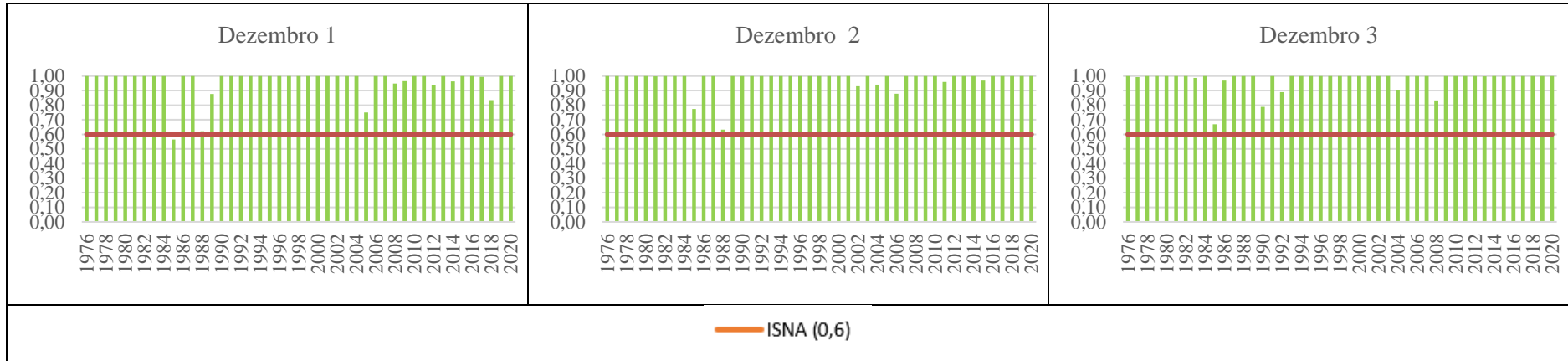
**Anexo X. Relação ETR/ETP decendial para região Central**



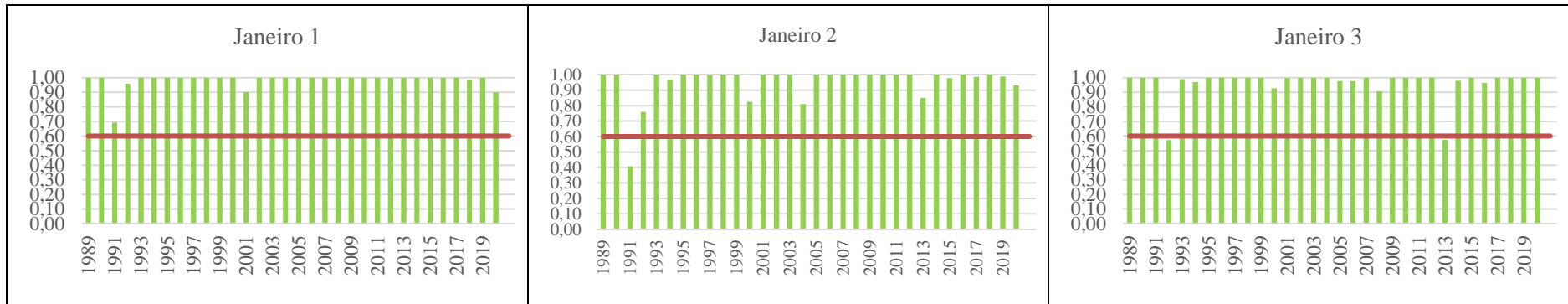


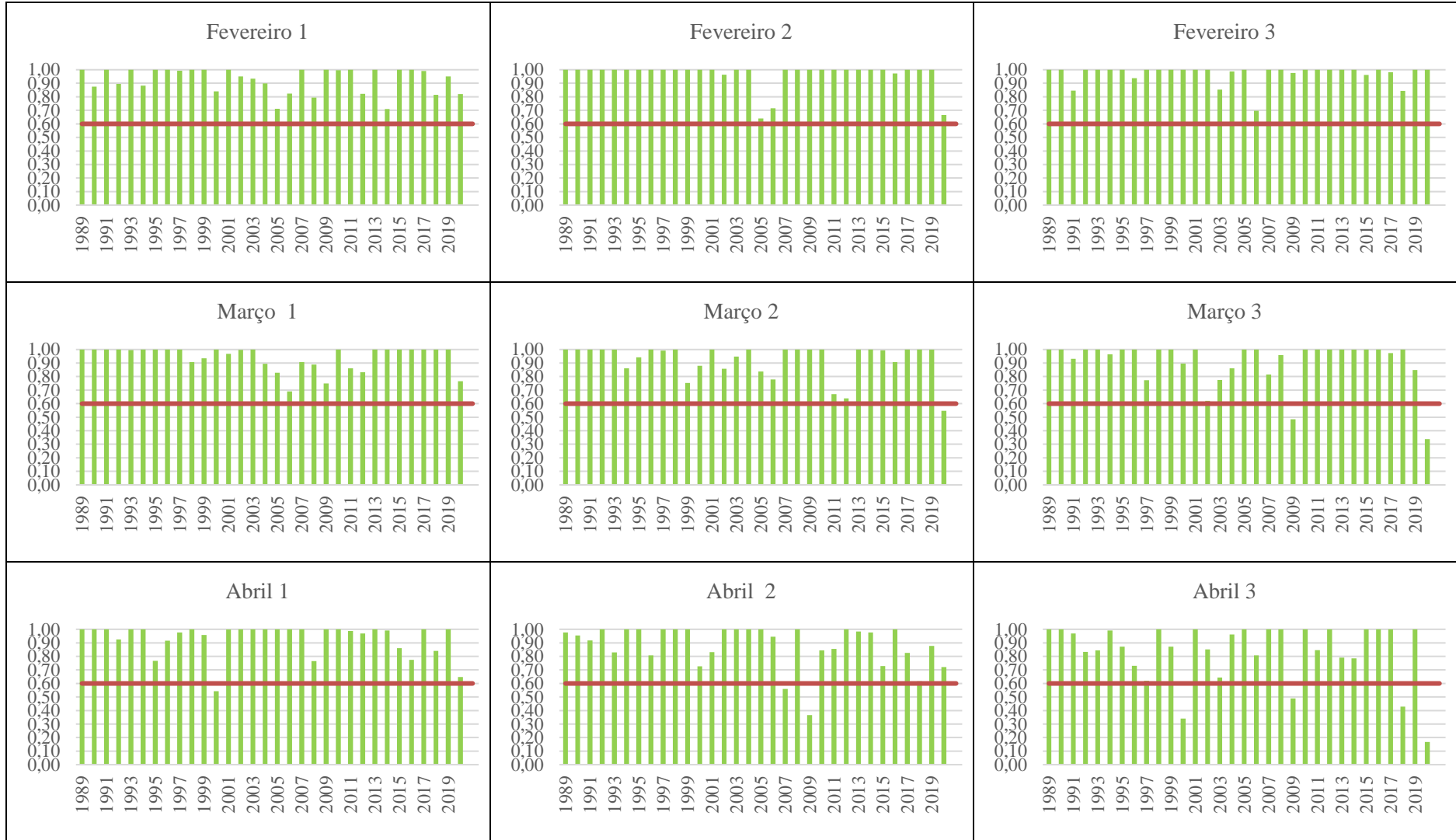




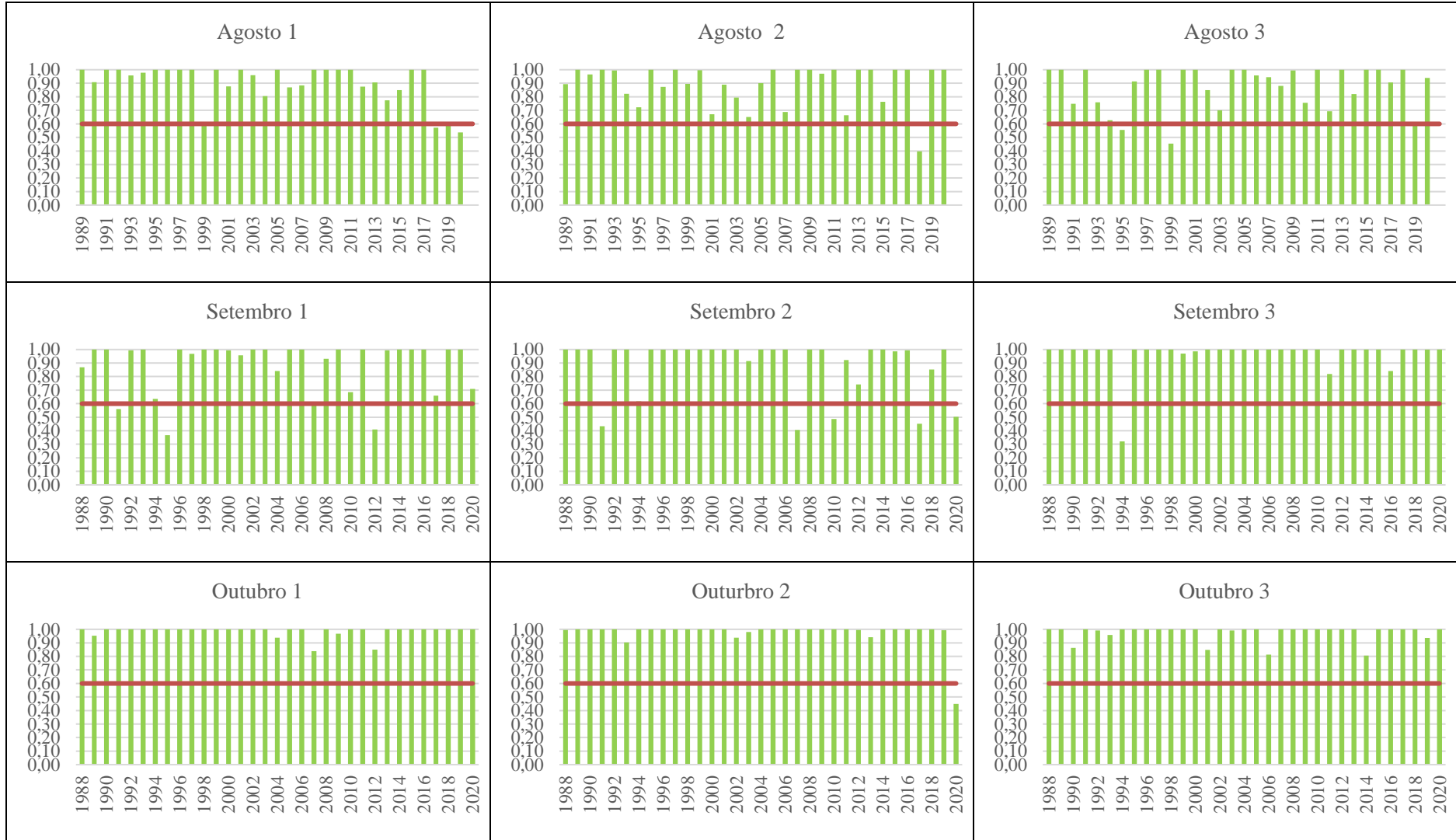


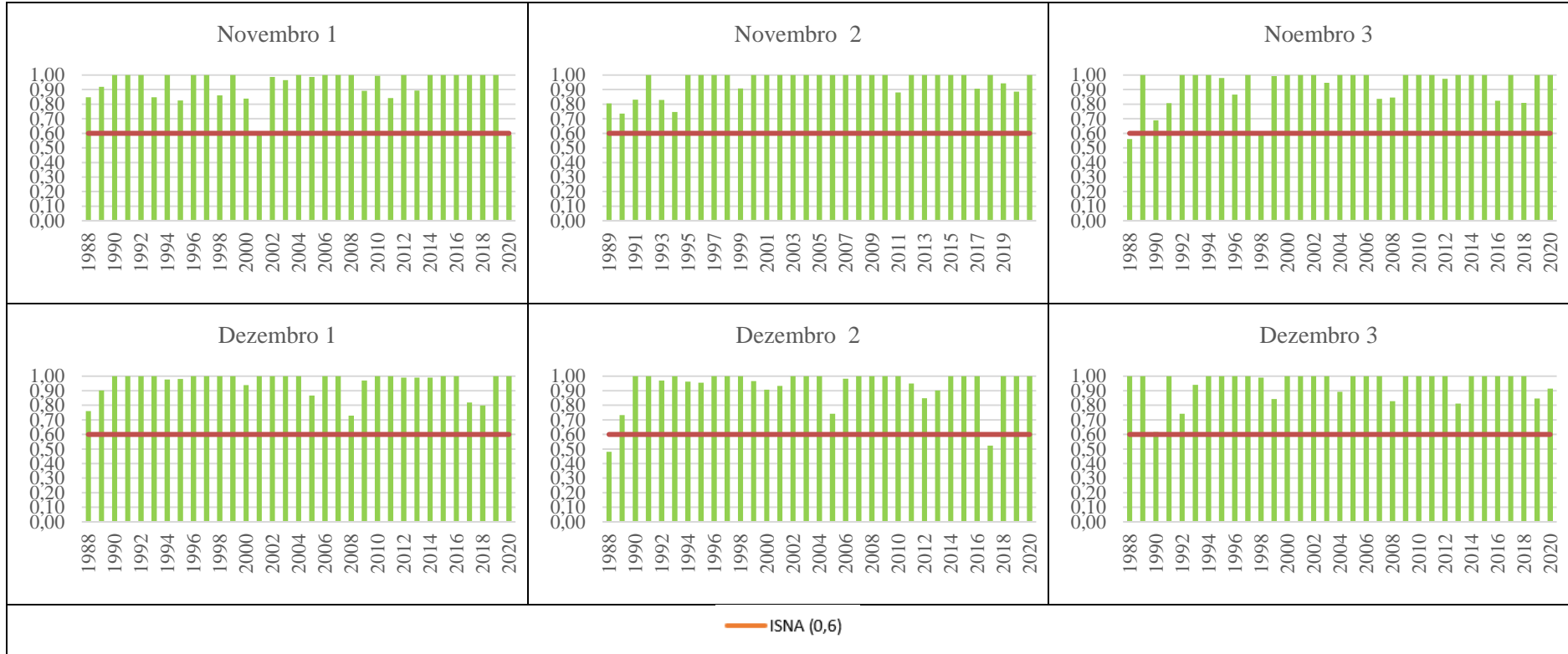
**Anexo XI. Relação ETR/ETP decennial para região Sul**



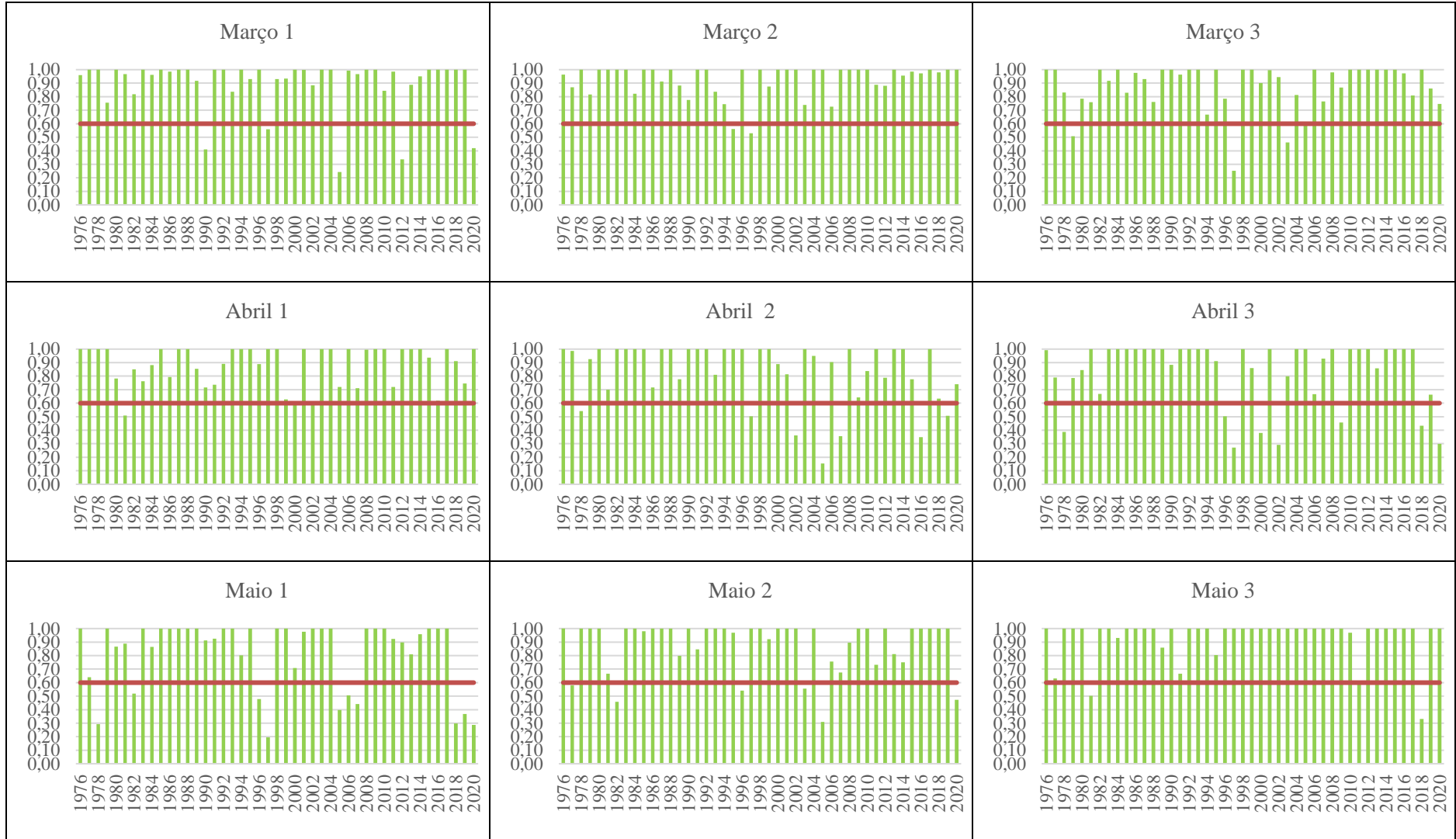


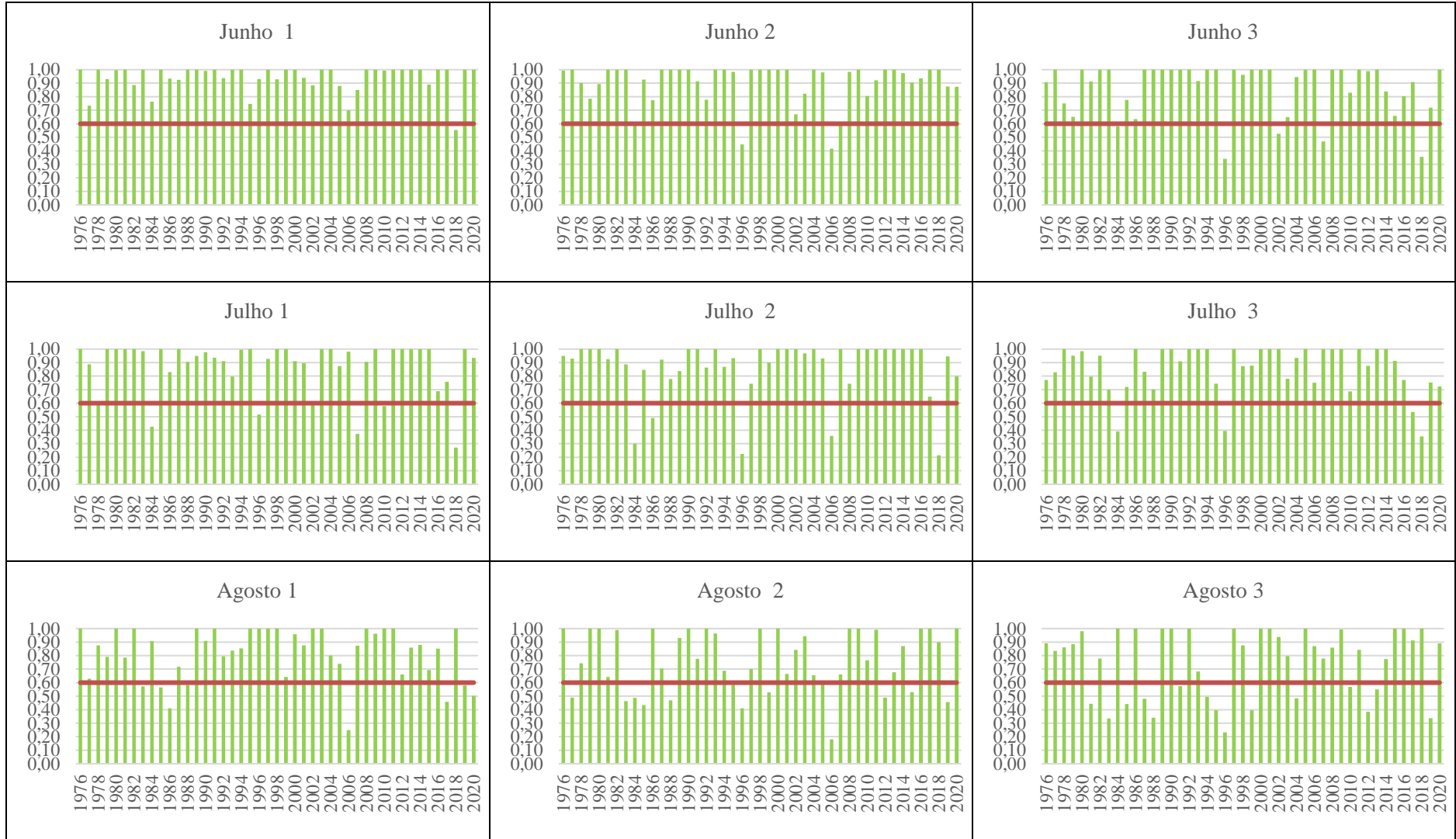




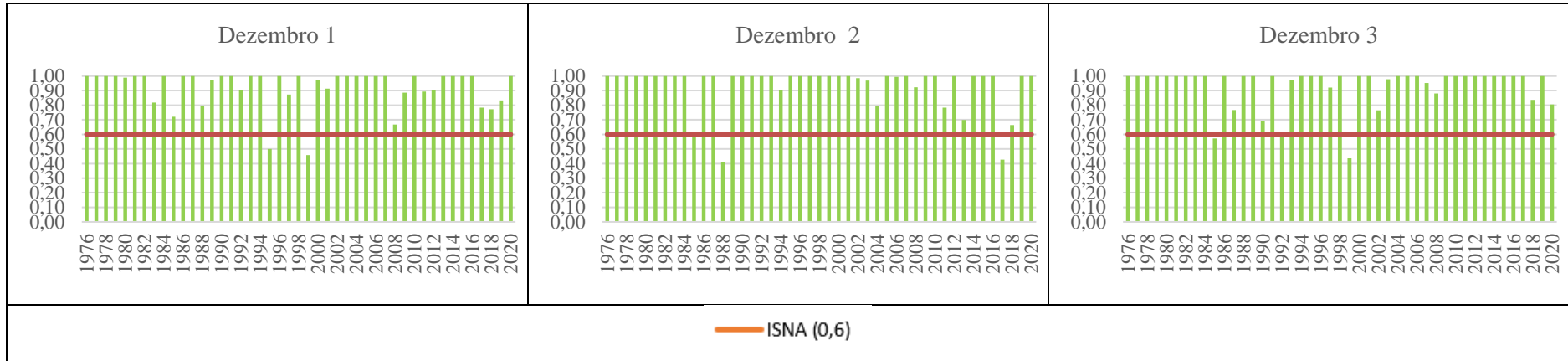








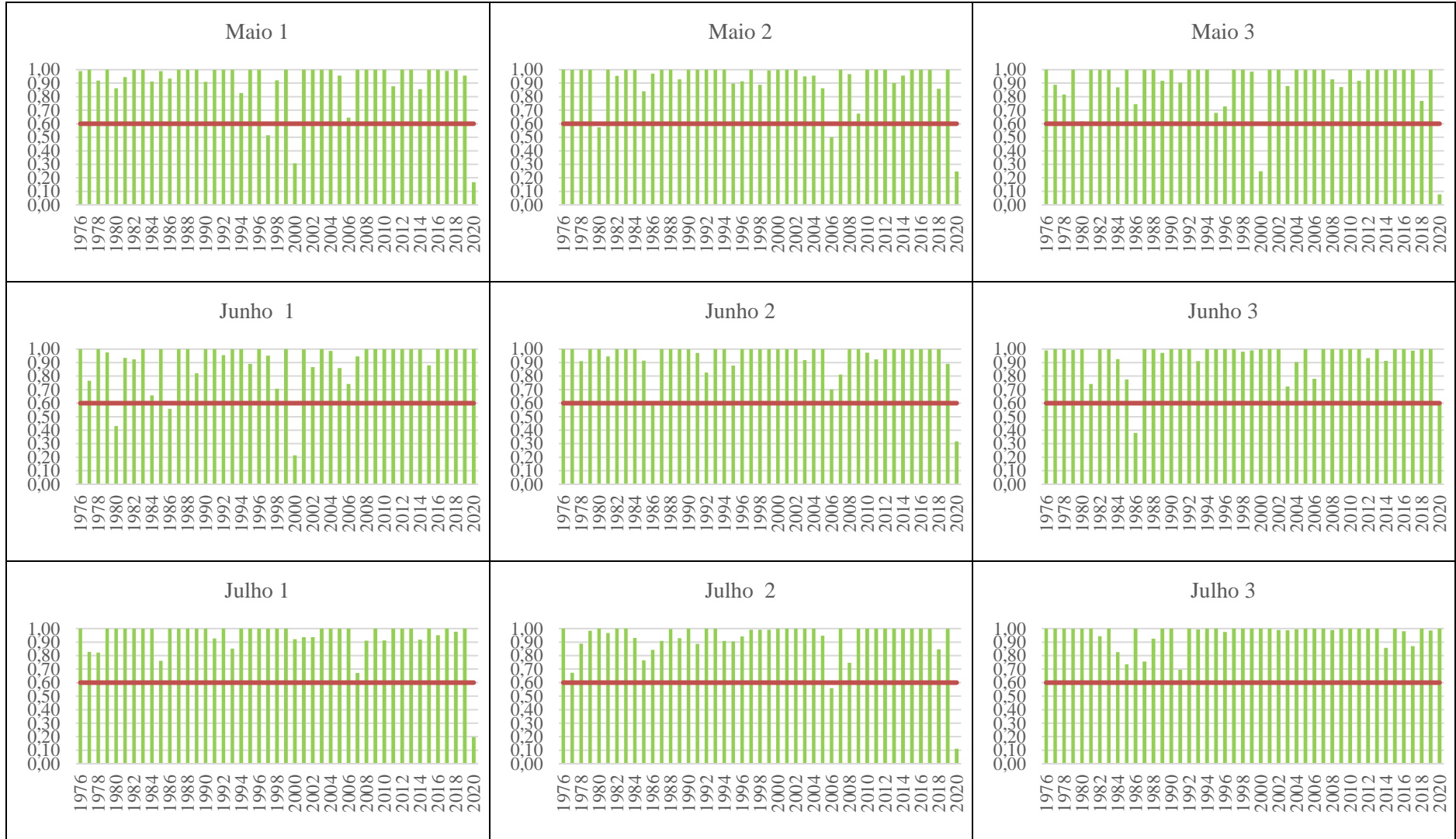




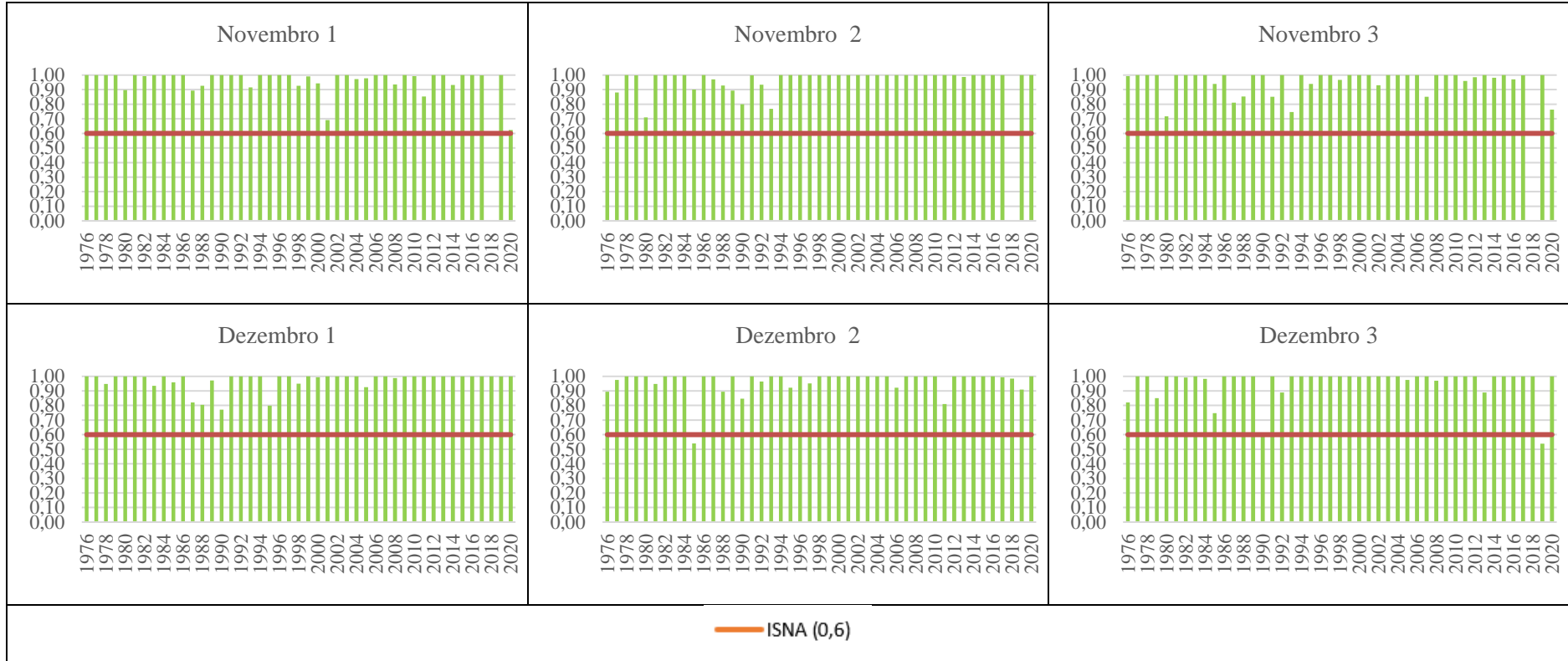
**Anexo XIII.** Relação ETR/ETP decennial para região Litoral



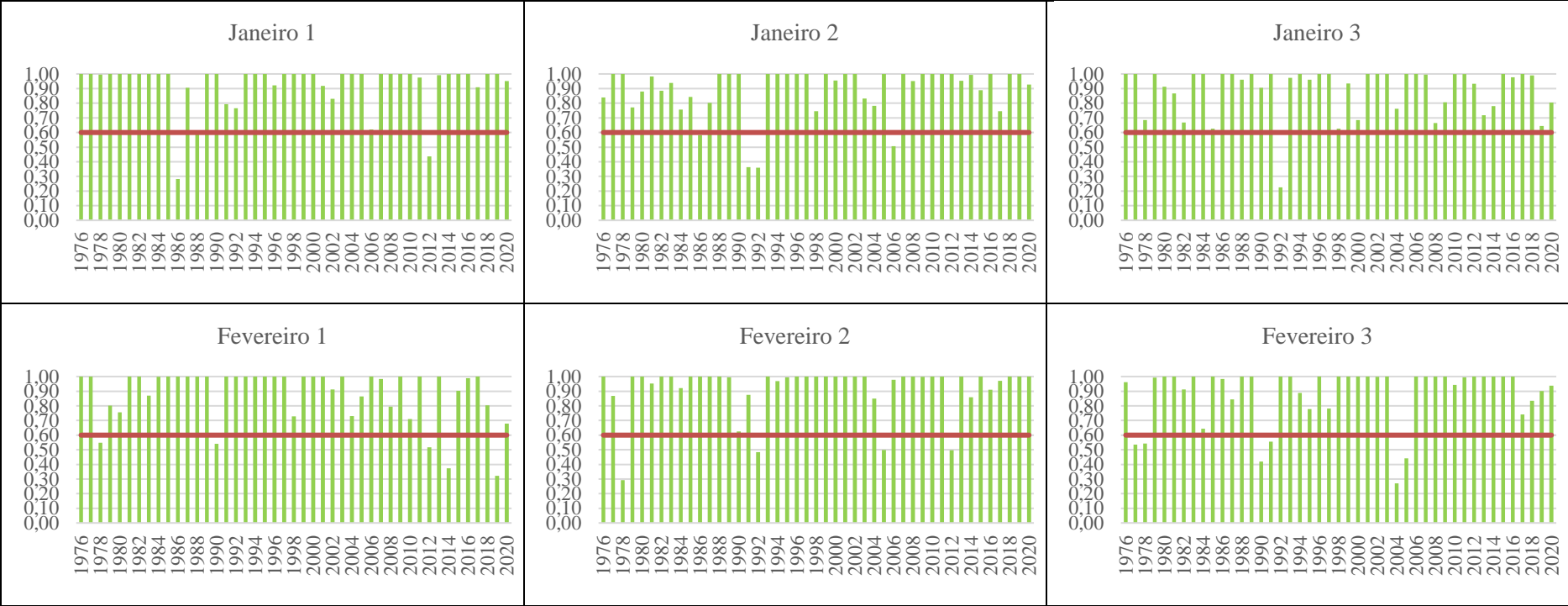








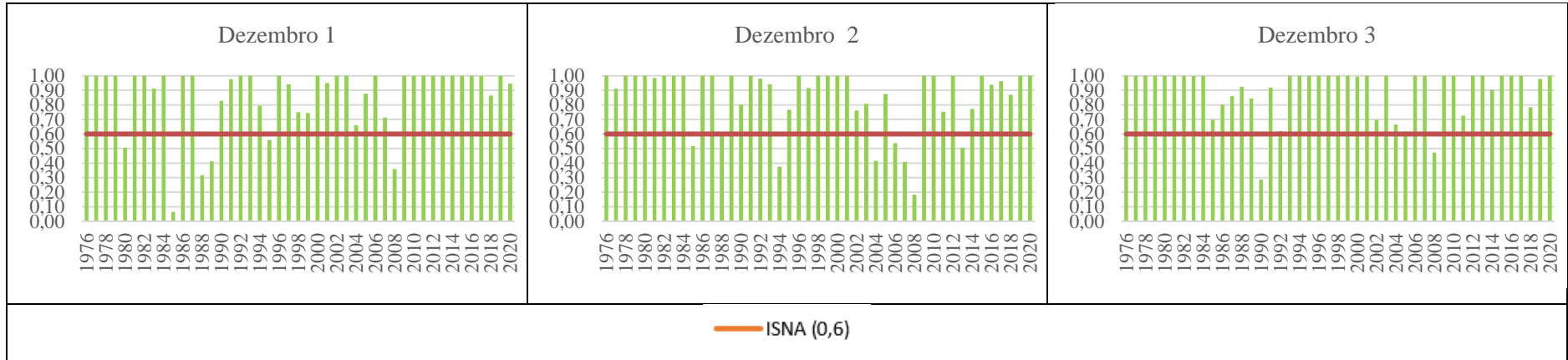
**Anexo XIV.** Relação ETR/ETP decendial para região Noroeste











**Anexo XV.** Relação ETR/ETP decenal para região Sudoeste

