



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

IAGO RIOS MEDEIROS

**ANÁLISE DA DISTRIBUIÇÃO TEMPORAL E ESPACIAL
DOS EXTREMOS DE TEMPERATURA DO AR NO ESTADO
DO PARANÁ COM BASE NOS ÍNDICES DO ETCCDI**

Londrina
2022

IAGO RIOS MEDEIROS

**ANÁLISE DA DISTRIBUIÇÃO TEMPORAL E ESPACIAL
DOS EXTREMOS DE TEMPERATURA DO AR NO ESTADO
DO PARANÁ COM BASE NOS ÍNDICES DO ETCCDI**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Estadual de Londrina, como parte do requisito à obtenção do título de Mestre Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Hemerson Donizete Pinheiro

Londrina
2022

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

Medeiros, Iago Rios.

Análise da distribuição temporal e espacial dos extremos de temperatura do ar no estado do Paraná com base nos índices do ETCCDI/ Iago Rios Medeiros. - Londrina, 2022. 127 f.

Orientador: Hemerson Donizete Pinheiro.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Tecnologia e Urbanismo, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, 2022.

Inclui bibliografia. 1. Temperatura do ar - Tese. 2. Homogeneidade - Tese. 3. Tendência - Tese. I. Pinheiro, Hemerson Donizete. II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Tecnologia e Urbanismo. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. III. Título. CDU 62

IAGO RIOS MEDEIROS

**ANÁLISE DA DISTRIBUIÇÃO TEMPORAL E ESPACIAL
DOS EXTREMOS DE TEMPERATURA DO AR NO ESTADO
DO PARANÁ COM BASE NOS ÍNDICES DO ETCCDI**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Estadual de Londrina, como requisito à obtenção do título de Mestre Engenharia de Edificação e Saneamento.

BANCA EXAMINADORA

Orientador: Prof. Dr. Hemerson Donizete Pinheiro
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Profa. Dra. Deize Dias Lopes
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Engenheiro Agrícola Dr. Pablo Ricardo Nitsche
Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná –
IDR-Paraná

Londrina, 01 de setembro de 2022.

When you move beyond your fear, you feel free
Spencer Johnson

..

RESUMO

MEDEIROS, Iago Rios. **Análise da distribuição temporal e espacial dos extremos de temperatura do ar no Estado do Paraná com base nos índices do ETCCDI**. 2022. 127 f. Qualificação (Mestrado em Engenharia de Edificações e Saneamento) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2022.

As alterações climáticas vem sendo pauta nos últimos anos tanto para trabalhos científicos quanto para as grandes mídias, em comum ambos retratam as modificações que vêm ocorrendo no planeta. Nessa temática o presente trabalho tem por objetivo analisar a distribuição espacial e temporal dos eventos extremos de temperatura do ar, com base nos índices de detecção de mudanças climáticas determinados pela Organização Mundial de Meteorologia (OMM), para valores de temperatura do ar. A área de estudo compreende o Estado do Paraná e, além da distribuição, é também avaliado a ocorrência de tendências para os índices. Para tanto, utilizou-se de dados diários de temperatura mínima e máxima do ar coletados pelos bancos de dados do Sistema de Monitoramento Agrometeorológico (Agritempo) e do Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná (IDR-Paraná). Para efetivar os objetivos, as séries de temperatura foram submetidas a um controle de qualidade, processo de preenchimento de falhas e verificação da homogeneidade. A verificação da homogeneidade foi avaliada pela combinação dos resultados entre os testes de Buishand (1982), de Pettit (1979), Razão de Von Neumann (1949) e o do Homogeneidade Padrão (SNHT) (1986). Para análise das tendências optou-se pelo Teste de Mann-Kendall, por ser um método não-paramétrico. A estimativa das tendências foi determinada pelo teste de Sen's (1968). A análise das tendências não indicou uma uniformidade no estado, com tendências significativas positivas e negativas ao longo de todo o território. Entretanto ao se desconsiderar significância, os resultados de tendências positivas foram de 56,83% e apenas 5,88% apresentaram uma estabilidade, para os índices analisados, indicando um possível aumento na temperatura estadual.

Palavras-chave: temperatura; homogeneidade e tendência.

ABSTRACT

MEDEIROS, Iago Rios. **Analysis of the temporal and spatial distribution of air temperature extremes in the State of Paraná based on the ETCCDI indexes.** 2022. 127 p. Qualification (Master's Degree in Building Engineering and Sanitation)– Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2022

The present study aims at the spatial and temporal distribution of temperature change events based on climate change detection indices determined by the World Meteorological Extremity Organization (WMO), for air temperature values. The study area will be the State of Paraná and in addition to the distribution, the occurrence of trends for the indices will also be evaluated. For, the minimum and maximum data of the day to be verified by the temperatures were used. Monitor the databases of the Sistema de Monitoramento Agrometeorológico (Agritempo) and of the Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná (IDR-Paraná). To make the objectives effective, how the quality series were fulfilled in the process of fulfilling a homogeneity control and verification of homogeneity. For this purpose, a verification of the homogeneity of the results (1982 by V Neumann (1999) and that of Homogeneity (SNHT) (1986) was carried out. The estimation of trends was determined by Sen's test (1968). Trend analysis did not indicate uniformity across the state, with positive and negative trends across the entire territory. However, when disregarding significance, the results of positive trends were 56.83% and only 5.88% adopted a stability, for the indexes analyzed, indicating a possible increase in the state temperature.

Key-words: temperature, homogeneity and trend.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Estimativa média do balanço energético da radiação solar para a Terra	15
Figura 2 – Anomalias de temperaturas	17
Figura 3 – Anomalias de temperaturas médias para o ano de 2020	18
Figura 4 – Anomalias de temperatura para a América do Sul.....	19
Figura 5 – Fluxograma da etapa metodológica.....	30
Figura 6 – Mapa do Estado do Paraná	31
Figura 7 – Mapa de vegetação do Estado do Paraná	33
Figura 8 – Precipitação anual do Estado do Paraná.....	34
Figura 9 – Temperatura média anual do Estado do Paraná	35
Figura 10 – Autocorrelação de dados com sazonalidade.....	39
Figura 11 – Autocorrelação de dados independentes	40
Figura 12 – Posições das estações no mapa do Estado do Paraná.....	45
Figura 14 – Médias das temperaturas médias anuais do Estado do Paraná.....	46
Figura 15 – Médias das temperaturas máximas anuais do Estado do Paraná.....	46
Figura 16 – Falhas nas séries históricas para temperatura mínima para a base de dados do AGRITEMPO.....	50
Figura 17 – Falhas nas séries históricas para temperatura máxima para a base de dados do AGRITEMPO	51
Figura 18 – Falhas nas séries históricas para temperatura mínima para a base de dados do IDR-Paraná.....	52
Figura 19 – Falhas nas séries históricas para temperatura máxima para a base de dados do IDR-Paraná	53
Figura 20 – Preenchimento da base de dados	57
Figura 21 – Homogeneidade das estações do Paraná	60
Figura 22 – Tendência anual em DTR no Estado do Paraná.....	70
Figura 23 – Tendência anual em FD no Estado do Paraná.....	71
Figura 24 – Tendência anual em SU no Estado do Paraná.....	72
Figura 25 – Tendência anual em TN10P no Estado do Paraná	73
Figura 26 – Tendência anual em TN90P no Estado do Paraná	74
Figura 27 – Tendência anual em TNN no Estado do Paraná.....	75
Figura 28 – Tendência anual em TNX no Estado do Paraná.....	76
Figura 29 – Tendência anual em TR no Estado do Paraná.....	77

Figura 30 – Tendência anual em TX10P no Estado do Paraná	78
Figura 31 – Tendência anual em TX90P no Estado do Paraná	79
Figura 32 – Tendência anual em TXN no Estado do Paraná.....	80
Figura 33 – Tendência anual em TXX no Estado do Paraná.....	81
Figura 34 – Tendência anual em WSDI no Estado do Paraná.....	82
Figura 35 – Tendência sazonal em DTR no Estado do Paraná.....	83
Figura 36 – Tendência sazonal em SU no Estado do Paraná.	84
Figura 37 – Tendência em TN10P no Estado do Paraná.	85
Figura 38 – Tendência em TN90P no Estado do Paraná.....	86
Figura 39 – Tendência sazonal em TNN no Estado do Paraná	87
Figura 40 – Tendência sazonal em TNX no Estado do Paraná	88
Figura 41 – Tendência sazonal em TR no Estado do Paraná	89
Figura 42 – Tendência sazonal em TX10P no Estado do Paraná.....	90
Figura 43 – Tendência sazonal em TXN no Estado do Paraná	91
Figura 44 – Tendência sazonal em TXX no Estado do Paraná	92
Figura 45 – Tendência Sazonal para DTR.....	93
Figura 46 – Tendência Sazonal para SU.....	94
Figura 47 – Tendência Sazonal para TN10P	95
Figura 48 – Tendência Sazonal para TN90P	96
Figura 49 – Tendência Sazonal para TNN	97
Figura 50 – Tendência Sazonal para TNX	98
Figura 51 – Tendência Sazonal para TR.....	99
Figura 52 – Tendência Sazonal para TX10P	100
Figura 53 – Tendência Sazonal para TXN	101
Figura 54 – Tendência Sazonal para TXX	102
Figura 55 – Tendência Mensal para DTR.....	103
Figura 56 – Tendência Mensal para FD.	104
Figura 57 – Tendência mensal para SU.....	105
Figura 58 – Tendência mensal para TN10P	106
Figura 59 – Tendência mensal para TN90P	107
Figura 60 – Tendência mensal para TNN.....	108
Figura 61 – Tendência mensal para TNX.....	109
Figura 62 – Tendência mensal para TR.....	110
Figura 63 – Tendência mensal para TX10P	111

Figura 64 – Tendência mensal para TX90P	112
Figura 65 – Tendência mensal para TXN.....	113
Figura 66 – Tendência mensal para TXX.....	114

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Descrição e equações dos índices de detecção de mudança na temperatura do ar.....	21
Quadro 2 – Análises dos resultados de tendências.....	41
Quadro 3 – ESTAÇÕES do banco de dados do IDR-PARANÁ	43
Quadro 4 – Estações do banco de dados do AGRITEMPO	44
Quadro 5 – Estações do município de Londrina	45
Quadro 6 – Resultado dos testes de homogeneidade dos dados diários de temperatura do AGRITEMPO.....	58
Quadro 7 – Resultado dos testes de homogeneidade dos dados dos dados diários de temperatura do IDR- Paraná.....	59
Quadro 8 – Estações dependentes	61
Quadro 9 – Autocorrelação séries dependentes	62
Quadro 10 – Séries de índices com dependência	63
Quadro 11 – Tendências anuais para os índices de extremos climáticos.....	66

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Valores críticos para 1% e 5% para N no Teste Razão de Vonn Neumann.....	24
Tabela 2 – Valores críticos para 1% e 5% para k(t) no Teste de Pettitt	25
Tabela 3 – Valores críticos para 1% e 5% para $\frac{R}{\sqrt{n}}$ no Teste de Buishand.....	25
Tabela 4 – Valores críticos para 1% e 5% para T0 no Teste SNHT	26
Tabela 5 – População ocupada para setores de atividade econômica.....	32
Tabela 6 – Uso da terra (2014 e 2015)	32
Tabela 7 – Quantidade de dados faltantes para a base de dados do AGRITEMPO	47
Tabela 8 – Quantidade de dados faltantes para a base de dados do IDR-Paraná	48
Tabela 9 – Porcentagem de falhas para a base de dados do AGRITEMPO	55
Tabela 10 – Porcentagem de falhas para a base de dados do IDR-Paraná	56
Tabela 11 – Classificação das séries históricas quanto a homogeneidade	60
Tabela 12 – Correlação de entres as tendências dos índices de extremos climáticos	69

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1	MUDANÇAS CLIMÁTICAS	15
2.2	ÍNDICES DE EXTREMOS DE TEMPERATURA RECOMENDADOS PELO ETCCDI.....	19
2.3	HOMOGENEIDADE EM SÉRIES DE DADOS CLIMATOLÓGICOS	23
2.3.1	Teste Razão de Von Neumann	24
2.3.2	Teste de Pettitt	24
2.3.3	Teste de Buishand	25
2.3.4	Teste de Homogeneidade Padrão (SNHT)	26
2.3.5	Classificação da Homogeneidade das Séries Históricas de Temperatura	26
2.4	TENDÊNCIA EM SÉRIE DE DADOS CLIMÁTICOS.....	27
2.4.1	Método de Mann-Kendall	28
2.4.2	Método de Sen-Slope	29
3	MATERIAIS E MÉTODOS	30
3.1	ÁREA DE ESTUDO	31
3.2	DADOS DE TEMPERATURA	35
3.3	TRATAMENTO DOS DADOS	36
3.3.1	Controle de Qualidade.....	36
3.3.2	Preenchimento de Falhas.....	37
3.3.3	Homogeneidade das Séries Históricas	38
3.3.4	Índices de Extremos Climáticos – Temperatura do Ar	39
3.3.5	Autocorrelação dos Índices de Extremos Climáticos.....	39
3.3.6	Tendências dos Índices de Extremos Climáticos	40
4	RESULTADOS	42
5	DISCUSSÃO	115
6	CONCLUSÃO	116
7	REFERÊNCIAS	117

1 INTRODUÇÃO

O Quinto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (AR5) do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (2014) conclui que a média global dos dados combinados de temperatura da superfície terrestre e oceânica mostrou um aquecimento de 0,85 °C (0,65 – 1,06 °C) no período de 1880 a 2012. Para o período de 2006 a 2015, o relatório AR6 (IPCC, 2022) constatou que a atividade humana aqueceu o globo em 0,56 °C. Ambos os relatórios afirmam que o aquecimento climático é inequívoco.

O aquecimento global pode afetar diretamente os extremos climáticos, aumentando a capacidade de retenção de água na atmosfera e a probabilidade de ocorrência de eventos climáticos extremos, como seca, alta temperatura, ondas de calor, inundações, granizo, tornados. Aumentos nesses eventos têm impactos significativos na agricultura, energia, ecossistemas e saúde humana, e atraem a atenção mundial (IPCC, 2022).

Para avaliar a ocorrência de eventos extremos, estudos temporais sobre distribuições das variáveis climáticas permitem conhecer os padrões de ocorrência e gerar previsões do comportamento climático. Possibilitando o planejamento de atividades a serem desenvolvidas, como as gestões agrícolas (DOURADO NETO *et al*, 2005). E para verificar a ocorrência de alterações nos padrões climáticos, há que se empregar técnicas matemáticas e estatísticas para a identificação de tendências em séries históricas de dados climáticos (SOME’E; EZANI; TABARI, 2012; SANTOS, 2006).

O grupo de pesquisa autodenominado como Equipe de Especialista em Detecção, Monitoramento e Índices de Mudanças Climáticas (ETCCDI), estabelecida pela Organização Mundial de Meteorologia (OMM), propôs 27 índices de detecção de extremos climáticos, com 16 para temperatura do ar e 11 para precipitação (MELO, 2017).

A análise de tendências para os índices de extremos climáticos pode ser realizada pelo teste de Mann-Kendall. Para o uso deste teste, que se enquadra como não paramétrico, não se faz necessário que exista uma distribuição particular para os dados (SILVA *et al*, 2015). Contudo, para a obtenção de resultados confiáveis para a aplicação do método de Mann-Kendall, é necessário a utilização de dados diários homogêneos (SANTOS, 2012)

O objetivo geral deste trabalho é identificar se há ocorrência de tendência para os índices de extremos climáticos relacionados à temperatura do ar, a partir da análise dos dados diários de temperatura mínima e máxima no estado do Paraná.

Para atingir o objetivo geral, foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos:

- Identificar e coletar dados de temperatura mínima e máxima diária em estações meteorológicas no Estado do Paraná;

- Submeter tais dados a um controle de qualidade e preencher as falhas nos dados diários disponíveis, para garantir longos períodos para as análises, e analisar a homogeneidade das séries diárias;
- Determinar os 16 índices de detecção de mudança climática definidos pela Organização Meteorológica Mundial (OMM) em cada estação homogênea, para períodos anuais, sazonais e mensais; e,
- A partir do teste de Mann-Kendal e estimador de declividade de Sen, verificar a presença ou não, de tendência nos índices do ETCCDI; e determinar, quando houver, a magnitude das tendências.

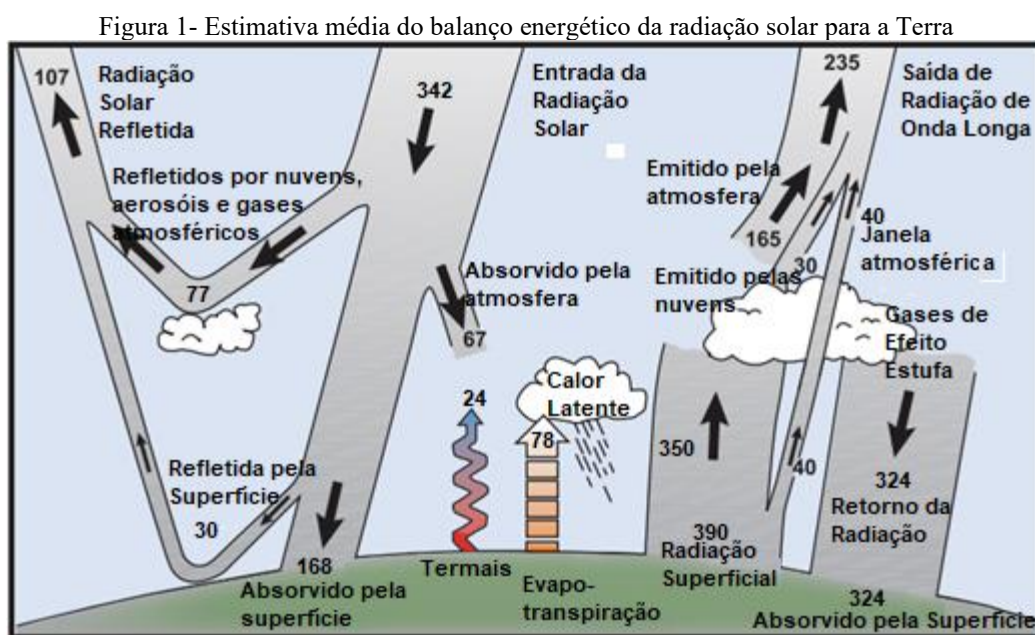
2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 MUDANÇAS CLIMÁTICAS

A combinação e interação dos fatores atmosféricos, superfície terrestre, corpos hídricos, gelo, neve e seres vivos, resultam no sistema climático. O clima, entretanto, é descrito pelas médias e variabilidade dos componentes atmosféricos ao longo do tempo, como precipitação, temperatura e vento (IPCC, 2007). Assim, mudança climática se dá pela alteração contínua do clima, que pode ser estatisticamente quantificada por mudanças na média, e/ou na variabilidade, dessas componentes.

O Primeiro relatório de avaliação nacional elaborado pelo Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas (2014), apresenta a interação entre a radiação solar, as nuvens e os aerossóis como os responsáveis pelo perfil termodinâmico da atmosfera, ou manutenção do sistema climático.

O quarto relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudanças do Clima (Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC) elaborado em 2007, apresenta três alterações em relação a radiação como sendo as responsáveis por mudanças no sistema: a entrada de radiação solar, da fração que é refletida e da radiação de onda longa do planeta de volta ao espaço. O balanço energético em relação a radiação solar é descrito pela Figura 1, dado em W/m^2 .



Fonte: Adaptado de IPCC, 2007

Como ilustrado na Figura 1, o clima terrestre é determinado pelo equilíbrio da energia absorvida e emitida pela Terra através da radiação solar. Tal fluxo pode ser alterado por meio de fatores naturais e/ou antropogênicos. Naturalmente, um dos fatores que causam alterações no clima é a órbita da Terra e seu eixo em relação ao Sol, enquanto o fator antropogênico comumente relacionado às mudanças climáticas, é o aumento de gases de efeito estufa na atmosfera terrestre.

Entre outros fatores, a manutenção da temperatura terrestre é dada pela presença dos gases de efeito estufa (vapor de água e o dióxido de carbono, são os gases de maior impacto, devido as suas concentrações). Tais gases são responsáveis pelo retorno de parcela da radiação de onda longa para a superfície terrestre, pelo fato deles serem capazes de absorver a energia térmica e posteriormente irradiá-las (NASA, 2009). Logo o aumento da concentração desses gases na atmosfera é diretamente proporcional à parcela de radiação que retorna para a superfície.

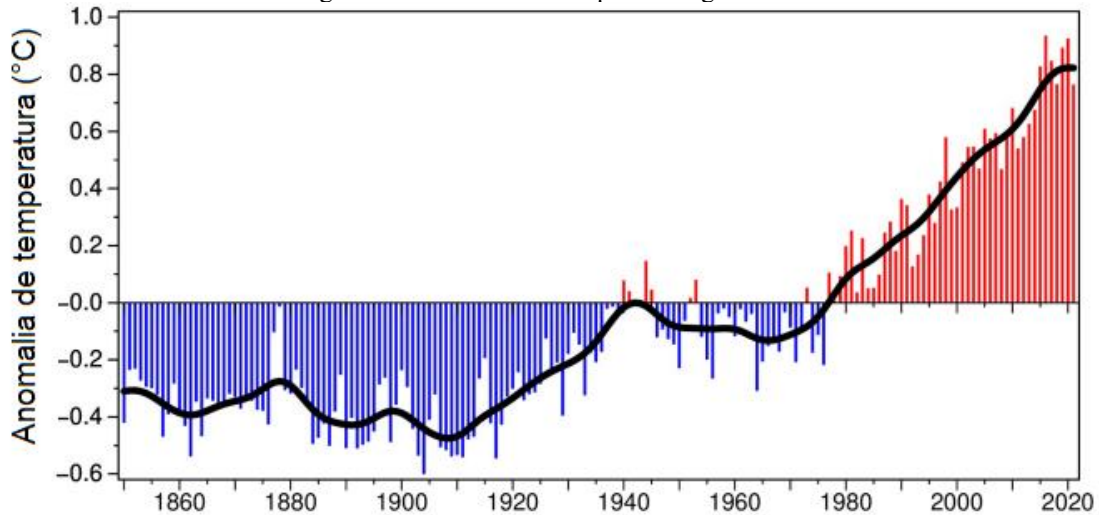
Após a Revolução Industrial, ocorreu o aumento de 35% da quantidade de dióxido de carbono na atmosfera (IPCC, 2007). Assim, uma grande parte da comunidade científica credita o aumento da temperatura média global, observada atualmente, ao aumento de gases de efeito causado por atividades antropogênicas. Segundo relatórios do IPCC, estima-se que as atividades humanas tenham causado cerca de 1,0 °C de aquecimento global acima dos níveis pré-industriais, com uma variação provável de 0,8 °C a 1,2 °C. E ainda, é provável que o aquecimento global atinja 1,5 °C entre 2030 e 2052, caso continue a aumentar no ritmo atual (IPCC, 2022).

Segundo Marengo (2006) as alterações climáticas globais ou regionais, estão, também, associadas diretamente com a forma de uso e ocupação do meio, como o desmatamento, agricultura e a construção de cidades, além das ligadas a queima de combustíveis fósseis.

Campos (2011), descreve que os sistemas climáticos sofrem alterações ao longo do tempo, independentemente da escala temporal, causas físicas ou de natureza (natural ou antropogênica). As alterações ocorrem ao longo de todo o planeta, e acabam ganhando destaques em estudos científico e na mídia.

Utilizando o período de 1850 a 2021 como referência, o *Climate Research Unit* (2022), obteve em sua análise de temperatura global, resultados de anomalias positivas para todos os anos após 1980 (Figura 2). O ano de 2021, apresentou anomalia de +0,76 °C. Os resultados de anomalias não indicam alterações climáticas, mas sim uma variabilidade climática.

Figura 2- Anomalias de temperaturas globais



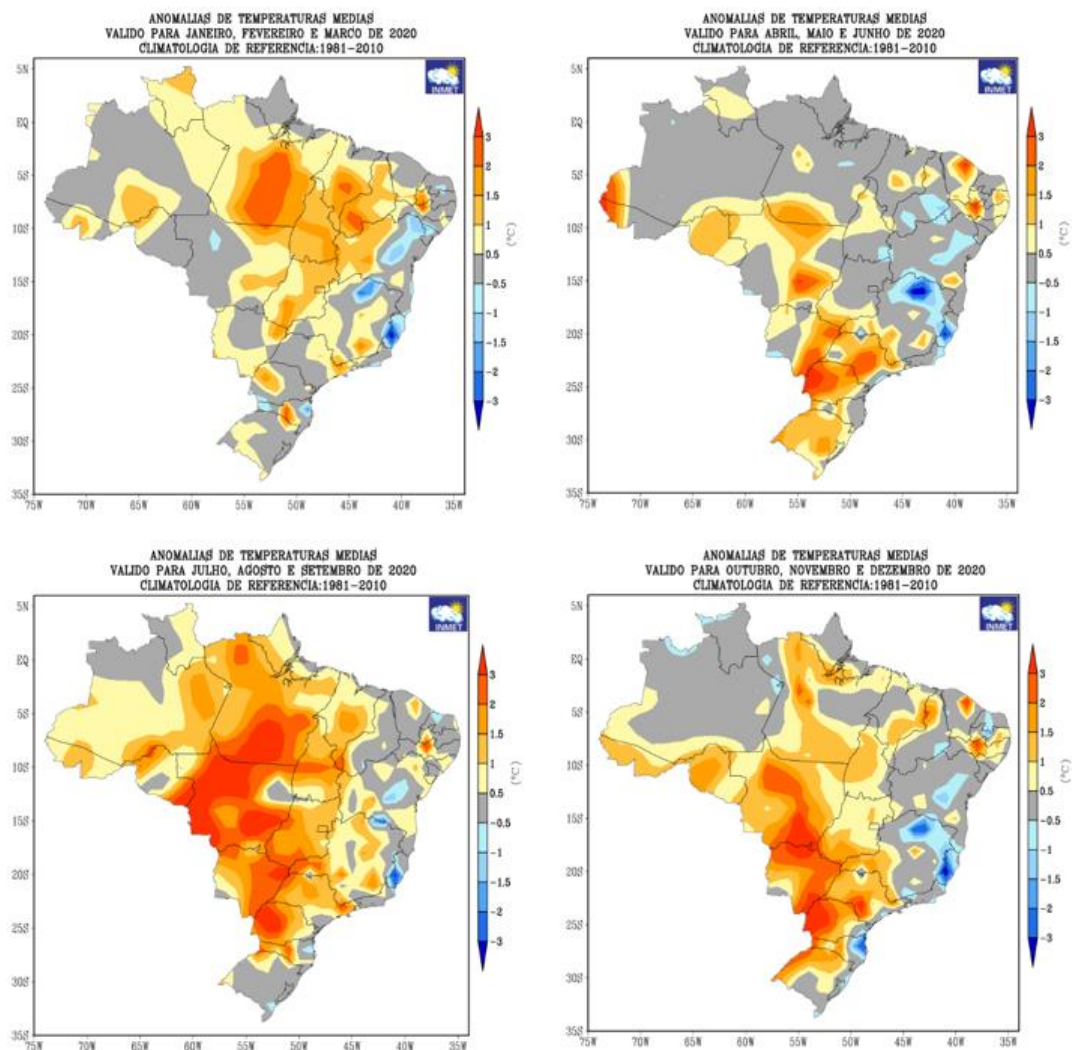
Fonte: Adaptado climate Research Unit, 2022

Para as análises de temperatura, ainda para a região Sul do Brasil, Campos (2011) obteve em sua pesquisa o aumento para os valores de temperaturas diárias médias, máximas e mínimas, apresentando valores superiores a 1 °C para os anos de 1961 e 1990. Também para a região Sul, Vincent *et al.* (2005), encontrou o aumento de noites quentes.

Análises de anomalias de temperatura são utilizadas para verificar acréscimos ou decréscimos nas médias de temperatura em relação a um período determinado. Os cálculos de anomalias de temperatura são feitos pela diferença entre as médias para o período de análise e a média histórica de um período pré-determinado (INPE, 2012). Por exemplo: para calcular a anomalia de temperatura para o ano de 2020, pode-se utilizar o período de 2000 a 2019 como referência.

A título de ilustração, a Figura 3 apresenta as anomalias de temperatura média para o Brasil realizada pelo INMET (2021). A análise foi realizada trimestralmente para o ano de 2020, com referência o período de 1981 a 2010. As Anomalias positivas são recorrentes ao longo do ano e presentes em todas as regiões do país. A região Centro-Oeste para o período de julho a setembro apresenta a maior amplitude positiva. Anomalias negativas são menos presentes no país, sendo a região Sudeste a que apresentou maiores pontos para tal anomalia.

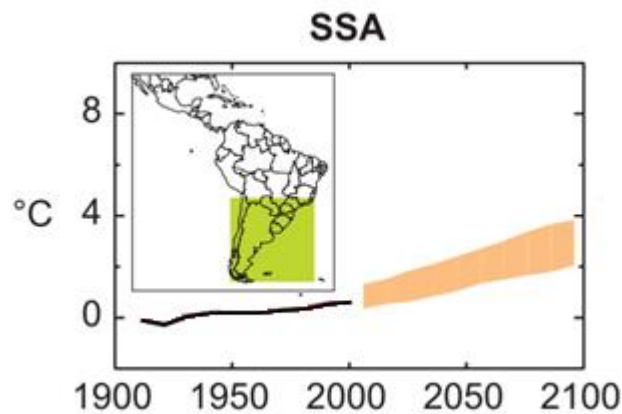
Figura 3-Anomalias de temperaturas médias para o ano de 2020



Fonte: INMET, 2021

Para a região sul da América do Sul, o IPCC (2007) apresenta (Figura 4) projeções para anomalias de temperatura média entre 1,7 °C a 3,9 °C, indicando o possível aumento nas temperaturas. A previsão feita considera que até o ano de 2100, ocorra a estabilização dos gases de efeito estufa. A linha de cor preta representa as médias de temperatura para os anos de 1906 a 2005 e os envelopes laranjas a simulação para temperatura.

Figura 4- Anomalias de temperatura para a América do Sul



Fonte: Adaptado IPCC, 2007

Diversas atividades estão sujeitas, ou já sofrem impactos com as mudanças climáticas, como a agricultura, que é muito vulnerável às condições extremas do clima. Implicando em perdas totais ou parciais de safras (PELLEGRINO *et al.*, 2007). A região Sul tem parte da sua economia voltada ao agronegócio, logo alterações climáticas causam prejuízos financeiros para a região (CERA e FERRAZ, 2015).

Os impactos mais notórios das mudanças climáticas são os físicos, pois são facilmente identificados, como se dá para os eventos extremos de altos volumes e precipitação (com alagamentos, deslizamentos, etc.) ou de ausências de chuvas (longos períodos de estiagem que aceleram processos de desertificação, entre outros. Causando perdas e degradação de ecossistemas, redução da segurança hídrica e alimentar, além de danos de infraestrutura (IPCC, 2022).

2.2 ÍNDICES DE EXTREMOS DE TEMPERATURA RECOMENDADOS PELO ETCCDI

Extremos climáticos são definidos como variáveis climáticas com valores fora dos limites, superiores ou inferiores aos observados para a variável em análise (IPCC, 2018). Ou seja, são eventos de pequena probabilidade, em que o valor de uma variável meteorológica ou climática é superior (ou inferior) a um determinado limite superior (ou inferior) do intervalo do valor da variável observada, para o qual a probabilidade de ocorrência é geralmente inferior a 10%.

Peterson *et al.* (2001) relatam que os extremos geram maiores impactos a sociedade. Como exemplos são possíveis citar: ondas de calor e frio, secas, enchentes, furacões e tempestades, como sendo evidências para a avaliação de mudanças climáticas.

A ocorrência de extremos climáticos não é um fenômeno regional, a ocorrência desses está relacionada com o clima global, logo esses possuem correlações diretas com o que ocorre no planeta (DIAS, 2014).

Fenômenos globais afetam a ocorrência de extremos climáticos, dentre esses é possível destacar o El Niño (aquecimento das águas superficiais do oceano Pacífico tropical) e La Niña (resfriamento acentuado do oceano Pacífico tropical) (DIAS, 2014).

De Camargo *et al* (2013), destacam as correntes marítimas do Brasil e das Malvinas, como influenciadoras para a ocorrência de extremos para o país. A corrente do Brasil flui pela costa brasileira dirigindo-se para o sul e levando águas quentes, enquanto a das Malvinas flui para o norte levando águas frias

Segundo Tucci e Collischonn (1998), o aumento de localidades que sofrem por conta de inundações, se dá por conta de mudanças climáticas e ações antrópicas. O aumento dos pontos de ocorrência desses eventos apresenta ligação direta com as alterações das intensidades pluviométricas (LAMBERT *et al*, 2008).

Peterson *et al.* (2001) aborda a correlação entre eventos de extremos climáticos e as mudanças climáticas, por meio de análises estáticas dos comportamentos diários de variáveis climáticas de temperatura e precipitação, tal análise pode ser feita pelos valores máximos por exemplo.

A Organização Mundial de Meteorologia (OMM), propôs 27 índices para serem aplicados na detecção de mudanças climáticas (MELO, 2017). Com 16 índices para temperatura e 11 para precipitação. Esses índices foram desenvolvidos para indicarem mudanças na intensidade, frequência e duração de eventos de extremos.

Os 16 índices de temperatura do ar propostos pela OMM, são apresentados a seguir, no Quadro 1. Para os cálculos deve-se adotar *i* como dias, *j* como ano ou período, *k* como mês, *l* como número de dias em *j*. (ETCCDI, 2020)

.

Quadro 1 -Descrição e equações dos índices de detecção de mudança na temperatura do ar

Índices	Unidades	Definição	Equações
Máx. Tmáx (TXX)	°C	Valor máximo mensal da temperatura máxima diária	$TXX_{kj} = \max(TX_{xkj})$
Mín. Tmáx (TXN)	°C	Valor mínimo mensal da temperatura máxima diária	$TXN_{kj} = \min(TX_{nkj})$
Máx. Tmín (TNX)	°C	Valor máximo mensal da temperatura mínima diária	$TNX_{kj} = \max(TN_{xkj})$
Mín. Tmín (TNN)	°C	Valor mínimo mensal da temperatura mínima diária	$TNN_{kj} = \min(TN_{nkj})$
Amplitude térmica diurna (DTR)	°C	Diferença mensal média entre TX e TN	$DTR_j = (\sum(TX_{ij} - TN_{ij}))/I$
Dias de geada (FD)	Dias	Quantidade anual de dias com $TN < 0$ °C	$TN_{ij} < 0$ °C
Dias quentes (SU)	Dias	Quantidade anual de dias $TX > 25$ °C	$TX_{ij} > 25$ °C
Dias congelantes (ID)	Dias	Quantidade anual de dias $TX < 0$ °C	$TX_{ij} < 0$ °C
Noites tropicais (TR)	Dias	Quantidade anual de dias $TN > 20$ °C	$TN_{ij} > 20$ °C
Duração de crescimento de estação (GSL)	Dias	Quantidade de dias no ano entre um período de 6 dias consecutivos com temperatura média (TG) > 5 °C e o primeiro período de 6 dias consecutivos com $TG < 5$ °C	$TG_{ij} > 5$ °C $TG_{ij} < 5$ °C
Dias frios (TX10P)	Dias	Porcentagem de dias quando $TX <$ percentil 10	$TX_{ij} < TX_{in10}$
Dias quentes (TX90P)	Dias	Porcentagem de dias quando $TX >$ percentil 90	$TX_{ij} > TX_{in90}$
Noites frias (TN10P)	Dias	Porcentagem de dias quando $TN <$ percentil 10	$TN_{ij} < TN_{in10}$
Noites quentes (TN90P)	Dias	Porcentagem de dias quando $TN >$ percentil 90	$TN_{ij} > TN_{in90}$
Índice de duração de onda quente (WSDI)	Dias	Quantidade anual de 6 dias com $TX >$ percentil 90	$TX_{ij} > TX_{in90}$
Índice de duração de onda fria (CSDI)	Dias	Quantidade anual de 6 dias com $TN <$ percentil 90	$TN_{ij} < TN_{in10}$

O sexto relatório do IPCC (2022), descreve que acréscimos no número de dias quentes (SU) regionais, bem como o aumento das temperaturas mínimas (TNX e TNN) e máximas (TXX e TXN), estão ligados com aumentos de frequência e a intensidade de incêndios locais. E a interação do fogo com o solo acaba causando danos ao ecossistema e a segurança alimentar. Além do aumento das queimadas o aumento das temperaturas ocasiona o aumento na mortalidade de peixes de água doce.

A redução de dias congelantes (ID) no Ártico, acarretam na redução de áreas congeladas, bem como a chegada de espécies de regiões mais quentes tanto terrestres quanto marinhas, além da redução da tundra, sendo essa a vegetação nativa (IPCC, 2022).

O aumento na quantidade de dias quentes (TX90P), acarretam na intensificação do estresse causado pelo calor em diversos animais, como exemplo têm-se a redução da população do gado nepalês (IPCC, 2022).

A intensificação de dias de índice de duração de onda quente (WSDI), elevam a temperatura dos corpos hídricos acarretando na redução das suas misturas internas da água. Causando uma diminuição no oxigênio dissolvido e na renovação de oxigênio em águas profundas. (IPCC, 2022; Zhang et al., 2015)

Com bases nos índices do ETCCDI, Brunet *et al.* (2006), realizaram análise sobre temperaturas diárias na Espanha, entre os anos de 1850 e 2003. Nos resultados obtiveram que as taxas de aumento na temperatura diurna foram maiores que as noturnas.

Mahmood, Jia, Zhu (2019), analisando séries de temperatura para região do Lago Chade, na África, entre 1951 e 2015, verificaram o aumento de aproximadamente 0,22 °C por década para a região.

Dantas *et al* (2015), utilizando os índices de extremos climáticos para a cidade de Campina Grande - PB, para o período de 1975 a 2011, obtiveram como resultado o aumentando gradativo das temperaturas máximas diárias (TXX) de 0,05 °C/ano e mínimas diárias (TNX) de 0,018 °C/ano, bem como o aumento de dias de verão (SU) de 0,718dias/ano e de noites quentes (TN90P) 0,504 dias/ano.

Melo *et al* (2018), avaliando se a construção do Lago Artificial de Sobradinho - BA, causou impactos climáticos na região, tanto para temperatura quanto para a precipitação. Obtiveram como resultado tendência de aumento da temperatura máxima diárias (TXX) de 0,023 °C/ano, do número de dias quentes (SU) de 0,1dia/ano e amplitude de temperatura diurna (DTR) de 0,016 °C/ano, para as estações estudadas, entretanto não foi possível comprovar que a construção do lago causou impacto direto no microclima.

Camargo *et al* (2009), em pesquisa de extremos de temperatura do ar para o estado de Santa Catarina, para os anos de 1961 a 2008, encontraram tendências significativas positivas de temperatura mínima (TN) em 11 das 16 estações analisadas, logo um aquecimento da temperatura do ar ao longo dos anos.

Silva *et al* (2015), realizaram análises de tendência para temperatura e precipitação para o Estado do Paraná, entre 1976 e 2010. Os resultados indicaram padrão de aquecimento estaticamente significativo para o estado, com TNX apresentando tendência positiva de 0,01 °C/ano e TXX de 0,03 °C/ano.

2.3 HOMOGENEIDADE EM SÉRIES DE DADOS CLIMATOLÓGICOS

Os eventos climáticos como precipitação e temperatura do ar, apresentam grande variabilidade, tanto no tempo como no espaço (LONGOBARDI; VILANI, 2010). Ao analisar tendências nesses tipos de séries, é importante que elas sejam homogêneas, ou seja, que representem apenas tendências e mudanças no tempo e clima. Tais séries de observação podem ser severamente influenciadas por fatores externos, nesse são dadas como heterogêneas.

A heterogeneidade de uma série histórica climática pode ser devida a diversos fatores, dentre eles a Norwegian Meteorological Institute (2020) destaca a realocação da estação, a mudança dos instrumentos de medição, a mudança do observador e alterações na rotina da utilização dos equipamentos.

Do exposto anteriormente, para a validação de análises climáticas para séries históricas faz-se necessário que a base de dados seja homogênea (LONGOBARDI; VILANI, 2010). Para que as séries de dados se apresentem como homogêneas, suas variações devem ocorrer apenas em função das condições climáticas (MARTINEZ *et al*, 2010; LONGOBARDI, VILANI, 2010), caso contrário serão consideradas não-homogêneas ou heterogêneas (BRUNET *et al*, 2006).

Os testes de homogeneidade de variâncias baseiam-se em testes de hipóteses sobre médias ou em efeitos de tratamentos pressupondo que as variâncias das populações amostradas sejam iguais (JOHSON e WINCHERN, 1998).

Para a verificação de homogeneidade existem duas categorias de testes estatísticos: os paramétricos e os não paramétricos. A diferença dos testes se dá pela forma da distribuição da população, sendo que para os paramétricos o comportamento distributivo é conhecido, podendo esse ser normal. Enquanto para os não paramétricos não se conhece a distribuição, e a referência das características passa a ser as das amostras (ALEXANDRE, 2009).

Queiroz (2013), relata que muitas séries hidrológicas não seguem distribuição normal, e sugere que caso não se conheça o padrão de variabilidade, deve-se realizar mais de um teste de homogeneidade para a avaliação.

Para validar a utilização de uma série histórica quanto a homogeneidade, Wijngaard, Klien Tank e Können (2003), propõem a combinação de resultados de homogeneidade por meio da análise da combinação dos resultados de quatro testes aplicados à mesma série: o Teste de Buishand (1982), Teste de Pettit (1979), Teste Razão de Von Neumann (1949) e o Teste de Homogeneidade Padrão (SNHT) (1986). Segundo os autores os testes apresentam como suposição de hipótese nula (H_0) que valores anuais (Y_i) da variável de teste (Y), são independentes e identicamente distribuídos.

Após a combinação dos resultados obtidos pelos testes de homogeneidade, a série histórica é classificada como útil, duvidosa ou suspeita. A classificação das séries é apresentada no item 2.3.5.

2.3.1 Teste Razão de Von Neumann

O teste de Razão de Von Neumann adota como hipótese alternativa (H_1), que a série é distribuída de maneira aleatória (VON NEUMANN, 1941; WIJNGAARD, KLIEN TANK E KÖNNEN, 2003).

A Equação 1, apresenta a estatística da Razão de Von Neumann definida por Buishand (1982).

$$N = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} (Y_i - Y_{i+1})^2}{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2} \quad \text{Equação 1}$$

N é definido como a razão da diferença média quadrada para anos sucessivos, Y corresponde a série anual a ser testada e i o ano.

Para validar a homogeneidade N deve apresentar valores menores que o apresentado pela Tabela 1, de acordo com o nível de significância estabelecido e do tamanho amostral.

Tabela 1- Valores críticos para os níveis de significância de 1% e 5% para N no Teste Razão de Vonn Neumann

N	20	30	40	50	70	100
1%	1,04	1,20	1,29	1,36	1,45	1,54
5%	1,30	1,42	1,49	1,54	1,61	1,67

Fonte: Wijngaard, Klien Tank E Können, 2003

2.3.2 Teste de Pettitt

O Tese de Pettitt (1979), tem por finalidade identificar se duas amostras pertencem a uma mesma população. A hipótese alternativa para o teste é dada pela presença de ponto de mudança.

A contagem do número de vezes que um membro da primeira amostra é maior que um membro da segunda amostra é feita por $U_{t,T}$ (Equação 2).

$$U_{t,T} = U_{t-1,T} + \sum_{j=1}^T \text{sgn}(Y_i - Y_j) \quad \text{Equação 2}$$

$$\text{Adotar: } \text{sgn}(y) = \begin{cases} 1 & \text{para } y > 0 \\ 0 & \text{para } y = 0 \\ -1 & \text{para } y < 0 \end{cases} \quad \text{Equação 3}$$

Os valores de $U_{t,T}$, são realizados para os valores de $1 \leq t \leq T$. O valor absoluto máximo de $U_{t,T}$ é dado por $K(t)$ (Equação 4).

$$K(t) = \max_{1 \leq t \leq T} |U_{t,T}| \quad \text{Equação 4}$$

Para a série ser considerado homogênea para os níveis de significância de 1% e 5%, $K(t)$, deve apresentar valores menores que os apresentados pela Tabela 2.

Tabela 2- Valores críticos para os níveis de significância de 1% e 5% para $k(t)$ no Teste de Pettit

N	20	30	40	50	70	100
1%	71	133	208	293	488	841
5%	557	107	167	235	393	677

Fonte: Wijngaard, Klien Tank E Können, 2003

2.3.3 Teste de Buishand

O Teste de Buishand é baseado na soma parcial ou cumulativa em relação à média (BUISHAND,1982). A Equação 5 apresenta a base de cálculo para o teste.

$$S_0^* = 0 \text{ e } S_k^* = \sum_{i=1}^k (Y_i - \bar{Y}) \quad \text{Equação 5}$$

Os valores de k variam de 1 até o tamanho amostral (n). Para séries homogêneas os valores de S_k^* apresentam-se próximos a zero, devido a uma menor variação na série de dados. Se o ponto de quebra for próximo ao ano K , S_k^* , terá seu maior valor absoluto, podendo esse ser o máximo ou mínimo (BUISHAND,1982).

Os valores críticos para o teste são apresentados pela Tabela 3. A estatística R (faixa ajustada redimensionada), é apresentada pela equação 6.

$$R = \frac{(\max_{0 \leq k \leq n} S_k^* - \min_{0 \leq k \leq n} S_k^*)}{S} \quad \text{Equação 6}$$

A estatística S é o desvio padrão amostral

Tabela 3 - :Valores críticos para os níveis de significância de 1% e 5% para $\frac{R}{\sqrt{n}}$ no Teste de Buishand

n	10	20	30	40	50	100	∞
1%	1,38	1,60	1,70	1,74	1,78	1,86	2,00
5%	1,28	1,43	1,50	1,53	1,55	1,62	1,75

Fonte: Adaptado de Buishand, 1982

2.3.4 Teste de homogeneidade padrão (SNHT)

O Teste de Homogeneidade Padrão (SNHT), proposto por Alexanderson (1986), faz seu desenvolvimento entorno do desvio na média amostral. Assumindo como hipótese alternativa que existe desvio na média (ALEXANDERSON, 1986; WIJNGAARD, KLIEN TANK E KÖNNEN, 2003).

A análise da série é feita pelo valor máximo de $T(k)$, T_0 (Equação 7),

$$T_0 = \max_{0 \leq k \leq n} T(k) \quad \text{Equação 7}$$

Sendo $T(k)$, descrito pela Equação 8:

$$T(k) = k\bar{Z}_1^2 + (n - k)\bar{Z}_2^2 \quad \text{Equação 8}$$

Adotar:

$$\bar{Z}_1 = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k \frac{(Y_i - \bar{Y})}{s} \quad \text{Equação 9}$$

$$\bar{Z}_2 = \frac{1}{n - k} \sum_{i=k+1}^n \frac{(Y_i - \bar{Y})}{s} \quad \text{Equação 10}$$

Para considerar a série histórica como homogênea o valor de T_0 , deve ser menor que o apresentado pela Tabela 4, para os níveis de significância de 1% e 5%.

Tabela 4 - Valores críticos para os níveis de significância de 1% e 5% para T_0 no Teste SNHT

n	20	30	40	50	70	100
1%	9,56	10,45	11,01	11,38	11,89	12,32
5%	6,95	7,65	8,10	8,45	8,80	9,15

Fontes: 1% -Wijngaard, Klien Tank E Können, 2003; 5% - Alexandersson e Moberg,1997

2.3.5 Classificação da homogeneidade das séries históricas de temperatura

Nos itens de 2.3.1 a 2.3.4 foram apresentados os quatro testes utilizados por Wijngaard, Klien Tank e Können (2003), para avaliação de uma série climática quanto a homogeneidade. Dentre os quatro testes apresentados o único que não fornece o ano de mudança de dados da série (ponto de quebra) é o Teste de Razão de Von Neumann (1941). Entretanto o Teste SNHT (1986) consegue detectar pontos de falha mais próximos aos extremos das séries (início e fim), enquanto os Testes de Pettitt (1979) e Buishand (1982)

são mais sensíveis para falhas no meio das séries (WIJNGAARD, KLIEN TANK E KÖNNEN, 2003).

Wijngaard, Klien Tank e Können (2003), ainda apresentam que os testes SNHT (1986) e de Buishand (1982), assumem que Y_i são normalmente distribuídos enquanto o de Pettit (1979) não, pois esse modelo é baseado em ranqueamento e não nos próprios valores das séries, com isso, se torna o menos sensível a presença de outliers.

Devido as diferenças de abordagem de cada teste, as séries históricas podem apresentar resultados diferentes para a homogeneidade. O relatório da European Climate Assessment (ECA), aborda a necessidade de ocorrer uma combinação dos resultados dos testes de homogeneidade para que seja possível classificar uma série histórica. A classificação é realizada em três classes (WIJNGAARD, KLIEN TANK E KÖNNEN, 2003):

- Classe 1- Útil: ocorre quando a hipótese nula é rejeitada por apenas um ou nenhum teste (esses devem apresentar o mesmo nível de significância). Séries históricas enquadradas nessa categoria são consideradas homogêneas;
- Classe 2 – Duvidosa: ocorre quando a hipótese nula é rejeitada por dois testes (esses devem apresentar o mesmo nível de significância). Séries históricas enquadradas nessa categoria apresentam características das homogêneas, entretanto devem ser analisadas com mais cautela pois podem interferir em resultados futuros da pesquisa;
- Classe 3 - Suspeita: ocorre quando a hipótese nula é rejeitada por três ou quatro testes (esses devem apresentar o mesmo nível de significância). Séries históricas enquadradas nessa categoria são consideradas não-homogêneas ou heterogêneas.

Santos (2012), para o estado de Minas Gerais, obteve que 73% de suas séries para temperatura máxima do ar e 71% para séries de temperatura mínima do ar, foram classificadas como úteis (Classe 1). Para a pesquisa aplicou os testes SNHT, Pettit e o teste de Buishand, para classificar a homogeneidade.

Mangili (2019), fez o estudo para a Bacia hidrográfica do Rio Tibagi, para dados diários de precipitação. No estudo foram analisadas 151 estações pluviométricas, dessas 79 estações foram classificadas como úteis (Classe 1), 28 como duvidosas (Classe 2) e 44 como suspeitas (Classe 3).

Cabe ao pesquisador, a partir dos resultados da classificação da homogeneidade das séries, decidir se utilizará apenas das séries classificadas como úteis para suas análises ou se aplicará algum processo de homogeneização das outras duas classes de séries.

2.4 TENDÊNCIA EM SÉRIE DE DADOS CLIMÁTICOS

De acordo com Houghton *et al.* (1996) e Oguntunde *et al.* (2011), analisar e detectar mudanças em séries climáticas é fundamental para os estudos sobre alterações climáticas.

A tendência, representa o comportamento de longo prazo de uma série. Por conta disso acaba sofrendo impactos de diversas variáveis ao longo do tempo, como: crescimento demográfico, alteração no relevo ou vegetação (Reis, 2020). Logo análises de tendências de aumento e decréscimo para séries temporais climáticas podem indicar mudanças climáticas.

O Teste de Mann-Kendall (Mann, 1945; Kendall, 1975) é um método sequencial e não paramétrico para detecção de tendências em séries temporais. Os pesquisadores Goossens e Berger (1986), consideram o método como sendo o mais apropriado para analisar tendência de mudanças climáticas. A utilização de métodos não paramétricos permite que os dados não pertençam a uma distribuição restrita, logo a presença de outliers tem interferência menor no resultado se comparado a modelos paramétricos (SILVA *et al.* 2015)

Para a avaliação da magnitude das tendências, quando detectadas, o também não paramétrico Teste de Sen-Slope (SEN, 1968) pode ser utilizado.

2.4.1 Método de Mann-Kendall

O teste de Mann-Kendall, considera a hipótese nula (H0) sendo a ausência de tendência e a hipótese alternativa (H1) como a presença de tendência. Sendo X_i e X_j como a ordem relativa dos elementos das séries temporais, e n como o tamanho amostral.

O teste realiza comparação de todos os valores de uma série com aqueles que lhe seguem, gerando uma nova série (Z_i) por meio de valor relativo da diferença entre os termos comparados (Equação 11).

$$Z_i = \text{sing}(X_j - X_i) = \begin{cases} < 0, \text{assumir " - 1"} \\ > 0, \text{assumir "1"} \\ = 0, \text{assumir "0"} \end{cases} \quad \text{Equação 11}$$

A estatística de teste é obtida através da soma da série Z_i (S), dado pela Equação 12:

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \text{sign}(X_j - X_i) \quad \text{Equação 12}$$

A estatística S aproxima-se da normalidade à medida que n aumenta, sendo sua variância determinada pela Equação 13. Para valores de $Z(t)$ (Equação 14) positivos considera-se que a tendência é positiva, e para valores negativos que a tendência é negativa (SANTOS, PORTELA, 2008).

$$Var(S) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{i=t}^m t_i i(i-1)(2i+5)}{18} \quad \text{Equação 13}$$

$$Z(t) = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{Var(S)}}, & \text{se } S < 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{Var(S)}}, & \text{se } S > 0 \\ 0 & \text{caso contrário} \end{cases} \quad \text{Equação 14}$$

A hipótese nula, ausência de tendência, é rejeitada sempre que $|Z(t)| > Z_{\alpha/2}$. Sendo $Z_{\alpha/2}$ a variável normal reduzida da função de distribuição normal padrão e α é o nível de significância (SANTOS, PORTELA, 2008).

Para valores positivos de $Z(t)$ considerar tendências crescentes e para valores negativos de $Z(t)$ considerar tendências decrescentes (SANTOS, PORTELA, 2008).

2.4.2 Método de Sen-Slope

O teste não paramétrico de Sen-Slope, propostos no artigo *Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau* (SEN, 1968), é aplicado para avaliar a magnitude da tendência em uma série histórica. Neste a hipótese nula (H_0) indica que não existe inclinação (tendência) ao longo do tempo e, a hipótese alternativa (H_1) é que existe uma inclinação crescente ou decrescente na série. O teste é calculado de acordo com o apresentado pela Equação 15

$$T_i = \frac{x_j - x_k}{j - k} \quad \text{Equação 15}$$

Para T_i a inclinação entre os pontos dos dados x_j e x_k ; x_j e x_k medição dos dados em relação ao tempo j e k , respectivamente; j tempo posterior ao tempo k ; i variando de 1 a n . O estimador de Sen-Slope é dado pela mediana (T_{med}) (Equação 16) dos n valores de T_i (valor de Sen S Slope), indicam a tendência da série.

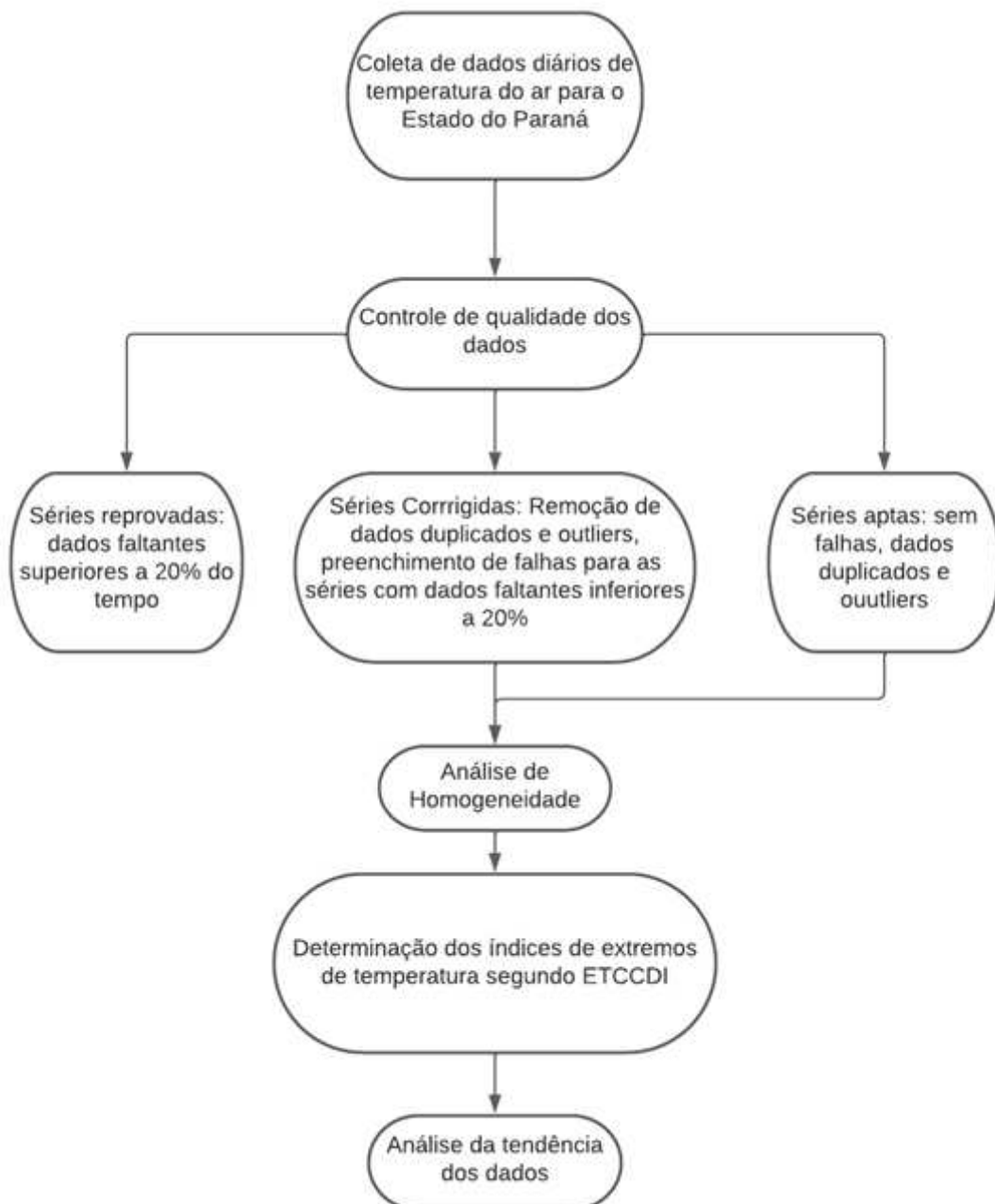
$$T_{med} = \begin{cases} T_{\lfloor \frac{n+1}{2} \rfloor}, & \text{se } n \text{ é ímpar} \\ \frac{T_{\lfloor \frac{n}{2} \rfloor} + T_{\lfloor \frac{n+2}{2} \rfloor}}{2}, & \text{se } n \text{ é par} \end{cases} \quad \text{Equação 16}$$

Valores positivos do estimador indicam tendências crescentes, enquanto os valores negativos indicam tendências decrescentes.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

O fluxograma apresentado pela Figura 5, descreve os procedimentos que são empregados para a análise dos dados de temperatura no estado do Paraná.

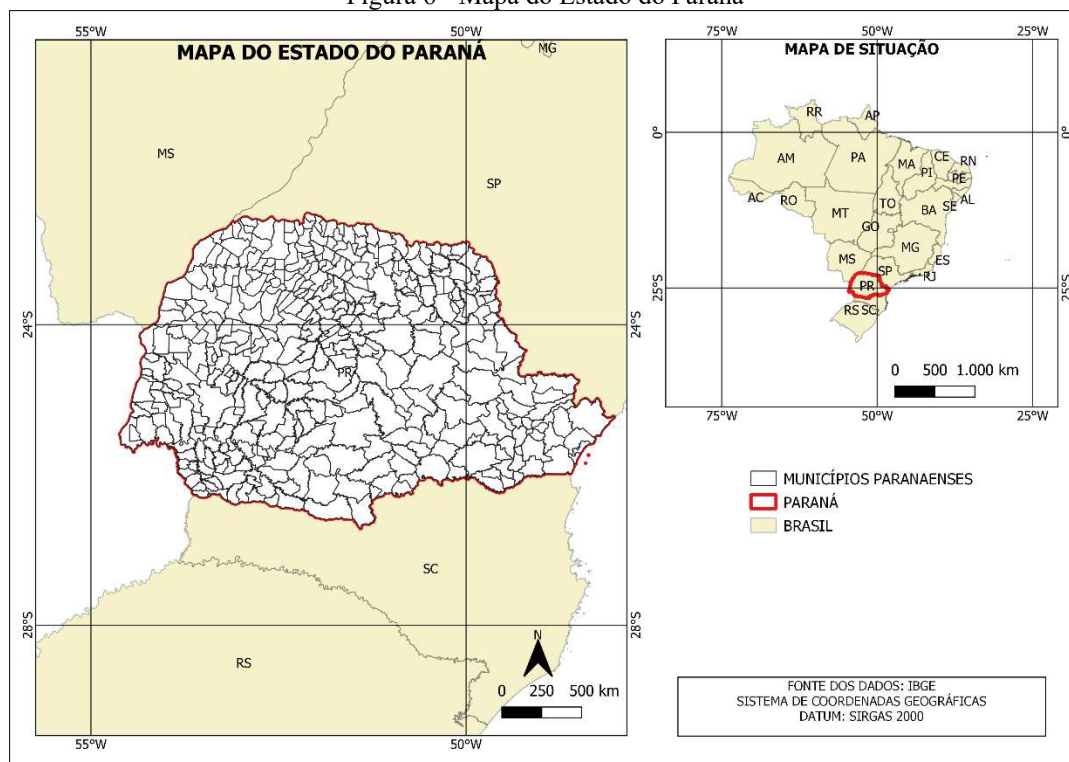
Figura 5- Fluxograma da etapa metodológica



3.1 ÁREA DE ESTUDO

O Brasil é dividido em cinco Regiões (Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste e Sul) e em 26 estados ou unidades federativas (IBGE, 2022). O estado do Paraná (PR), objeto deste estudo, encontra-se localizado dentro da região Sul apresentada pela Figura 6.

Figura 6 - Mapa do Estado do Paraná



O PR apresenta área de 199.298,981km², correspondendo a aproximadamente 35% do território regional. O estado apresenta divisas com o Estado de Santa Catarina, São Paulo e Mato Grosso do Sul além dos países Paraguai e Argentina. O estado paranaense, abrange um total de 399 municípios (Figura 6) (PARANÁ, 2008).

Para o ano de 2010 o Censo Demográfico do IBGE (2010) apresenta que a população estadual era de 10.444.526, e estima-se que para o ano de 2020 seja de 11.597.484 habitantes. Dentre a população o censo indicava que 8.912.692 (85%) situavam-se em área urbana e 1.531.834 (15%) em zona rural.

Na Tabela 5 é apresentada a distribuição da população ocupada por setores de atividade econômica, conforme o Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social - IPARDES (2020).

Tabela 5 - População ocupada para setores de atividade econômica

ATIVIDADE ECONÔMICA	População (quantidade)	População(%)
Comércio, reparação de veículos automotores e motocicletas	919.155	21%
Agricultura, pecuária, produção florestal, pesca e aquicultura	788.365	18%
Indústrias de Transformação	774.734	18%
Construção	390.768	9%
Serviços domésticos	314.336	7%
Educação	285.103	7%
Transporte, armazenagem e correio	230.947	5%
Administração pública, defesa e seguridade social	223.856	5%
Saúde humana e serviços sociais	181.854	4%
Alojamento e alimentação	170.566	4%

Fonte: Adaptado IPARDES, 2020

Os dados referentes ao uso da terra no PR nos 2014 e 2015 são apresentados na Tabela 6 (IPARDES, 2020)

Tabela 6 - Uso da terra (2014 e 2015)

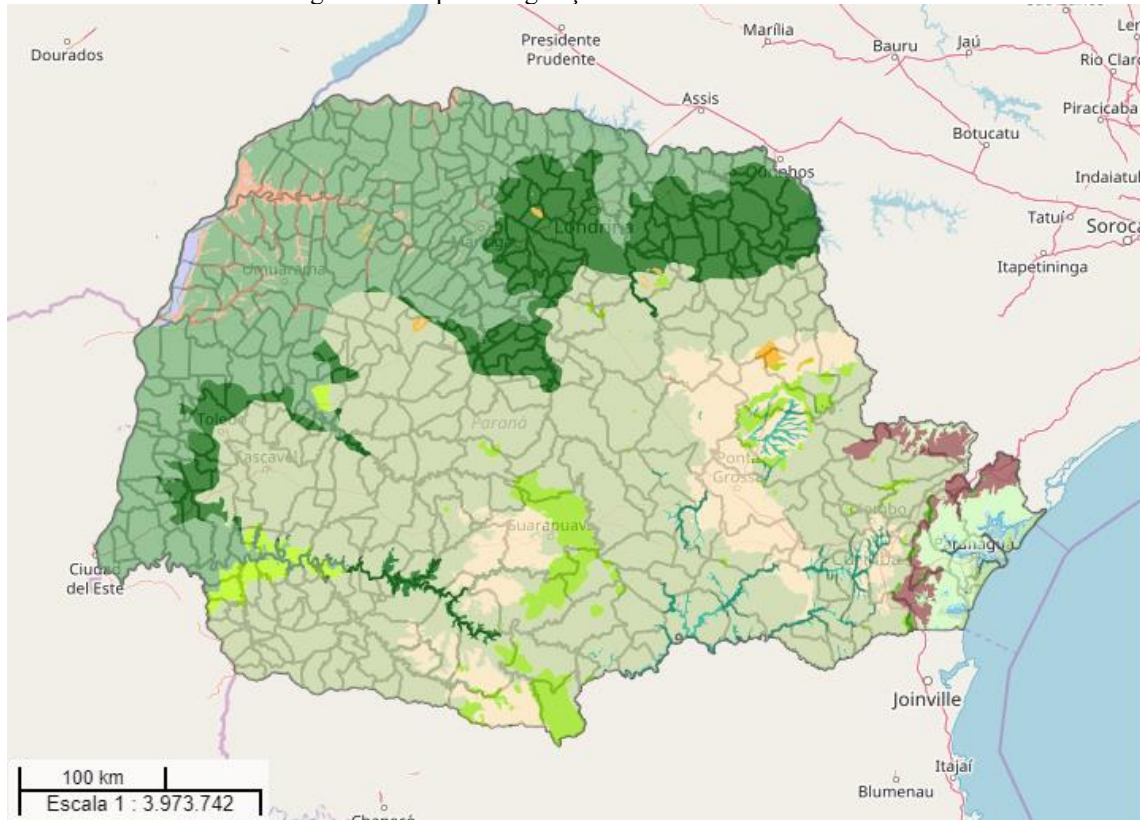
	Agricultura	Integração lavoura, pecuária e floresta alterada	Floresta nativa	Integração lavoura e pecuária	Outras
Área (km ²)	7.782.175,19	5.280.348,40	2.784.291,39	1.929.295,50	2.149.144,44
Área (%)	39%	26%	14%	10%	11%

Fonte: Adaptado IPARDES, 2020

A agricultura, pecuária e produção florestal somadas apresentam destaques em relação à economia (18% da população ocupada) e ao uso e ocupação do solo (65% do uso da terra).

O Instituto de Terras Cartografia e Geologia do Paraná – ITCG (2022), apresenta o mapa de vegetação para o estado do Paraná, com 20 diferentes tipos de classificação (Figura 7). Dentre estes, a Floresta Ombrófila Mista Montana com maior abrangência no Estado. Esse tipo de vegetação é classificado pela presença em planaltos acima dos 500 m de altitude, nos Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, e marcados pela presença de Araucária angustifolia (IBGE, 1992)

Figura 7 - Mapa de vegetação do Estado do Paraná



Formação Fitogeográfica

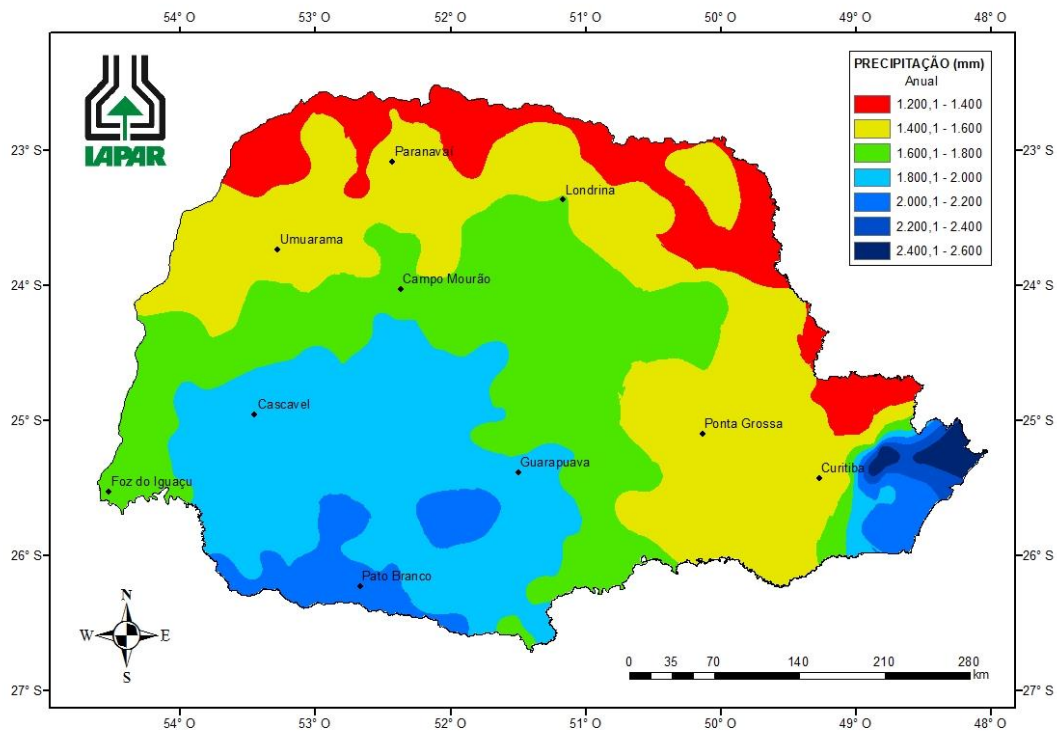
- Campos Naturais
- Cerrado
- Floresta Estacional Semidecidual Aluvial
- Floresta Estacional Semidecidual Montana
- Floresta Estacional Semidecidual Submontana
- Floresta Ombrofila Densa Alto-Montana
- Floresta Ombrofila Densa das Terras Baixas e Aluvial
- Floresta Ombrofila Densa Montana
- Floresta Ombrofila Densa Sub-Montana
- Floresta Ombrofila Mista Alto-montana
- Floresta Ombrofila Mista Aluvial
- Floresta Ombrofila Mista Montana
- Floresta Ombrofila Mista Submontana
- Formacoes Pioneiras Com Influencia Fluvial - Arborea
- Formacoes Pioneiras Com Influencia Fluvial - Herbacea / Arbustiva
- Formacoes Pioneiras Com Influencia Fluviomarinha - Arborea
- Formacoes Pioneiras Com Influencia Fluviomarinha - Herbacea / Arbustiva
- Formacoes Pioneiras Com Influencia Marinha - Arborea
- Formacoes Pioneiras Com Influencia Marinha - Herbacea / Arbustiva
- Formacoes Pioneiras de Influencia Fluvial - Varzeas do Rio Parana

Fonte: ITCG, 2022

O Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR) a partir da década de 1970, montou uma rede de dados meteorológicos. Com a base de dados a partir de 1970 até o ano de 2015, desenvolveram o Atlas Climático do Estado do Paraná. Nesse atlas são apresentados os

resultados de precipitação anual e temperaturas médias, mostrados nas Figuras 8 e 9 (IAPAR, 2019).

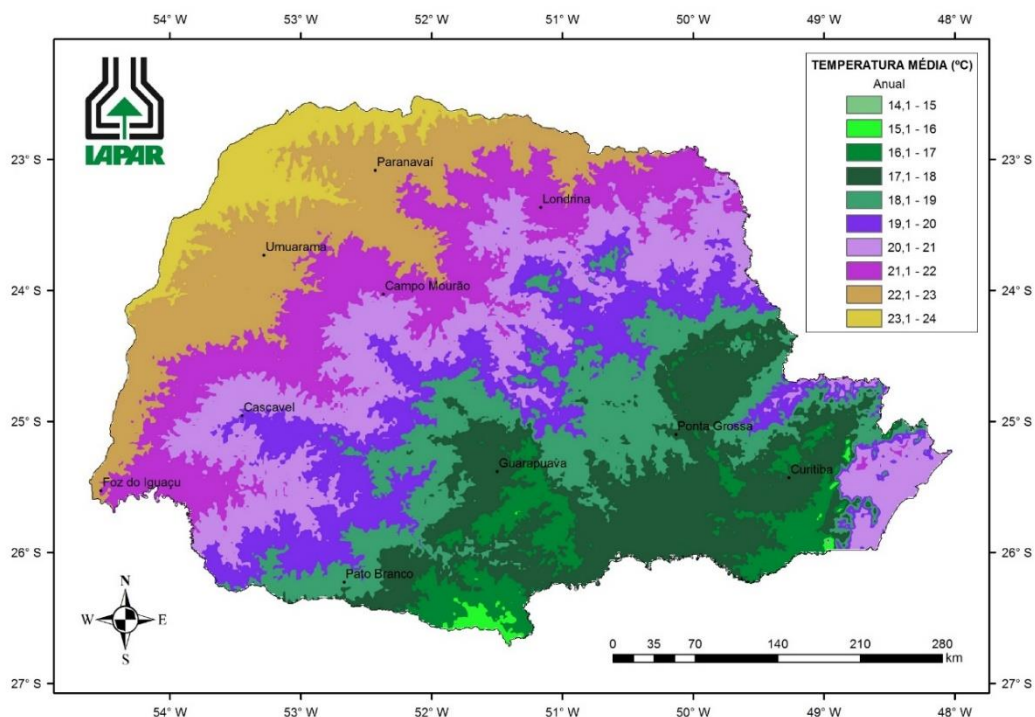
Figura 8- Precipitação anual do Estado do Paraná



Fonte: IAPAR, 2019

A região do Estado que apresenta os menores valores de precipitação anual (1200-1400 mm) está na fronteira com o estado de São Paulo, enquanto a região litorânea (leste) apresenta a maior faixa de precipitação anual (2400-2600mm).

Figura 9 - Temperatura média anual do Estado do Paraná



Fonte: IAPAR, 2019

A amplitude térmica média do estado apresenta-se em 10 °C. Os valores mais elevados de temperatura são apresentados na região noroeste, e os menores na região centro-sul.

Utilizando o Estado do Paraná como área de estudo, o presente trabalho tem por finalidade verificar a tendência para os índices de extremos climáticos para os dados diários de temperatura do ar.

3.2 DADOS DE TEMPERATURA

A coleta de dados de temperatura do ar de cada estação do Estado do Paraná foi realizada nas bases de dados do Sistema de Monitoramento Agrometeorológico (Agritempo) (<https://www.agritempo.gov.br/agritempo/jsp/Estacao/index.jsp?siglaUF=PR>) e do Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná (IDR-Paraná).

O Agritempo é um sistema web mantido pela Embrapa Informática Agropecuária e pelo Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura (Cepagri). A disponibilização de informações e dados agrometeorológicos nacionais é feita por estado e de maneira gratuita (EMBRAPA, 2015).

Os dados diários disponibilizados pelo Agritempo para temperatura do ar são a temperatura mínima, máxima e média. Além desses dados de temperatura são fornecidos

para cada estação as informações sobre: latitude, longitude, altitude, município de localização, além da instituição responsável pela estação (EMBRAPA, 2015).

A origem dos dados das estações pode ser de duas fontes espaciais e pelas estações meteorológicas superficiais. Para o presente trabalho os dados de temperatura do ar fornecidos para as estações através de imagens foram descartados, sendo apenas utilizados os dados de estações meteorológicas.

O IDR-Paraná é um órgão criado a partir da Lei 20.121/19, e tem por objetivo auxiliar as práticas rurais, agrícolas e agroecologia por meio de pesquisa e experimentação (IDR-PARANÁ, 2022).

As características dos dados disponibilizados pelo IDR-Paraná eram semelhantes aos dados fornecidos pelo Agritempo, em relação as temperaturas disponibilizadas e posições geográficas.

O período de coleta de dados para cada estação é diferente, dentre os fatores para isso ocorrer destacam-se: o momento de instalação das estações ou por desativação dessas.

3.3 TRATAMENTO DOS DADOS

Para que as informações coletadas pudessem ser utilizadas nesta pesquisa, os dados passaram por uma etapa denominada controle de qualidade, seguida pelo preenchimento de dados faltantes e verificação da homogeneidade da série histórica, e só após essas etapas é que os índices de detecção de mudanças climáticas, propostos pelo IPCC (2007), foram obtidos. A seguir é descrito cada uma das etapas aqui citadas.

3.3.1 Controle de qualidade

Após a coleta dos dados, estes foram submetidos a um procedimento denominado por controle de qualidade sobre as séries históricas. Para tanto, nessa etapa são utilizadas as metodologias de Hong e Ying (2019) e Li *et al* (2021), e o software Climpact (<https://climpact-sci.org>).

O Climpact é escrito na linguagem de programação R (www.rproject.org), viabilizado pela Comissão de Climatologia da Organização Meteorológica Mundial. Tendo por finalidade o cálculo dos índices de mudanças climáticas (CLIMPACT, 2021).

Para o desenvolvimento dos cálculos, o software realiza um controle de qualidade para cada estação meteorológica sobre as séries históricas, em que são verificados a existência de outliers, a quantidade de dados faltantes e, também, de dados errôneos, por exemplo

dados errôneos, como registros de valores temperatura máxima abaixo da mínima, são observados nesse processo (CLIMPACT, 2021)

Hong e Ying (2019) e Li *et al* (2021), descartaram estações por falta de dados nas séries históricas. No presente trabalho optou-se por eliminar as estações com quantidade de dados diários faltantes maiores ou equivalentes a 20% do total que poderiam ter.

3.3.2 Preenchimento de falhas

O preenchimento de dados faltantes será realizado por meio do pacote Multivariate Imputation by Chained Equations (MICE), vinculado ao software R, elaborado por Van Buuren *et al.* (2021). O pacote utiliza a metodologia desenvolvida por Van Buuren e Groothuis-Oudshoorn (2011).

O algoritmo do MICE é aplicado para a realizar a concatenação de modo que sejam preenchidas as lacunas de dados (VAN BUUREN E GROOTHUIS-OUDSHOORN, 2011).

A aplicação da metodologia proposta é desenvolvida para:

- Desenvolvimento de cálculo para os dados faltantes;
- Conservar a relação dos dados originais;
- Preservar a incerteza dessa relação.

O cálculo utilizando a metodologia MICE, parte do pressuposto de uma amostra de dados completa Y , pertencente a uma população de distribuição $P(Y|\theta)$. Sendo a distribuição da variável Y especificada por θ , um vetor de parâmetro desconhecido.

O MICE consegue descobrir a distribuição de θ por amostragem iterativa de distribuições condicionais, com base em:

$$\begin{aligned} &P(Y_1|Y_{-1}, \theta_1) \\ &\dots \\ &P(Y_p|Y_{-p}, \theta_p) \end{aligned} \qquad \text{Equação 17}$$

Os parâmetros $\theta_1, \dots, \theta_p$, são específicos para as suas respectivas densidades condicionais. Partindo de um sorteio simples de distribuições marginais observadas, a iteração t de equações encadeadas é um amostrador de Gibbs.

O amostrador de Gibbs é um algoritmo de Monte Carlo de cadeia de Markov (MCMC) (VAN BUUREN E GROOTHUIS-OUDSHOORN, 2011). Sendo a aplicação de tal amostrador para a distribuição condicional completa como a distribuição do componente

t do condicionamento θ em para todos os demais componentes. E o algoritmo permite calcular estimativas amostrais de características da distribuição em análise (EHLERS, 2003).

$$\begin{aligned} \theta_1^{*t} &\sim P(\theta_1 | Y_1^{obs}, Y_2^{(t-1)}, \dots, Y_p^{(t-1)}) \\ Y_1^{*t} &\sim P(Y_1 | Y_1^{obs}, Y_2^{(t-1)}, \dots, Y_p^{(t-1)}, \theta_1^{*t}) \\ &\dots \\ \theta_p^{*t} &\sim P(\theta_p | Y_p^{obs}, Y_p^t, \dots, Y_{p-1}^t) \\ Y_p^{*t} &\sim P(Y_p | Y_1^{obs}, Y_2^t, \dots, Y_p^t, \theta_1^{*t}) \end{aligned} \tag{Equação 18}$$

3.3.3 Homogeneidade das séries históricas

Após estimados os valores faltantes e realizada a substituição de dados errôneos para as séries históricas, serão realizadas as avaliações quanto a homogeneidade. Nessa etapa as séries são classificadas como uteis, duvidosas e suspeita (segundo o método apresentado em 2.3.5). Para tanto, é necessário realizar o agrupamento do resultado de quatro testes não paramétricos de homogeneidade, aplicados para cada uma das séries, seguindo a proposição feita por Wijngaard; Klien Tank e Können (2003), em que são aplicados os testes de Von Neumann Ratio (VON NEUMANN, 1941), o teste de Pettit (PETTIT, 1979), o Teste de Buishand (BUISHAND, 1982) e o SNHT (ALEXANDERSSON; MOBERG, 1997).

O cálculo dos quatro testes de homogeneidade foi auxiliado pelo pacote `iki.dataclim: Consistency, Homogeneity and Summary Statistics of Climatological Data` (ORLOWSKY 2015), dentro do software R.

As séries consideradas como uteis serão aquelas que apresentarem nenhuma ou apenas uma rejeição a hipótese nula para o nível de significância de 1% (p_1) determinados para os 4 testes supracitados.

Neste trabalho apenas as séries que forem classificadas como úteis terão seus índices de extremos de temperatura analisados. As séries que não forem consideradas uteis serão descartadas para a continuidade da pesquisa.

Yan e Jones (2008), apresentam que a falta de homogeneidade pode ter influência nos resultados de análises de mudanças climáticas.

3.3.4 Índices de extremos climáticos – temperatura do ar

Com as estações classificadas como uteis foram calculados os 16 índices de extremos climáticos de temperatura do ar apresentados no item 2.2, para períodos anuais, sazonais (estações climáticas do ano) e mensais. para cada estação. O cálculo dessas realizado por rotinas computacionais dentro do software livre R.

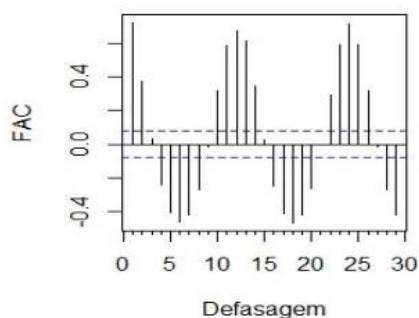
3.3.5 Autocorrelação dos índices de extremos climáticos

Para ser realizada a verificação de tendências pelo método de Mann-Kendall, se faz necessário a verificação da autocorrelação dos dados, para comprovar que esses sejam serialmente independentes (PATAKAMURI e O'BRIEN, 2021).

Patakamuri e O'Brien (2021), apresentam a lógica de autocorrelação definida a partir de observações anteriores, podendo essas serem de primeira e segunda ordem. A primeira ordem caracterizada pela correlação de um dado com o valor que o precede, enquanto a de segunda ordem é para um valor que esteja a duas unidades de tempo de distância. Para exemplificar o estudo de um dado de maio, para primeira e segunda ordem a análise seria para o mês de abril e março, respectivamente.

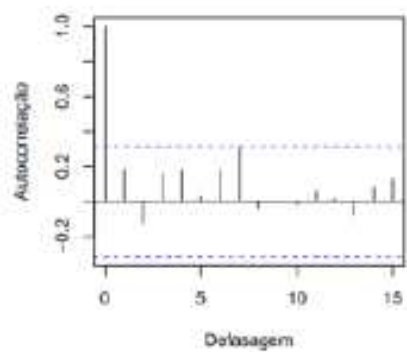
A Figura 10, exemplifica séries que apresentam sazonalidade/ dependentes, enquanto a Figura 11 apresenta se as autocorrelações não são significativas individualmente, sendo assim independentes.

Figura 10 - Autocorrelação de dados com sazonalidade



Fonte: Da Silva, 2020

Figura 11 - Autocorrelação de dados independentes



Fonte: Mangili 2019

O pacote Modified Versions of Mann Kendall and Spearman's Rho Trend Tests - modifiedmk (PATAKAMURI e O'BRIEN, 2021) dentro do software R, será utilizado para verificar se os índices calculados para cada estação útil são serialmente independentes.

3.3.6 Tendências dos índices de extremos climáticos

Após serem determinados os índices de extremos climáticos que sejam serialmente independentes, foi realizada a verificação da existência ou não de tendências, para tanto, os métodos de Mann-Kendall (GOOSSENS E BERGER, 1986) e de Sen's Slope (SEN, 1968), são utilizados.

O pacote modifiedmk (PATAKAMURI e O'BRIEN, 2021), dentro do software R, será utilizado nesta etapa do estudo para a aplicação dos métodos supracitados.

Para cada índice de extremos climático, de cada série histórica, o pacote apresenta como resultados os seguintes parâmetros:

- Z.Value (Valor Z, apresentado pela Equação 14 em 2.4.1);
- Sen's slope (Tmed, apresentado pela Equação 16 em 2.4.2);
- S (Estatística de Mann-Kendall, apresentado pela Equação 12 em 2.4.1);
- Var (S) (Variância de Mann-Kendall apresentado pela Equação 13 em 2.4.1);
- P.value (nível de significância);
- Tau (Coeficiente de Tau-Kendall).

O nível de significância corresponde a probabilidade de se tomar uma decisão incorreta para a veracidade de uma hipótese. Em oposição ao nível de significância tem-se o nível

de confiança, apresentado pela Equação (19), esse representando a confiança de um valor pertence ao intervalo determinado.

$$1 - (p - value) \qquad \text{Equação 19}$$

Para o presente trabalho adotou-se o nível de significância de 5%.

Assim, a partir da interpretação desses resultados, cada série é avaliada em relação à existência, ou não, de tendências e, ainda, caso essas ocorram, se são estatisticamente significativas e se a tendência é crescente ou decrescente nos índices analisados. O quadro apresenta os resultados para as análises. Além da verificação das tendências, a magnitude destas serão calculadas e apresentadas em formas de gráficos com a espacialização dos resultados para a área estudada.

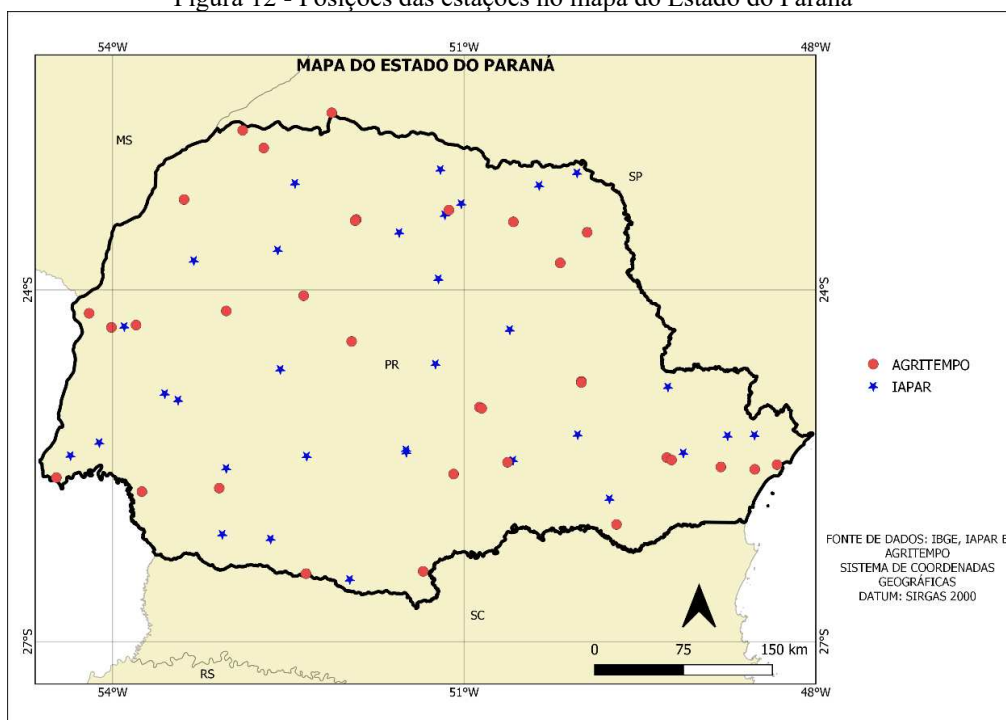
Quadro 2 – Análises dos resultados de tendências

Estatística S	p-value	Tendência
$S > 0$	$p\text{-value} < 0,05$	Significativa de Crescimento
$S > 0$	$p\text{-value} > 0,05$	Tendência não Significativa de Crescimento
$S = 0$	-	Sem tendência
$S < 0$	$p\text{-value} > 0,05$	Tendência não Significativa de Decrescimento
$S < 0$	$p\text{-value} < 0,05$	Significativa de Decrescimento

4 RESULTADOS

Foram identificadas na área de estudo um total de 69 estações meteorológicas com dados de temperatura do ar mínima, máxima e média diárias. A Figura 12 traz a distribuição destas no território do estado do Paraná. A coleta das informações foi realizada nos bancos de dados do IDR-Paraná (36 estações - Quadro 3) e da plataforma Agritempo (33 estações - Quadro 4).

Figura 12 - Posições das estações no mapa do Estado do Paraná



Quadro 3- Estações do banco de dados do IDR-Paraná

ESTAÇÃO	PERÍODO	LATITUDE	LONGITUDE	ALTITUDE
ANTONINA	1978-1999	-25.243417	-48.752472	69
APUCARANA	1962-2002	-23.511278	-51.554611	744
BANDEIRANTES	1976-2019	-23.110278	-50.360444	446
BELA VISTA DO PARAÍSO	1972-2015	-22.973917	-51.203056	623
CAMBARÁ	1957-2010	-23.003028	-50.036778	442
CÂNDIDO DE ABREU	1989-1998	-24.632139	-51.24525	630
CASCATEL	1973-1989	-24.939944	-53.441528	772
CASCATEL - COODETEC	1989-1998	-24.884639	-53.554944	672
CERRO AZUL	1972-1997	-24.827889	-49.261361	330
CIANORTE	1972-2001	-23.660806	-52.591333	540
CLEVELÂNDIA	1973-2012	-26.417222	-52.348556	967
FERNANDES PINHEIRO	1963-2019	-25.453222	-50.583944	894
FRANCISCO BELTRÃO	1974-2019	-26.083889	-53.064194	629
GUARAPUAVA – CEDETEG	2005-2019	-25.384972	-51.493861	1029
GUARAPUAVA – COL. AGR.	1976-2005	-25.364306	-51.496417	1051
GUARAQUEÇABA	1977-2015	-25.238167	-48.52275	32
IBIPORÃ	1973-2014	-23.265139	-51.02525	485
JOAQUIM TÁVORA	1972-2015	-23.505278	-49.94825	520
LAPA	1989-2017	-25.782139	-49.760389	903
LARANJEIRAS DO SUL	1974-2007	-25.417972	-52.344306	873
LONDRINA	1976-2019	-23.3595	-51.164722	586
MAUÁ DA SERRA	1979-1991	-23.906389	-51.219972	1037
MEDIANEIRA	2003 -prov.	-25.302719	-54.113958	427
MORRETES	1978-2015	-25.508972	-48.808667	50
NOVA CANTU	1976-2013	-24.677556	-52.569194	548
PALMAS	1979-2017	-26.468222	-51.976306	1096
PALOTINA	1973-2011	-24.312944	-53.900917	294
PARANAVAÍ	1975-2019	-23.091667	-52.443889	483
PATO BRANCO	1979-2016	-26.123361	-52.651944	716
PINHAI	1070-1997	-25.390722	-49.129944	934
PLANALTO	1972-2015	-25.721861	-53.747944	400
PONTA GROSSA	1954-2001	-25.234306	-50.031611	878
QUEDAS DO IGUAÇU	1973-1998	-25.52225	-53.030972	514
SÃO MIGUEL DO IGUAÇU	1983-1997	-25.413056	-54.359917	270
TELÊMACO BORBA	1977-2015	-24.339472	-50.611167	755
UMUARAMA	1972-2019	-23.750667	-53.307667	487

Quadro 4 - Estações do banco de dados do AGRITEMPO

NOME	PERÍODO	LATITUDE	LONGITUDE	ALTITUDE
CAMPO MOURAO	1961-2017	-24.05	-52.37	574
CAMPO TENENTE	2004-2021	-26.00	-49.70	661
CASTRO	1961-2021	-24.78	-50.00	424
CASTRO *	2004-2021	-24.79	-50.00	991
CLEVELANDIA *	2011-2021	-26.42	-52.35	966
CURITIBA	1961-2021	-25.43	-49.27	914
CURITIBA *	1972-2022	-25.45	-49.23	922
DIAMANTE DO NORTE *	2011-2021	-22.64	-52.89	368
DOIS VIZINHOS	2007-2021	-25.69	-53.09	525
FOZ DO IGUACU *	2011-2021	-25.60	-54.48	237
GENERAL CARNEIRO *	2011-2021	-26.40	-51.35	1007
GOIOERE *	1973-2021	-24.18	-53.03	479
GUAIRA	2004-2021	-24.20	-54.20	311
IBAITI *	2011-2021	-23.77	-50.18	694
ICARAIMA *	2006-2020	-23.23	-53.39	241
ILHA DO MEL	1965-2018	-25.49	-48.33	4
INACIO MARTINS *	1978-2021	-25.57	-51.09	1171
IRATI	1966-2021	-25.47	-50.63	862
IRETAMA AUTOMATICA	2006-2020	-24.44	-51.96	661
IVAI	1961-2021	-25.00	-50.87	681
IVAI *	2006-2021	-25.01	-50.85	797
JOAQUIM TAVORA *	2006-2021	-23.51	-49.95	517
LONDRINA	1961-2021	-23.32	-51.13	558
MARECHAL CANDIDO RONDON *	2004-2021	-24.32	-54.01	333
MARINGA	1961-2021	-23.40	-51.92	553
MARINGA *	1966-2021	-23.41	-51.93	549
MORRETES *	2011-2021	-25.51	-48.81	53
NOVA FATIMA	2007-2021	-23.42	-50.58	663
PALOTINA	2004-2021	-24.30	-53.80	316
PARANAGUA	1961-2021	-25.53	-48.52	15
PARANAPOEMA *	2011-2022	-22.49	-52.13	355
PLANALTO *	2011-2021	-25.72	-53.75	399
USINA SANTA TEREZINHA	2010-2017	-22.79	-52.71	463

*- Estações automáticas

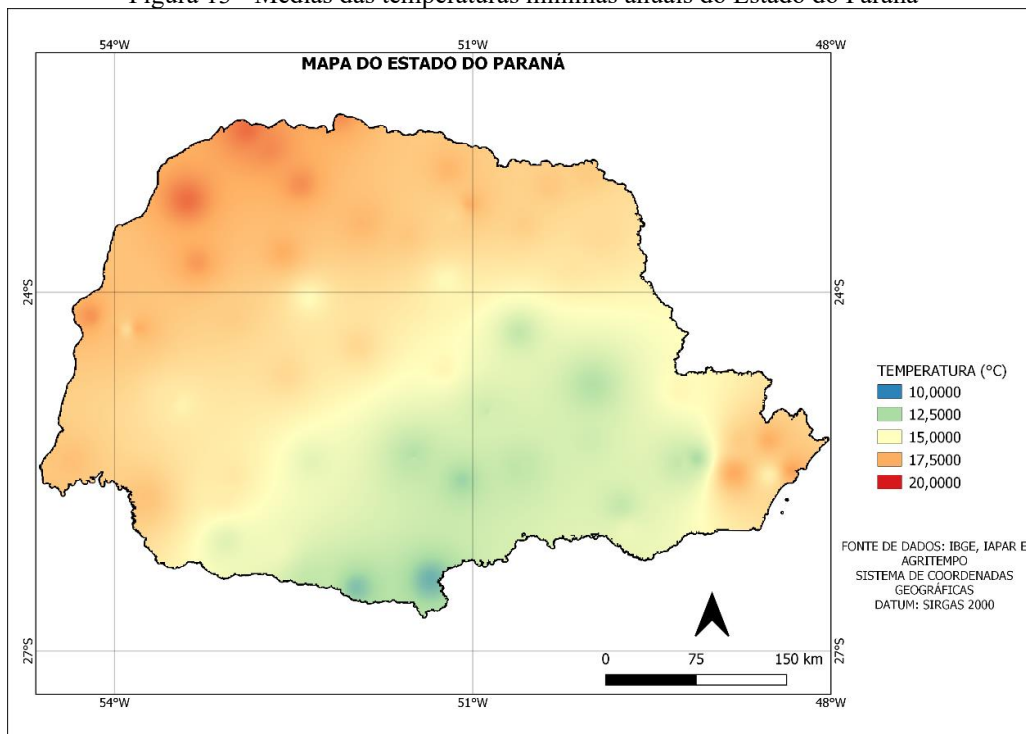
Além dos dados de temperatura máxima, média e mínima, o IDR-Paraná e a Agritempo, forneceram também os nomes e as coordenadas geográficas de cada uma das estações (Quadros 3 e 4). Apesar de algumas estações estarem situadas em uma mesma cidade, como são os casos de Cascavel, Castro, Clevelândia, Curitiba, Guarapuava, Ivaí, Joaquim Távora, Londrina, Maringá e Palotina, essas ainda apresentam dados de diferentes períodos e com posições geográficas diferentes. O Quadro 5 apresenta o exemplo descrito.

Quadro 5- Estações do município de Londrina

BASE DE DADOS	PERÍODO	LATITUDE	LONGITUDE	ALTITUDE
IDR-Paraná	1976-2019	-23.3595	-51.164722	586
AGRITEMPO	1961-2021	-23.32	-51.13	558

Com os dados das temperaturas e coordenadas geográficas, foi realizada a distribuição espacial e a partir da interpolação auxiliada pelo QGis, usando o interpolador IDW, foi possível elaborar a distribuição espacial das médias das temperaturas mínimas, médias e máximas para o Estado do Paraná. Conforme é apresentado nas Figuras 13, 14 e 15..

Figura 13 - Médias das temperaturas mínimas anuais do Estado do Paraná



No mapa representado pela Figura 13, a região mais ao sul do Estado apresenta as menores médias de temperaturas mínimas. Enquanto a região noroeste e a região litorânea as maiores médias. Vale destacar que dentro do estado existem uma amplitude de até 10 °C entre os pontos com as menores médias de temperatura mínima e o das maiores médias de temperatura mínima.

Figura 14 - Médias das temperaturas médias anuais do Estado do Paraná

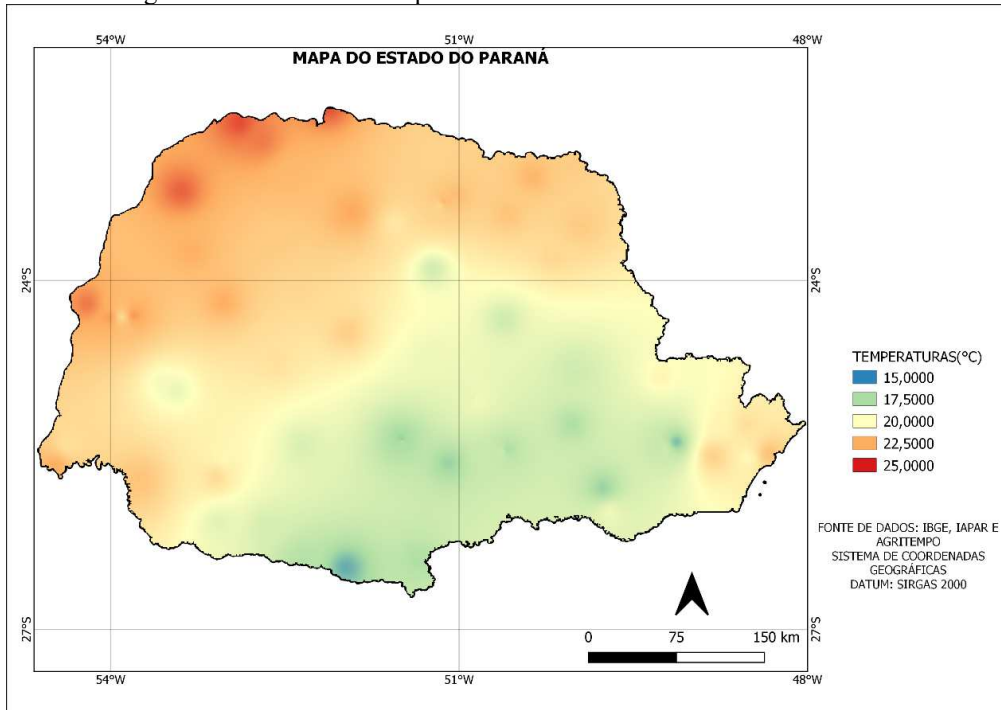
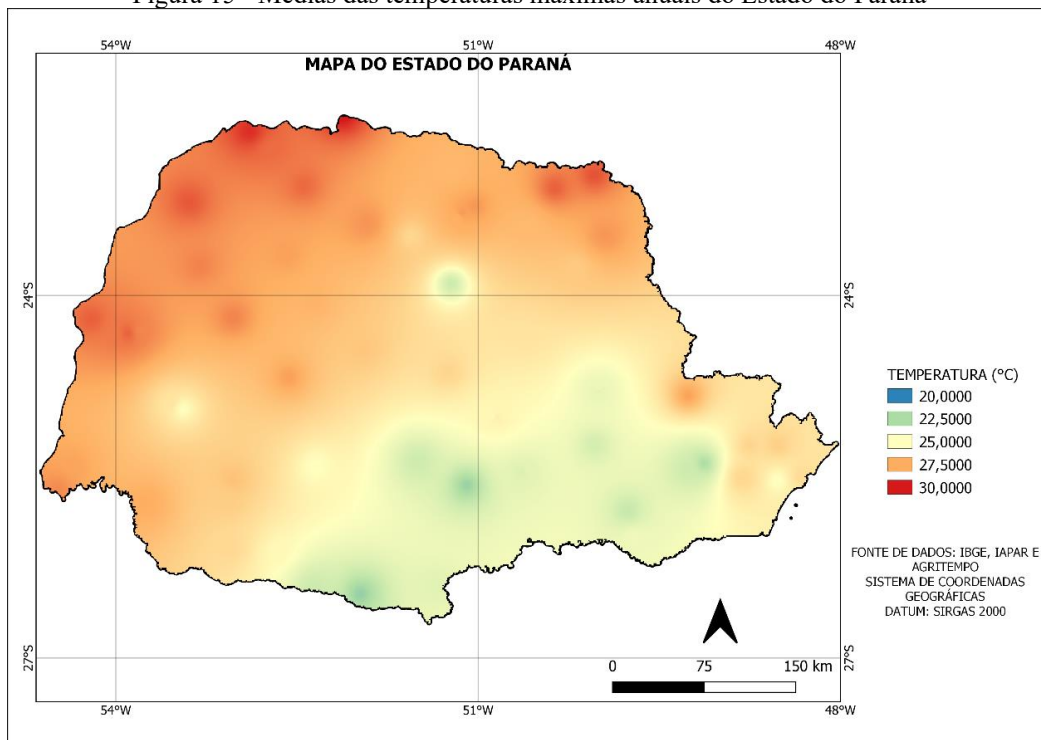


Figura 15 - Médias das temperaturas máximas anuais do Estado do Paraná



Os mapas presentes nas Figura 14 e Figura 15, evidenciam o que foi relatado no mapa da Figura 13, com as regiões mais ao norte do Paraná apresentando as maiores temperaturas, enquanto as ao sul se encontram as menores.

Com os dados coletados, a primeira etapa foi a de controle de qualidade. A primeira verificação foi realizada para descobrir a porcentagem de dados faltantes para cada estação. A Tabela 7 apresenta o resultado para as estações da base de dados do Agritempo, enquanto a Tabela 8, os resultados das estações presentes no banco de dados do IDR-Paraná.

Tabela 7 – Quantidade de dados faltantes para a base de dados do AGRITEMPO

Estação	Período	Quantidade máxima de dados	Dados faltantes	% de Faltantes
CAMPO MOURAO	1961-2017	41068	16533	40.3%
CAMPO TENENTE	2004-2021	13528	0	0.0%
CASTRO	1961-2021	44498	15400	34.6%
CASTRO *	2004-2021	12482	0	0.0%
CLEVELANDIA *	2011-2021	8230	0	0.0%
CURITIBA	1961-2021	44562	15340	34.4%
CURITIBA *	1972-2022	36904	18262	49.5%
DIAMANTE DO NORTE *	2011-2021	7168	0	0.0%
DOIS VIZINHOS	2007-2021	10146	0	0.0%
FOZ DO IGUACU *	2011-2021	8230	0	0.0%
GENERAL CARNEIRO *	2011-2021	8230	0	0.0%
GOIOERE*	1973-2021	36172	18545	51.3%
GUAIRA	2004-2021	13528	0	0.0%
IBAITI *	2011-2021	8230	0	0.0%
ICARAIMA *	2006-2020	50582	0	0.0%
ILHA DO MEL	1965-2018	38784	12970	33.4%
INACIO MARTINS *	1978-2021	32144	18262	56.8%
IRATI	1966-2021	40424	15340	37.9%
IRETAMA *	2006-2020	10078	0	0.0%
IVAI	1961-2021	44562	15492	34.8%
IVAI *	2006-2021	11690	0	0.0%
JOAQUIM TAVORA *	2006-2021	11690	0	0.0%
LONDRINA	1961-2021	44562	8774	19.7%
MARECHAL CANDIDO RONDON *	2004-2021	12482	0	0.0%
MARINGA	1961-2021	44562	8774	19.7%
MARINGA*	1966-2021	40910	11696	28.6%
MORRETES *	2011-2021	8230	0	0.0%
NOVA FATIMA	2007-2021	10146	0	0.0%
PALOTINA	2004-2021	12482	0	0.0%
PARANAGUA	1961-2021	44562	15362	34.5%
PARANAPOEMA *	2011-2021	8230	0	0.0%
PLANALTO *	2011-2021	8230	0	0.0%
USINA SANTA TEREZINHA	2010-2017	5436	0	0.0%

*- Estações automáticas

As estações que apresentaram uma porcentagem de dados faltantes superior a 20%, foram descartadas para as demais análises da pesquisa. Importante destacar que as estações de Londrina e Maringá, da base de dados do Agritempo, apresentaram falta de dados próximas a 20%, mas por não atingirem tal marca foram mantidas nos estudos desta pesquisa, todas as demais séries que apresentaram falta de dados superiores ao limite estabelecidos foram descartadas.

Das séries históricas analisadas da base de dados do Agritempo, 11 foram excluídas nessa etapa devido ao fato de apresentarem mais de 20% de dados faltantes em relação aos possíveis para essa série.

Tabela 8 - Quantidade de dados faltantes para a base de dados do IDR-Paraná

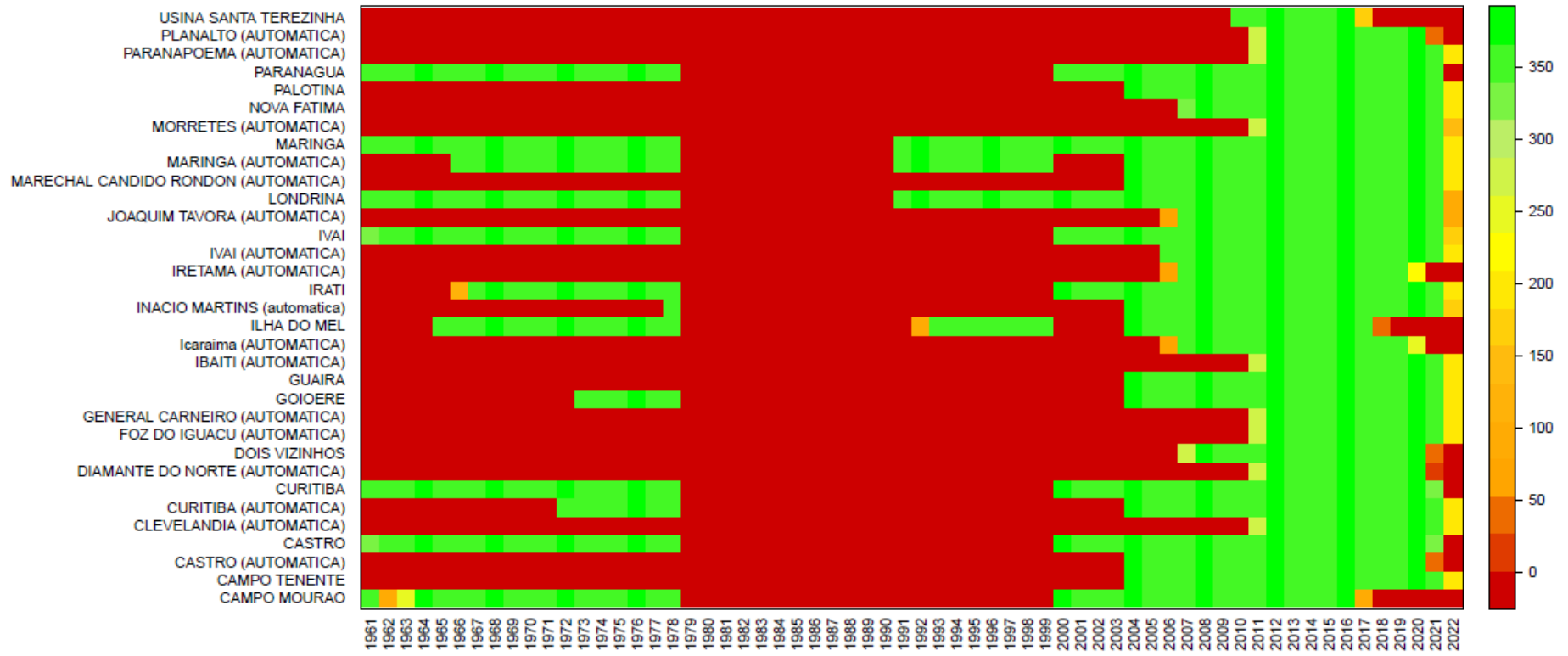
Estação	Período	Quantidade máxima de dados	Dados faltantes	% de Faltantes
ANTONINA	1978-1999	16376	83	0.5%
APUCARANA	1962-2002	19844	35	0.2%
BANDEIRANTES	1976-2019	32202	122	0.4%
BELA VISTA DO PARAÍSO	1972-2015	9404	0	0.0%
CAMBARÁ	1957-2010	25994	4	0.0%
CÂNDIDO DE ABREU	1989-1998	7914	0	0.0%
CASCADEL	1973-1988	9500	0	0.0%
CASCADEL - COODETEC	1989-1998	7368	0	0.0%
CERRO AZUL	1972-1997	16314	22	0.1%
CIANORTE	1972-2001	19236	0	0.0%
CLEVELÂNDIA	1973-2012	27150	0	0.0%
FERNANDES PINHEIRO	1963-2019	32446	0	0.0%
FRANCISCO BELTRÃO	1974-2019	32876	0	0.0%
GUARAPUAVA – CEDETEG	2005-2019	11140	0	0.0%
GUARAPUAVA – COL. AGR.	1976-2004	21188	0	0.0%
GUARAQUEÇABA	1977-2015	27944	124	0.4%
IBIPORÃ	1973-2014	28832	0	0.0%
JOAQUIM TÁVORA	1972-2015	29436	0	0.0%
LAPA	1989-2017	21492	0	0.0%
LARANJEIRAS DO SUL	1974-2007	23988	0	0.0%
LONDRINA	1976-2019	32206	0	0.0%
MAUÁ DA SERRA	1979-1991	10046	306	3.0%
MORRETES	1978-2015	29222	0	0.0%
NOVA CANTU	1976-2013	27700	0	0.0%
PALMAS	1979-2017	11126	0	0.0%
PALOTINA	1973-2011	26300	0	0.0%
PARANAÍ	1975-2019	32876	0	0.0%
PATO BRANCO	1979-2016	27820	1	0.0%
PINHAIS	1070-1997	16620	0	0.0%
PLANALTO	1972-2015	29222	0	0.0%
PONTA GROSSA	1954-2001	19420	0	0.0%
QUEDAS DO IGUAÇU	1973-1998	17290	0	0.0%
SÃO MIGUEL DO IGUAÇU	1983-1997	11126	0	0.0%
TELÊMACO BORBA	1977-2015	29528	548	1.9%
UMUARAMA	1972-2019	32876	0	0.0%

A estação de Medianeira da base de dados do IDR-Paraná, foi descartada para o trabalho devido à falta de dados diários. Como nenhuma outra estação apresentou falta de dados

superiores a 20%, foram mantidas, vale destacar a estação de Mauá da Serra, como a que a apresentou maior problema ligado a falta de dados, 3% em todo o período.

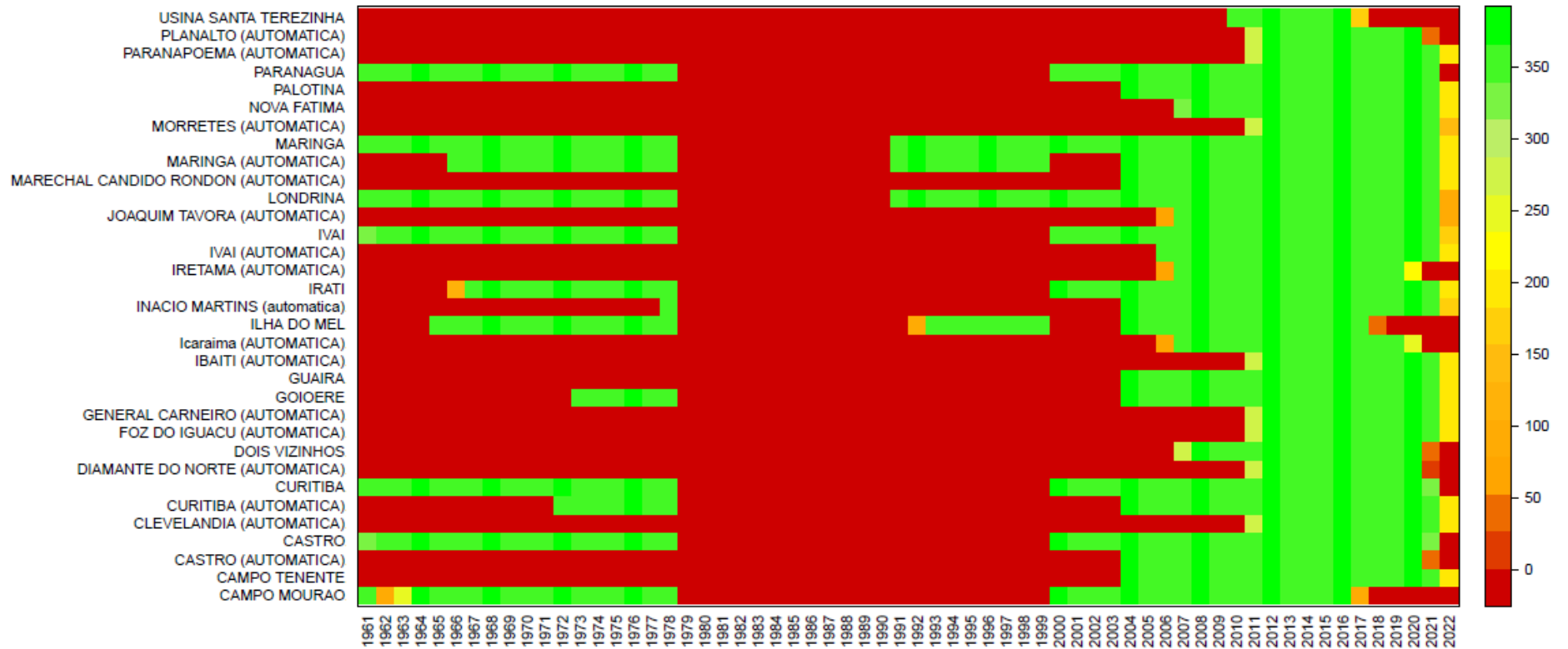
Para avaliar os pontos com falta de dados, foi realizado o controle da presença dos dados para as séries históricas ao longo dos anos (eixo x) para cada série histórica (eixo y). As Figuras 16 e 17, foram desenvolvidas para os dados do AGRITEMPO, e as Figuras 18 e 19 para o IDR-Paraná.

Figura 16 - Falhas nas séries históricas para temperatura mínima para a base de dados do AGRITEMPO



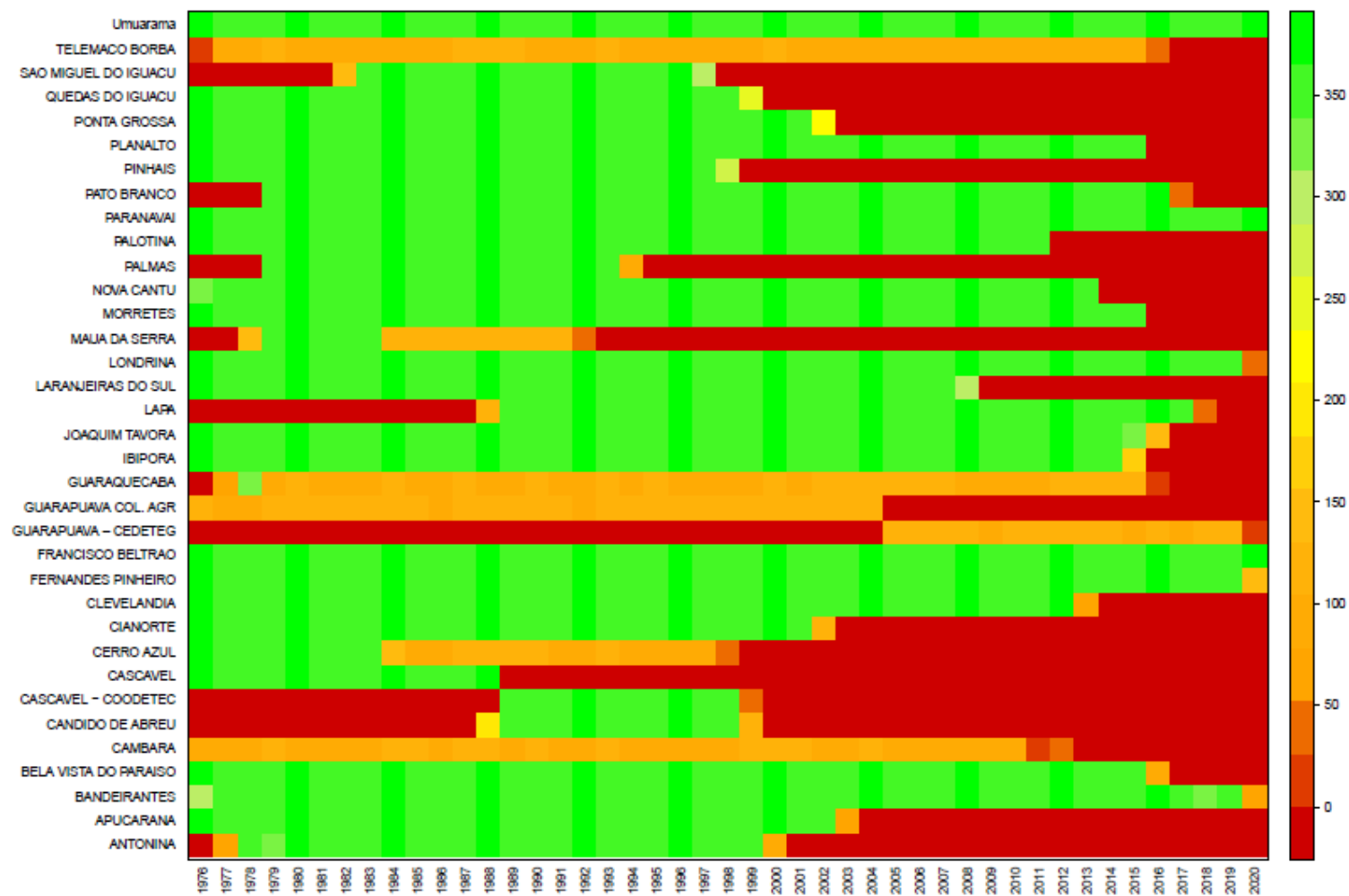
Vermelho representa a ausência e verde a presença de dados

Figura 17 - Falhas nas séries históricas para temperatura máxima para a base de dados do AGRITEMPO



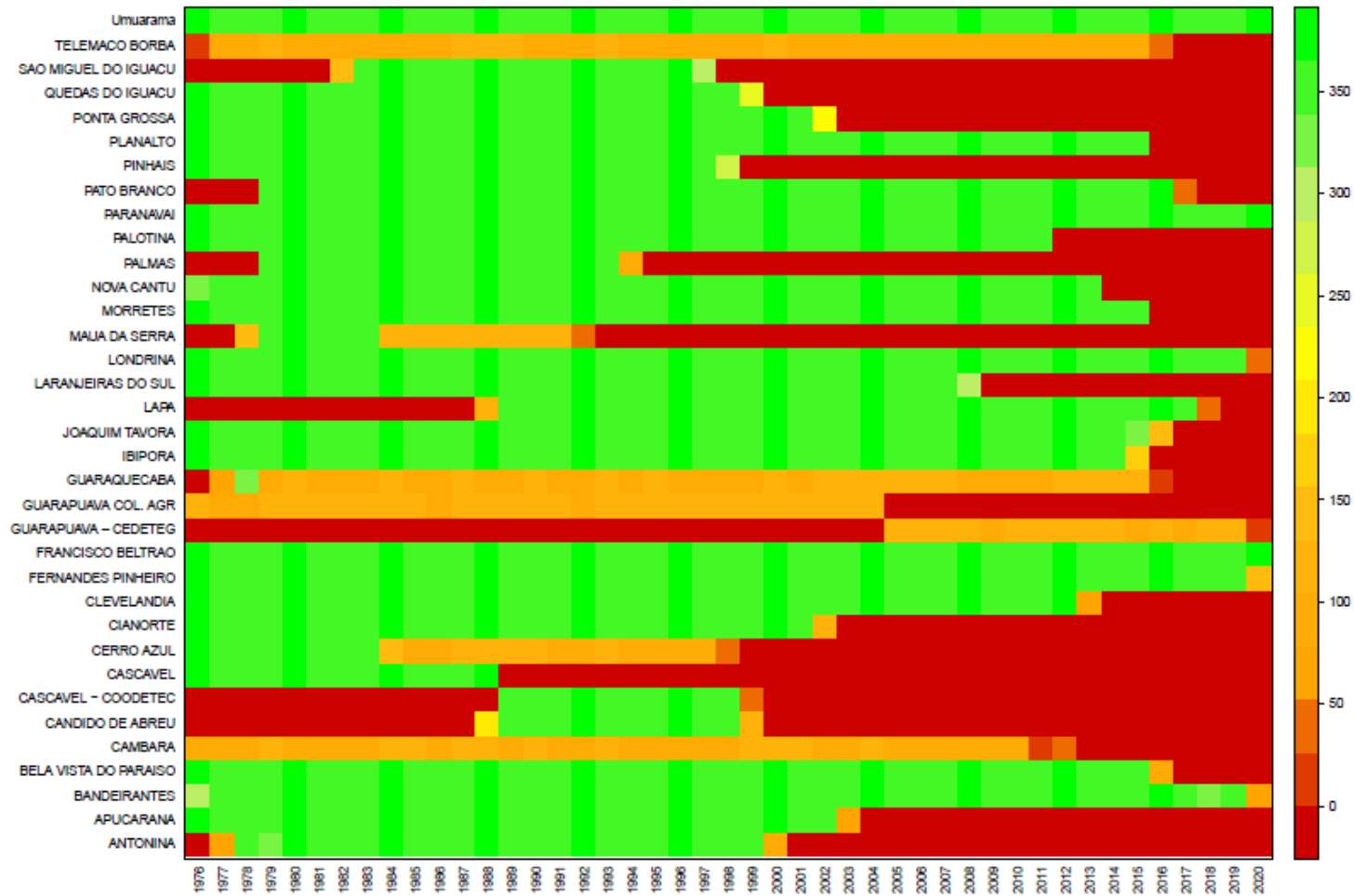
Vermelho representa a ausência e verde a presença de dados

Figura 18 - Falhas nas séries históricas para temperatura mínima para a base de dados do IDR-Paraná



Vermelho representa a ausência e verde a presença de dados

Figura 19 - Falhas nas séries históricas para temperatura máxima para a base de dados do IDR-Paraná



Vermelho representa a ausência e verde a presença de dados

A falta de dados para as séries históricas ocorre de maneira semelhante para temperatura máxima e mínima, para as duas bases de dados.

Em relação a base de dados a do Agritempo, apesar de apresentar maior amplitude em relação aos anos analisados, percebe-se uma maior quantidade de dados faltantes. Para o período de 1979 a 1990, nenhuma estação apresenta dados nesse período.

Para a base de dados do IDR-Paraná, as séries históricas das estações encontram-se quase completas para o período de 1976 a 1999.

Após a exclusão das séries com mais de 20% de dados faltantes, utilizou-se o Climpack para dar continuidade ao controle de qualidade. Nessa etapa do controle de qualidade foram realizadas nove verificações, sendo:

- I: Outliers;
- II: Dados onde $TN > TX$;
- III: Dados onde os valores de TN repetiam mais de 4 vezes;
- IV: Dados com mudanças em $TN > 20\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- V: Dados com temperaturas maiores que $50\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- VI: Dados onde os valores de TX repetiam mais de 4 vezes;
- VII: Dados com mudanças em $TX > 20\text{ }^{\circ}\text{C}$; e
- Dados duplicados.

Como resultado, após a aplicação de todas as verificações estabelecidas para o controle de qualidade, foram possíveis obter as Tabela 9 para os dados do Agritempo e Tabela 10 para os do IDR-Paraná.

Nenhuma série histórica apresentou dados duplicados. Os resultados obtidos indicados nas Tabela 9 e 10 **Erro! Fonte de referência não encontrada.** estão em porcentagem. A determinação da porcentagem foi realizada mediante a quantidade de dados que apresentaram problemas no controle de qualidade em relação aos disponíveis para a estação em estudo.

Tabela 9 – Porcentagem de falhas para a base de dados do AGRITEMPO

ESTAÇÕES	I	II	III	IV	V	VI	VII	TOTAL
CAMPO TENENTE	0,41	0,00	1,11	0,06	0,02	0,50	0,05	2,15
CASTRO *	0,05	0,00	0,12	0,00	0,00	0,06	0,00	0,23
CLEVELANDIA *	0,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,12
DIAMANTE DO NORTE *	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,00	0,22
DOIS VIZINHOS	0,07	0,00	0,09	0,00	0,00	0,04	0,00	0,20
FOZ DO IGUACU *	0,05	0,00	0,20	0,00	0,00	0,05	0,00	0,30
GENERAL CARNEIRO *	0,02	0,00	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10
GUAIRA	0,55	0,00	1,51	0,06	0,02	0,65	0,05	2,83
IBAITI *	0,07	0,00	0,22	0,00	0,00	0,05	0,00	0,35
ICARAIMA *	0,24	0,00	0,00	0,05	0,00	0,09	0,00	0,38
IRETAMA AUTOMATICA	0,05	0,00	0,07	0,00	0,00	0,02	0,00	0,15
IVAI *	0,03	0,00	0,05	0,00	0,00	0,02	0,00	0,10
JOAQUIM TAVORA *	0,21	0,10	0,09	0,09	0,00	0,00	0,00	0,48
LONDRINA	3,38	3,44	0,40	1,67	0,00	0,24	0,03	9,16
MARECHAL CANDIDO RONDON *	0,14	0,00	0,29	0,00	0,00	0,18	0,00	0,61
MARINGA	2,73	2,17	0,53	0,00	0,00	0,38	0,02	5,82
MORRETES *	0,05	0,00	0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,15
NOVA FATIMA	0,04	0,00	0,33	0,00	0,00	0,07	0,00	0,44
PALOTINA	0,46	0,00	1,28	0,06	0,02	0,75	0,05	2,60
PARANAPOEMA *	0,09	0,00	0,14	0,00	0,00	0,14	0,00	0,37
PLANALTO *	0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05
USINA SANTA TEREZINHA	0,10	0,00	0,21	0,00	0,00	0,03	0,00	0,34

Das análises realizadas para os dados da Tabela 9, um total de 17 estações apresentaram valores inferiores a 1%. Nenhuma estação apresentou problemas com taxas superiores a 10%.

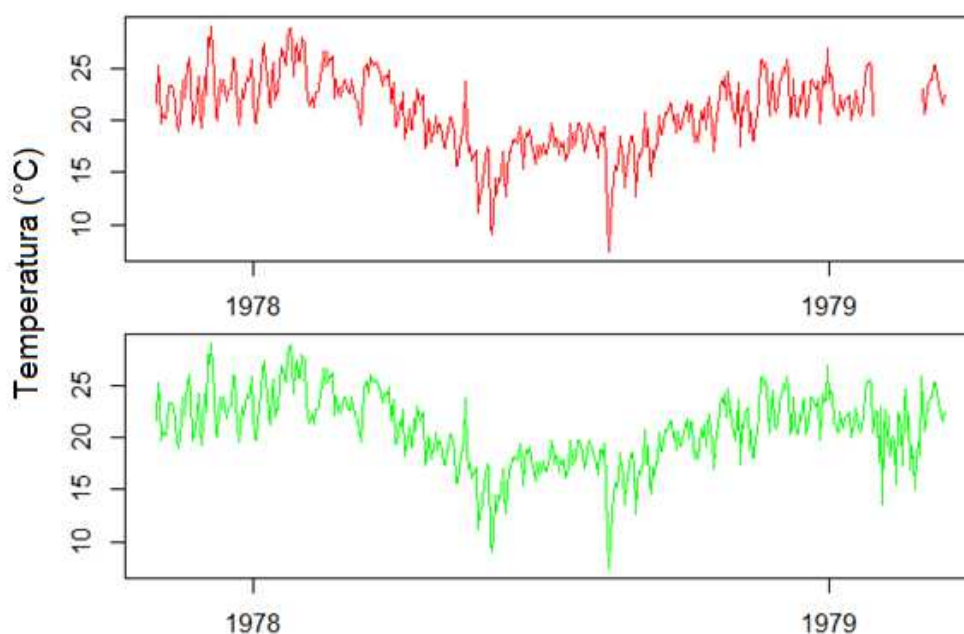
Tabela 10– Porcentagem de falhas para a base de dados do IDR-Paraná

Estação	I	II	III	IV	V	VI	VI	TOTAL
ANTONINA	0.15	0.04	0.04	0.00	0.00	0.00	0.02	0,25
APUCARANA	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0,05
BANDEIRANTES	0.08	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0,11
BELA VISTA DO PARAÍSO	0.04	0.00	0.04	0.00	0.00	0.01	0.00	0,09
CAMBARÁ	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0,07
CÂNDIDO DE ABREU	0.16	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0,16
CASCADEL	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0,15
CASCADEL - COODETEC	0.11	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0,14
CERRO AZUL	0.05	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0,07
CIANORTE	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0,10
CLEVELÂNDIA	0.08	0.00	0.02	0.00	0.02	0.00	0.00	0,12
FERNANDES PINHEIRO	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0,04
FRANCISCO BELTRÃO	0.04	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0,06
GUARAPUAVA – CEDETEG	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0,11
GUARAPUAVA – COL. AGR.	0.09	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0,12
GUARAQUEÇABA	0.15	0.00	0.03	0.00	0.00	0.01	0.00	0,19
IBIPORÃ	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0,10
JOAQUIM TÁVORA	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0,05
LAPA	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0,02
LARANJEIRAS DO SUL	0.05	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0,06
LONDRINA	0.06	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0,08
MAUÁ DA SERRA	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0,13
MORRETES	0.03	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0,04
NOVA CANTU	0.12	0.00	0.01	0.00	0.00	0.03	0.00	0,16
PALMAS	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0,05
PALOTINA	0.08	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0,11
PARANAVÁI	0.09	0.00	0.03	0.00	0.00	0.01	0.00	0,12
PATO BRANCO	0.08	0.00	0.06	0.00	0.00	0.02	0.00	0,16
PINHAIS	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0,00
PLANALTO	0.09	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0,11
PONTA GROSSA	0.06	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0,06
QUEDAS DO IGUAÇU	0.13	0.00	0.02	0.00	0.00	0.02	0.00	0,17
SÃO MIGUEL DO IGUAÇU	0.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0,13
TELÊMACO BORBA	0.16	0.03	0.01	0.00	0.00	0.01	0.02	0,23
UMUARAMA	0.11	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0,13

Para o controle de qualidade aplicado para os dados diários da base do IDR-Paraná apenas a estação de Laranjeira do Sul apresentou falha para o item IV; a estação de Clevelândia foi a única a apresentar falha para o item V. Todas as estações para a base de dados supracitada apresentaram falhas, entretanto nenhuma delas apresentou falhas superiores a 0,5%.

Após o controle de qualidade, as séries históricas foram submetidas a etapa de preenchimento de falhas, descrita no item 3.3.2., em que é utilizado a técnica MICE (VAN BUUREN E GROOETHIUS-OUDSHOORN, 2011). A Figura 20, exemplifica essa etapa de preenchimento. O recorte em questão trata-se do período de anos de 1978 e 1979, para a estação Antonina da base de dados do IDR-Paraná.

Figura 20 - Preenchimento da base de dados



A etapa seguinte ao preenchimento de falhas foi a de verificação de homogeneidade das séries históricas. Para essa etapa utilizou-se dos métodos apresentados em 3.3.3, ou seja, a combinação dos resultados do teste de Von Neumann Ratio (VON), do teste de Pettit (PRT), do Teste de Buishand (BHR) e do teste SNHT (SNH). Os resultados obtidos são apresentados nos Quadros 6 e 7.

Quadro 6 - Resultado dos testes de homogeneidade dos dados diários de temperatura do AGRITEMPO

Estação	SNH	BHR	PRT	VON	Classificação
CAMPO TENENTE	NS	NS	NS	NS	Útil
CASTRO *	p1	NS	NS	p1	Duvidosa
CLEVELANDIA *	NS	NS	NS	p1	Útil
DIAMANTE DO NORTE *	p1	NS	NS	p1	Duvidosa
DOIS VIZINHOS	NS	NS	NS	p5	Útil
FOZ DO IGUACU *	NS	NS	NS	NS	Útil
GENERAL CARNEIRO *	NS	NS	NS	NS	Útil
GUAIRA	NS	NS	NS	p1	Útil
IBAITI *	NS	NS	NS	p5	Útil
ICARAIMA *	NS	NS	NS	p1	Útil
IRETAMA *	NS	p5	p5	p1	Duvidosa
IVAI *	NS	NS	NS	p5	Útil
JOAQUIM TAVORA *	p1	NS	NS	p1	Duvidosa
LONDRINA	p1	p1	p1	p1	Suspeita
MARECHAL CANDIDO RONDON *	p1	p1	NS	p1	Suspeita
MARINGA	p1	p1	p5	p1	Suspeita
MORRETES *	NS	NS	NS	NS	Útil
NOVA FATIMA	p1	NS	NS	p1	Duvidosa
PALOTINA	NS	NS	NS	p1	Útil
PARANAPOEMA *	NS	NS	NS	NS	Útil
PLANALTO *	NS	NS	NS	p1	Útil
USINA SANTA TEREZINHA	NS	NS	NS	NS	Útil

* Estação Automática; NS – Não significante, p1 – Signifantes para $\alpha = 0.01$, p5- Signifantes para $\alpha = 0.05$

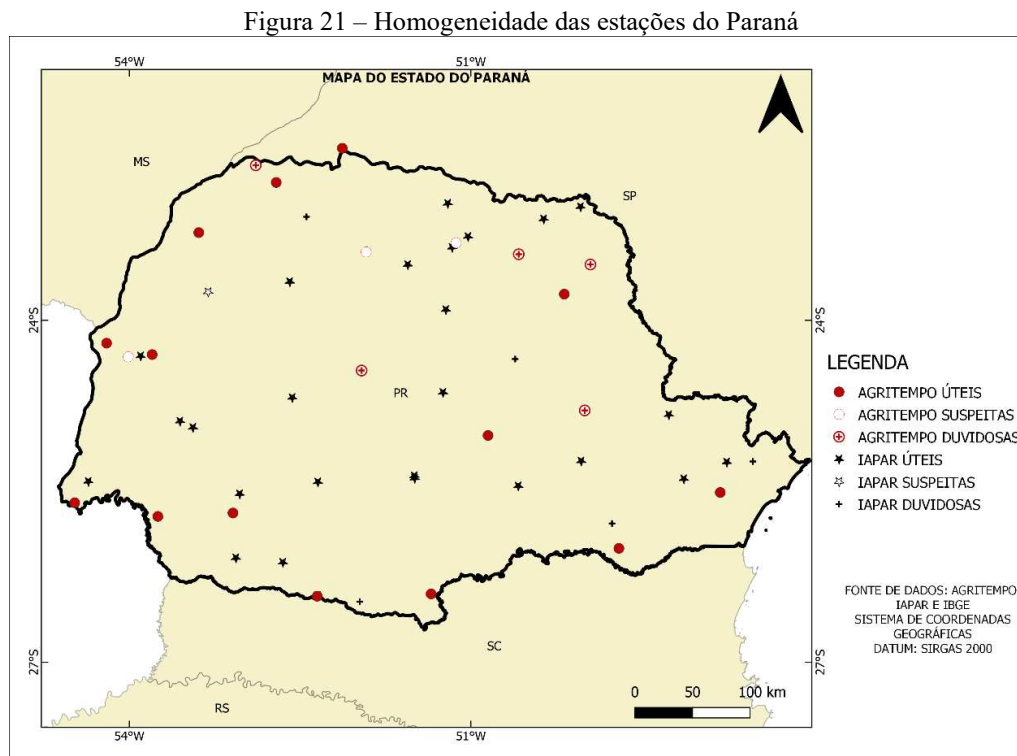
Verificada a homogeneidade para as estações da base de dados do Agritempo, das 22 estações analisadas, 3 destas, 13,6%, foram classificadas como suspeitas e 5 (22,7%) como duvidosas. As 14 (63,6%) estações classificadas como úteis, serão utilizadas para continuidade da pesquisa e as demais serão excluídas.

Quadro 7 – Resultado dos testes de homogeneidade dos dados dos dados diários de temperatura do IDR-Paraná

Estação	SNH	BHR	PRT	VON	Classificação
ANTONINA	NS	NS	NS	NS	Útil
APUCARANA	NS	NS	NS	NS	Útil
BANDEIRANTES	NS	NS	NS	NS	Útil
BELA VISTA DO PARAÍSO	NS	NS	NS	NS	Útil
CAMBARÁ	NS	NS	NS	NS	Útil
CÂNDIDO DE ABREU	P1	NS	NS	P5	Útil
CASCAVEL	NS	NS	NS	NS	Útil
CASCAVEL - COODETEC	P1	NS	NS	P5	Útil
CERRO AZUL	NS	NS	NS	NS	Útil
CIANORTE	NS	NS	NS	NS	Útil
CLEVELÂNDIA	p5	NS	NS	NS	Útil
FERNANDES PINHEIRO	NS	NS	NS	NS	Útil
FRANCISCO BELTRÃO	NS	NS	NS	NS	Útil
GUARAPUAVA – CEDETEG	P1	NS	NS	P5	Útil
GUARAPUAVA – COL. AGR.	NS	NS	NS	NS	Útil
GUARAQUEÇABA	p1	p5	NS	p5	Duvidosa
IBIPORÃ	NS	NS	NS	NS	Útil
JOAQUIM TÁVORA	p1	NS	NS	p1	Duvidosa
LAPA	p1	NS	NS	p1	Duvidosa
LARANJEIRAS DO SUL	p5	NS	NS	NS	Útil
LONDRINA	NS	NS	NS	NS	Útil
MAUÁ DA SERRA	P1	NS	NS	P5	Útil
MORRETES	p5	NS	NS	p5	Útil
NOVA CANTU	p5	NS	NS	NS	Útil
PALMAS	P1	NS	NS	P1	Duvidosa
PALOTINA	NS	NS	NS	NS	Úteis
PARANAVAÍ	p1	NS	NS	p1	Duvidosa
PATO BRANCO	p5	NS	p5	p5	Útil
PINHAIS	NS	NS	NS	p5	Útil
PLANALTO	NS	NS	NS	p5	Útil
PONTA GROSSA	NS	NS	NS	NS	Útil
QUEDAS DO IGUAÇU	NS	NS	NS	NS	Útil
SÃO MIGUEL DO IGUAÇU	NS	NS	NS	NS	Útil
TELÊMACO BORBA	p1	NS	NS	p1	Duvidosa
UMUARAMA	p1	p5	p5	p1	Suspeita
ANTONINA	NS	NS	NS	NS	Útil

A classificação da homogeneidade para os dados do IDR-Paraná, das 35 estações analisadas, 6 (17,1%) foram classificadas como duvidosas e 1 (2,8%) como suspeita. As 28 (80%) estações classificadas como úteis, serão utilizadas para continuidade da pesquisa e as demais serão excluídas.

A Figura 21, apresenta a disposição no mapa do Estado do Paraná das estações e suas classificações quanto a homogeneidade.



A Tabela 11, apresenta como ficaram as classificações das séries históricas para o Estado do Paraná.

Tabela 11 – Classificação das séries históricas quanto a homogeneidade

	ÚTEIS	SUSPEITAS	DUVIDOSAS	TOTAL
IDR-Paraná	28	6	1	35
AGRITEMPO	14	3	5	22
TOTAL	42	9	6	57

Para a continuidade do trabalho serão utilizadas as 42 estações classificadas na categoria Útil. As estações classificadas como suspeitas e duvidosas foram descartadas.

Com as estações úteis foram calculados os índices de extremos climáticos de temperatura do ar como descrito no item 2.2. Para realizar o cálculo dos índices determinou-se três escalas de tempo: Anual, Mensal e Sazonal.

O primeiro índice de extremo climático de temperatura foi determinado/realizado para a escala anual, sendo determinado, ao todo, 16 índices anuais por estação considerada homogênea. A análise sazonal foi o segundo critério de avaliação, sendo o cálculo realizado para cada índice de acordo com as estações do ano (verão, outono, inverno e primavera), logo para esse critério eram obtidos 4X16 séries índices sazonais por estação.

A última avaliação se deu foi para a escala de tempo mensal, e para este modelo foram obtidos 12X16 séries de índices mensais por estação.

Com o cálculo dos índices, a série de ID (dias congelantes), apresentou todos os valores como zero. Com isso não foi necessário a realização de cálculos de tendência para tal índice

Após o cálculo dos índices (para todas as escalas temporais estudadas) esses foram verificados quanto a autocorrelação (3.3.5) e só então foram analisados quanto a existência de tendência. Os índices que foram classificados como independentes foram considerados aptos para serem analisados quanto a tendência.

Nessa etapa de avaliação, quanto a autocorrelação e tendência, as estações das duas bases de dados foram analisadas de maneira conjunta. Com exceção do nome das estações de Palotina, as demais não apresentaram nomes iguais, para diferenciá-las utilizou-se acréscimo de (AGRITEMPO) e (IDR).

Verificada a autocorrelação para as séries de índices de extremos climáticos, na avaliação anual apenas 12 estações das 42 disponíveis apresentaram dependência para algum de seus índices. No Quadro 8 são apresentados os resultados, cuja a série independente é representada por I, e a dependente por D.

Quadro 8 - Estações dependentes

	TXX	TXN	TNX	DTR	TR	TN90P	TX90P
BANDEIRANTES	I	I	I	I	D	D	I
CLEVELÂNDIA	I	I	I	I	D	I	I
FERNANDES PINHEIRO	D	I	I	D	I	I	I
FRANCISCO BELTRÃO	I	I	D	I	I	D	I
IBIPORÃ	I	I	I	D	I	I	I
LARANJEIRAS DO SUL	I	I	I	I	I	I	D
LONDRINA	I	I	I	I	D	D	I
MAUA DA SERRA	I	D	I	I	I	I	I
MORRETES	I	I	I	I	D	I	I
PALOTINA (IDR)	I	I	I	I	D	I	I
PATO BRANCO	I	I	D	I	I	I	I
PONTA GROSSA	I	I	I	I	I	I	D

As estações de Bandeirantes, Francisco Beltrão e Londrina, foram as únicas que apresentaram dependência em mais de uma série de índice, todas com dependência em dois índices. A série que apresentou mais estações dependentes foi a TR (Noites Tropicais), com 5 estações.

Nos resultados da autocorrelação para as séries de índices com características sazonais, Quadro 9 a presença das letras V, O, I e P, respectivamente verão, outono, inverno e primavera, indica que a série é dependente.

Quadro 9 -Autocorrelação séries dependentes

ESTAÇÃO	DTR	SU	TN10P	TN90P	TNN	TNX	TR	TX10P	TXN	TXX
ANTONINA	V				P					V
APUCARANA		I								
BANDEIRANTES					P					
BELA VISTA DO PARAÍSO	O			O	P	P			P	
CIANORTE		I, P								
CLEVELÂNDIA					O					
FERNANDES PINHEIRO					P		O		P	O
FOZ DO IGUAÇU *										
FRANCISCO BELTRÃO				V, O	P	V	V,O,I	P		O
IBIPORÃ	O						O			
LARANJEIRAS DO SUL		I	O		I	P		P		
LONDRINA	O			O			V			
MORRETES				P	P	P		I	V	
NOVA CANTU						V				
PALOTINA (IDR)		O		P	V		P	O		O
PALOTINA (AGRITEMPO)		O								
PATO BRANCO	O						O			O
PLANALTO	P								P	
PONTA GROSSA								P		O
QUEDAS DO IGUAÇU			V							

As séries de TNN e TR, foram as que apresentaram maior número de estações com índices dependentes, ou seja 9 e 8 estações, respectivamente. A estação de Francisco Beltrão apresentou 9 séries de índices dependentes, e na de Palotina (IDR) foram constatado com 6.

A relação das estações climáticas com séries dependentes é 10 estações para o verão, 21 para o outono (essa apresentou a maior quantidade de séries dependentes), 5 para o inverno e 18 para a primavera.

Para a relação mensal, as séries de índices que apresentaram dependência em algum momento são indicados pelo Quadro 10.

Quadro 10 – Séries de índices com dependência

Estação	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
ANTONINA	DTR											
APUCARANA		DTR										DTR
BANDEIRANTES		DTR	TXX, TN10P					TNX	TXX, SU		TN90P	TR, TN90P
BELA VISTA DO PARAÍSO		DTR		TR, TN10P	TX10P	TX90P		TNX		TXN		TNN, SU
CAMBARÁ	SU		TN10P			TXN			TNX, SU	TX10P	TNX	TN90P
CERRO AZUL								SU, DTR		TXX, TXN		
CIANORTE		TXN, SU				TXN			SU			TXN
CLEVELÂNDIA	SU	TXN		TX90P			TNX, TNN, TN90P		TNN, SU, TN10P		TNN	TXN
DOIS VIZINHOS									DTR		SU, TX10P	
FERNANDES PINHEIRO			SU	TNN		TN10P	SU			TXN	SU, TN90P, TX10P	
FOZ DO IGUACU *		SU										
FRANCISCO BELTRÃO	TNX, DTR, TN90P, TX10P	DTR	TXX			FD, TR			FD, DTR	TXX	TNX, TN10P	TNX, TR, TN90P
GUAIRA											TN90P	
GUARAPUAVA – CEDETEG											TN90P	
GUARAPUAVA – COL. AGR		TN10P						TNN, TX90P		SU	SU, TN10P	TN10P
IBAITI *											TN90P	
IBIPORÃ		TX10P	TX10P	TNN, TR, TN10P		TXN, TN90P		TXN, TN90P	SU	TX10P	SU,TR	
Icaraima *												TN90P

LARANJEIRAS DO SUL	SU					TN10P	TN90P		SU, TX10P			TXN, TNN, SU
LONDRINA	TR		TN10P, TX10P	TN10P		TN90P	TN90P	TXN	SU, TX10P	SU	TR	TXN, TR, TN10P, TN90P, TX10P
MAUA DA SERRA		TXN										
MORRETES *			TX90P									
NOVA CANTU					TR	DTR		SU	SU		TN90P	TNN, TR
PALOTINA (IDR)	SU, TN90P	TNN, SU, TN90P				FD, DTR,TR		SU	TR, TN10P, TX10P	DTR		
PARANAPOEMA *				TNN								
PATO BRANCO	SU	TNX	TXX, TX90P		TR, TN10P		TNN	TX90P	SU, TN10P, TN90P, TX10P			TR
PINHAIS			DTR									
PLANALTO	SU, TX10P			TR		TNX, DTR			TX10P	TR	TNX	
PLANALTO *					TNX, TNN, TR							
PONTA GROSSA									TX10P		TX10P	
QUEDAS DO IGUAÇU	TR						TN10P		TN90P			
TOTAL	15	15	12	10	7	15	8	12	25	11	20	24

Todo os meses do ano apresentaram dependência para alguma série dos índices. Os meses de dezembro e setembro com maiores quantidades, com 25 e 24 séries respectivamente. Enquanto os meses de maio e julho os que apresentaram as menores quantidades de séries de índices com dependência, de 7 e 8 séries.

As estações de Londrina e Francisco Beltrão foram as que apresentaram maior quantidades de séries de índices com dependência, em cada uma havia 16 séries. As séries do índice SU, foram aquelas que apresentaram maior quantidade de dados dependentes.

As estações que não foram listadas em nenhum dos quadros de autocorrelação supracitadas não apresentaram dependência em nenhuma série de índices.

Com a avaliação em relação a autocorrelação das séries de índices concluída, foi possível verificar a existência ou não de tendência nas que se apresentaram serialmente independentes. O conjunto de índices anuais foi o primeiro a ser analisado.

O Quadro 11 apresenta, de maneira resumida, os resultados para a análise de tendência, classificando-a quanto à significância em: Significante (S) e Não-significante (NS), e quanto a tendência (-) para negativas e (+) positiva. As séries onde é apresentado X, são aquelas classificadas como dependentes.

Quadro 11- Tendências anuais para os índices de extremos climáticos

Estação	FD	SU	TR	GSL	WSDI	CSDI	TX10P	TX90P	TN10P	TN90P	TXX	TXN	TNX	TNN	DTR
ANTONINA	SEM	SEM	NS(-)	NS(-)	NS(-)	NS(+)	NS(-)	NS(+)	S(-)	NS(-)	NS(+)	NS(+)	NS(-)	NS(+)	NS(-)
APUCARANA	NS(+)	NS(+)	NS(+)	SEM	NS(-)	NS(+)	NS(-)	NS(+)	NS(-)	NS(+)	NS(+)	NS(-)	NS(-)	NS(+)	NS(-)
BANDEIRANTES	NS(-)	S(+)	X	NS(+)	NS(+)	S(-)	S(-)	S(+)	S(-)	X	NS(+)	NS(+)	NS(+)	NS(+)	NS(+)
BELA VISTA DO PARAÍSO	NS(-)	NS(+)	NS(+)	NS(-)	S(+)	NS(-)	S(-)	S(+)	S(-)	NS(+)	S(+)	NS(+)	NS(+)	S(+)	NS(+)
CAMBARÁ	NS(-)	NS(+)	S(+)	NS(+)	NS(+)	NS(+)	NS(-)	NS(+)	NS(-)	NS(+)	NS(+)	NS(+)	NS(+)	NS(+)	NS(+)
CAMPO TENENTE	NS(+)	NS(+)	NS(+)	NS(+)	NS(+)	NS(+)	NS(+)	NS(+)	NS(+)	NS(+)	S(+)	NS(+)	S(+)	NS(-)	NS(+)
CANDIDO DE ABREU	NS(-)	NS(+)	NS(+)	NS(+)	NS(+)	SEM	NS(+)	NS(-)	S(-)	NS(+)	NS(+)	NS(+)	NS(-)	NS(+)	NS(-)
CASCADEL	NS(+)	NS(+)	S(+)	NS(+)	NS(+)	NS(+)	NS(-)	NS(+)	NS(-)	S(+)	NS(+)	NS(+)	NS(+)	NS(-)	NS(+)
CASCADEL - COODETEC	NS(-)	NS(+)	S(+)	NS(-)	NS(-)	SEM	NS(-)	NS(+)	S(-)	S(+)	NS(-)	NS(-)	NS(+)	S(+)	NS(-)
CERRO AZUL	SEM	NS(+)	NS(+)	NS(+)	NS(-)	SEM	SEM	NS(-)	S(-)	NS(+)	NS(+)	NS(-)	NS(+)	NS(+)	NS(-)
CIANORTE	SEM	NS(-)	NS(+)	NS(+)	NS(+)	NS(-)	NS(-)	NS(+)	NS(-)	NS(+)	NS(-)	NS(+)	NS(+)	NS(-)	NS(-)
CLEVELÂNDIA	NS(-)	S(+)	X	NS(-)	NS(+)	NS(-)	S(-)	NS(+)	NS(-)	NS(+)	NS(+)	NS(+)	NS(-)	NS(+)	NS(+)
CLEVELÂNDIA *	NS(+)	NS(+)	NS(+)	NS(-)	SEM	SEM	NS(+)	NS(+)	NS(+)	NS(+)	NS(+)	NS(-)	NS(+)	NS(-)	NS(+)
DOIS VIZINHOS	NS(-)	NS(+)	NS(+)	NS(+)	NS(+)	NS(+)	NS(-)	S(+)	NS(-)	S(+)	NS(+)	S(+)	S(+)	NS(+)	NS(+)
FERNANDES PINHEIRO	S(-)	S(+)	NS(+)	NS(+)	S(+)	S(-)	S(-)	S(+)	S(-)	S(+)	X	NS(+)	NS(+)	S(+)	X
FOZ DO IGUAÇU*	NS(-)	NS(+)	NS(+)	NS(+)	NS(+)	NS(-)	NS(-)	NS(+)	NS(-)	NS(+)	NS(+)	NS(-)	NS(-)	NS(-)	NS(-)
FRANCISCO BELTRÃO	NS(-)	NS(-)	NS(+)	NS(-)	NS(-)	NS(-)	NS(-)	NS(+)	S(-)	X	S(+)	S(+)	X	NS(+)	NS(-)
GENERAL CARNEIRO *	S(+)	NS(+)	NS(+)	NS(-)	NS(+)	NS(+)	NS(+)	NS(-)	NS(+)	NS(-)	NS(-)	NS(+)	NS(-)	S(-)	NS(+)
GUAIARA	NS(+)	NS(+)	NS(+)	NS(+)	NS(+)	NS(+)	NS(-)	S(+)	NS(-)	NS(+)	NS(+)	NS(+)	S(+)	NS(-)	NS(+)
GUARAPUAVA – CEDETEG	NS(-)	NS(+)	S(+)	NS(-)	NS(+)	NS(+)	NS(-)	NS(+)	NS(-)	NS(+)	NS(-)	S(+)	S(+)	NS(+)	NS(-)
GUARAPUAVA – COL. AGR	NS(-)	NS(+)	NS(+)	NS(+)	NS(-)	NS(-)	NS(-)	NS(-)	S(-)	S(+)	NS(-)	NS(+)	NS(+)	NS(+)	S(-)
IBAITI *	NS(+)	S(+)	NS(+)	NS(+)	NS(+)	NS(+)	NS(-)	S(+)	NS(+)	NS(+)	NS(+)	NS(+)	NS(-)	NS(-)	NS(+)
IBIPORÃ	NS(-)	NS(+)	S(+)	SEM	NS(+)	S(-)	NS(-)	NS(+)	NS(-)	NS(+)	NS(+)	NS(+)	NS(+)	NS(+)	X

ICARAIMA *	SEM	NS(+)	NS(+)	SEM	NS(-)	NS(+)	NS(-)	NS(+)	NS(-)	NS(+)	NS(+)	NS(+)	NS(+)	NS(+)	NS(-)
IVAI *	NS(-)	S(+)	NS(+)	NS(-)	SEM	NS(+)	NS(-)	S(+)	NS(-)	NS(+)	NS(+)	NS(+)	NS(+)	NS(+)	NS(+)
LARANJEIRAS DO SUL	NS(+)	NS(+)	NS(+)	NS(+)	NS(+)	NS(-)	NS(-)	X	S(-)	S(+)	NS(+)	NS(+)	NS(+)	NS(+)	S(-)
LONDRINA	NS(-)	NS(+)	X	NS(-)	S(+)	S(-)	NS(-)	S(+)	S(-)	X	S(+)	S(+)	S(+)	NS(+)	NS(-)
MAUA DA SERRA	NS(-)	NS(+)	NS(+)	NS(-)	NS(+)	NS(+)	NS(+)	NS(-)	NS(-)	NS(+)	NS(-)	X	NS(+)	NS(+)	NS(-)
MORRETES	SEM	NS(+)	X	NS(-)	NS(+)	NS(-)	NS(-)	NS(+)	S(-)	S(+)	NS(+)	NS(+)	S(+)	S(+)	S(-)
MORRETES *	SEM	NS(+)	NS(+)	NS(+)	NS(-)	SEM	NS(+)	NS(+)	NS(+)	NS(+)	S(+)	NS(-)	NS(+)	NS(-)	NS(-)
NOVA CANTU	NS(-)	NS(-)	NS(+)	NS(+)	NS(-)	NS(-)	NS(+)	NS(-)	S(-)	NS(+)	S(+)	NS(+)	S(+)	NS(+)	S(-)
PALOTINA (AGRITEMPO)	NS(+)	NS(+)	NS(+)	NS(+)	NS(+)	NS(-)	NS(-)	NS(+)	NS(-)	NS(+)	NS(+)	NS(-)	NS(+)	NS(-)	NS(+)
PALOTINA (IDR)	NS(+)	NS(+)	X	NS(-)	NS(+)	NS(+)	NS(-)	NS(+)	NS(+)	NS(-)	NS(+)	NS(+)	NS(-)	NS(-)	NS(+)
PARANAPOEMA*	SEM	NS(+)	NS(-)	NS(+)	NS(+)	NS(+)	NS(-)	S(+)	NS(-)	NS(+)	NS(+)	NS(+)	NS(-)	NS(+)	NS(+)
PATO BRANCO	NS(-)	NS(-)	S(+)	NS(-)	NS(+)	NS(-)	NS(-)	NS(+)	S(-)	S(+)	NS(+)	S(+)	X	NS(+)	S(-)
PINHAIS	S(-)	NS(+)	NS(+)	NS(+)	NS(-)	NS(-)	NS(-)	NS(-)	S(-)	S(+)	NS(+)	NS(-)	NS(+)	NS(+)	S(-)
PLANALTO	NS(+)	NS(-)	NS(-)	NS(-)	NS(-)	NS(+)	NS(-)	NS(-)	NS(-)	NS(-)	NS(+)	NS(+)	NS(-)	NS(+)	NS(-)
PLANALTO *	NS(+)	NS(+)	NS(-)	SEM	NS(+)	SEM	NS(-)	S(+)	NS(+)	NS(-)	NS(+)	NS(+)	NS(-)	NS(-)	S(+)
PONTA GROSSA	NS(-)	NS(+)	NS(+)	NS(+)	NS(-)	NS(-)	NS(-)	X	S(-)	S(+)	NS(-)	NS(-)	NS(+)	NS(+)	NS(-)
QUEDAS DO IGUAÇU	NS(+)	NS(-)	NS(+)	SEM	S(-)	NS(+)	NS(+)	NS(-)	NS(-)	NS(+)	NS(-)	NS(+)	NS(+)	NS(+)	NS(-)
SÃO MIGUEL DO IGUAÇU	NS(+)	NS(-)	NS(-)	NS(-)	NS(+)	NS(-)	NS(+)	NS(-)	NS(-)	NS(-)	NS(-)	NS(-)	SEM	NS(-)	NS(-)
USINA SANTA TEREZINHA	SEM	NS(-)	NS(+)	SEM	S(+)	NS(-)	NS(+)	NS(+)	NS(-)	S(+)	NS(-)	NS(+)	NS(+)	NS(+)	NS(-)

Ao todo foram analisados 614 séries de índices, dessas 97 (15,8%) apresentam tendência significativa, positivas ou negativas; 491 (80%) apresentaram tendência não significativa e 26 não apresentaram tendência. Dentre as séries que apresentam tendência significativa ou não, 358 (58,3%) são positivas enquanto 230 (37,5%).

Sobre os índices, o TN10P foi o que apresentou maior quantidade de séries com significância negativa, com 15 estações. Para significância positiva os índices TX90P e TN90P, foram os que apresentaram as maiores quantidades de séries com 10 e 11 séries respectivamente. Os índices FD, CSDI e GSL, obtiveram 7, 6 e 5 séries sem tendências, apresentando as maiores quantidades.

Em relação as estações a que apresentou maior quantidade de séries de índices sem significância foi a de Cerro Azul, 3. Em relação as significantes a estação de Fernandes Pinheiro, apresentou a maior quantidade geral, com 9 dos 16 índices apresentando-se com tendências significativas, com 5 positivas e 4 negativas (dentre as estações que apresentaram tendência significativa negativa foi a que apresentou maior quantidade).

Depois da estação de Fernandes Pinheiro, as que apresentaram maior quantidade de séries de índices com tendências significativas negativas foram a de Bandeirantes e de Pinhais, com, 3, ambas para a série de índice de TN10P. Além das séries de CSDI e TX10P, para Bandeirantes e FD e DTR para Pinhais, foram as demais.

A estação de Londrina também apresentou 5 séries de índices (WSDI, TX90P, TXX, TXN e TNX) com tendências significativas positivas, junto com Fernandes Pinheiro (SU, WSDI, TX90P, TX90P e TNN) são as estações que apresentaram maior quantidade.

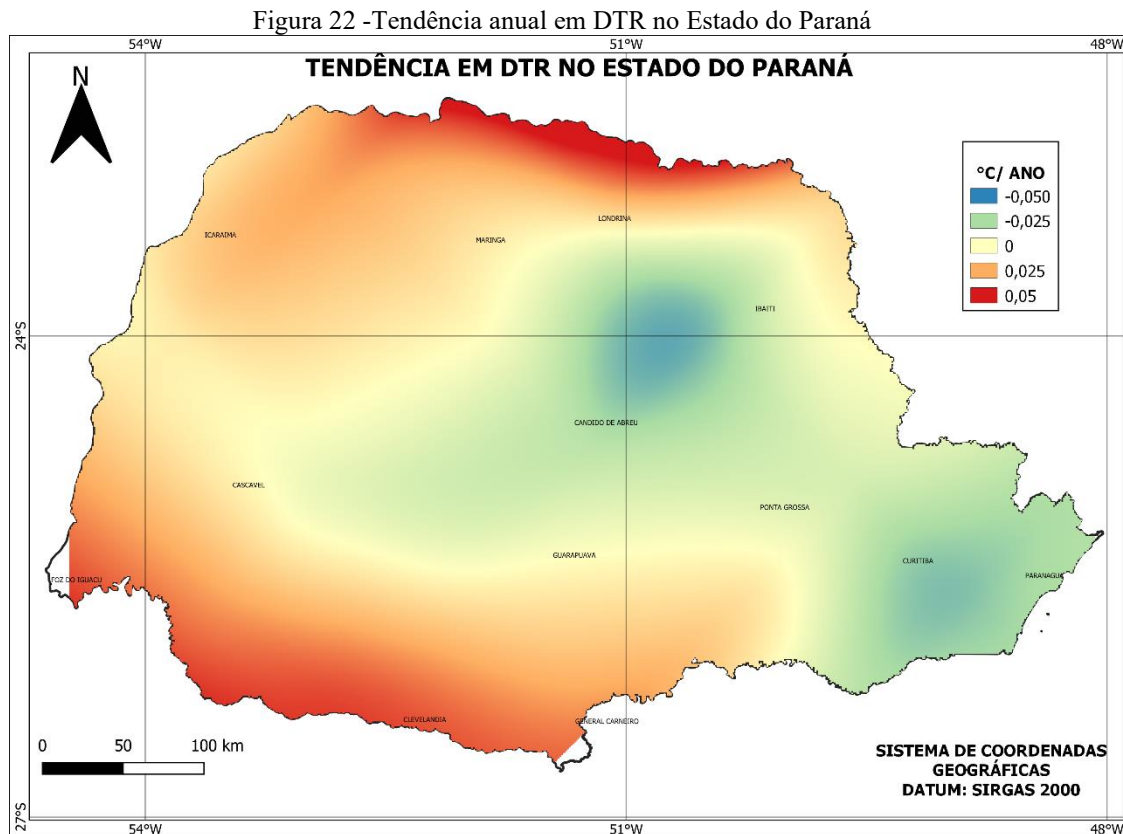
Com o propósito de verificar se há correlação entre os índices, a partir dos valores calculados para as tendências foi obtida a Tabela 12. Essa se deu para verificar ocorrência simultâneas de causa, de aumento e decaimento. A correlação que apresenta valores próximos a 1, existe uma correlação entre o que acontece nas séries, e para valores próximos de 0, que não existe uma correlação.

Tabela 12 - Correlação de entres as tendências dos índices de extremos climáticos

	FD	SU	TR	GSL	WSDI	CSDI	TX10P	TX90P	TN10P	TN90P	TXX	TXN	TNX	TNN	DTR
FD	1	0.0248	0.1533	0.0037	0.0007	0.2236	0.1200	0.0019	0.3872	0.2961	0.0148	0.0083	0.1055	0.4395	0.0800
SU		1.0000	0.0585	0.0414	0.0709	0.0032	0.1518	0.1571	0.0272	0.0330	0.0580	0.0162	0.0112	0.0001	0.2298
TR			1.0000	0.0157	0.0172	0.0845	0.0115	0.0160	0.0863	0.5500	0.0000	0.0104	0.3666	0.0676	0.0179
GSL				1.0000	0.0002	0.0070	0.0003	0.0000	0.0021	0.1215	0.0254	0.0193	0.0116	0.0269	0.0022
WSDI					1.0000	0.0590	0.0339	0.2539	0.0160	0.0026	0.0134	0.1093	0.0000	0.0254	0.1854
CSDI						1.0000	0.0605	0.0012	0.2278	0.1756	0.0169	0.0012	0.0656	0.0661	0.0739
TX10P							1.0000	0.3024	0.1310	0.0537	0.0704	0.0770	0.0024	0.1170	0.0374
TX90P								1.0000	0.0249	0.0383	0.2085	0.1380	0.0092	0.0001	0.2756
TN10P									1.0000	0.2626	0.0001	0.0078	0.1035	0.5796	0.3143
TN90P										1.0000	0.0080	0.0049	0.3952	0.2201	0.0812
TXX											1.0000	0.0422	0.0055	0.0040	0.0506
TXN												1.0000	0.0313	0.0370	0.0207
TNX													1.0000	0.0709	0.0456
TNN														1.0000	0.1641
DTR															1

A menor correlação encontrada foi entre WSDI e TNX, com valor de 2.22551E-06, ou seja, quase zero. Enquanto a maior foi entre TN10P e TNN, sendo de 0,579558.

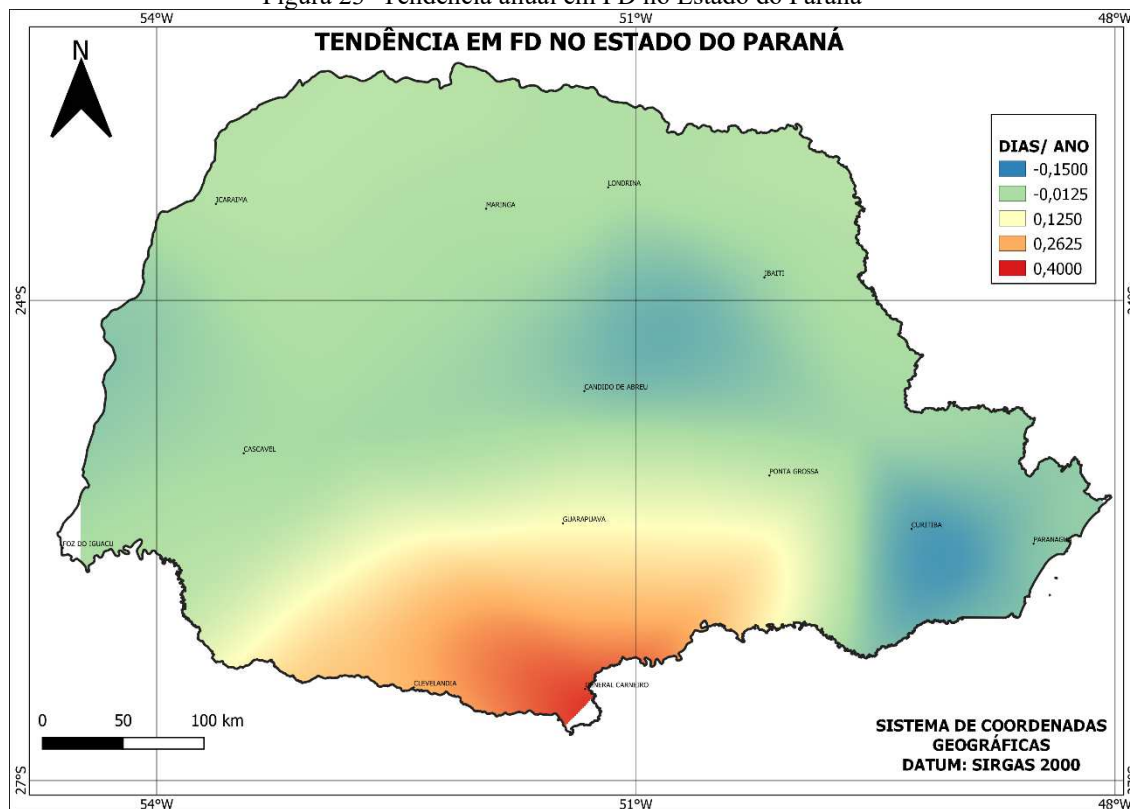
Com o intuito de analisar o comportamento das séries de índices anuais de maneira espacial, para os resultados anuais obtidos para o estimador de Sen (seção 3.3.6), utilizou-se da interpolação espacial *Interpolate (cubic spline)*, disponível no Qgis. Os mapas descrevem os resultados de maneira espacial nos mapas que trazem as Figuras 22 a 34.



Para DTR (Amplitude térmica diurna), o Estado apresentou-se bem dividido com a região centro-leste do estado apresentando em sua maioria valores de tendências negativas (-0,05 a -0,025 °C/ano), enquanto a região oeste com os valores positivos entre 0,025 e 0,05 °C/ano.

Após o mapa para as séries de DTR apresentado na Figura 22, apresenta-se o mapa de tendência para as séries em dias de geada (FD) (Figura 23).

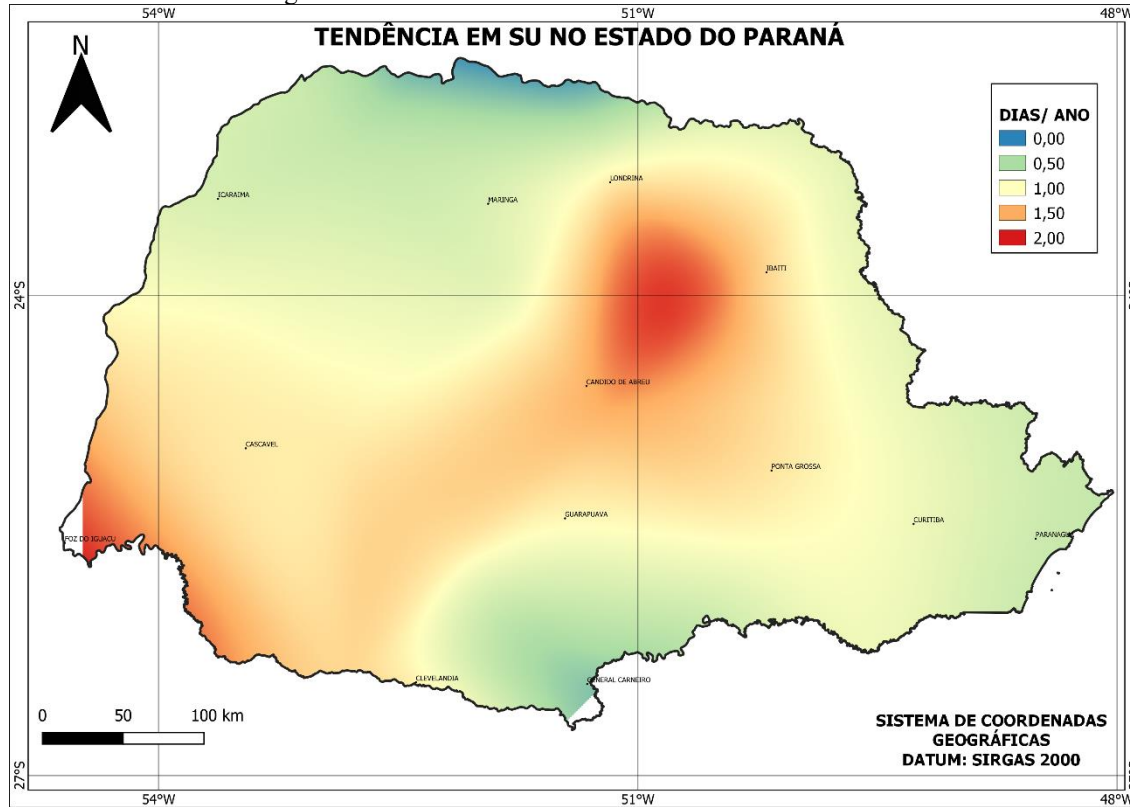
Figura 23- Tendência anual em FD no Estado do Paraná



Em relação a FD, a região sul apresenta tendência de aumento com valores entre 0,2625 a 0,4 dias/ ano. Observa-se uma transição da região sul para a norte, com a redução da tendência máxima ao sul, passando para valores negativos e mínimos na região mais central, e aumento, também, dos valores mesmo que negativos na região norte.

Como existe uma grande variação ao longo do território estadual não é possível assumir que ele como um todo está apresentando tendências de redução ou aumento de dias congelantes por ano. E sim que existem variações com diferentes características para o Paraná. Com a avaliação para as séries de FD realizada, a próxima será a de dias quentes (SU), apresentada pelo mapa da Figura 24.

Figura 24- Tendência anual em SU no Estado do Paraná

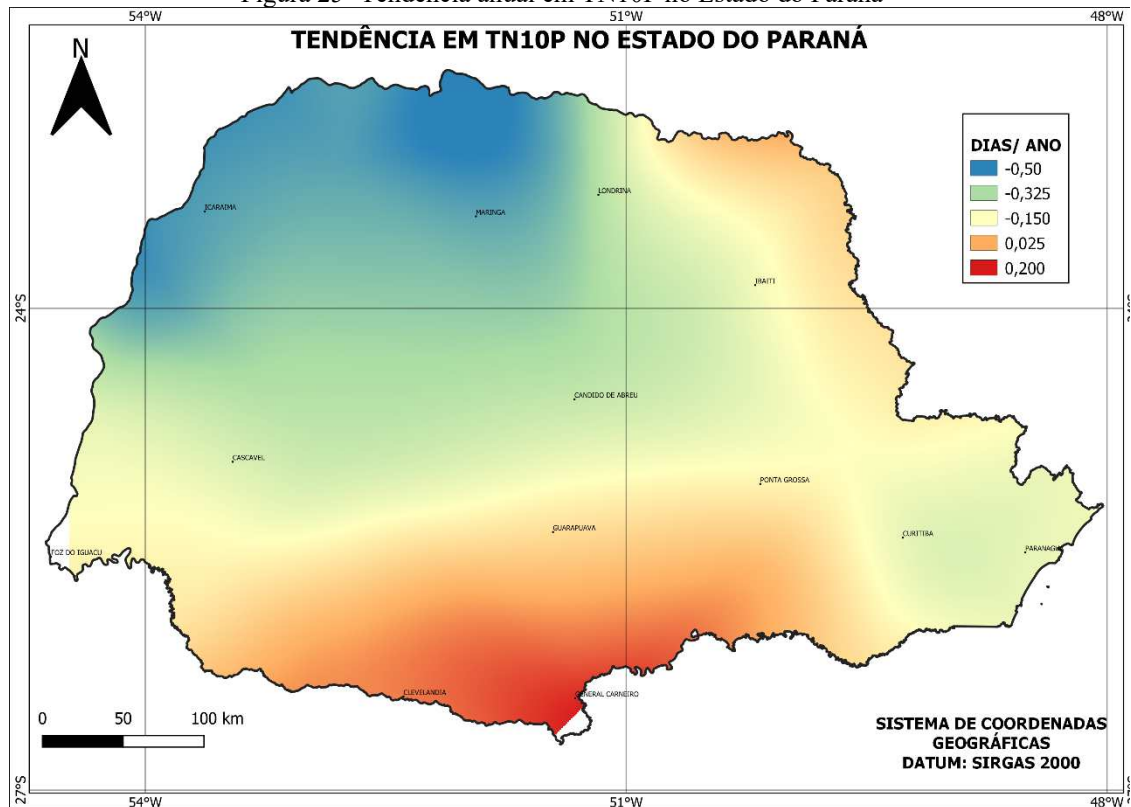


Para os resultados em SU, não se obteve tendência com valores negativos, a presença de extremos mínimos se dá nas parcelas norte e sul, com valores sem tendência. A região próxima a Foz do Iguaçu e próxima ao encontro entre 51°W e 24°S , apresentaram os maiores valores com o aumento de 2 dias/ anos.

Pela abrangência quase totalitária de aumento nas tendências de dias quentes é possível assumir que o Paraná está apresentando uma crescente na quantidade de dias considerados como quentes. Que são dias com temperaturas maiores que 25°C .

O mapa da Figura 25, foi desenvolvido para a série de TN10P. O valor de tendência é dado em dias/ ano.

Figura 25- Tendência anual em TN10P no Estado do Paraná

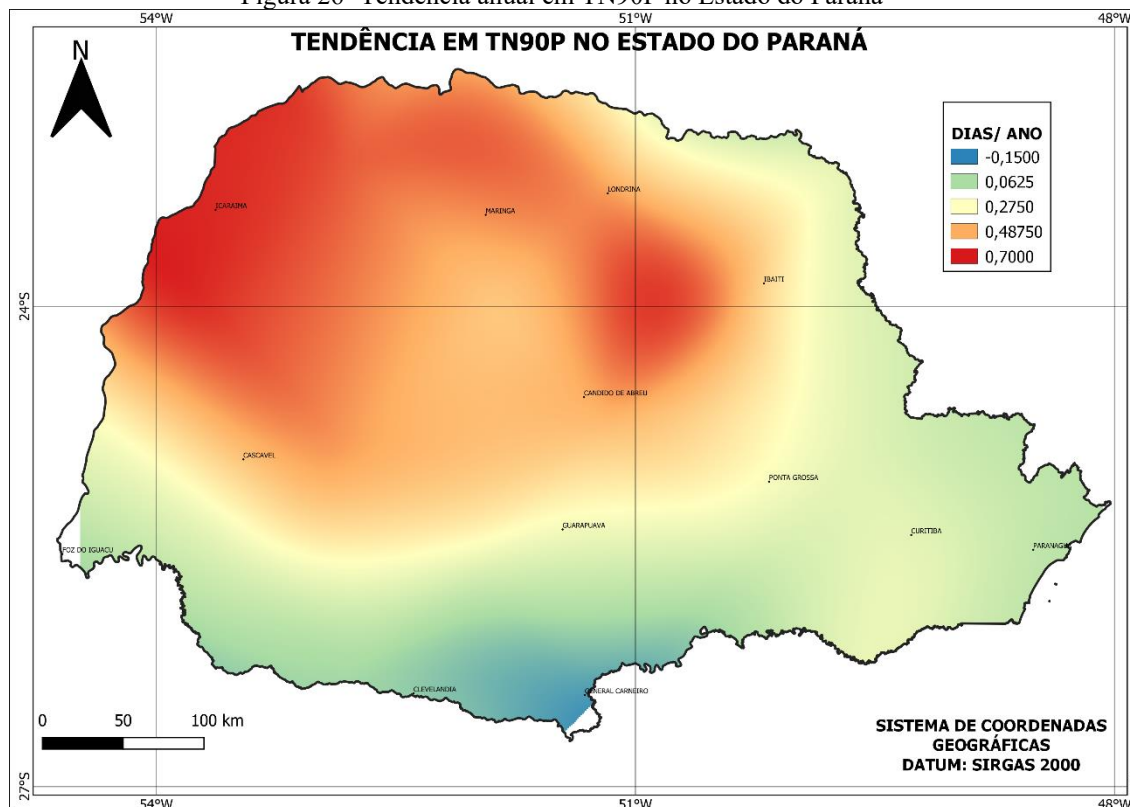


A região noroeste do estado apresentou os valores mínimos de tendência para TN10P, com valores de -0,5dias/ano, mas ainda na região norte só que parte leste é possível observar tendências positivas com valores de 0,025dias/ano.

Os valores máximos encontram-se na área mais ao sul, com valores de 0,2dias/ano. Vale destacar que o valor de extremo máximo de tendência para TN10P não chega a metade do extremo mínimo.

Na Figura 26 é apresentado o mapa de séries com análise para percentil ligado a temperatura mínima, assim como o da Figura 25.

Figura 26- Tendência anual em TN90P no Estado do Paraná

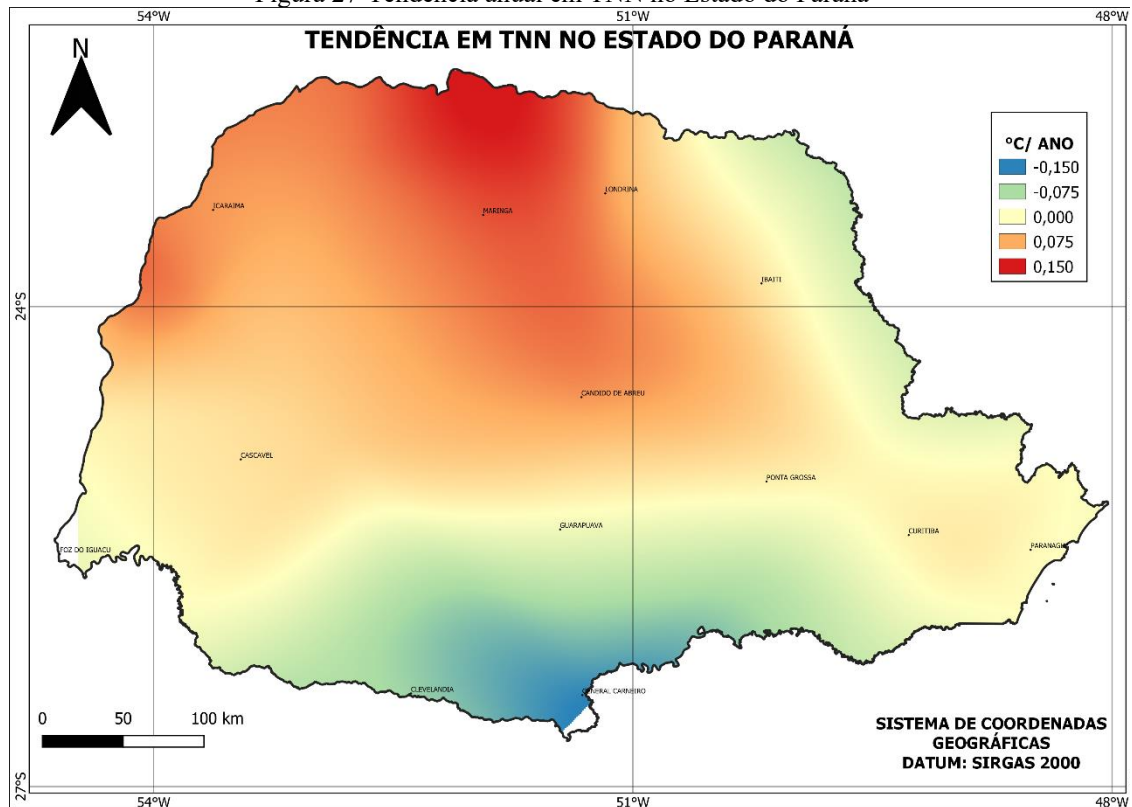


Em contrapartida com o que ocorreu com a série de TN10P em TN90P, os extremos são apresentados de maneira oposta. O máximo localizado na região noroeste (0,7dias/ano) e mínimo na região sul (-0,15dias/ano).

Vale destacar que para TN90P apenas a região sul apresentou valores de tendência negativos enquanto as demais obtiveram resultados positivos.

Outra série de índice que utiliza apenas as temperaturas mínimas é o TNN. Apesar de utilizar o mesmo parâmetro temporal para os análise que TN10P e TN90P, nesse caso o resultado apresentado na Figura 27 se dá em °C/ano.

Figura 27-Tendência anual em TNN no Estado do Paraná

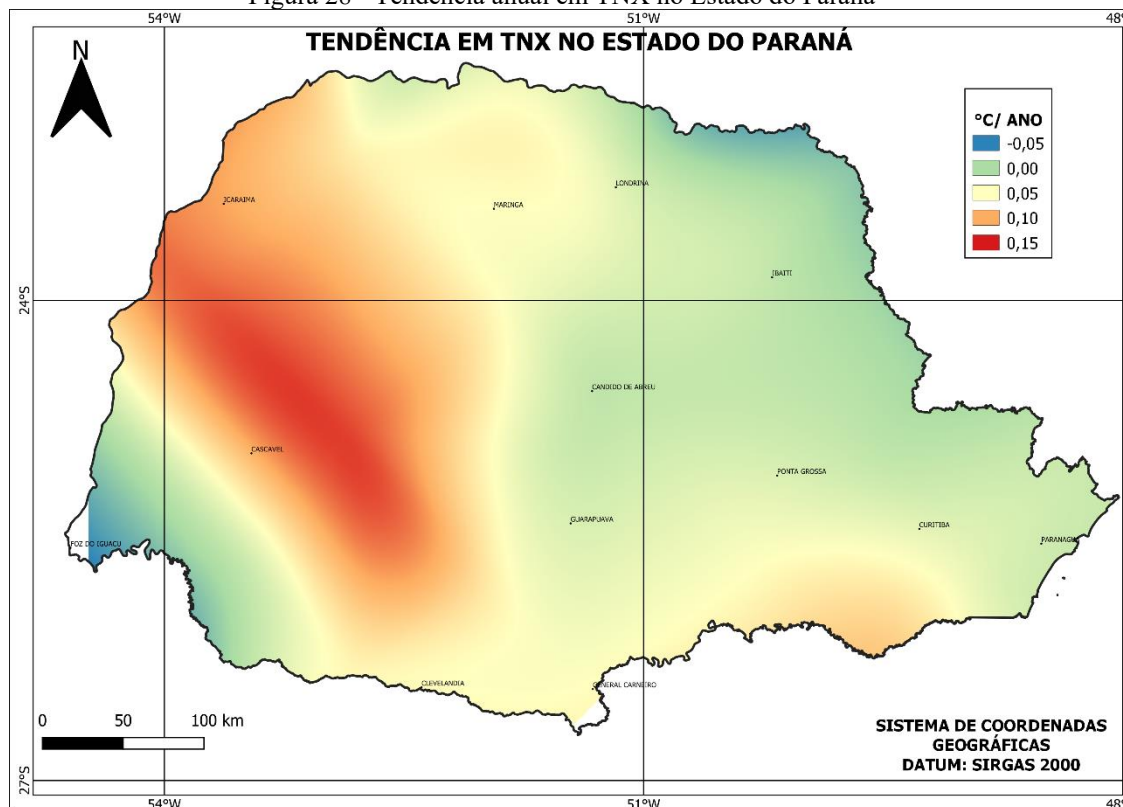


Os extremos máximos e mínimos para TNN ocorrem de maneira semelhante a TN90P, em relação espacial. Os valores para o máximo chegam a 0,15 °C/ ano e o mínimo a 0,15 °C/ano.

No estado é possível observar a ocorrência de tendências próximas a zero para algumas regiões, e essas acabam criando transições bem definidas de regiões com tendências positivas para as negativas.

Outra série como TNN que apresenta seus resultados de tendência em °C/ano é o TNX, cujos resultados são apresentados na. Figura 28.

Figura 28 - Tendência anual em TNX no Estado do Paraná

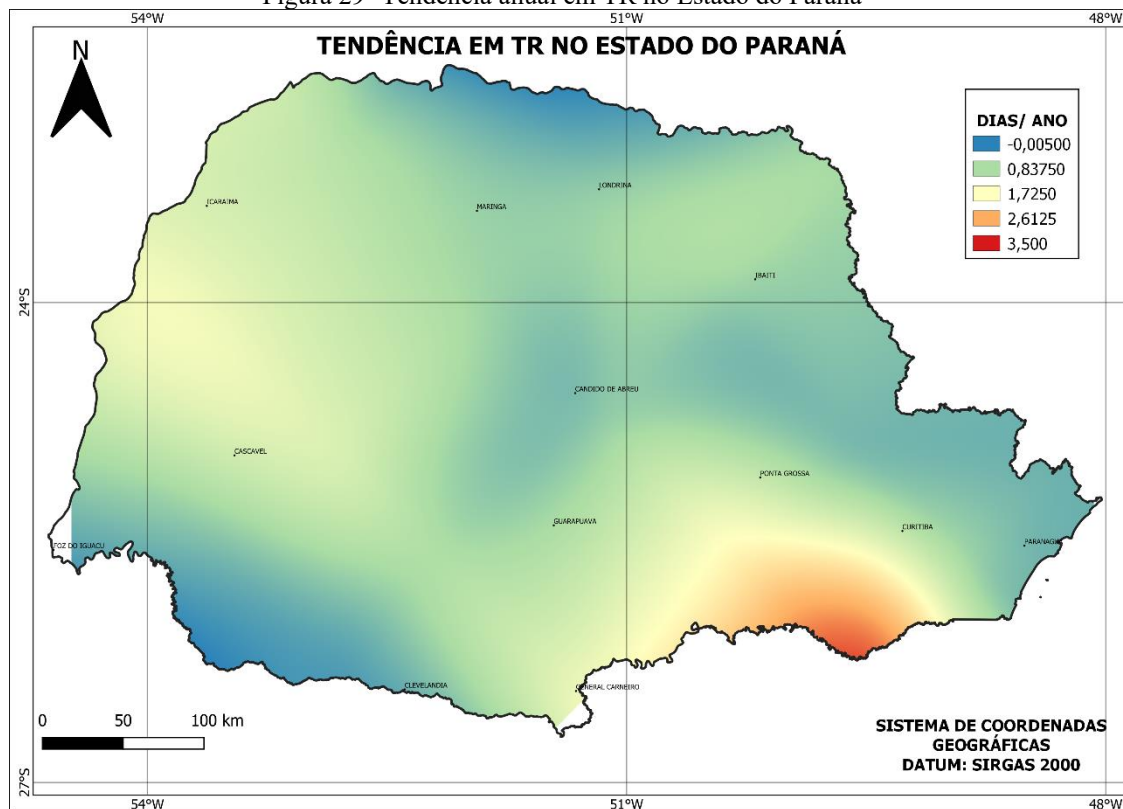


As regiões que apresentam os extremos mínimos de $-0,05$ °C/ano são as sudoeste e a nordeste. O mapa para TNX ainda apresenta uma transição do extremo mínimo para o máximo de $0,15$ °C/ano partindo da região sudoeste para a central.

No mapa ainda é possível destacar que existe uma grande região que não apresenta tendência.

O último mapa gerado a partir dos índices que utilizam a temperatura mínima como referência para seus cálculos é o de TR, isso acontece devido ao fato que para o estimador de Sen, o índice CSDI não ter apresentado tendência nos resultados. O mapa para as séries de TR é apresentado pela Figura 29.

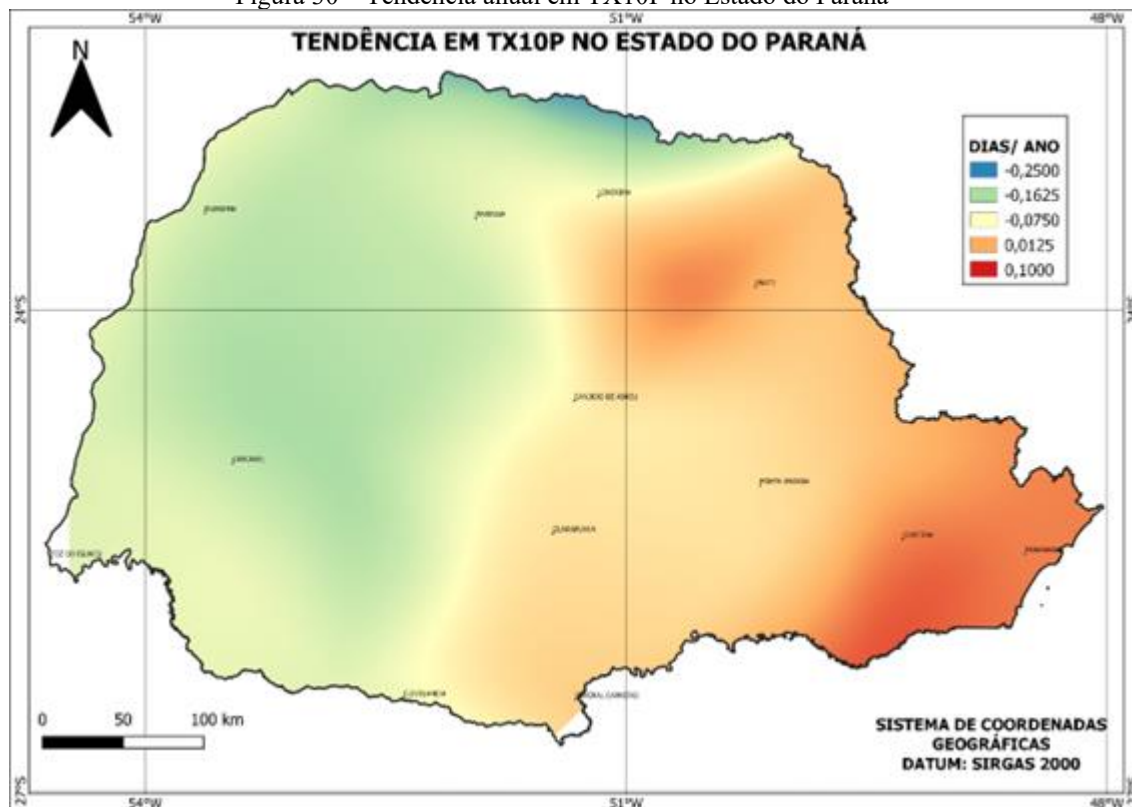
Figura 29- Tendência anual em TR no Estado do Paraná



O máximo de tendência apresentado é de 3,5 dias/ano para TR, esse resultado é apresentada na região sudeste do Estado. Ainda são indicadas regiões com tendência negativa, mas o Paraná apresenta-se em sua maioria com tendência positivas.

O primeiro mapa (Figura 30) dos índices que utilizam apenas os dados de temperaturas máximas é o TX10P.

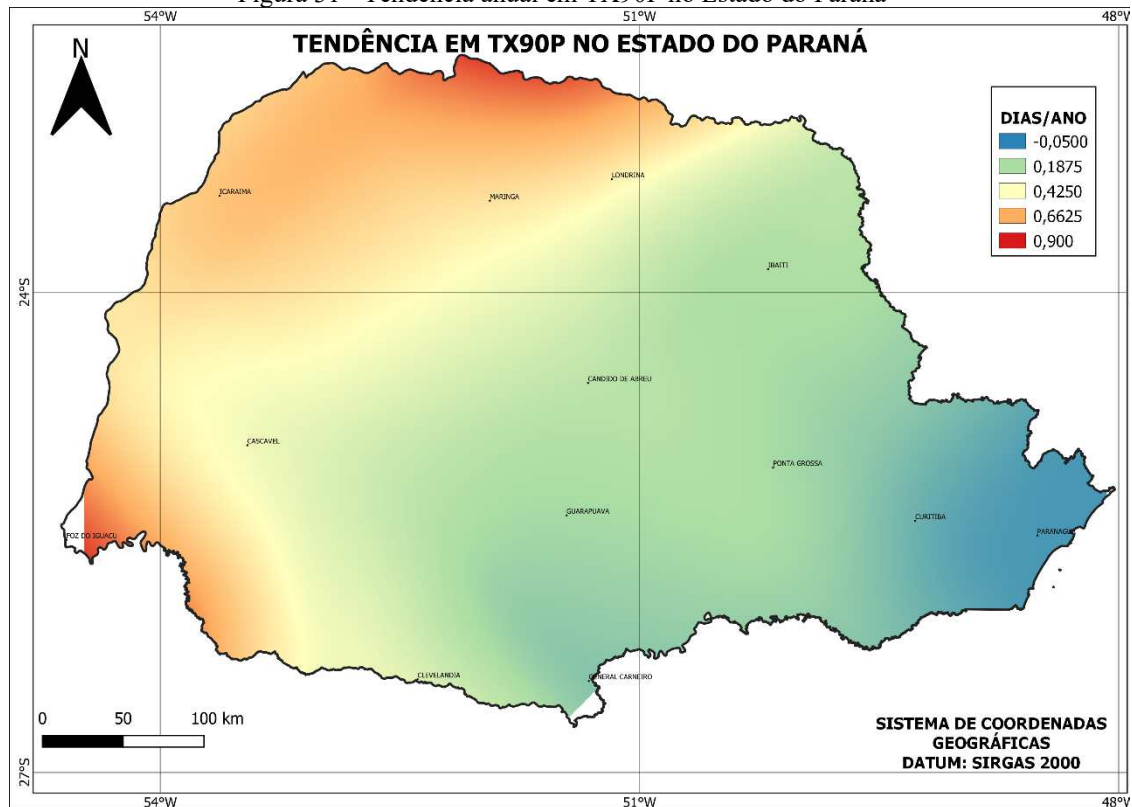
Figura 30 – Tendência anual em TX10P no Estado do Paraná



A divisão das tendências ocorre de maneira gradativa, enquanto a região centro-oeste apresenta os menores valores, a região centro-leste e principalmente aquelas próximas a região litorânea as máximas.

A nível de comparação como ocorreu anteriormente, em TN10P e TN90P, o mapa a seguir irá analisar os resultados para TX90P, representado pela Figura 31.

Figura 31 - Tendência anual em TX90P no Estado do Paraná

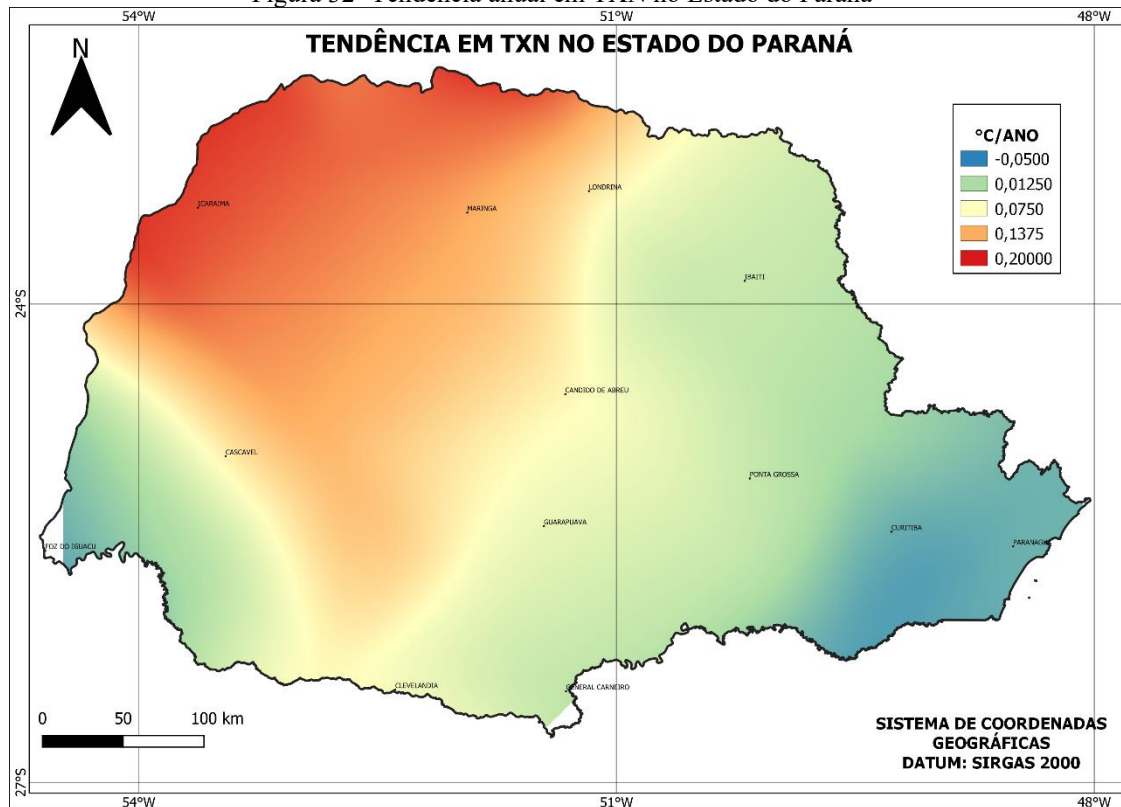


Assim como ocorre em TX90P, a divisão entre as regiões de tendências positivas e negativas é bem evidenciada. Entretanto elas se dão de maneira oposta enquanto em TX10P, os valores com as maiores tendências se dão mais para o leste, em TX90P se dão no oeste.

Em sua maioria os resultados apresentados em TX90P, apresentam-se com valores positivos, indicando um aumento anual de dias com valores de temperatura próximos a 90 percentil.

O índice TXN também utiliza das bases de temperatura máximas, assim como as séries dos dois últimos mapas apresentados, mas para este o resultado se dá em °C/ano. Os resultados são apresentados pela Figura 32.

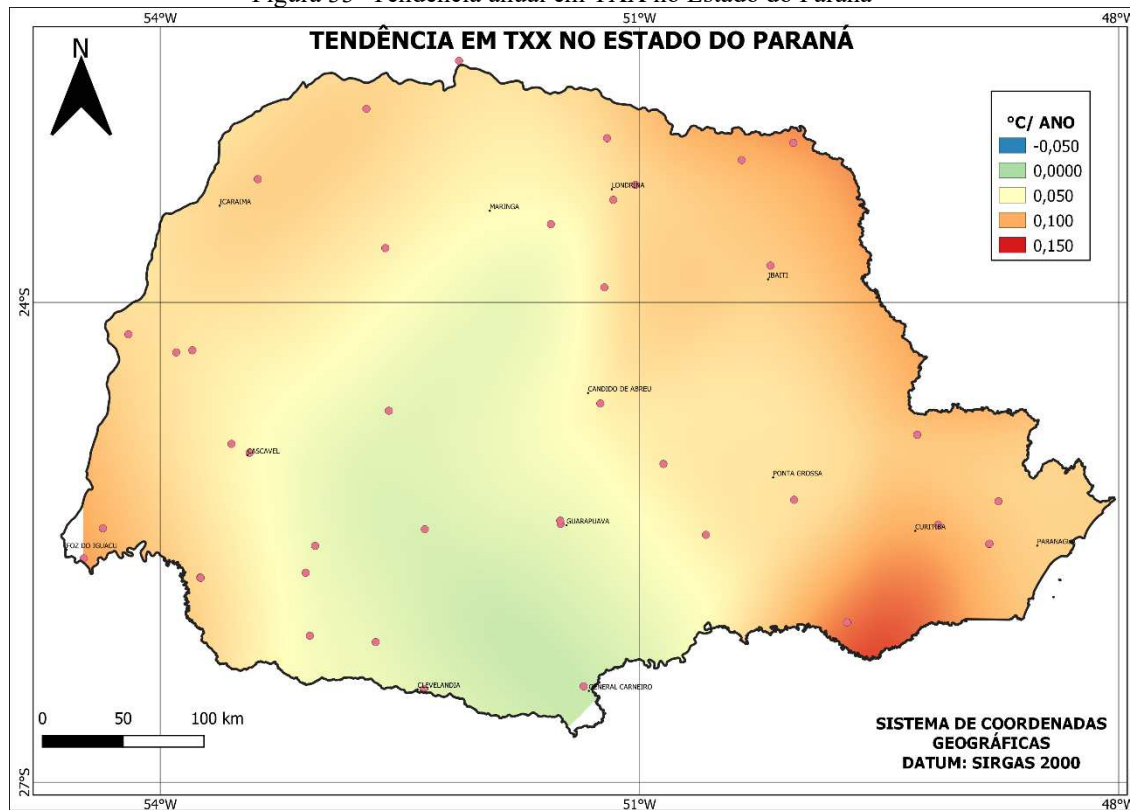
Figura 32- Tendência anual em TXN no Estado do Paraná



A região noroeste é marcada por ser a que apresenta os maiores valores de tendência para o Estado para a série de índices de TXN, sendo esse próximo a 0,2 °C/ano. Os extremos regionais de leste e oeste apresentam os mínimos de tendência para tal índice.

Bem como o índice TXN, os resultados de TXX, também são apresentados em °C/ano, os resultados para as séries do índice são apresentados pela Figura 33.

Figura 33- Tendência anual em TXX no Estado do Paraná

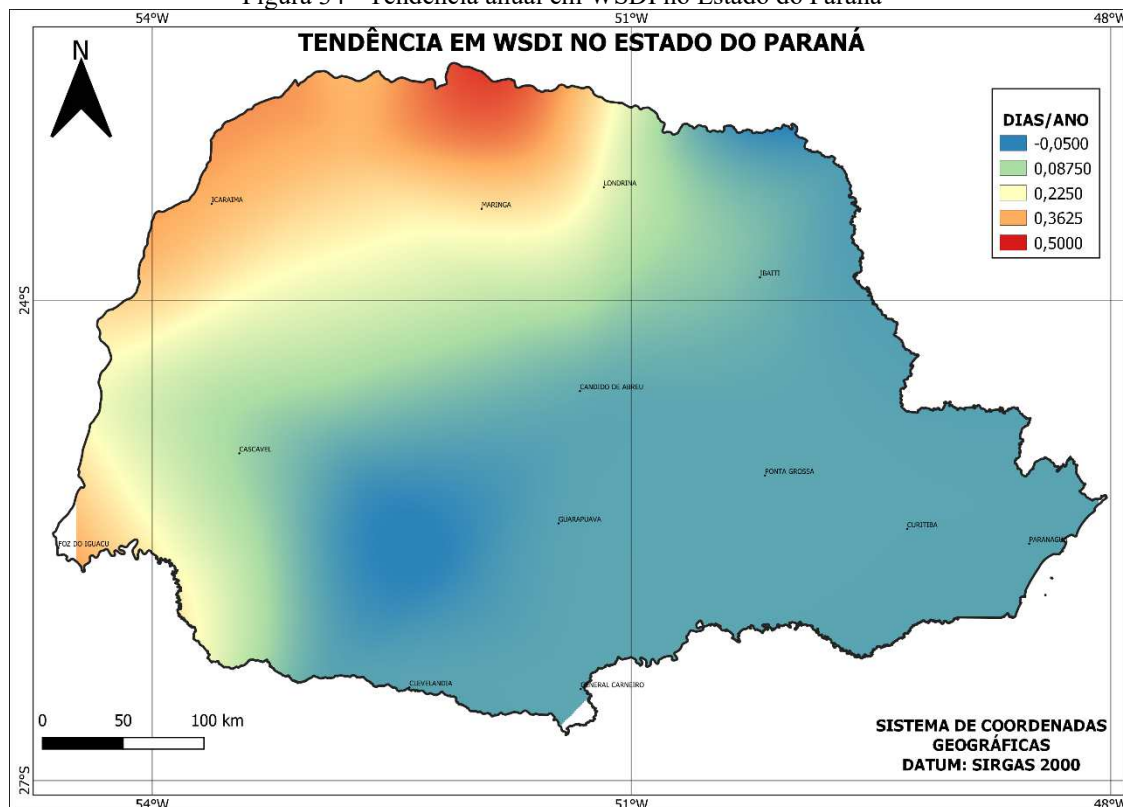


Para TXX, não se encontram valores negativos de tendência o que indica um aumento nas temperaturas máximas diárias anuais. Entretanto ainda existem regiões onde não ocorre tendência.

Os valores máximos de tendência de 0,15 °C/ano são encontrados na região sudeste do Paraná.

Para finalizar os mapas feitos para o estimado de Sen para as séries anuais têm-se o de WSDI (Figura 34).

Figura 34 - Tendência anual em WSDI no Estado do Paraná



A maior parcela do Estado destaca-se por apresentar uma tendência negativa próxima a -0,05 dias/ano. A região norte do estado apresenta o extremo máximo positivo sendo de 0,5 °C/ano.

Para as séries de índices sazonais e mensais, foram realizadas avaliações de diferentes formas devido a maior quantidade de resultados possíveis e por permitir análises comparativas, para um mesmo índice, mas para períodos diferentes do ano.

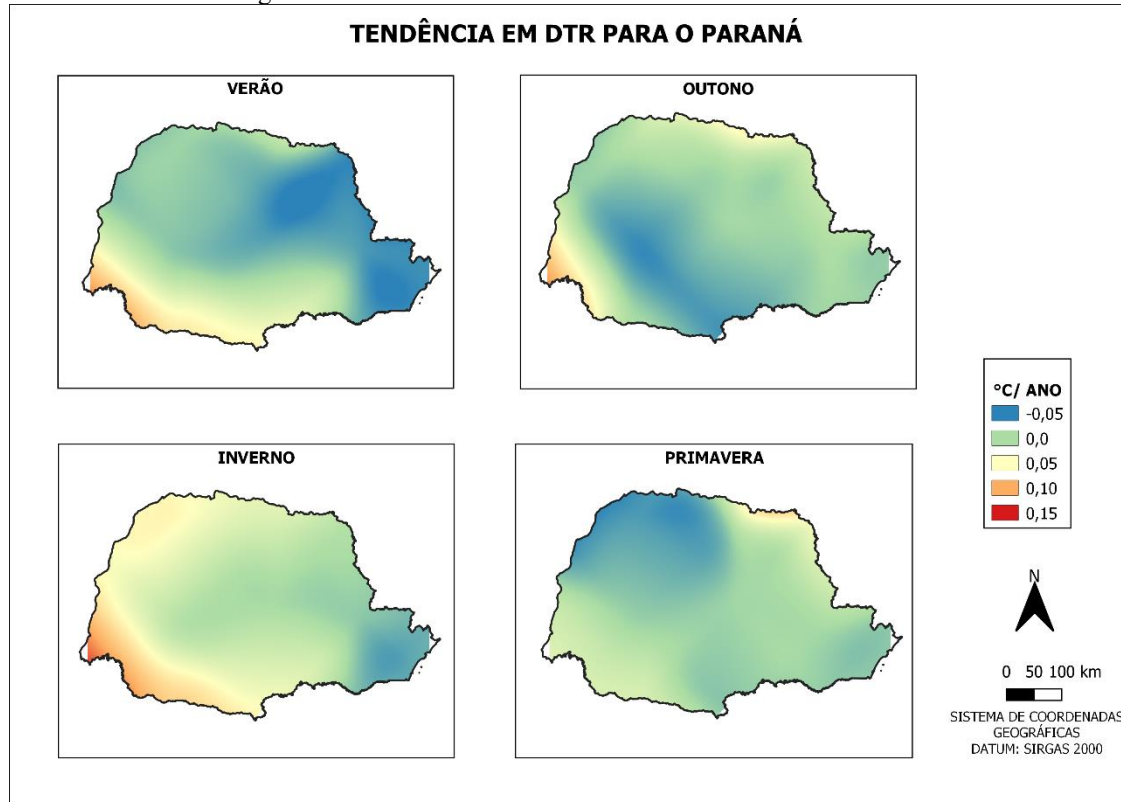
Para a maioria das séries de índices estudados a região sul do Estado do Paraná apresentou os menores valores de tendências. Esses por sua vez eram negativos, indicam que tal região indica tendências de resfriamento.

Em relação a região com maior concentração de resultados positivos se deu no noroeste, sendo apenas em TN10P que a região apresentou os menores resultados.

O software Climpect, não estima os índices GSL, WSDI e CSDI mensais e sazonais, logo não são apresentados resultados para os índices supracitados

Nesta etapa serão apresentados os resultados obtidos para as séries sazonais. As Figuras de 35 a 44, apresentam de maneira espacial o que ocorre no Paraná.

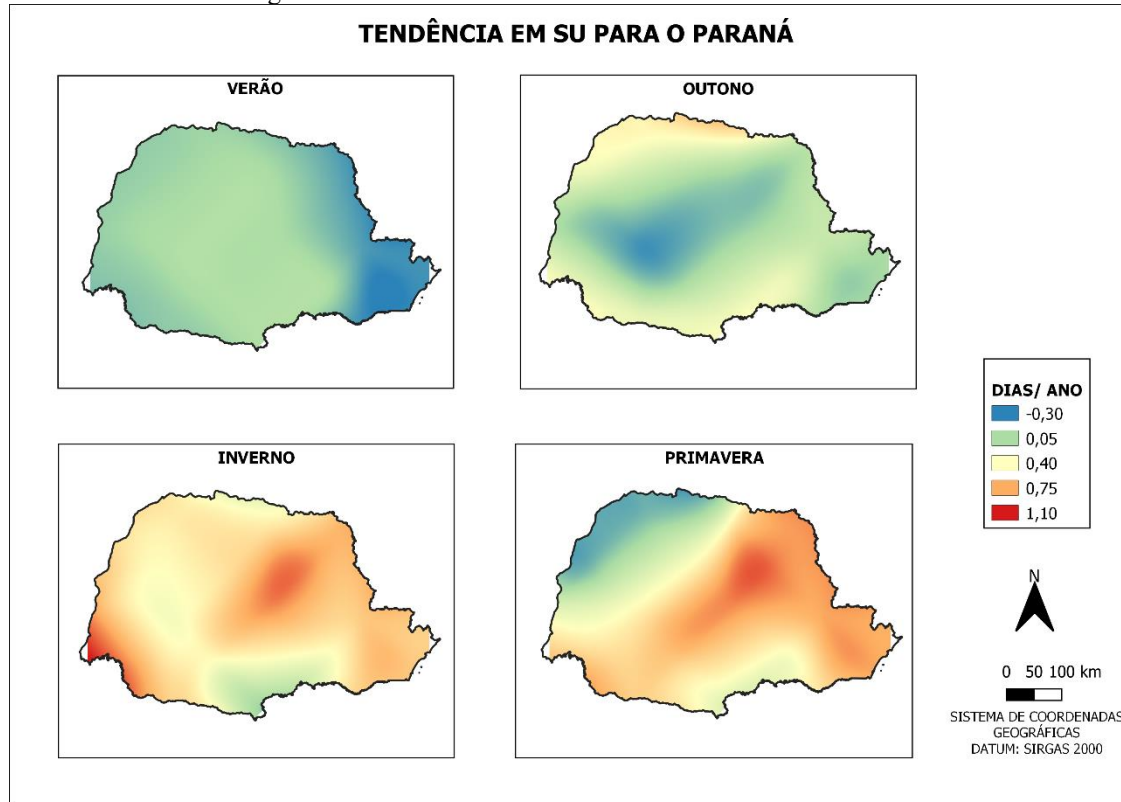
Figura 35 – Tendência sazonal em DTR no Estado do Paraná



A estação climática da Primavera é a única que não apresenta suas tendências máximas para as séries em DTR, na região sudoeste do Estado. Em relação as tendências mínimas as estações do Verão e do Inverno, apresentaram tais resultado na região leste do Paraná, enquanto as demais estações no noroeste e no centro-sul, Primavera e Outono respectivamente.

Após a elaboração do mapa para as séries de DTR, foi elaborado para as séries de SU, o mapa é apresentado pela Figura 36.

Figura 36 – Tendência sazonal em SU no Estado do Paraná

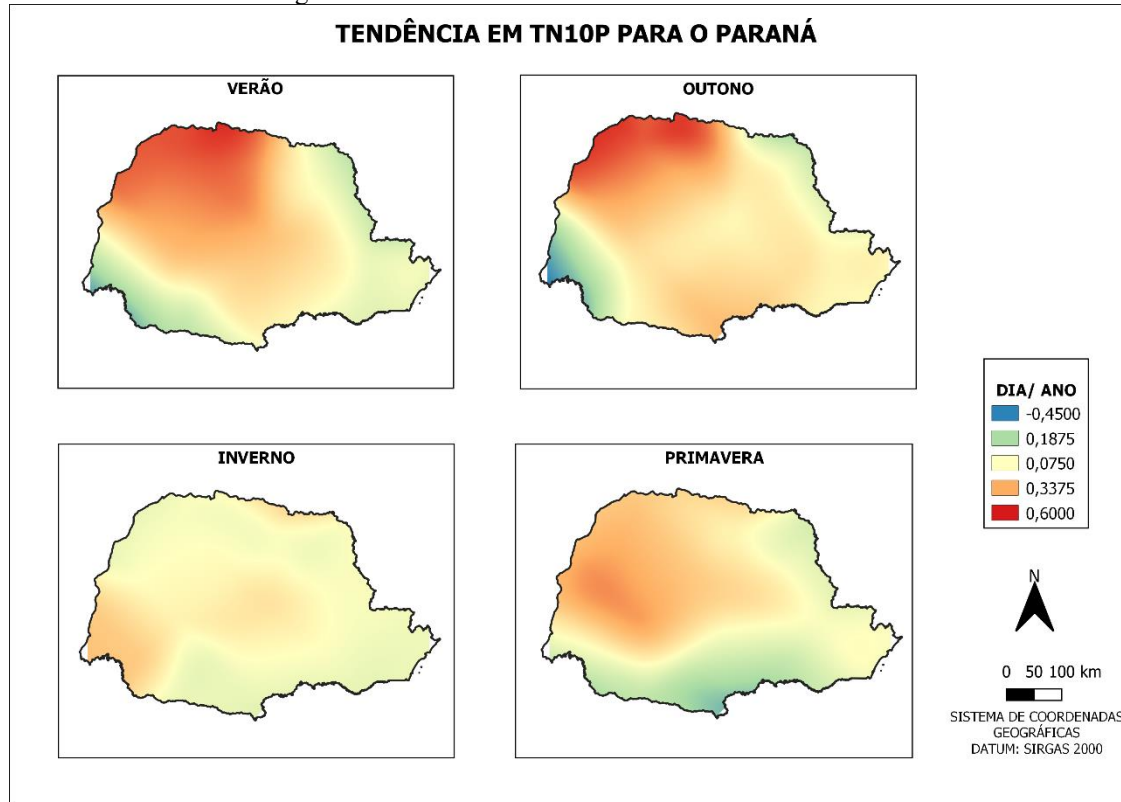


Para as séries de SU é possível observar uma distinção entre as tendências ao longo do ano, enquanto o Verão apresenta as menores tendências com valores negativos, o Inverno apresenta o mapa com sua maioria tomada pelos maiores valores de tendência.

Vale destacar que durante o Outono ocorre o aumento dos valores de tendência em comparação ao Verão, enquanto na Primavera nota-se o retorno de tendências com valores negativos.

Dando continuidade nas análises em dias/ano, a Figura 37 traz os mapas obtidos para as séries sazonais de TN10P.

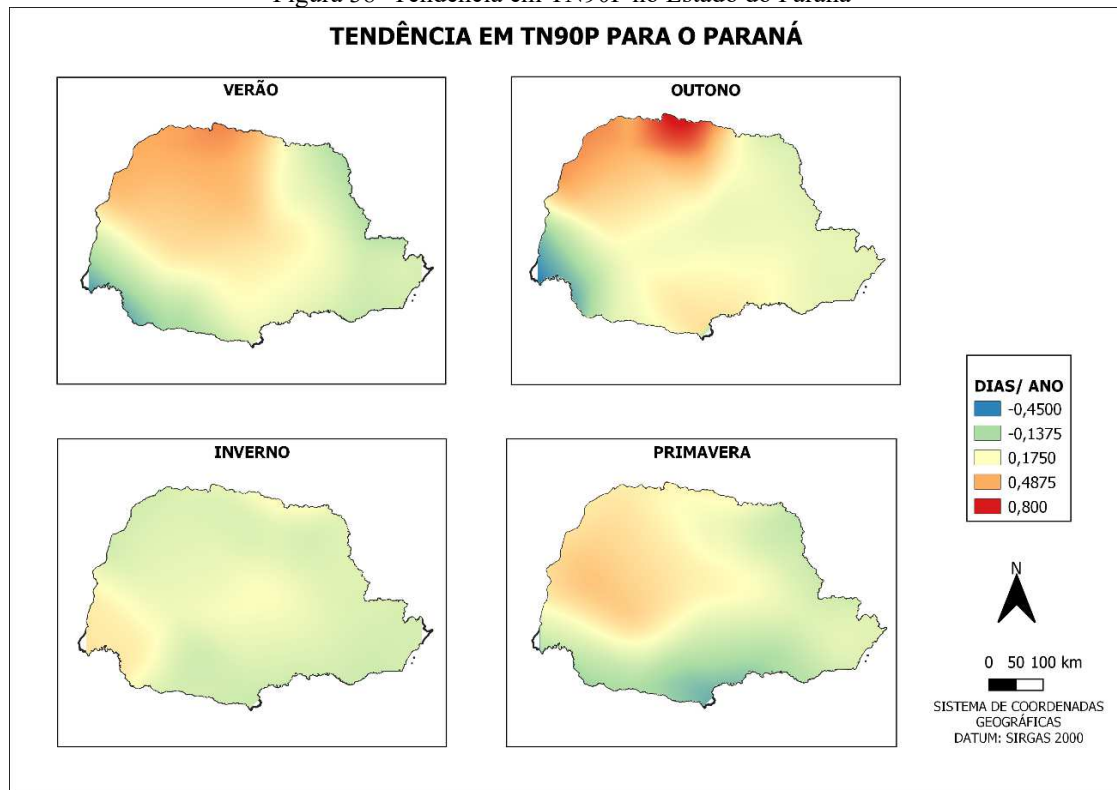
Figura 37- Tendência em TN10P no Estado do Paraná



O Inverno é a único período climático que não apresenta tendências com valores negativas, mesmo que esses valores não estejam presentes em sua maioria no Paraná. A região noroeste do Estado se destaca pelo fato de em todos os períodos do ano o local apresentar tendência positivas, e tal tendência fica ainda mais evidenciada durante o Verão e o Outono.

As séries com análise em percentil continuam no mapa apresentado pela Figura 38.

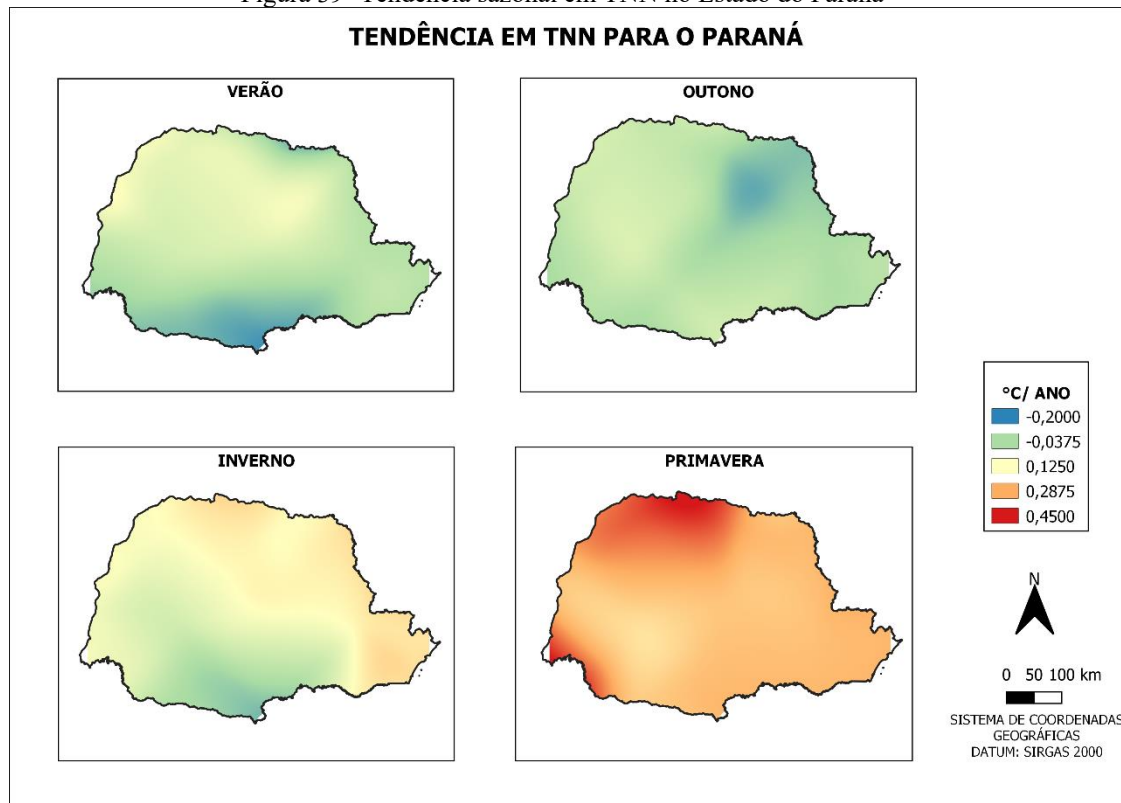
Figura 38- Tendência em TN90P no Estado do Paraná



Assim como ocorre para as séries de TN10P, o Inverno não demonstra ter valores de extremos mínimos; além da região noroeste ser marcada por apresentar os maiores valores de tendência, com os extremos máximos apresentados para o Outono.

Outra série de índice que utiliza das temperaturas mínimas é dada por TNN, os mapas sazonais para tais série se encontram na Figura 39.

Figura 39- Tendência sazonal em TNN no Estado do Paraná

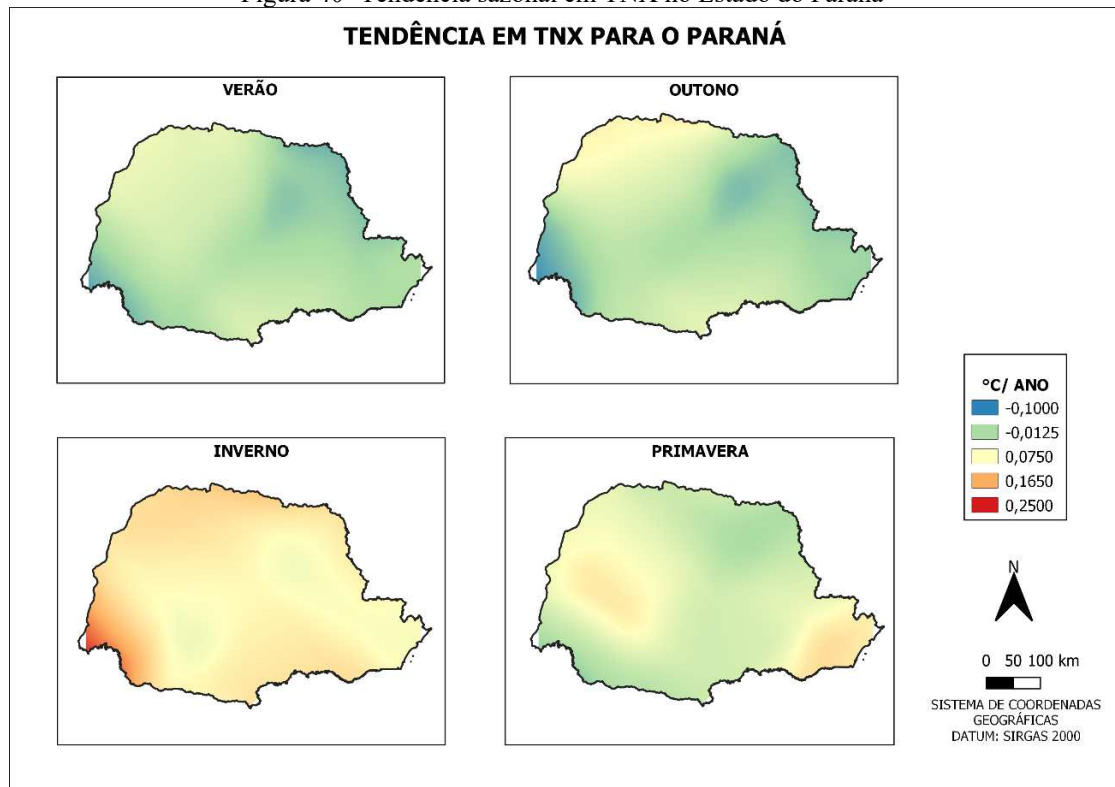


Para as séries de TNN, a Primavera se destaca das demais estações por apresentar em seus resultados apenas valores positivos de tendência, a estação ainda apresenta os extremos positivos com valor de 0,45 °C/ano.

Os extremos negativos são encontrados nos outros períodos, eles estão ao sul, para o Verão e Inverno, em na região nordeste no Outono.

Os mapas da Figura 40, ainda são para valores de temperatura mínima e dados em °C/ano, bem como os da Figura 39.

Figura 40- Tendência sazonal em TNX no Estado do Paraná

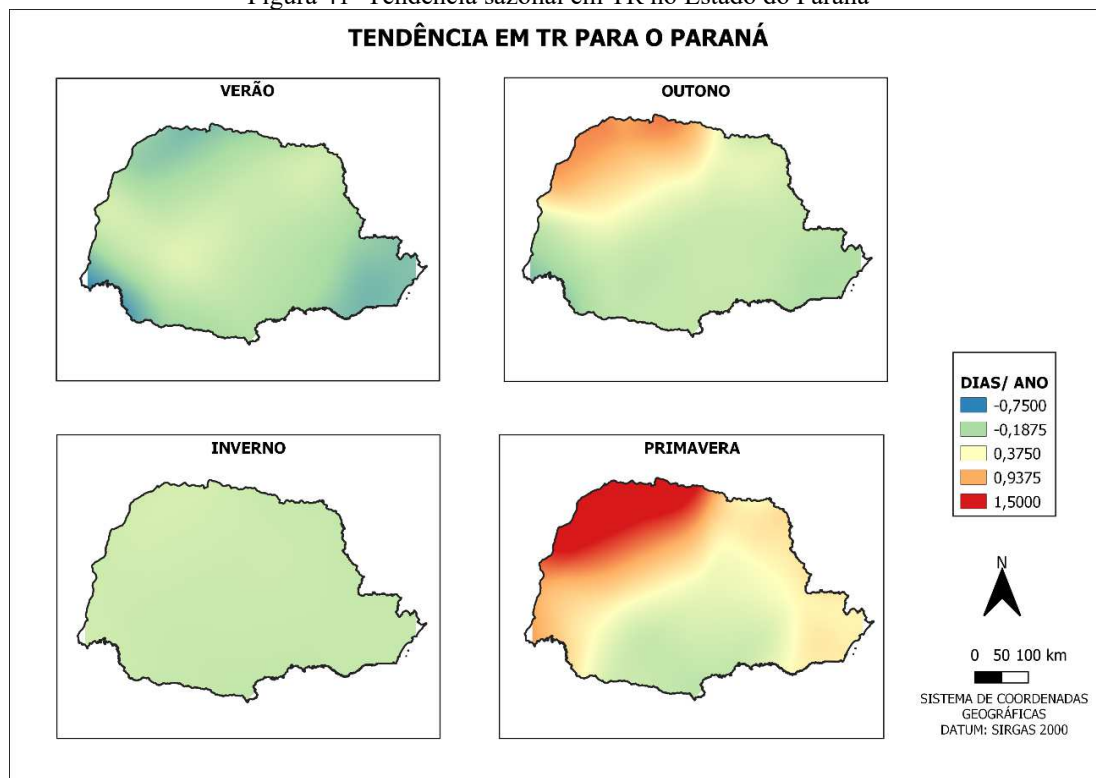


Para as séries de TNX, o Inverno apresenta os extremos máximos de tendência de 0,25 °C/ano, localizado na região sudoestes. Entretanto a mesma região para as estações de Verão e Outono, apresentam extremos mínimos.

Os períodos de Outono e Inverno ainda apresentam valores de extremos mínimos na região nordeste do Estado.

A última série de índice que utiliza de dados de temperatura mínima é o TR, os resultados obtidos para as séries sazonais são dados pela Figura 41.

Figura 41- Tendência sazonal em TR no Estado do Paraná

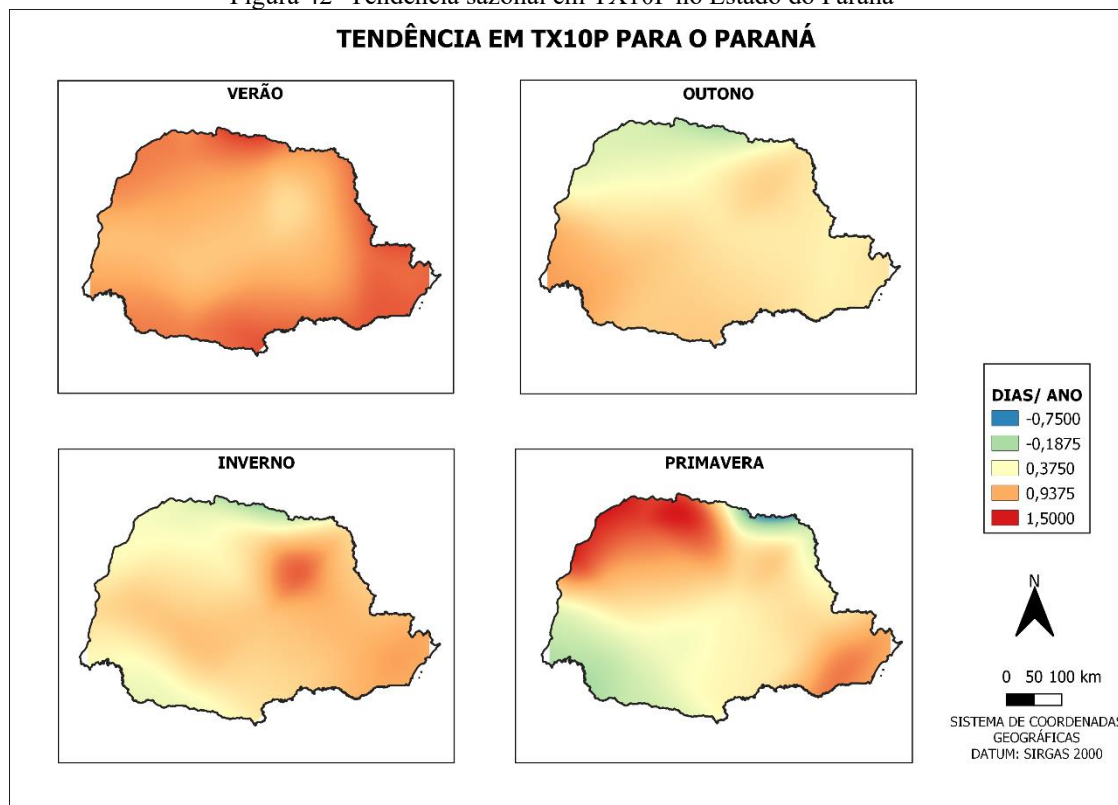


O mapa desenvolvido para o Inverno, demonstrou que não ocorreu variação de tendência pelo estado, onde todo ele apresentou a tendência negativa de $-0,1875$ dias/ ano. O Verão também apresenta valores apenas negativos, mas com os extremos localizados em três regiões, com valor de $-0,75$ dias/ano, eles aparecem em noroeste, sudoeste, e leste do Paraná.

A região noroeste em divergência com o que ocorre no Verão, na Primavera apresenta os extremos positivos de tendência. E para o Outono a região ainda apresenta valores positivos de tendência próximos a 1 dia/ ano.

Iniciando as análises para os resultados dos dados de temperatura máxima, a Figura 42, apresenta os resultados sazonais para TX10P.

Figura 42- Tendência sazonal em TX10P no Estado do Paraná

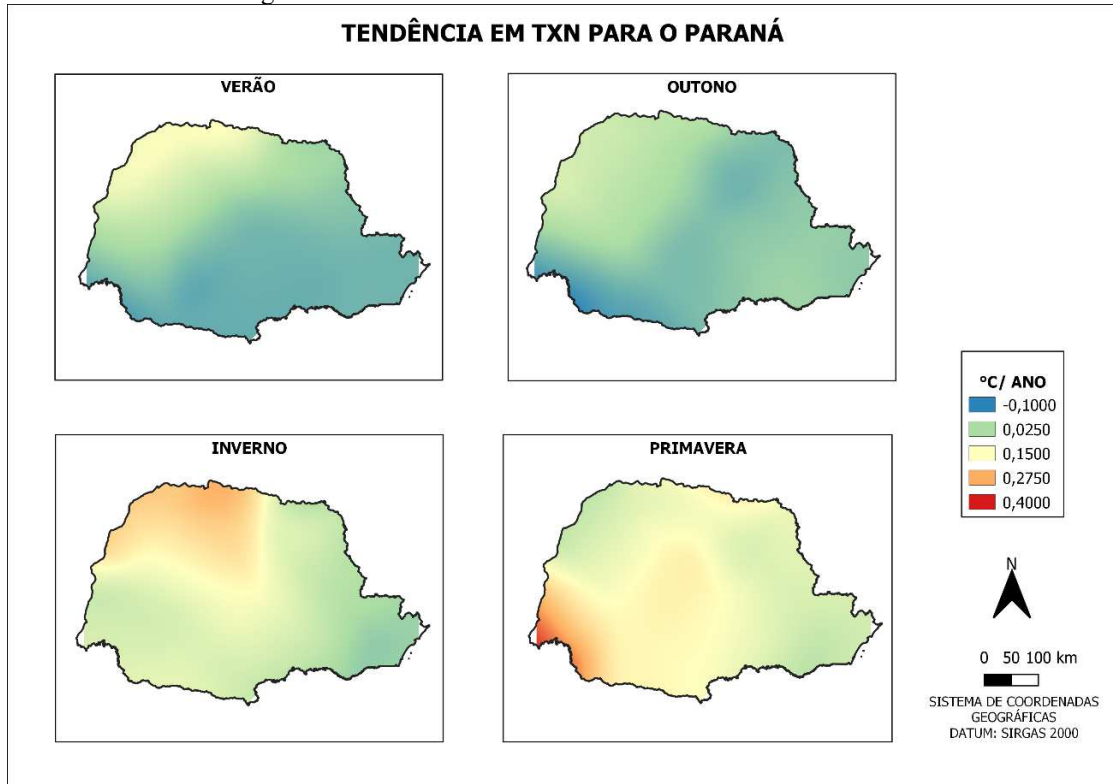


O destaque durante a estação do Verão se dá por ela apresentar para grande parte do Estado valores próximos aos extremos de tendência máxima de 1,5 dias/ano. Para os demais períodos é possível observar a presença em sal maioria de tendência positivas.

A Primavera apresenta os extremos máximos e mínimos de tendência na parcela norte do Paraná. Enquanto a mínima se dá da região oeste a mínima está na leste.

Para a análise da temperatura máxima ligadas as tendências em °C/ano a Figura 43, apresenta os resultados para as séries de TXN.

Figura 43- Tendência sazonal em TXN no Estado do Paraná

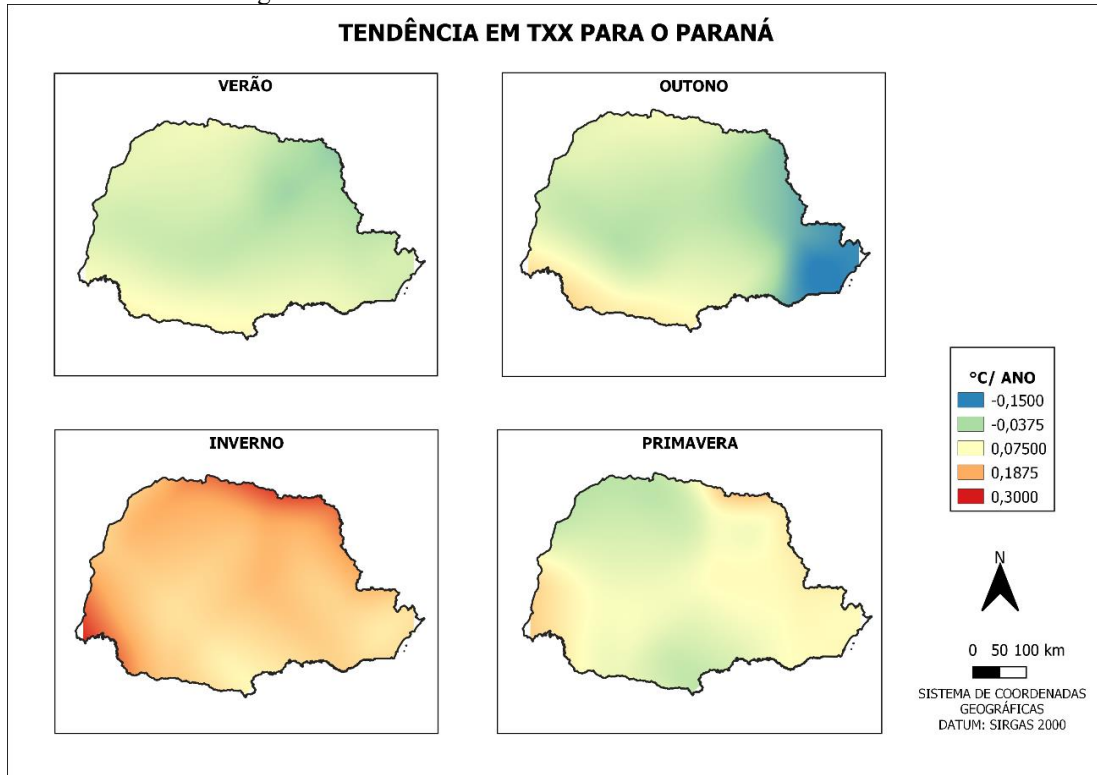


A Primavera não apresenta valores de tendência negativa para a série de índice de TXN. Entretanto o Verão e a Primavera apresentam que a maioria do estado está com tendência negativas.

A região noroeste do Paraná apresentou para todos os períodos tendências positivas. Enquanto a região sudoeste apesar de apresentar valores de extremos máximos na Primavera, para o Verão e outono a região apresenta os extremos de tendência mínimos.

O último conjunto de mapas desenvolvido para a divisão sazonal é dado pela Figura 44, que apresenta os resultados para TXX.

Figura 44- Tendência sazonal em TXX no Estado do Paraná



Os valores próximos aos extremos de tendência máxima para as séries de TXX, estão presentes em sua maioria presentes no Inverno, com valores próximos a 0,3 °C/ano. Enquanto os extremos mínimos aparecem no Outono na região leste.

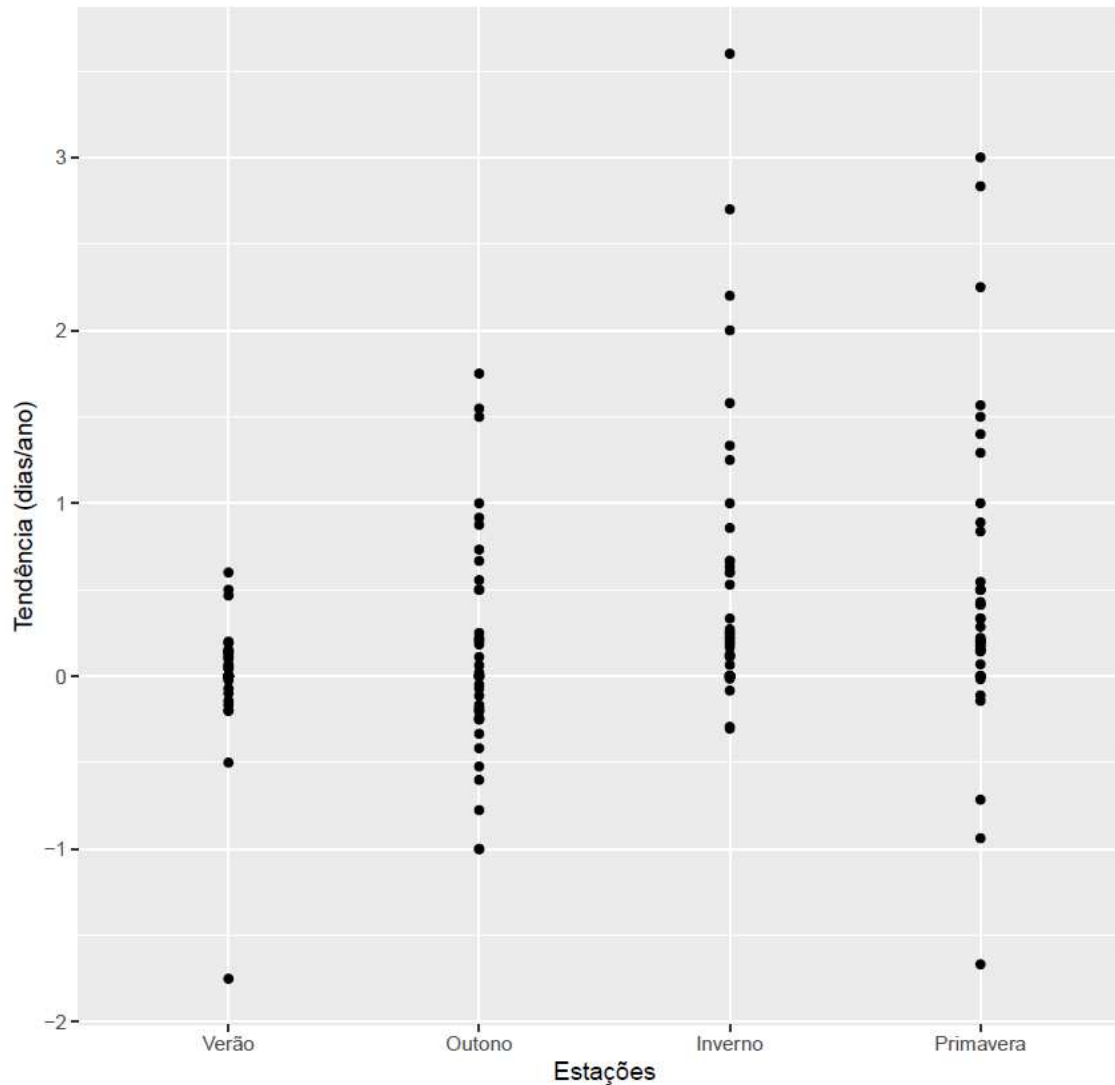
A estações do Verão e da Primavera apresentam valores positivos e negativos de tendência, mas se valores não se aproximam dos extremos.

A primavera dentre as estações do ano foi aquela que se apresentou como aquela que possuía em sua maioria valores positivos de tendência indicando assim um possível aquecimento durante esse período do ano.

As séries dos índices FD e TX90P, não apresentaram tendência em relação ao estimador de Sen.

Para os dados sazonais também foram elaborados gráficos de distribuição do valor da tendência, por estação climática (representadas por ponto por estação do ano), para cada série de índice a fim verificar a amplitude dos resultados, tais resultados se encontram nas Figuras de 45 a 54.

Figura 46- Tendência Sazonal para SU

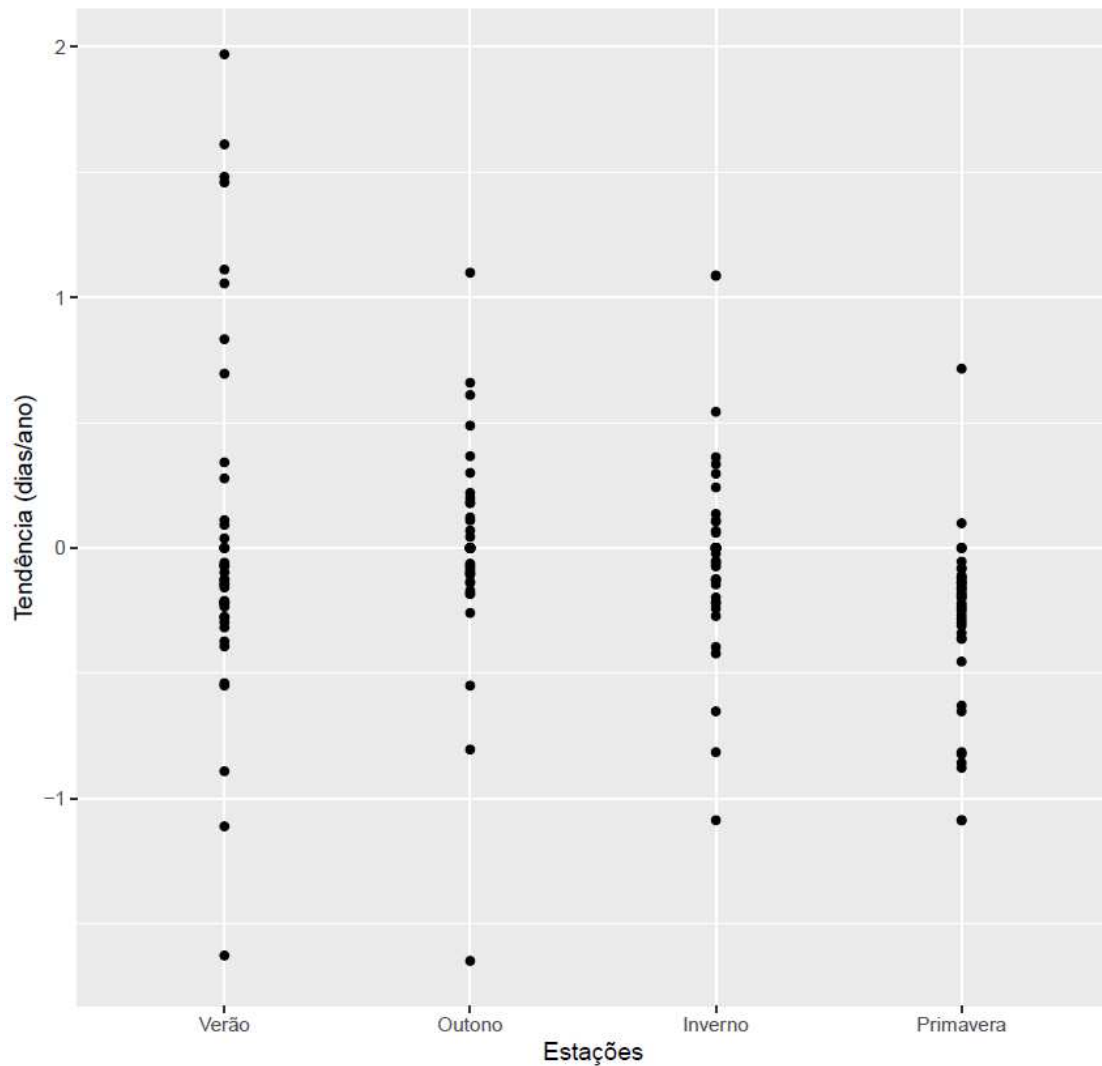


A concentração mais expressiva nos resultados das séries de SU se deu para o Verão ficando entre -0,5 e 0,5 dias/ano. Em contraponto a maior amplitude se deu na Primavera com valor superior a -4,5 dias/ano.

Apesar da primavera apresenta a maior amplitude tal índice não apresenta os extremos de tendência esses são dados pelo Verão e Inverno, para valores de - 1,75 e 3,6.

Os resultados de tendências sazonais de SU são dados em dias/ano, o mesmo ocorre em TN10P. Os resultados para as séries do índice são apresentados pela Figura 47.

Figura 47- Tendência Sazonal para TN10P

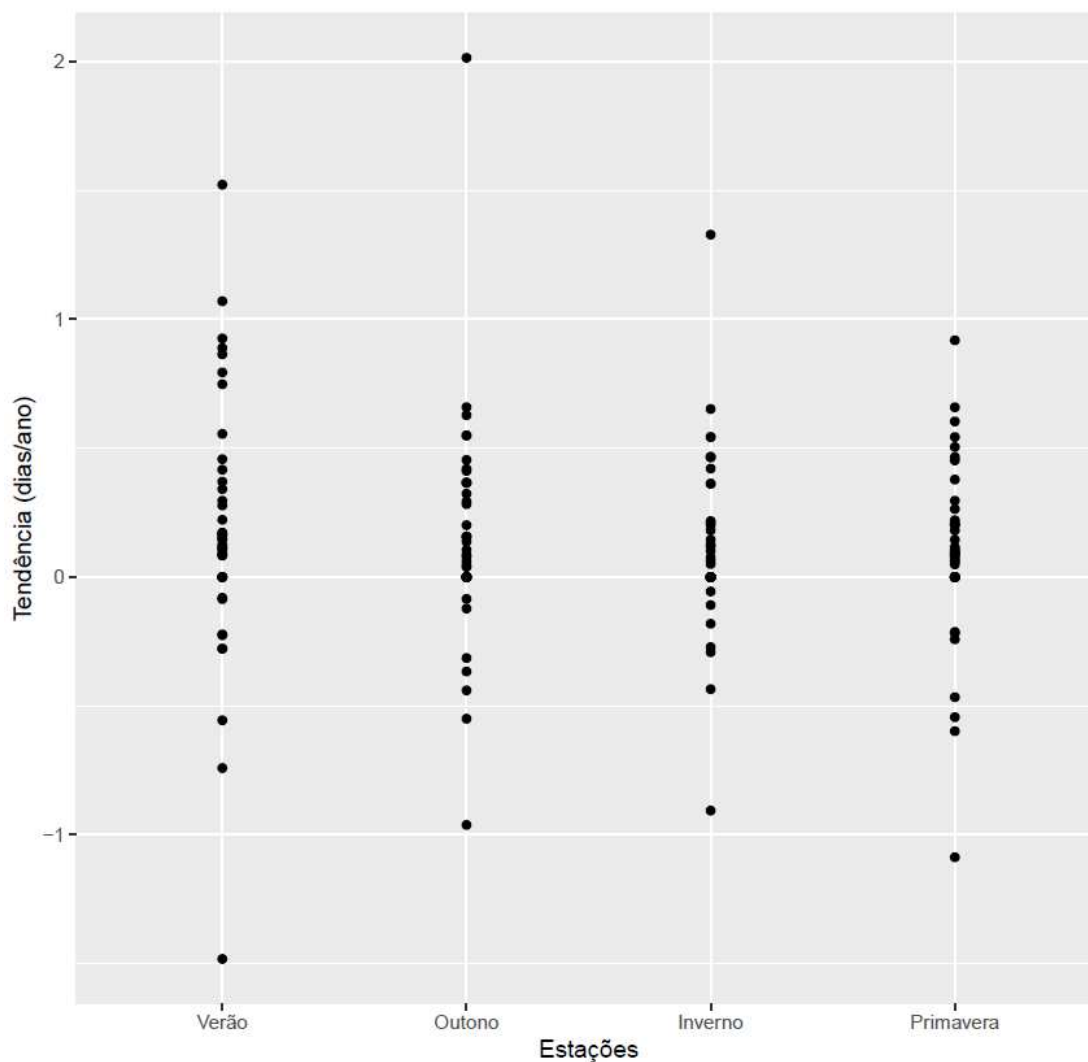


O Verão apresentou a maior amplitude entre os resultados de tendências, com valor próximo a 3,5dias/ano. A mesma estação ainda contém em seus resultados o extremo de tendência máxima esse dado em GENERAL CARNEIRO *, com valor 1,970dias/ano.

O extremo mínimo é dado no Outono para USINA SANTA TEREZINHA, com resultado de -1,64dias/ano.

O índice TN10P utiliza os percentis para sua base de cálculo, assim como índice TN90P. Os resultados sazonais para as séries de TN90P são apresentados pelo gráfico da Figura 48.

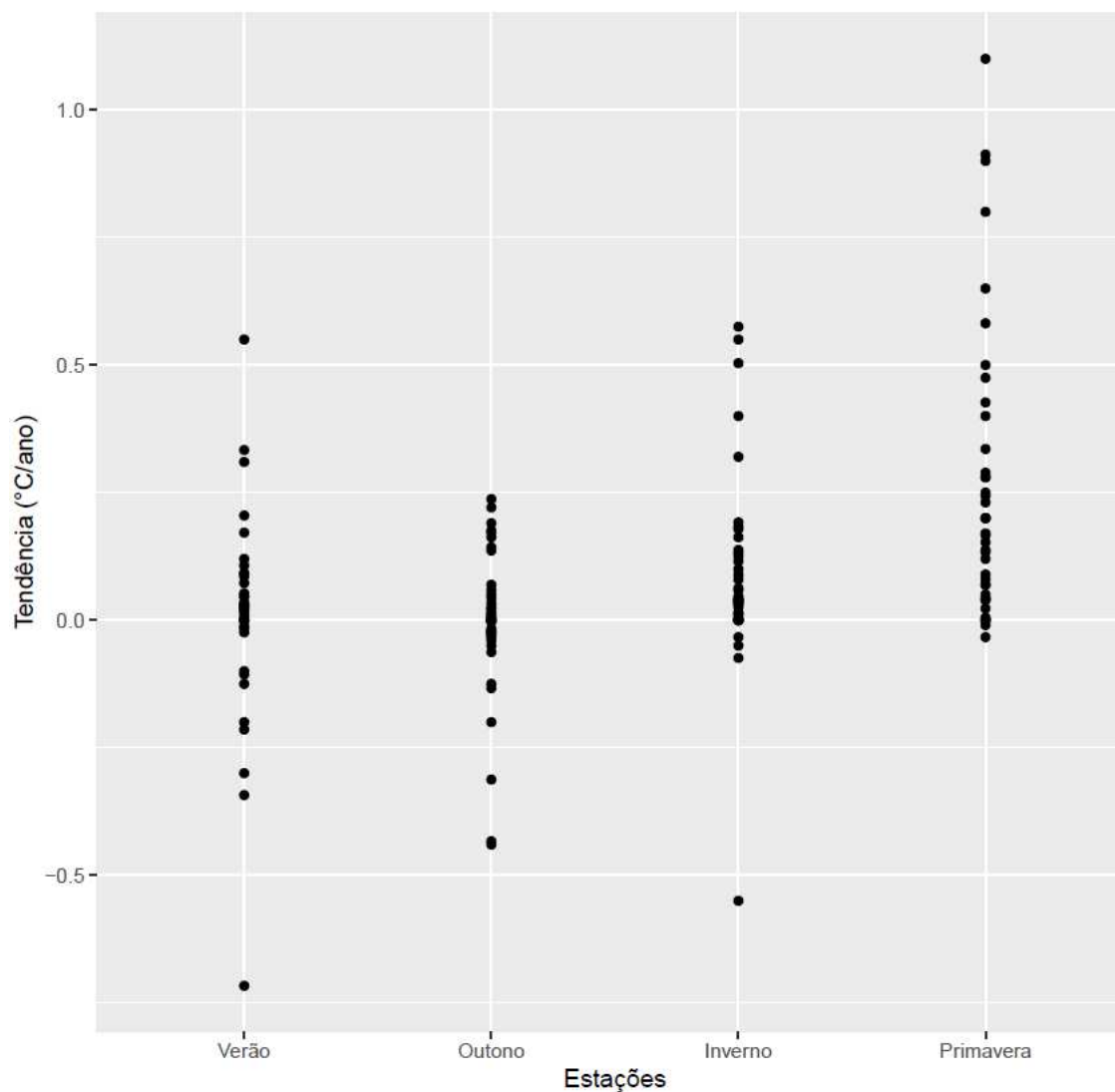
Figura 48- Tendência Sazonal para TN90P



Assim como ocorreu em TN10P, os extremos de tendências são dados para o Verão e pelo Outono. Entretanto para TN90P os resultados foram invertidos, o máximo ocorre no Outono enquanto a mínima no Verão.

Os dados de temperatura mínima são utilizados para o cálculo dos índices TN90P e TNN. Mas em TNN os resultados são apresentados em °C/ano, os resultados obtidos para as séries desse índice são apresentados pela Figura 49.

Figura 49- Tendência Sazonal para TNN

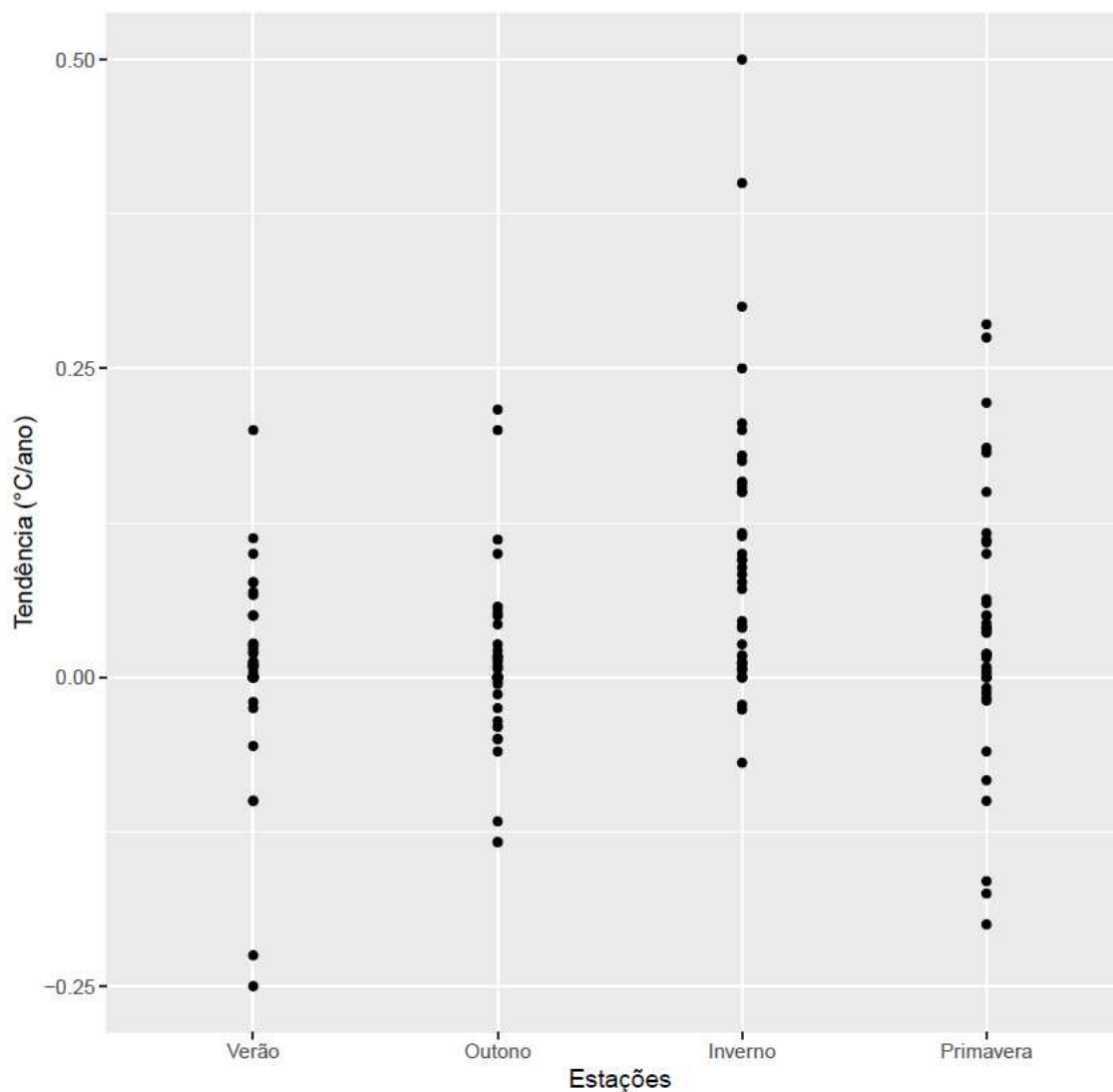


A Primavera apresentou a maioria de seus resultados com valores positivos de tendência. A estação ainda apresenta o extremo máximo com valor de 1,1 °C/ano, para a FOZ DO IGUACU *.

O extremo mínimo de tendência se dá no Verão com -0,716 °C/ano. A estação do Inverno apresenta o segundo menor valor de tendência dentre as séries de índices, sendo esse de -0,55 °C/ano, que acaba se distanciando da aglomeração que ocorre nessa estação entre -0,1 e 0,25 °C/ano.

Assim como TNN, o índice TNX utiliza os dados de temperatura mínima e apresenta os resultados de tendência em °C/ano. Os resultados de tendência para TNX são apresentados pela Figura 50.

Figura 50- Tendência Sazonal para TNX

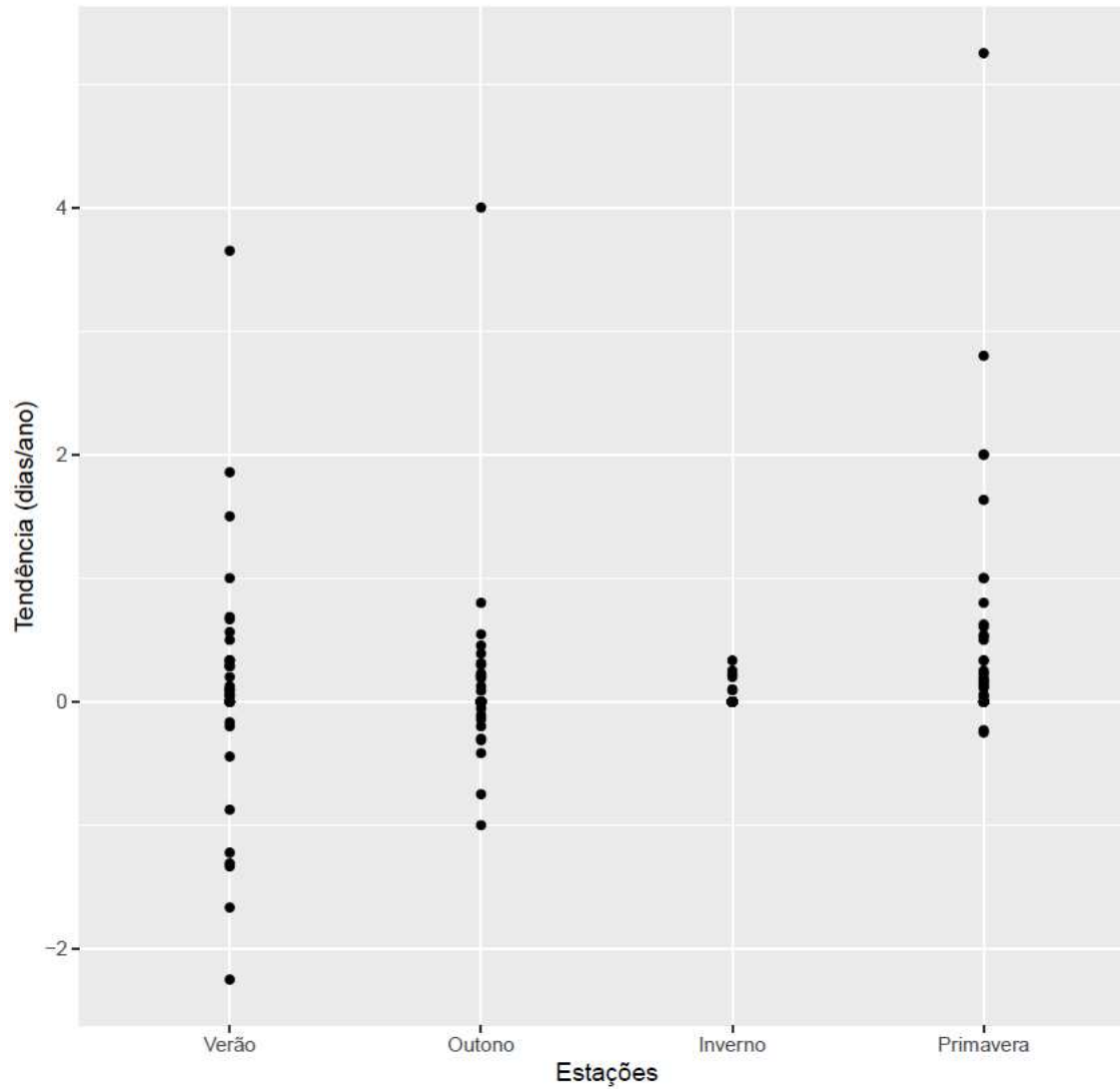


Para TNX os extremos de tendência não chegaram a variações anuais de 1 °C/ano. A maioria dos resultados se concentrou na faixa entre -0,25 a 0,25 °C/ano.

Os extremos de tendência se dão mínimo para o Verão e máximo para o Inverno, ocorrendo para IBATI * e FOZ DO IGUAÇU *, respectivamente.

O índice TR assim com TNX, utiliza os dados de temperatura mínima. Os resultados de tendências para as séries de TR são apresentados pela Figura 51.

Figura 51- Tendência Sazonal para TR

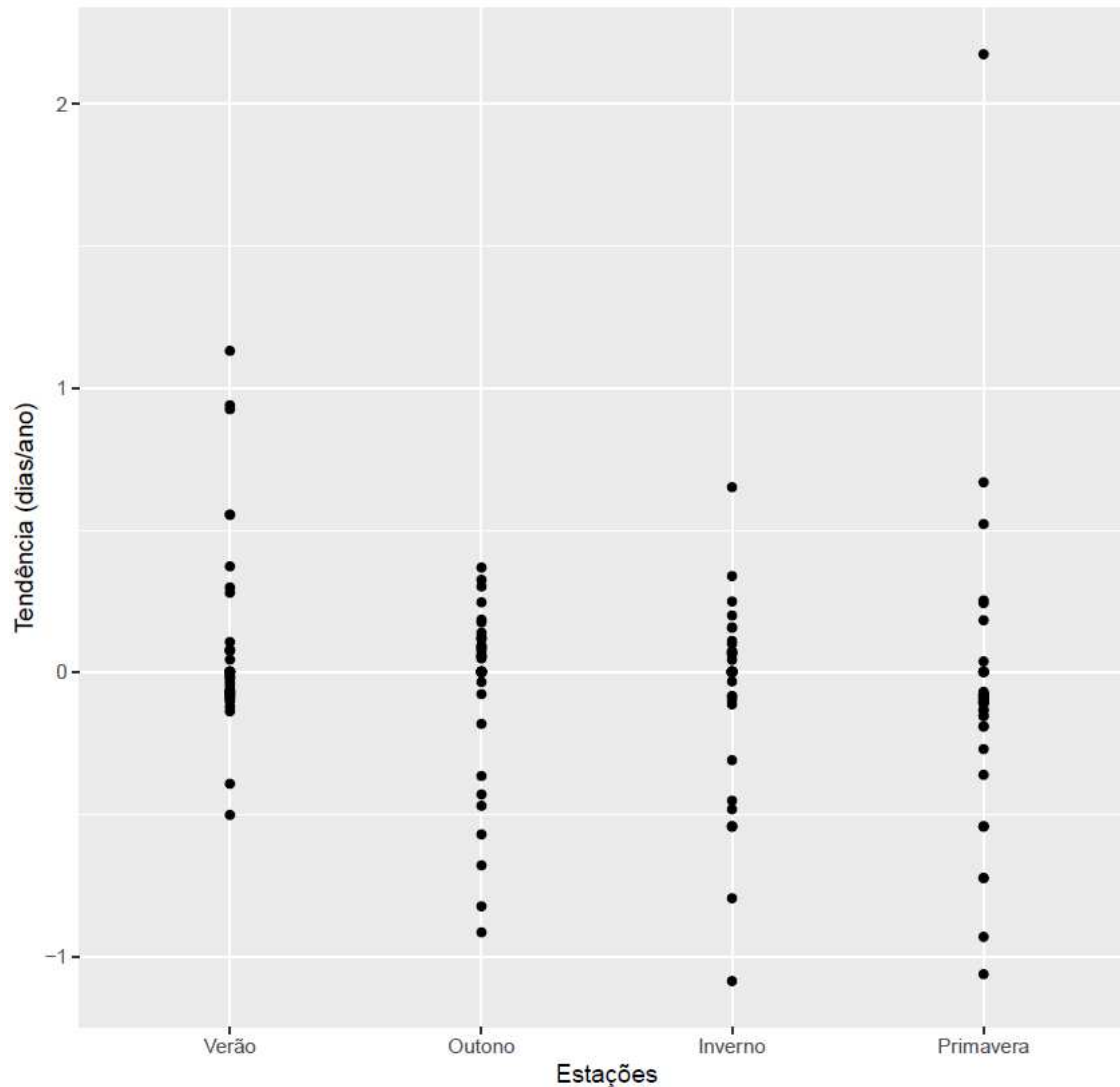


Para TR, existe uma concentração dos resultados de tendência para o Inverno entre 0 e 0,5 dias/ano. Em contraponto Verão apresenta uma amplitude de aproximadamente 6 dias/ano.

Os extremos se dão no Verão e na Primavera, com valores de -2,25 e 5,25 dias/ano.

Continuando com os resultados em dias por ano, mas para os dados de temperatura máxima, a Figura 52, apresenta os resultados para TN10P.

Figura 52- Tendência Sazonal para TX10P

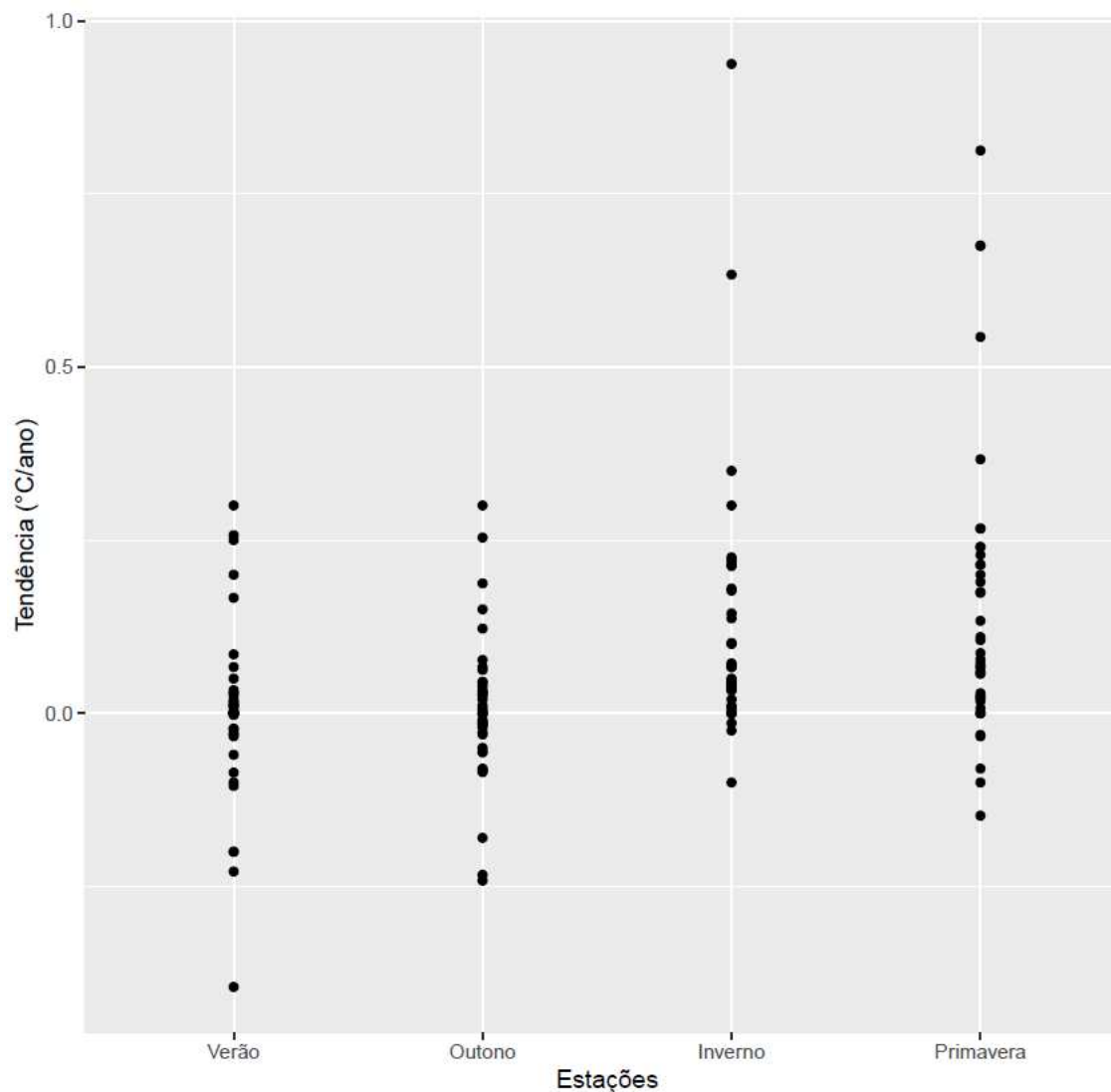


A Primavera apresenta o extremo de tendência máxima superior a 2dias/ano, entretanto esse valor se encontra muito a uma amplitude superior a 1 dia/ano, ao último valor antes do extremo.

O inverno apresenta o extremo de temperatura mínima dado por -1,086dias/ano em CASCAVEL COODETEC.

A utilização dos dados de temperatura máxima também ocorre em TXN, entretanto os resultados para o índice são dados em °C/ano. Os resultados para a série de TXN são apresentados pela Figura 53.

Figura 53- Tendência Sazonal para TXN

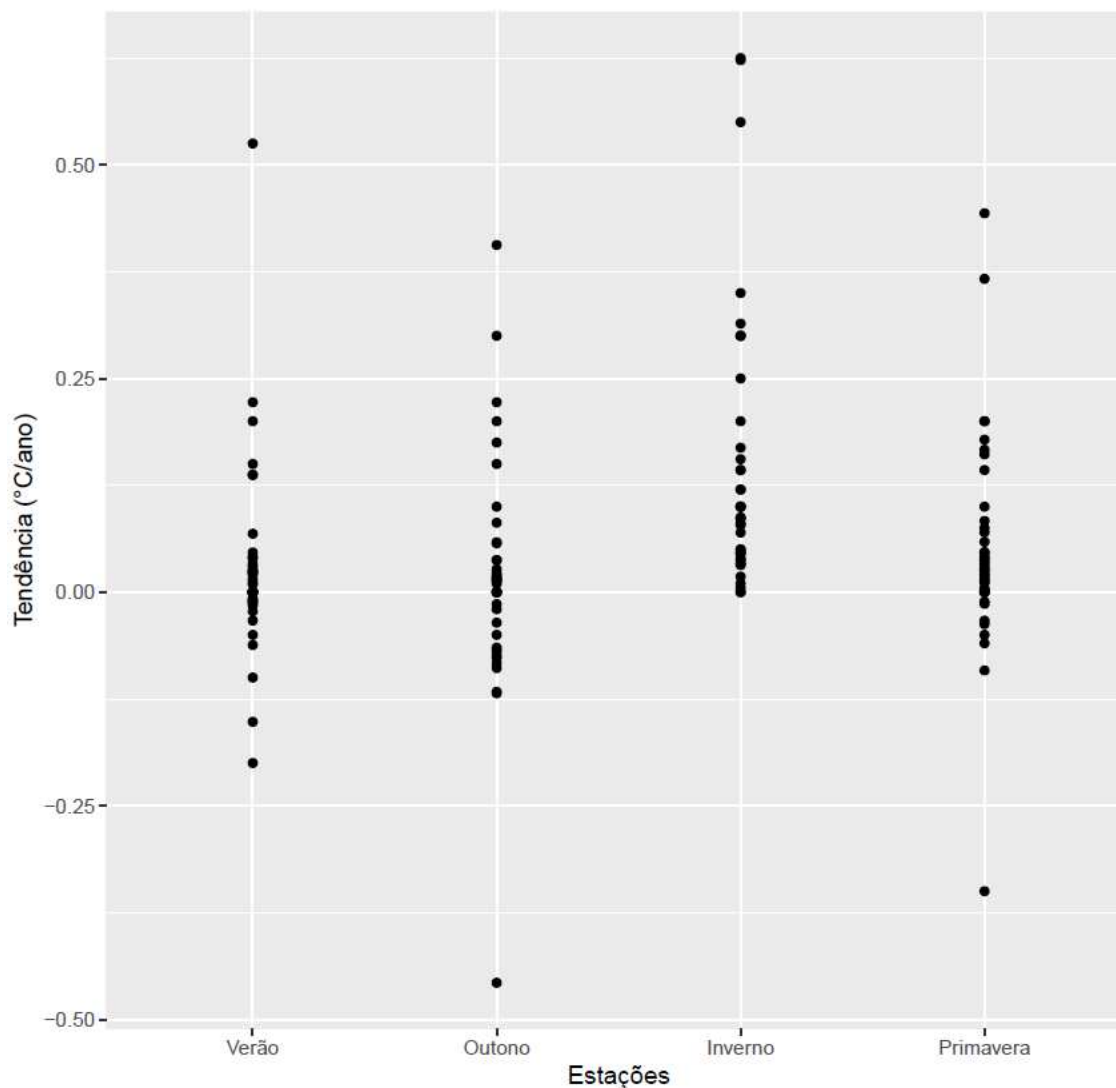


A maioria dos resultados obtidos pelas séries de TXN apresentam valores positivos, indicando um aumento das temperaturas no Estado. O Inverno por exemplo apresenta uma concentração em seus resultados entre 0 e 0,25 °C/ano.

Os extremos de tendência ocorrem no Verão com -0,3952381 °C/ano, como mínimo, em Inverno como 0,9375 °C/ano, sendo o máximo.

O último índice que utiliza a temperatura máxima é o TXX, e assim com TXN seus resultados da tendência são dados em °C/ano. Os resultados para as séries de TXX são apresentados na Figura 54.

Figura 54- Tendência Sazonal para TXX



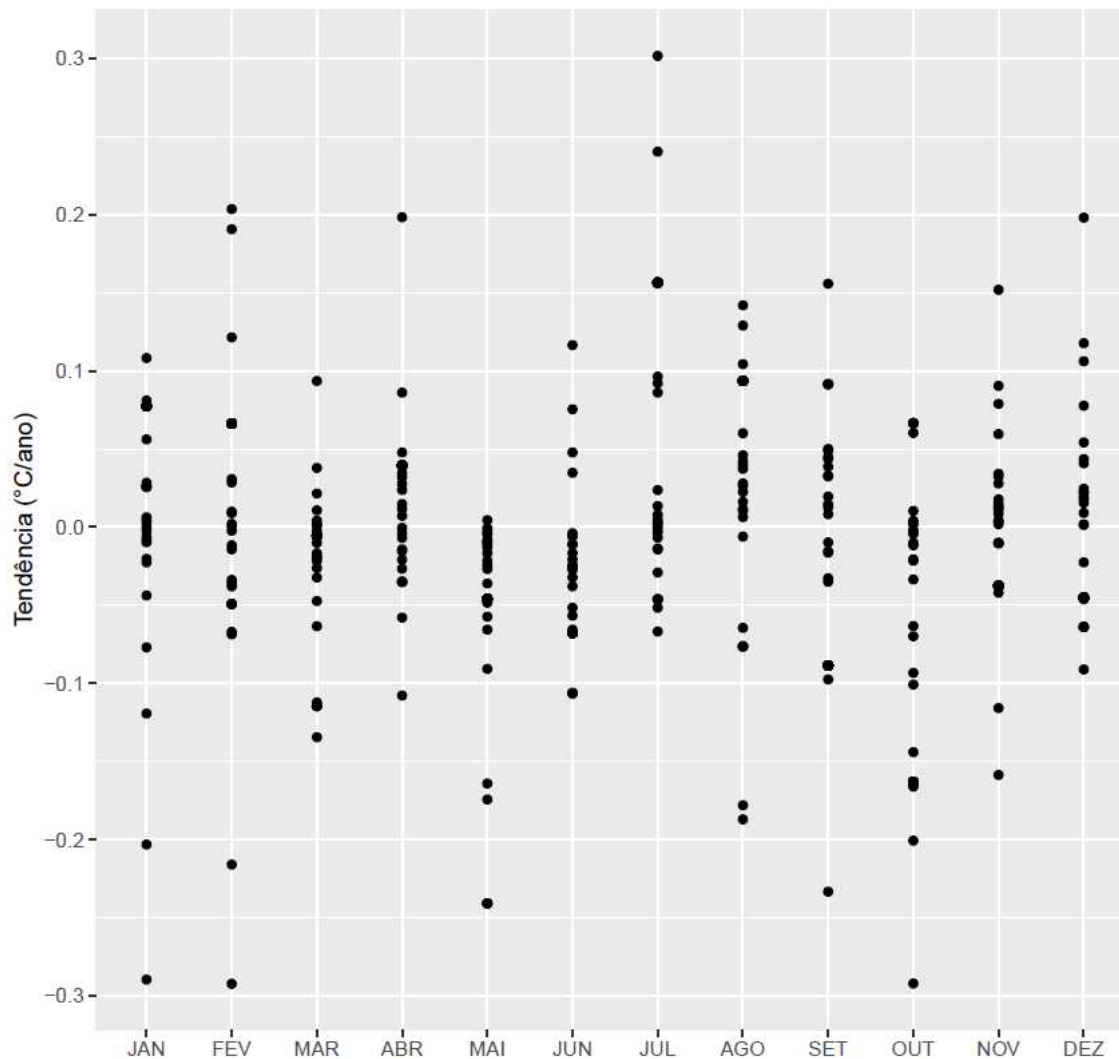
Para TXX nenhum resultado indica uma variação térmica de 1 °C/ano, tanto de maneira positiva quanto negativa.

OS extremos de tendência ocorrem em MORRETES * no Outono para a mínima, e para a máxima em PARANAPOEMA * durante o Inverno.

Em relação aos extremos de tendência para os períodos sazonais em nenhum índice ocorreu do extremo máximo e mínimo serem no mesmo período.

Para finalizar os resultados das séries de índices nesta etapa serão apresentados os resultados obtidos para as séries mensais. As Figuras de 55 a 66, apresentam de maneira espacial o que ocorre no Paraná.

Figura 55- Tendência Mensal para DTR

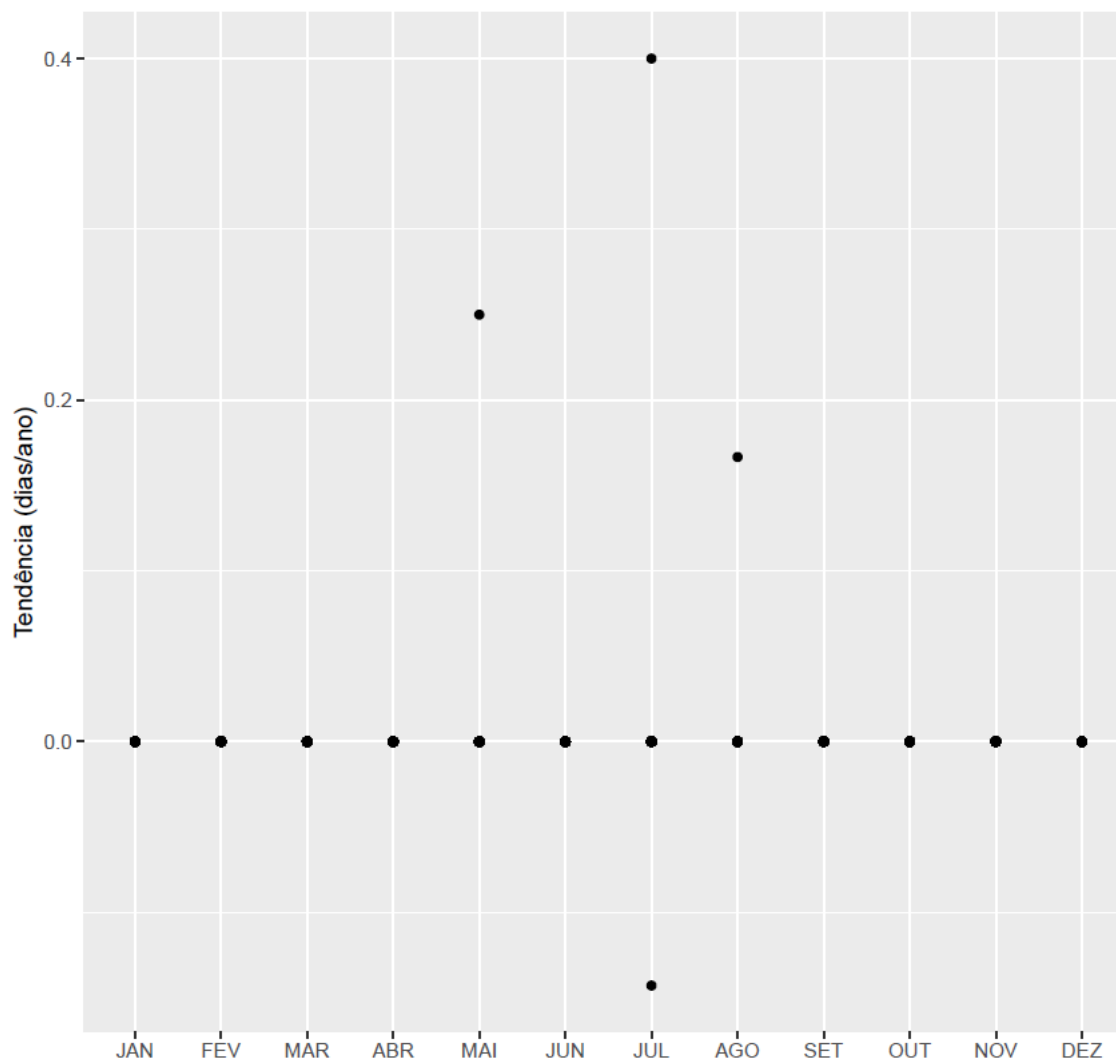


Para os resultados das séries de DTR mensais é possível observar que o mês de Maio tem a maioria de seus resultados com tendências negativas. Entretanto os meses que apresentam os menores resultados de tendência são Outubro, Fevereiro e Janeiro.

Os dois valores de tendência máxima são ocorrem no mês de Julho, ocorrendo em GENERAL CARNEIRO * e CLEVLANDIA *.

Após os resultados de tendência para as séries mensais de DTR, foram realizados para FD. Os resultados obtidos são apresentados pela Figura 56.

Figura 56- Tendência Mensal para FD

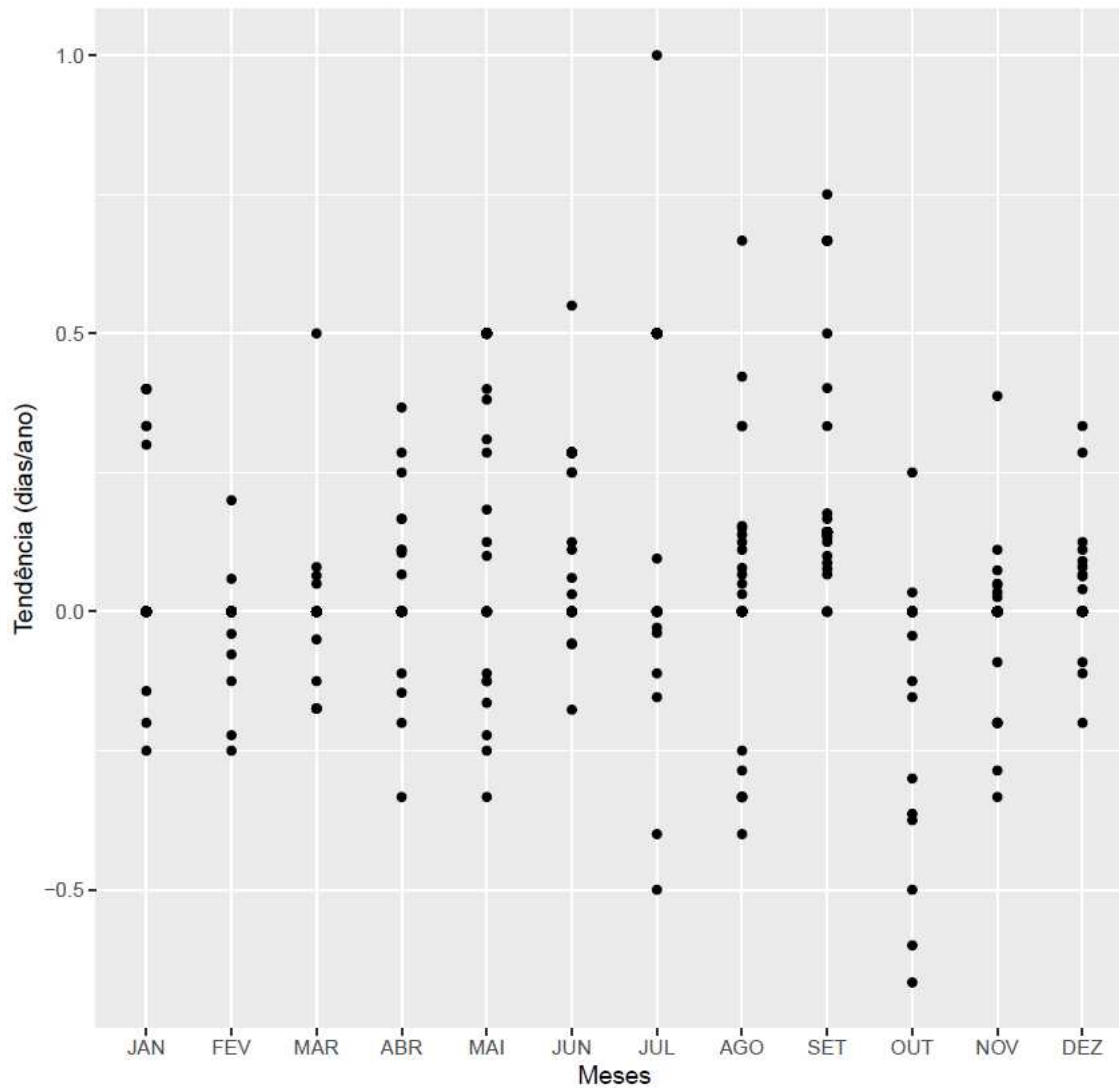


Dentre os 12 meses do ano 9 não apresentaram tendências em nenhuma de suas estações. Dos 3 meses que apresentaram tendência em algum resultado, apenas o mês de julho trouxe resultados de tendências negativas.

O mês de Julho apresentou os extremos máximos e mínimos para FD, sendo em GENERAL CARNEIRO (AUTOMÁTICA) e CASCÁVEL. Vale destacar que a estação meteorológica de GENERAL CARNEIRO *, apresentou as tendências nos demais meses.

Os resultados de tendência para SU são expressos em dias/ano assim como os de FD. Os resultados obtidos para as séries de SU são apresentados pela Figura 57.

Figura 57- Tendência mensal para SU

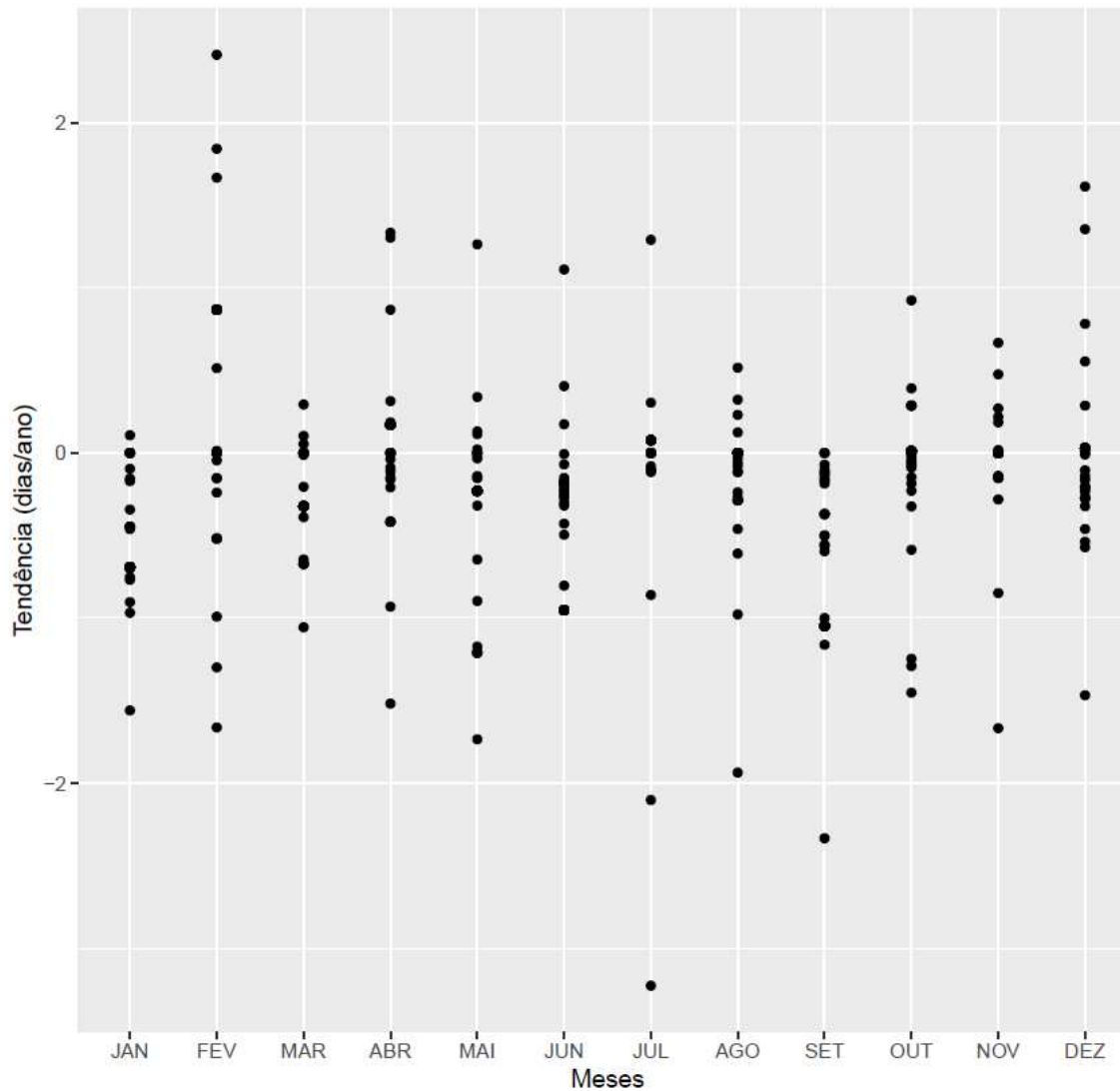


O mês de Julho apresenta o extremo máximo de tendência assim como ocorreu em FD. O extremo mínimo é apresentado no mês de Outubro.

Vale destacar que para tal índices em todos os meses alguma série não apresentou tendência.

A Figura 58, apresenta os resultados de tendências mensal para o índice TN10P. Os resultados desse índice são em dias/ano assim como os apresentados por SU e FD.

Figura 58- Tendência mensal para TN10P

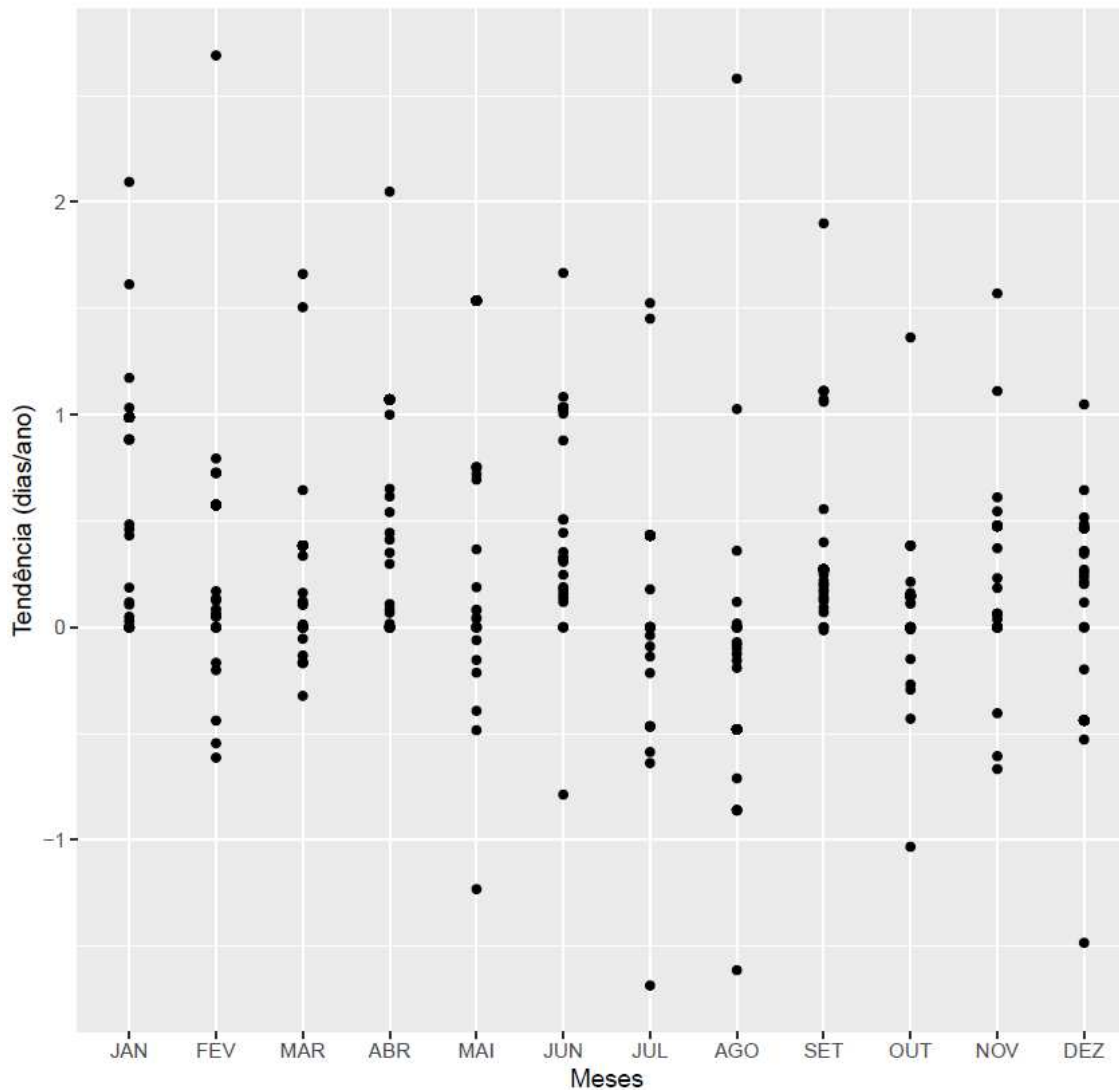


O mês de Julho novamente apresentou o valor extremo de tendência mínima, tal valor ocorreu para CASCAVEL COODETEC, com -3,2258dias/ano.

O extremo máximo para as séries de TN10P se deu no mês de Fevereiro, com valor de 2,4107dias/ano, a estação de GENERAL CARNEIRO *, foi quem apresentou o resultado.

O índice TN10P utiliza os percentis para sua base de cálculo, assim como índice TN90P. Os resultados mensais para as séries de TN90P são apresentados pelo gráfico da Figura 59.

Figura 59- Tendência mensal para TN90P

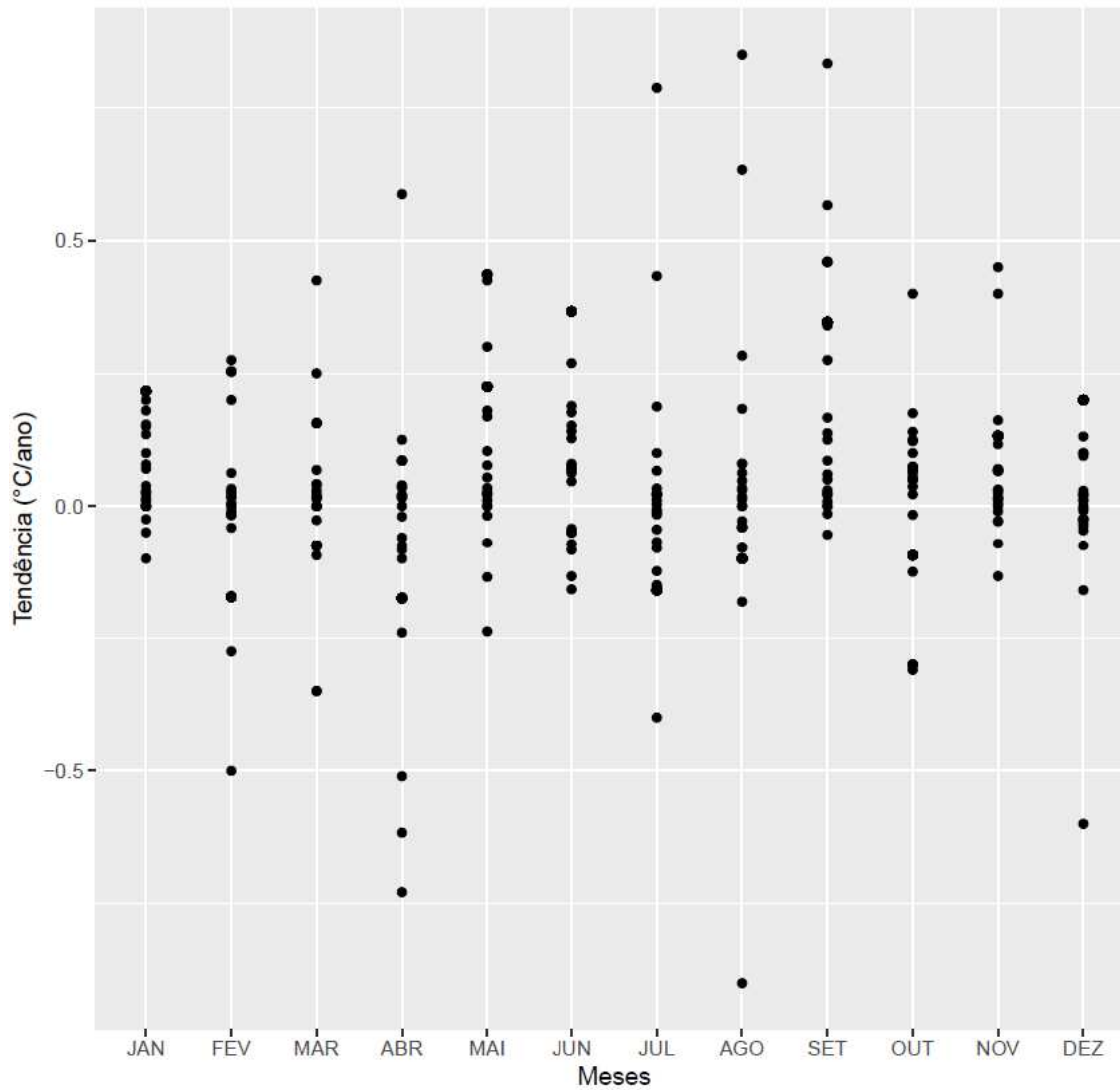


Os meses de Janeiro, Abril e Setembro se destaca em relação aos demais meses pelo fato de serem os únicos meses a apresentarem apenas tendência positivas. Entretanto eles não apresentam o valor extremo máximo de 2.6896 dias/ano, pertencente a CASCAVEL COODETEC.

O extremo mínimo ocorre no mês de Julho na estação de GENERAL CARNEIRO * com valor de -1.6845dias/ano.

Diferente do índice TN90P, o índice TNN mesmo usando dados de temperatura mínima apresenta seus resultados de tendência em °C/ano. Os resultados mensais para as séries de TNN são apresentados pelo gráfico da Figura 60.

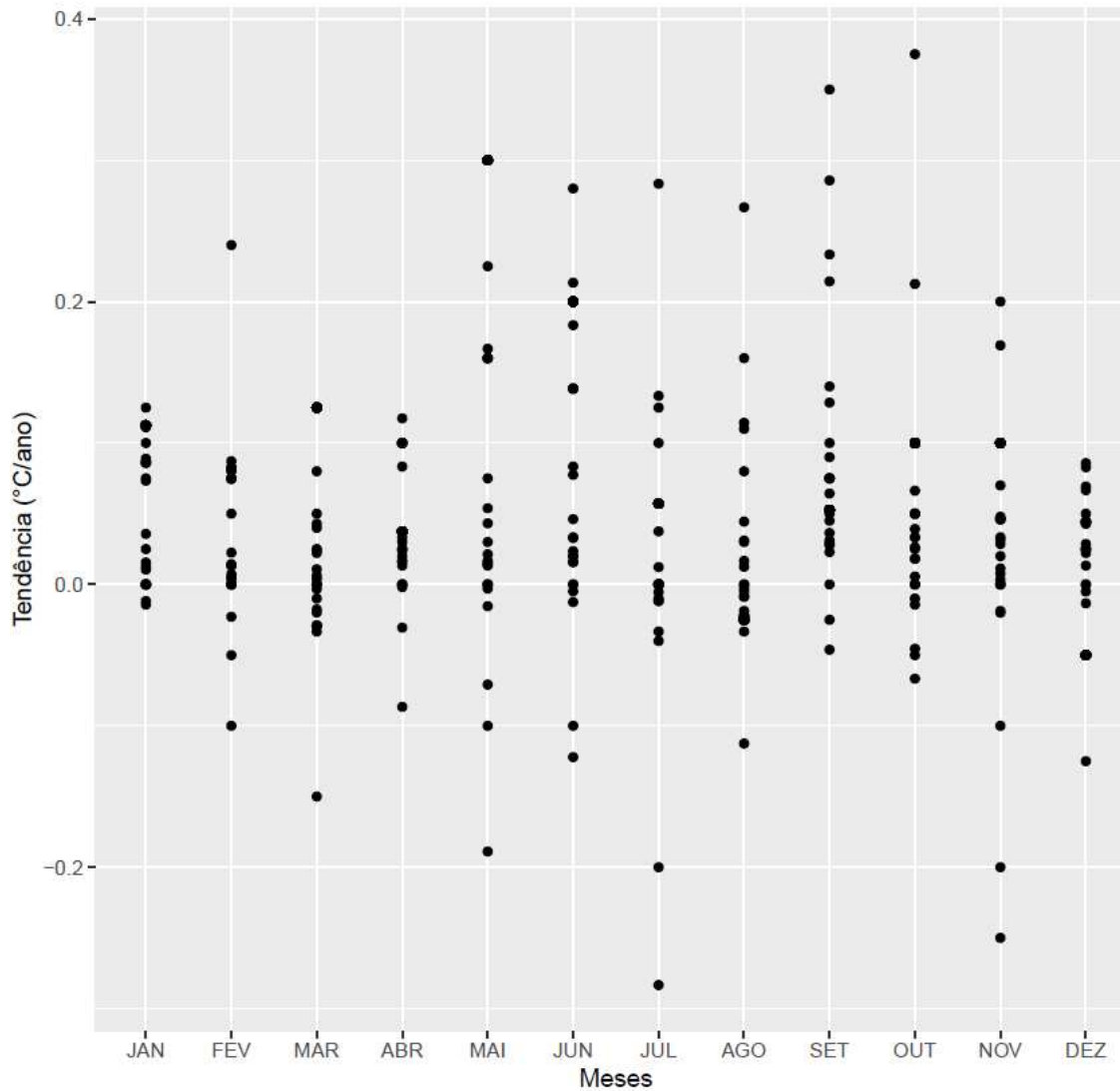
Figura 60- Tendência mensal para TNN



O extremo máximo de tendência positiva se ocorre no mês de Agosto, bem como o extremo mínimo. As estações que recebem tais resultados são FOZ DO IGUAÇU * e GENERAL CARNEIRO *.

Outro índice que utiliza as temperaturas mínimas e apresenta seus resultados em °C é o TNX. Os resultados de tendência para as séries mensais de TNX são apresentados pela Figura 61.

Figura 61- Tendência mensal para TNX

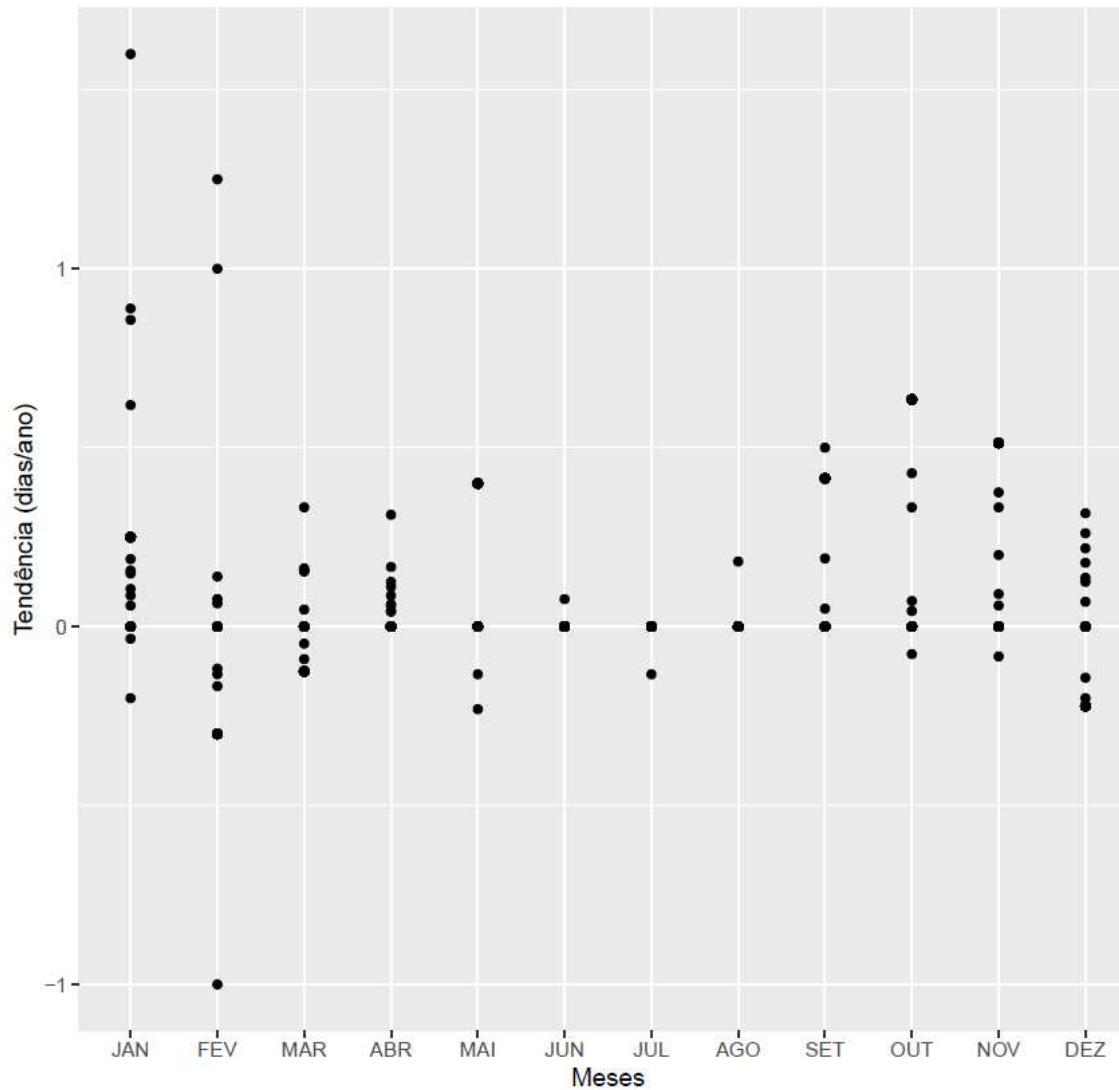


Os meses de Julho e Novembro são os únicos que apresentam resultados de tendência para TNX inferiores a $-0,2$ °C/ano. OS resultados desses meses são para as estações GENERAL CARNEIRO * E CLEVELANDIA *.

Para as tendências máximas os meses de Setembro e Outubro apresentam valores superiores a $0,3$ °C/ano. As estações que apresentam os resultados são respectivamente FOZ DO IGUAÇU * e DOIS VIZINHOS.

A última tendência de índice a ser apresentada que utiliza a temperatura mínima para seus cálculos é do TR, os resultados são indicados pelo gráfico da Figura 62.

Figura 62- Tendência mensal para TR

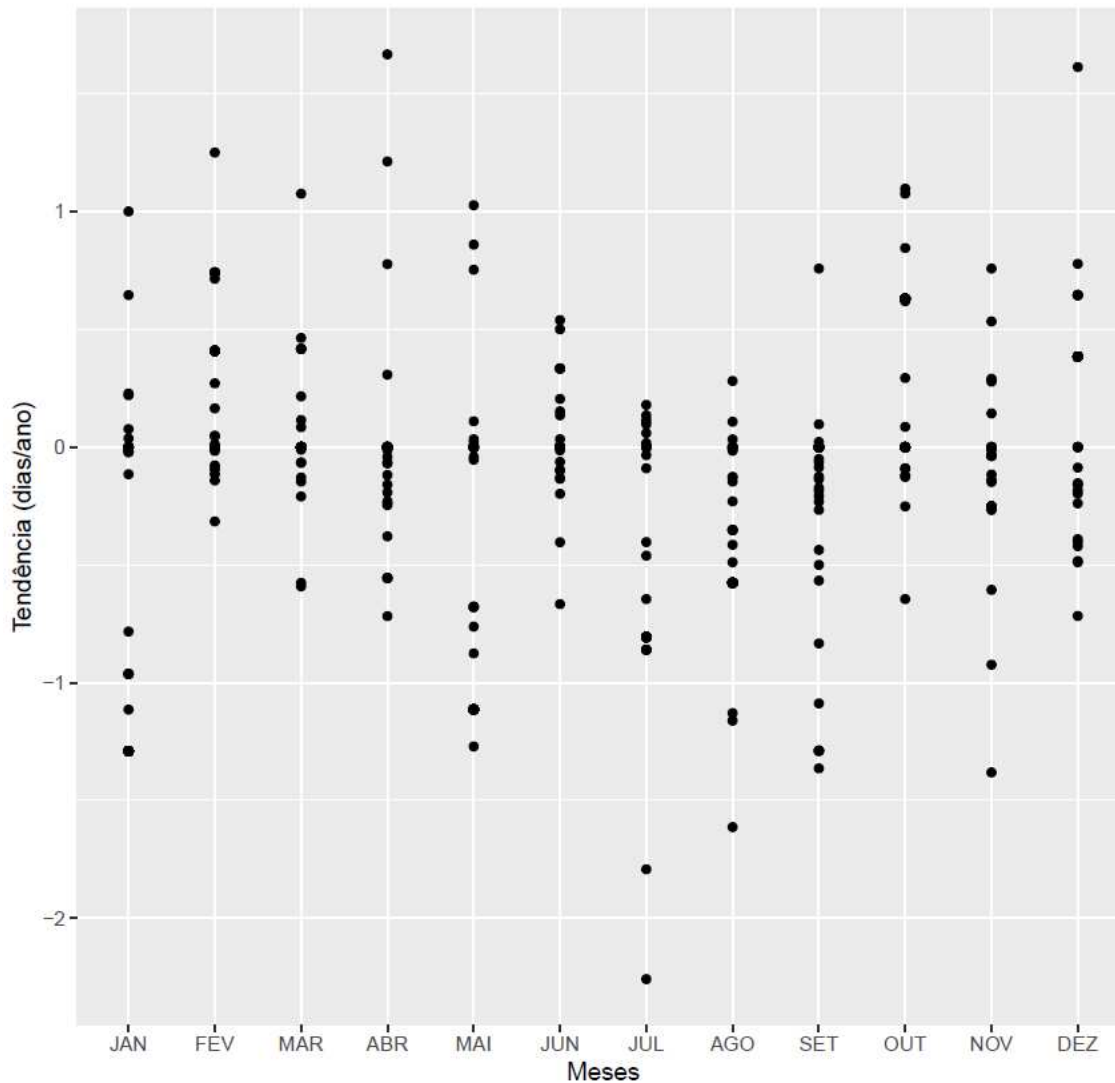


A maioria dos resultados de tendência mensal se concentram na faixa entre -0,5 e 0,5 dias/ano. Para as tendências negativas, apenas o mês de Fevereiro apresenta resultado com valor inferior a -0,5 dia/ano.

Em relação a tendências positivas o mês de janeiro apresenta o extremo máximo com valor de 1,6 dias/ano para a estação de CASCAVEL COODETEC.

Saindo dos índices que utilizam a temperatura mínima e indo para os que utilizam a temperatura máxima, tem-se o TX10P. Os resultados de tendência para o índice são apresentados pela Figura 63.

Figura 63- Tendência mensal para TX10P

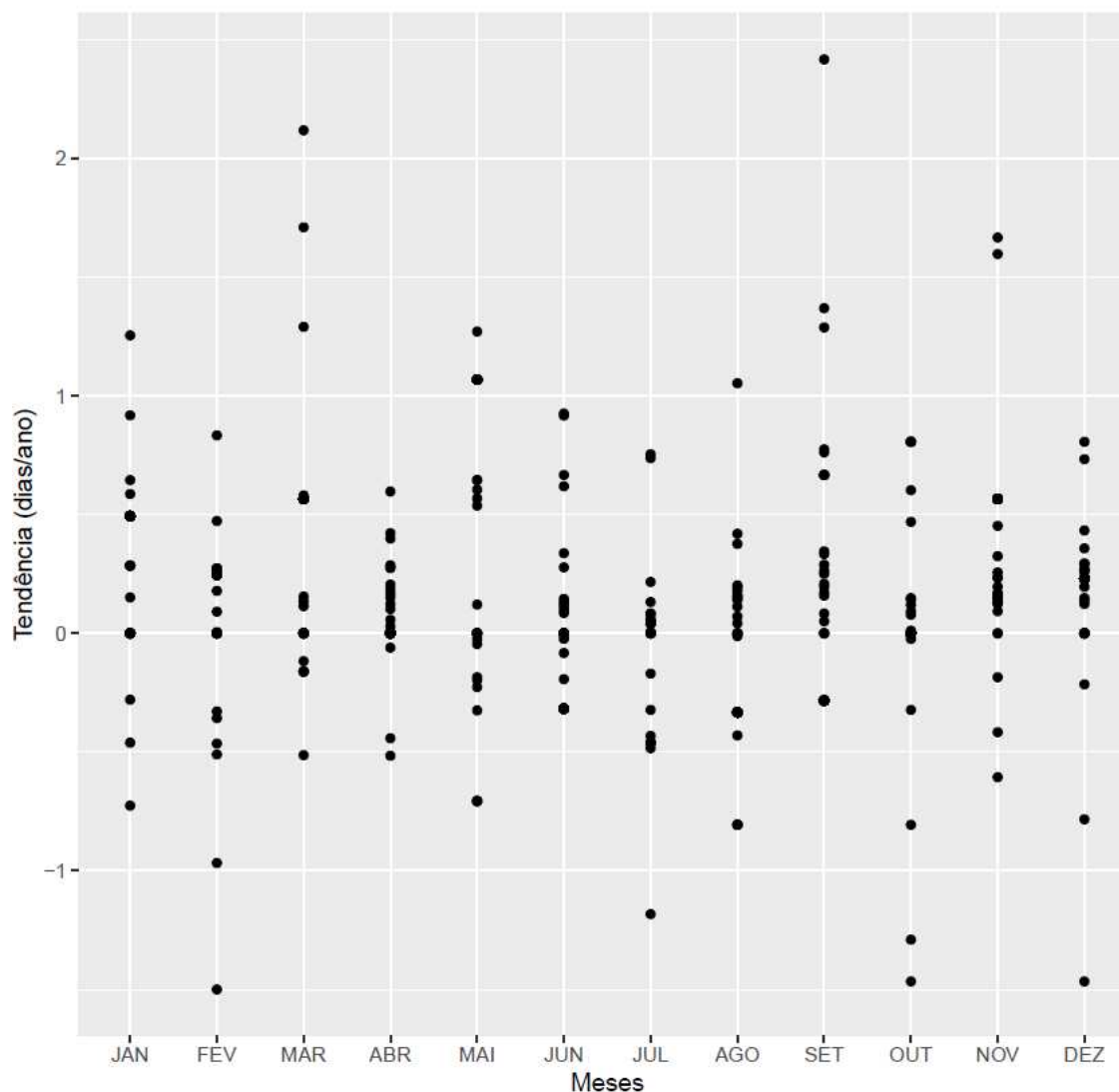


O extremo máximo para TX10P ocorre no mês de Abril, a estação de CASCAVEL COODETEEC, obteve tendência para esse mês de 1,667dias/ano.

A estação para o mês de Julho obteve como resultado de sua tendência o valor de 2,258dias/ano, sendo esse o extremo mínimo.

O índice TX90P também utiliza de percentis de dados temperatura máxima para seu cálculo. Os resultados de tendência para o índice são apresentados pelo gráfico da Figura 64.

Figura 64- Tendência mensal para TX90P

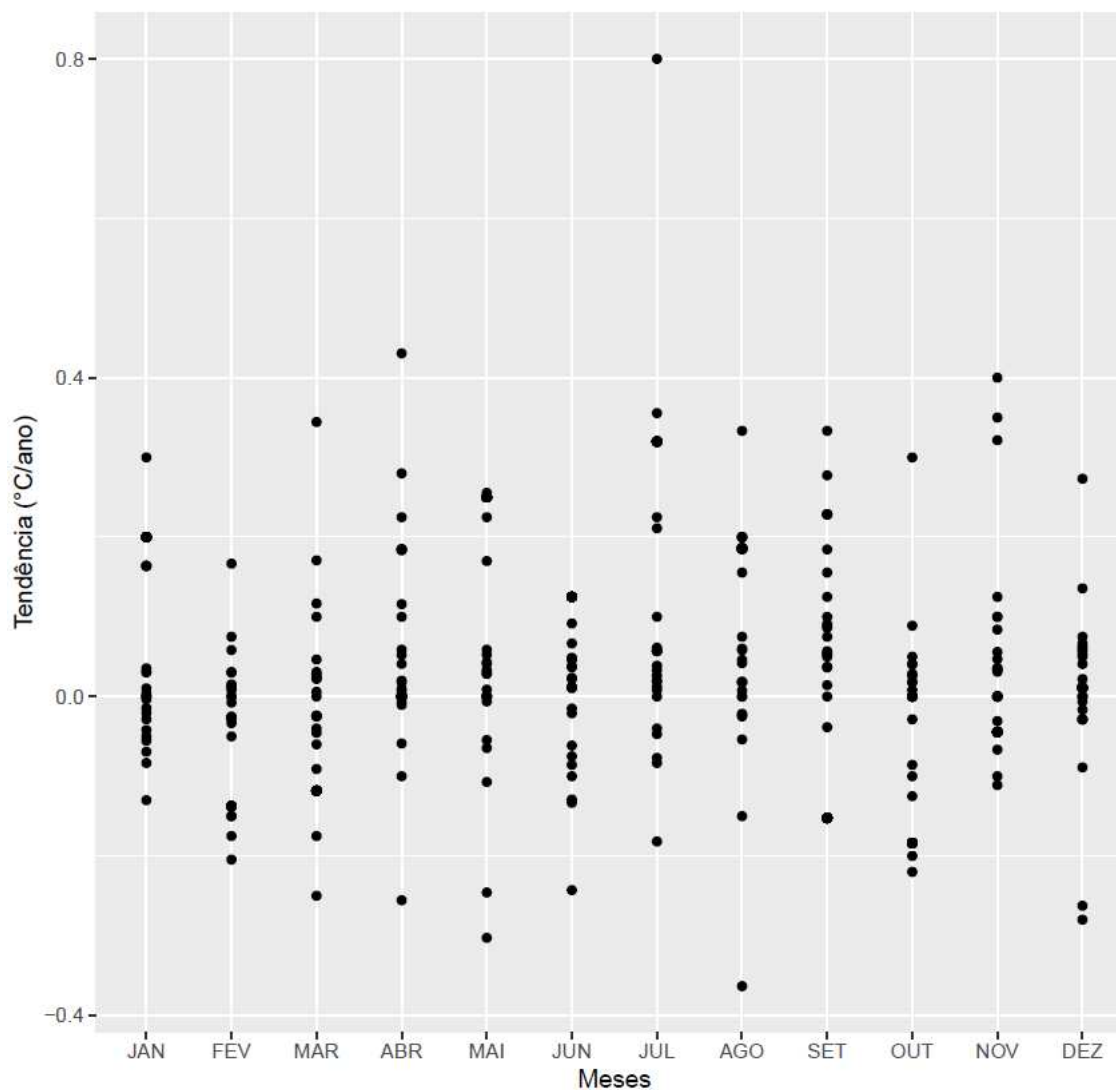


Os meses de Fevereiro, Outubro e Dezembro apresentaram os menores resultados para tendências mensais para o índice TX90P. O extremo ocorre no mês de Fevereiro com valor de -1,5dias/ano.

Os meses de Março e de Setembro foram os únicos que apresentaram resultados superiores a 2dias/ano em sua tendência.

O índice TXN apesar de usar a temperatura máxima para seus cálculos, como TX90P, tem seus resultados em °C. As tendências mensais para TXN são apresentadas pela Figura 65.

Figura 65- Tendência mensal para TXN

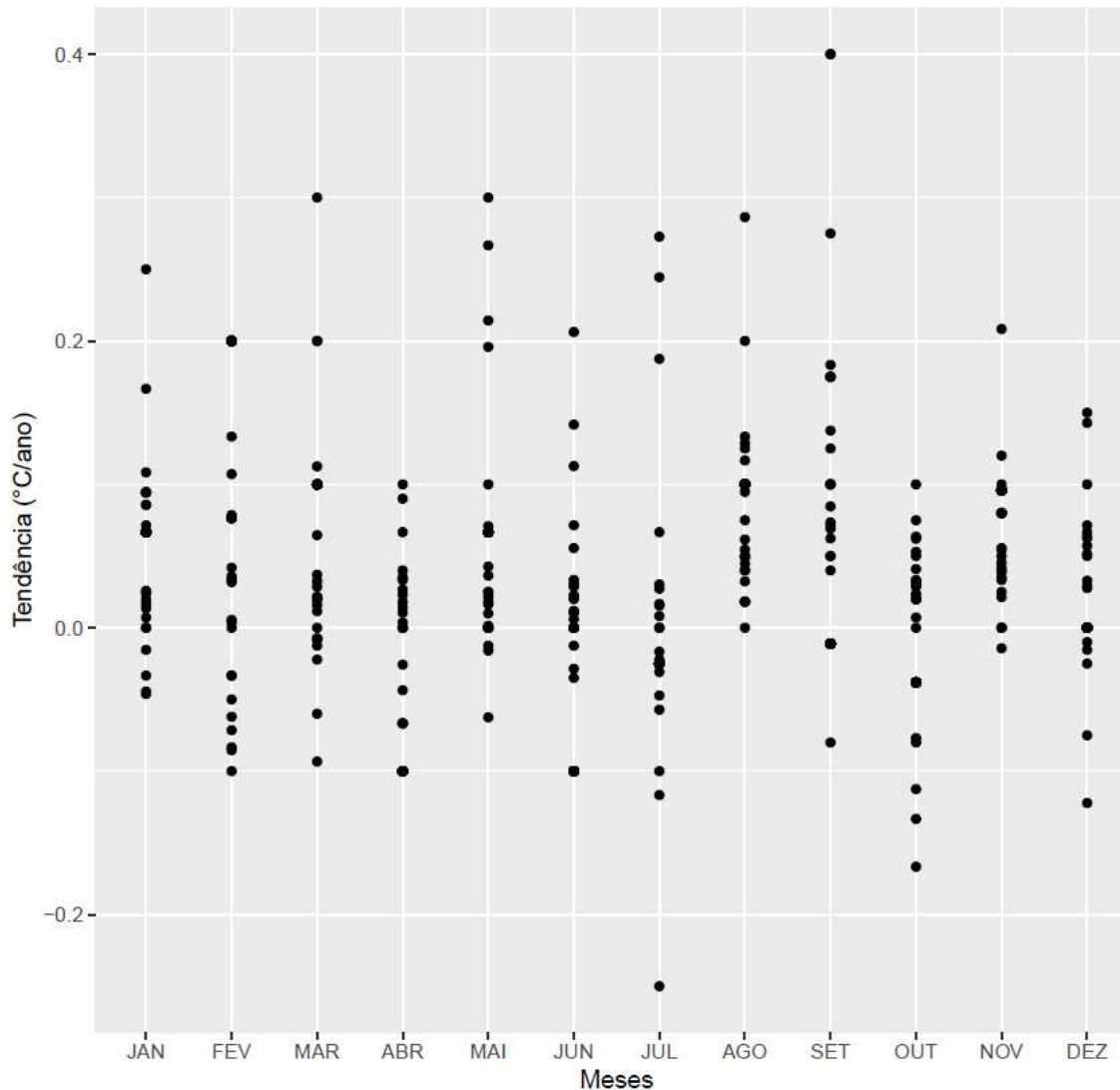


Apenas o mês de Julho apresentou tendências superiores a $0,5 \text{ °C/ano}$ para as séries do índice TXN. A estação que obteve tal resultado foi CASCAVEL COODETEC, com valor de $0,8 \text{ °C/ano}$.

O extremo negativo ocorreu no mês de agosto com valor de $-0,366 \text{ °C/ano}$ na estação de CASCAVEL.

O último índice a ter suas tendências apresentadas é o TXX. Assim como TXN tem seus resultados em $^{\circ}\text{C}$. As tendências mensais para TXX são apresentadas pela Figura 66.

Figura 66- Tendência mensal para TXX



A amplitude dos valores das tendências para TXX, foi menor do que ocorreu em TXN. A máxima tendência se deu com valor de 0,4 °C/ano e a mínima com -0,25 °C/ano.

Os extremos máximos e mínimos ocorreram nos meses de Setembro e de Julho respectivamente. Sendo o último mês aquele que apresentou o maior número de extremos de tendência.

Dentre as estações meteorológicas analisadas a de GENERAL CARNEIRO *, foi a que mais apresentou resultados de máximos e mínimos mensais. Para melhor entender o comportamento de tal localidade seria interessante trabalhos futuros analisarem as transformações locais bem com sua relação com os índices de extremos climáticos.

5 DISCUSSÃO

As tendências para os mapas relacionados aos valores de TNN e TXN anuais, representados pela FigurasFigura 27 e Figura 32, descrevem tendências positivas para a região noroeste do Estado, em ambos os mapas os extremos máximos ocorrem nessa região, indicando assim um possível aquecimento local.

Enquanto os mapas anuais ligados aos índices que trabalham com percentis, descrevem uma possibilidade de uma unificação das temperaturas. Enquanto TN10P (Figura 25) tem seus extremos máximos localizados na parcela sul do Paraná, e as mínimas no norte, o mapa para TN90P (Figura 26), apresenta o oposto. A distinção de extremos também se dá par TX10P (Figura 30) e TX90P (Figura 31).

Logo os valores de temperatura indicam, mesmo que de maneira pequena, a possibilidade de temperaturas próximas a igualdade.

Mantendo a análise para as séries de TX10P, mas sobre as tendências sazonais (Figura 42), manteve as relações de maioria de tendências positivas com o a região norte com os extremos mínimos, mesmo que esses fossem quase imperceptíveis.

Vale ressaltar que a apresentação dos valores de extremos de tendências das séries de índices para os períodos sazonais apresentaram-se de maneira semelhante com o que ocorria nos mapas para o período anual.

Em relação aos gráficos, o realizado para o índice TNX apresentado na Figura 49, teve seu destaque por apresentar o Inverno com a maioria de seus dados com valores positivos, indicando um possível aumento nas temperaturas mínimas.

Dentre as análises de tendências mensais a realizada para FD (Figura 56), se destaca por apresentar a maioria de seus dados sem tendência, além de ser a única a apresentar para o mesmo mês, no caso o de Julho, com os extremos máximos e mínimos.

Quando observamos o Quadro 11 e desconsideramos a significância do teste estatístico, das 630 séries analisadas, 56,83% (358) destas apresentam tendência de crescimento das temperaturas, 37,30% de tendências de decréscimo e apenas 5,88% de estabilidade.

Com base nos resultados gerados por este estudo não é possível afirmar que o Paraná apresenta apenas aquecimento significativo ao longo dos anos, como sugerem os estudos sobre de aquecimento global. Entretanto, faz-se necessário destacar que o período analisado pode ser considerado curto, menos de 30 anos de observação em média, que 59% das estações possuem em média 20 (ou menos) anos de observação.

O período curto pode não ser representativo para o real comportamento das temperaturas do ar. Porém, ao selecionarmos apenas as estações com 50 anos ou mais, teríamos poucos pontos, o que não seria representativo para caracterização estadual.

Uma possibilidade para estudos futuros com as estações meteorológicas do Paraná que apresentem dados de temperatura com menos de 50 anos, seria ampliar os limites de significância de 5% para 10%.

Outro fator para estudos futuros seria realizar a adaptação dos índices de extremos climáticos elaborados pelo ETCCDI para condições climáticas mais relevantes para o Estado. Como por exemplo para os Dias quentes (SU), que tem seu cálculo baseado para temperaturas maiores que 25 °C (considerada uma temperatura média anual para o estado) para 30 °C.

6 CONCLUSÃO

No presente estudo, as tendências de extremos climáticos de temperatura, baseados nos índices elaborados pelo ETCCDI, não apresentaram uma tendência única e uniforme para todo o Estado do Paraná. Constatou-se uma variabilidade no estado de estadual de tendências positivas e negativas.

Do total das 69 estações meteorológicas analisadas, 57 foram consideradas aptas durante o processo de controle de qualidade. Entretanto quando foram submetidas aos testes de homogeneidade 42 tiveram sua classificação dada como Útil.

Com as estações Úteis foram realizados os cálculos dos índices de extremos climáticos para os períodos temporais: anuais, sazonais e mensais. Posteriormente foram verificadas as autocorrelações para cada período, para serem realizados os cálculos de tendência.

Realizados os cálculos de tendência, obteve-se para os índices anuais as séries de índices de temperatura máximas diárias (TXX) e dias quentes (SU), foram aquelas que apresentaram em sua maioria valores positivos, a variação para esses índices foram de 0 a 0,15°C/ano e de 0 a 2dias/ano, respectivamente.

Em relação as análises sazonais o período da primavera ficou marcado como sendo aquele que para a maioria dos índices analisados apresentava tendências positivas. Enquanto para o estudo mensal, o mês de Setembro se destacou pelo fato de quando apresentar valores máximos para algum índice esses sempre foram positivos. Vale destacar que nenhum mês apresentou apenas mínimos negativos.

O mês que apresentou a maior quantidade de máximos e mínimos foi o de Julho com 2 valores máximos e 4 mínimos, apresentando uma grande variabilidade do que ocorre nesse mês no Paraná. O mês de agosto foi o único que apresentou máximo e mínimo para um mesmo índice, o de dias congelante (FD).

O que sugere possíveis mudanças do comportamento da temperatura estadual para os próximos anos e a necessidade de estudos que busquem um período histórico maior das temperaturas, para que seja permitindo o desenvolvimento de estratégias para minimizar os impactos causados com as mudanças.

7 REFERÊNCIAS

ALEXANDERSSON H, MOBERG A. 1997. Homogenization of Swedish temperature data. Part 1: homogeneity test for linear trends. **International Journal of Climatology** 17: 25–34.

ALEXANDRE, G. R. Estudo para identificação de tendências do regime pluvial na região metropolitana de Belo Horizonte a partir de métodos estatísticos e modelos climáticos. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Minas Gerais, 2009.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). Diretrizes e análises recomendadas para a consistência de dados pluviométricos. Superintendência de Gestão da Rede Hidrometeorológica (SGH), Brasília-DF, 2012.

BRASIL. Resolução nº 32/2003 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos. Disponível em: < <https://www.ceivap.org.br/ligislacao/Resolucoes-CNRH/Resolucao-CNRH%2032.pdf> >

BRUNET, M.; SALADIÉ, O; JONES, P.; SIRFRÓ, J.; AGUILA, E.; MOBERG, A.; LISTER, D.; WALTHER, A.; LOPEZ, D.; ALMARZA, C. The development of a new dataset of Spanish daily adjusted temperature series (SDATS) (1850–2003). **International Journal of Climatology**. v. 26, p. 1777-1802, DOI: 10.1002/joc.1338. 2006.

BUIHAND TA. 1982. Some methods for testing the homogeneity of rainfall records. **Journal of Hydrology** 58: 11–27.

CAMARGO, C.; MACHADO, L.; PANDOLFO, C.; BRAGA, H. Estudo de tendências climáticas da temperatura do ar no Estado de Santa Catarina. 2009. Anais. Belo Horizonte- XVI Congresso Brasileiro de Agrometeorologia. 2009.

CAMPOS, C. G.C. 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. INPE. Tese (Doutorado em Meteorologia) Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE. São José dos Campos, p. 191. 2011

CERA, J.C. & FERRAZ, S.E.T. Variações climáticas na precipitação no sul do Brasil no clima presente e futuro. *Revista Brasileira de Meteorologia*, vol. 30, n. 1, p. 81-88. 2015.

CLIMATE RESEARCH UNIT. Global temperature record. 2022. Disponível em: < <https://www.uea.ac.uk/groups-and-centres/climatic-research-unit>>. Acesso em: 30 de setembro de 2021.

CLIMPACT. User Guide. 2021. Disponível em: < https://github.com/ARCCSS-extremes/climpact/blob/master/www/user_guide/Climpact_user_guide.md#toc > Acesso em:< 15 de maio de 2022>.

DANTAS, L. G.; SANTOS, C. A. C. dos.; OLINDA, R. A. de. Tendências anuais e sazonais nos extremos de temperatura do ar e precipitação em Campina Grande – PB. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 30, n. 4, 423 - 434, 2015.

DA SILVA, L.E.F. Aplicação do teste de Mann-Kendall para detecção de tendência no Rio Cuiabá-MT. *Research, Society and Development*, v. 9, n.9, e712996560, 2020

DE CAMARGO, R. et al. “Modulation Mechanisms of Marine Atmospheric Boundary Layer at the Brazil-Malvinas Confluence region”, in *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, v. 118, 2013, pp. 6.266-80.

DIAS, M. A. F. S. Eventos climáticos extremos. *Revista USP*. São Paulo, n. 103, p. 33-40, 2014

DOURADO NETO, D. *et al.* Ajuste de modelos de distribuição de probabilidade a séries históricas de precipitação pluvial diária em Piracicaba- SP. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, v. 13, n.2, p 273-283, 2005

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Manual on-line do sistema Agritempo versão 2.0. 2015. Disponível em: <https://www.agritempo.gov.br/agritempo/arquivos/Manual_Agritempo.pdf> Acesso em: 18 de julho de 2021

EHLERS, R.S. Introdução a Inferência Bayesiana. 2003. Disponível em: <<http://www.leg.ufpr.br/~paulojus/CE227/ce227/ce227.html>>. Acesso em: 02 de agosto de 2022.

Expert Team on Climate Change Detection, Monitoring and Indices (ETCCDI). **Climate Change Indices**. Disponível em: <http://etccdi.pacificclimate.org/list_27_indices.shtml>. Acesso: 30 de agosto de 2020.

GOOSSENS, C.; BERGER, A. Annual and seasonal climatic variations over the northern hemisphere and Europe during the last century. **Annales Geophysical**, v. 4, p. 385-400, 1986.

GONÇALVES, F.N. BACK, A.J. Análise da variação espacial e sazonal e de tendências na precipitação da região sul do Brasil. *Revista de Ciências Agrárias*. 2018.

GRIMM, A.M. Clima da Região Sul do Brasil. In: CAVALCANTI, I.F.A.; FERREIRA, N.J.; JUSTI DA SILVA, M.G.A.; SILVA DIAS, M.A.F. (org). *Tempo e Clima no Brasil*, p. 135-147, São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

HONG Y. YING, S. Characteristics of extreme temperature and precipitation in China in 2017 based on ETCCDI índices. *Advances In Climate Change Research*, [S.L.], v. 9, n. 4, p. 218-226, dez. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.accre.2019.01.001>

HOUGHTON, J.T., MEIRA FILHO, L.G., CALLANDER, B.A., HARRIS, N., KATTENBERG, A., MASKELL, K. *Climate Change 1995: The Science of Climate Change*. Cambridge University Press, New York. 1996

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ (IAPAR). Atlas climático do Estado do Paraná. 2019. Disponível em: <<http://www.idrparana.pr.gov.br/system/files/publico/agrometeorologia/atlas-climatico/atlas-climatico-do-parana-2019.pdf>>. Acesso: 18 de abril de 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Manual técnico da vegetação brasileira. Rio de Janeiro, 1992.

IBGE. Nota Técnica - Mapas Políticos Regionais. 2010. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-demografico/demografico-2010/inicial>>. Acesso em: 10 de julho de 2022.

IBGE. 2022. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pr.html>>. Acesso em: 10 de julho de 2022.

INSTITUTO DE ÁGUAS DO PARANÁ (IAP). Plano de Bacia - Resumo Executivo. 2009. Disponível em: <http://www.aguasparana.pr.gov.br/arquivos/File/TIBAGI/plano_de_bacia/Plano_Bacia_Tibagi_resumo_executivo.pdf>. Acesso: 28 de agosto de 2020.

INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO RURAL DO PARANÁ – IDR-PARANÁ. 2022. Disponível em:< <https://www.idrparana.pr.gov.br> >. Acesso em: 10 de julho de 2022.

INSTITUTO DE TERRAS CARTOGRAFIA E GEOLOGIA DO PARANÁ (ITCG). 2022. Disponível em:< http://www.geoitcg.pr.gov.br/geoitcg/pages/templates/initial_public.jsf;jsessionid=Z5AGlqQe65SQLS3m1emtNMBorR0ZhhS-kzDbPUmLq.scelepar75028?windowId=5e7>. Acesso em: 10 de julho de 2022.

INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL. Anuário estatístico do Paraná. 2020. Disponível em: <<https://www.ipardes.pr.gov.br>> Acesso em: 10 de julho de 2022.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). Anomalias de Temperatura para o ano de 2020. Disponível em:< <https://clima.inmet.gov.br/TSM> >. Acesso em: 13 de agosto de 2021

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). Informações sobre produtos de monitoramento climático da página do CPTEC/INPE. Disponível em: < http://clima1.cptec.inpe.br/~rclima1/pdf/doc_info_monitoramento_site_clima>. Acesso: 15 de agosto de 2022.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). Climate Change 2001 – The Scientific Basis: Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the IPCC. Cambridge. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/ar3/wg1/> /> Acesso em: 30 de setembro de 2021.

IPCC. Climate Change 2007 - The Physical Science Basis. Working Group I to the Fourth Assessment Report of the IPCC Cambridge. Disponível em: < <https://www.ipcc.ch/report/ar4/wg1/>> Acesso em: 28 de agosto de 2020.

IPCC. Climate Change 2013: the Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge and New York.

IPCC. In: 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. 2018 Disponível em: < <https://www.ipcc.ch/sr15/>>. Acesso em: 07 de maio de 2022.

IPCC, 2022: Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press. In Press.

KENDALL, M.G. Rank Correlation Methods. Charles Griffin, London. 1975

LAMBERT, F. H. *et al.* How much will precipitation increase with global warming? EOS, Transactions American Geophysical Union, v.89, p.193-200. 2008.

LI, Y.; ZHAO, J.; MIAO R.; HUANG, Y.; FAN X.; LIU, X.; WANG X.; WANG Y., SHEN, Y. Analysis of the Temporal and Spatial Distribution of Extreme Climate Indices in Central China. *Sustainability*, v. 14, 2329. 2022

LIEBMANN, B.; VERA, C. S.; CARVALHO, L. M. V.; CAMILLONI, I.; HOERLING, M. P.; BARROS, V. R.; BAEZ, J.; BIDEGAIN, M. An observed trend in central South American precipitation. *Journal of Climate*, v.17, p. 4357–4367, 2004.

LONGOBARDI, A.; VILLANI, P. Trend analysis of annual and seasonal rainfall time series in the Mediterranean area. *International Journal of Climatology*. v. 30, p. 1538-1546, DOI: 10.1002/joc.2001. 2010.

MAHMOOD, R. JIA, S. ZHU, W. Analysis of climate variability, trends, and prediction in the most active parts of the Lake Chad basin, Africa. *Scientific Reports*. 2019

MANGILI, F. B. Análise da precipitação diária na bacia do rio Tibagi com base nos índices de detecção de mudanças climáticas. 263f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Edificação e Saneamento) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Edificações e Saneamento, Universidade Estadual de Londrina. Londrina 2019.

MANGILI, F. B.; PINHEIRO, H. D. Análise de tendência em séries temporais de precipitação na Bacia do Rio Tibagi. In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 22, Florianópolis, 2017. Anais. Florianópolis: Associação Brasileira de Recursos Hídricos (ABRH), 2017.

MANN, H. B. Nonparametric Tests Against Trend. *Econometrica*, v. 13, n. 3, p. 245–259, 1945.

MARENGO, J. A. Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade: caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI. Brasília, MMA. 212 p, 2006.

MARTÍNEZ, M. D.; SERRA, C.; BURGUEÑO, A.; LANA, X. Time trends of daily maximum and minimum temperatures in Catalonia (ne Spain) for the period 1975–2004. *International Journal of Climatology*. v 30, p. 267–290, DOI: 10.1002/joc.1884. 2010.

MELO, M. M. M. S. Análise das possíveis alterações dos extremos climáticos devido à formação do lago artificial da Hidrelétrica de Sobradinho – Bahia. 2017.71 f. Dissertação (Mestrado em Meteorologia) – Curso de Pós-Graduação em Meteorologia. Universidade de Campina Grande. Campina Grande, 2017.

MELO, M. M.M. S.; DOS SANTOS, C.A.C.; DE OLINDA, R.A.; SILVA, M. T.; ABRAHÃO, R.; RUIZ-ALVAREZ, O. Trends in Temperature and Rainfall Extremes near the Artificial Sobradinho Lake, Brazil. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 33, n. 3, 426-440, 2018

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION (NASA). The Natural Greenhouse Effect. 2009. Disponível em: <<https://earthobservatory.nasa.gov/features/EnergyBalance/page6.php>>. Acesso em: 02 de agosto de 2022.

NOBRE, C. A.; YOUNG, A. F.; SALDIVA, P.; MARENGO, J. A.; NOBRE, A. D.; ALVES JR., S.; SILVA, G. C. M. da; LOMBARDO, M. Vulnerabilidades das megacidades brasileiras às mudanças climáticas: Região Metropolitana de São Paulo. São Paulo: INPE, 2010.

NORWEGIAN METEOROLOGICAL INSTITUTE (NORDMET). ClimNorm - temperature data set, gap filling methods and regional analysis to prepare new climate normal. Division for Climate Services. 2020

OGUNTUNDE, P. G.; ABIODUN, B. J.; LISCHIED, G. Rainfall trends in Nigeria, 1901–2000. *Journal of Hydrology*, v. 411, n. 3-4, p. 207–218, dez. 2011.

ORLOWSKY, B. Consistency, Homogeneity and Summary Statistics of Climatological Data. 2015. Disponível em <<https://cran.r-project.org/web/packages/iki.dataclim/index.html>>. Acesso em 30 de agosto de 2021.

PAINEL BRASILEIRO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS (PBMC). Base científica das mudanças climáticas: Volume 1 - Primeiro relatório de avaliação nacional. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

PARANÁ. Relação dos municípios do estado, ano de criação e respectivas regiões geográficas imediatas, intermediária e do Paraná. 2008. Disponível em: <<https://www.ipardes.pr.gov.br/Pagina/Municipios-do-Parana>>. Acesso em: 10 de julho de 2022.

PARANÁ. Resolução nº 49 CERH/PR de 20 de dezembro de 2016. Dispõe sobre a instituição de Regiões Hidrográficas, Bacias Hidrográficas e Unidades Hidrográficas de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Estado do Paraná. Diário Oficial do Estado do Paraná, Curitiba, PR. Disponível em <http://www.sedest.pr.gov.br/sites/default/arquivos_restritos/files/migrados/File/r492006.pdf> Acesso em 18 de abril de 2021.

PATAKAMURI, S. K; O'BRIEN, N. Modifiedmk: Modified Mann Kendall Trend Tests. 2021. Disponível em < <https://cran.r-project.org/web/packages/modifiedmk/index.html> >. Acesso em 27 de julho de 2021.

PELLEGRINO, G.Q.; Assad, E.D. & Marin, F.R. Mudanças Climáticas Globais e a Agricultura no Brasil. Revista Multiciência, n. 8. 2007

PETERSON, T.C. *et al*: Report on the Activities of the Working Group on Climate Change Detection and Related Rapporteurs 1998-2001. WMO, Rep. WCDMP-47, WMO-TD 1071, Geneve, Switzerland, 143pp. 2001.

PETTITT AN. 1979. A non-parametric approach to the change-point detection. **Applied Statistics** 28: 126–135.

PINHEIRO, G.M; MARTIN-VIDE, J. A análise das Tendências Pluviométricas no Município de Irati/PR. In: XVII Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada, 17,

Campinas, 2017. Anais. Campinas: Instituto de Geociências - UNICAMP. 2017. p. 1599-1609.

QUEIROZ, M. A. Avaliação de tendências em séries de Precipitação diária máxima anual na Faixa central do estado de Minas Gerais. 2013.202 f. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Curso de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2013.

REIS, M. M. Análise de séries temporais. 2020. Disponível em:<<https://www.inf.ufsc.br/~marcelo.menezes.reis/Cap4.pdf>>. Acesso em:2 de dezembro de 2020.

SANTOS, C. A. C. Estimativas e Tendências de Índices de Detecção de Mudanças Climáticas com base na precipitação diária no Rio Grande do Norte e na Paraíba. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Meteorologia. Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2006.

SANTOS, J. F.; PORTELA, M. M. Quantificação de tendências em séries de precipitação mensal e anual em Portugal Continental, VIII Seminário Ibero Americano sobre Sistemas de Abastecimento Urbano, SEREA 2008, IST, Lisbon, Portugal.

SANTOS, R. S. Homogeneidade E Reconstrução De Séries Climatológicas Para Localidades No Estado De Minas Gerais. 2012.100 f. Tese (Doutorado) – Curso de Pós-Graduação em Meteorologia Agrícola. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2012.

SEN, P. K. Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau. **Journal of the American Statistical Association**, 63:1379–1389, 1968.

SILVA W. L.; DEREZYNSKI, C. CHANG, M.; FREITAS, M.; MACHADO, B. J.; TRISTÃO, L. RUGGERI, J. Tendências observadas em indicadores de extremos climáticos de temperatura e precipitação no estado do Paraná. *Revista Brasileira de Meteorologia*, v. 30, n.2, p.181- 94, ago 2015.

SOME'E, B.S.; EZANI, A.; TABARI, H. Spatiotemporal Trends and Change Point of Precipitation in Iran. *Atmospheric Research*. v. 113, p. 1-12, 2012.

TUCCI, C.; COLLISCHONN, W. Drenagem urbana e Controle de Erosão. VI Simpósio nacional de controle da erosão. 29/3 a 1/4 1998, Presidente Prudente, São Paulo. 1998.

VAN BUUREN, S.; GROOTHUIS-OUDSHOORN, K. mice: Multivariate Imputation by Chained Equations in R. *Journal of Statistical Software*. Volume 45, Issue 3. 2011

VAN BUUREN *et al.* mice: Multivariate Imputation by Chained Equations. 2021. Disponível em < <https://cran.r-project.org/web/packages/mice/index.html> >. Acesso em 02 de agosto de 2022

VINCENT, L. A.; PETERSON, T. C.; BARROS, V. R.; MARINO, M. B.; RUSTICUCCI, M.; CARRASCO, G.; RAMIREZ, E.; ALVES, L. M.; AMBRIZZI, T.; BERLATO, M. A.; GRIMM, A. M.; MARENGO, J. A.; MOLION, L.; MONCUNILL, D. F.; REBELLO, E.; ANUNCIACÃO, Y. M. T.; QUINTANA, J.; SANTOS, J. L.; BAEZ, J.; CORONEL, G.; GARCIA, J.; TREBEJO, I.; BIDEGAIN, M.; HAYLOCK, M. R.; KAROLY, D. Observed Trends in Indices of Daily Temperature Extremes in South America 1960-2000. *Bulletin of the American Meteorological Society*, v. 18, p. 5011-5023, 2005.

VON NEUMANN, J. Distribution of the Ratio of the Mean Square Successive Difference to the Variance. **Ann. Math. Statist.** 12 (1941), no. 4, 367--395. doi:10.1214/aoms/1177731677. 1941.

Yan, Z. W., P. D. Jones: Detecting inhomogeneity in daily climate series using wavelet analysis, *Adv. Atmos. Sci.*, 25, 157–163. 2008

ZHANG, Y. et al: Dissolved oxygen stratification and response to thermal structure and long-term climate change in a large and deep subtropical reservoir (Lake Qiandaohu, China). *Water Research*, 75, 249–258. 2015