

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

PAULO HENRIQUE CARDOSO FILHO

GERAÇÃO DE MAPAS DE TEMPERATURAS EXTREMAS PARA A ANÁLISE EM  
ESTRUTURAS DE CONCRETO

CURITIBA  
2022

PAULO HENRIQUE CARDOSO FILHO

GERAÇÃO DE MAPAS DE TEMPERATURAS EXTREMAS PARA A ANÁLISE EM  
ESTRUTURAS DE CONCRETO

Trabalho de conclusão de curso apresentada ao Curso de Graduação em Engenharia Cartográfica e de Agrimensura, Setor de Ciências da Terra, da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Cartográfica e de Agrimensura.

Orientador(a): Prof(a). Dr(a). Luciene Stamato Delazari

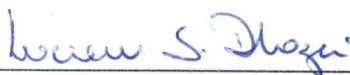
CURITIBA  
2022

## TERMO DE APROVAÇÃO

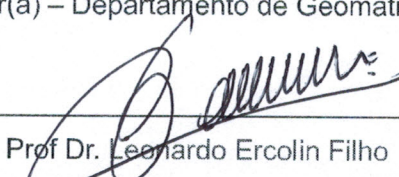
PAULO HENRIQUE CARDOSO FILHO

### GERAÇÃO DE MAPAS DE TEMPERATURA PARA AUXÍLIO A ANÁLISES DE DEFORMAÇÃO DE ESTRUTURAS

O Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Cartográfica e de Agrimensura, Setor de Ciências da Terra da Universidade Federal do Paraná, foi APROVADO como requisito à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Cartográfica e de Agrimensura.

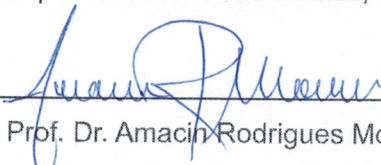


Profª Drª. Luciene Stamato Delazari  
Orientador(a) – Departamento de Geomática, UFPR

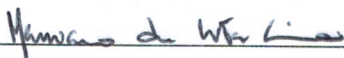


Prof Dr. Leonardo Ercolin Filho

Departamento de Geomática, UFPR



Prof. Dr. Amacim Rodrigues Moreira  
Departamento de Construção Civil, UTFPR



Msc. Marciano da Costa Lima  
Doutorando no Programa de Pós Graduação em Ciências Geodésicas, UFPR

Curitiba, 14 de setembro de 2022.

## **AGRADECIMENTOS**

A toda minha família pelo suporte, especialmente aos meus pais pelo amor e carinho durante toda a minha vida, permitindo o alcance de todos os meus objetivos.

À Diana, minha namorada, por ser minha inspiração e por estar sempre ao meu lado em qualquer situação, obrigado por ser sempre meu raio de sol.

À minha orientadora, Professora Dr. Luciene Stamato Delazari, pelo auxílio e suporte durante todo período de TCC, permitindo que o trabalho fosse realizado com maestria.

Ao Amacin, por todo o suporte dos mapas e ensinamento durante esse processo.

Aos professores do curso de Engenharia Cartográfica e de Agrimensura, por todo conhecimento entregue por eles.

A todos os meus amigos, por estarem comigo durante todo o curso. Ao Bruno Calefi, por estar nessa jornada desde do início comigo. Ao André Buckmann por me ajudar e estar comigo durante todo curso. Minas Marcarov, Lucas Soero e Gabriel W... obrigado por todas as risadas durante esse último semestre, fizeram ele ficar mais leve.

À Sanepar, Engefoto e PEC Energia por todo o conhecimento profissional e pessoal obtidos.

Ao João Borges e Rogério Konofal, em tão pouco tempo, proporcionar tanto conhecimento e um ambiente de trabalho leve e empoderador.

*Diante da vastidão do tempo e da imensidão do espaço, é um imenso prazer para mim dividir um planeta e  
uma época com vocês.*

Carl Segan, 1980

## **RESUMO**

Atualmente, os mapas de temperatura estão presentes em diversas áreas da ciência e engenharia, sendo uma ferramenta importante para análises e estudo, como por exemplo, análises termais em relação superfície ou análises de estruturas de concreto na construção civil. Estas análises permitem observar o quando uma estrutura é afetada pela variação de temperatura. Mas ocorre uma lacuna em relação a essas informações pois não existem estudos realizados que considerem as variações de temperatura no Brasil. A NBR6118:2014, é uma norma que fornece informações sobre a variação de temperatura em estruturas de concreto, mas apresenta lacunas que impede estudos mais precisos, sendo assim, foram gerados mapas de temperaturas máximas em mínimas com base em dados meteorológicos disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Para a geração desses produtos, utilizou-se de um procedimento contendo os dados de 771 estações espalhadas por todo país durante um período de 30 anos (1991-2021), consistindo em tratar toda essa informação para se obter os valores de recorrência de temperaturas dos próximos 50 e 100 anos, gerando mapas que foram obtidos através de interpolação IDW e estrutura de dados TIN. Por fim, os mapas gerados foram disponibilizados em ambiente web. Ao final do trabalho, foi constatado que a estrutura de dados TIN apresentou o melhor resultado para a geração do produto, sendo significativa para análises e interpretações e para a geração de novos projetos.

Palavras-chave: 1. NBR 2. Mapas de temperatura 3. Interpolação

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                        |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1: TEMPERATURA GLOBAL.....                                                      | 16 |
| Figura 2: ETAPAS DO TRABALHO.....                                                      | 20 |
| Figura 3: REGIÃO DE ESTUDO.....                                                        | 21 |
| Figura 4: ESTAÇÃO METEOROLÓGICA AUTOMÁTICA.....                                        | 23 |
| Figura 5: ESTAÇÕES PELO BRASIL.....                                                    | 23 |
| Figura 6: GRÁFICO DE FREQUÊNCIA – EXEMPLO DE CURVA DE DISTRIBUIÇÃO NORMAL.....         | 25 |
| Figura 7: EXEMPLO DE CURVA - DISTRIBUIÇÃO DE GUMBEL.....                               | 26 |
| Figura 8: EXEMPLO DE CURVA - DISTRIBUIÇÃO DE WEIBULL.....                              | 26 |
| Figura 9: EXEMPLO DE CURVA - DISTRIBUIÇÃO GEV - CHEIAS ANUAIS.....                     | 27 |
| Figura 10: EXEMPLO DE CURVA - DISTRIBUIÇÃO EV2.....                                    | 28 |
| Figura 11: MAPA DE TEMPERATURA INTERPOLADA - ÁFRICA DO SUL.....                        | 29 |
| Figura 12: INTERPOLAÇÃO IDW.....                                                       | 30 |
| Figura 13: ESTRUTURA DE DADOS TIN.....                                                 | 31 |
| Figura 14: DADOS DE DOWNLOAD DAS ESTAÇÕES AUTOMÁTICAS E CONVENCIONAIS.....             | 32 |
| Figura 15: DADOS DE IDENTIFICAÇÃO DA ESTAÇÃO.....                                      | 33 |
| Figura 16: DADOS DE MÁXIMO E MÍNIMO.....                                               | 33 |
| Figura 17: GRÁFICO DAS LEITURAS FEITAS EM PORTO ALEGRE (RS).....                       | 34 |
| Figura 18: TEMPERATURAS MÉDIAS DE MÁXIMA E MÍNIMA (A807 – Curitiba).....               | 35 |
| Figura 19: ESTAÇÃO DEFINIDA COMO DESATIVADA.....                                       | 37 |
| Figura 20: PERÍODO SEM LEITURA NA ESTAÇÃO CURITIBA (A807).....                         | 37 |
| Figura 21: DADOS NA MESMA ÉPOCA DE ESTAÇÕES CONVENCIONAIS E AUTOMÁTICAS.....           | 38 |
| Figura 22: TABELA INSERIDA NO SOFTWARE HYDROGNOMOM.....                                | 38 |
| Figura 23: PONTOS AZUIS DEMONSTRANDO CADA ANO.....                                     | 39 |
| Figura 24: CURVAS DE DISTRIBUIÇÃO DE DADOS.....                                        | 40 |
| Figura 25: VERIFICAÇÃO DE QUALIDADE (ESTAÇÃO A807 - CURITIBA).....                     | 41 |
| Figura 26: PREVISÃO DE FUTURAS TEMPERATURAS.....                                       | 42 |
| Figura 27: TEMPERATURAS MÁXIMAS NOS PRÓXIMOS 50 ANOS.....                              | 42 |
| Figura 28: VERIFICAÇÃO DE QUALIDADE DAS TEMPERATURAS MÍNIMAS (A802 - RIO GRANDE).....  | 43 |
| Figura 29: VALOR DE TEMPERATURA MÍNIMA PARA 50 ANOS.....                               | 44 |
| Figura 30: DADOS DAS ESTAÇÕES DA REGIÃO NORTE.....                                     | 46 |
| Figura 31: INSERÇÃO DE DADOS NO QGIS.....                                              | 46 |
| Figura 32: PARÂMETROS IDW.....                                                         | 47 |
| Figura 33: PARÂMETROS DE EXTENSÃO.....                                                 | 48 |
| Figura 34: TEMPERATURA MÁXIMA PARA TEMPO DE RECORRÊNCIA DE 100 ANOS NA REGIÃO SUL..... | 49 |
| Figura 35: GERAÇÃO DAS CURVAS DE NÍVEL.....                                            | 50 |
| Figura 36: TEMPERATURA MÁXIMA PARA TEMPO DE RECORRÊNCIA DE 100 ANOS NA REGIÃO SUL..... | 51 |
| Figura 37: TEMPERATURA MÍNIMA PARA TEMPO DE RECORRÊNCIA DE 100 ANOS NA REGIÃO SUL..... | 52 |
| Figura 38: PARÂMETROS TIN.....                                                         | 53 |
| Figura 39: TEMPERATURA MÁXIMA PARA TEMPO DE RECORRÊNCIA DE 50 ANOS NA REGIÃO SUL.....  | 54 |
| Figura 40: FUNÇÃO DE SUAVIZAÇÃO DE CURVA DE NÍVEL.....                                 | 55 |
| Figura 41: TEMPERATURA MÁXIMA PARA TEMPO DE RECORRÊNCIA DE 50 ANOS NA REGIÃO SUL.....  | 56 |

|                                                                                                                                                                       |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 42: INTERFACE E AS CAMADAS DISPONÍVEIS.....                                                                                                                    | 57 |
| Figura 43: REPRESENTAÇÃO DO POP-UP NO GEOSSEQUIÇO.....                                                                                                                | 58 |
| Figura 44: TEMPERATURA MÁXIMA PARA TEMPO DE RECORRÊNCIA DE 50 ANOS NA REGIÃO NORDESTE TEMPERATURA MÍNIMA PARA TEMPO DE RECORRÊNCIA DE 50 ANOS NA REGIÃO NORDESTE..... | 66 |
| Figura 45: TEMPERATURA MÍNIMA PARA TEMPO DE RECORRÊNCIA DE 50 ANOS NA REGIÃO NORDESTE.....                                                                            | 67 |
| Figura 46: TEMPERATURA MÍNIMA PARA TEMPO DE RECORRÊNCIA DE 100 ANOS NA REGIÃO NORDESTE.....                                                                           | 68 |
| Figura 47: TEMPERATURA MÁXIMA PARA TEMPO DE RECORRÊNCIA DE 100 ANOS NA REGIÃO NORDESTE.....                                                                           | 69 |
| Figura 48: TEMPERATURA MÁXIMA PARA TEMPO DE RECORRÊNCIA DE 50 ANOS NA REGIÃO SUDESTE.....                                                                             | 70 |
| Figura 49: TEMPERATURA MÍNIMA PARA TEMPO DE RECORRÊNCIA DE 50 ANOS NA REGIÃO SUDESTE.....                                                                             | 71 |
| Figura 50: TEMPERATURA MÁXIMA PARA TEMPO DE RECORRÊNCIA DE 100 ANOS NA REGIÃO SUDESTE.....                                                                            | 72 |
| Figura 51: TEMPERATURA MÍNIMA PARA TEMPO DE RECORRÊNCIA DE 100 ANOS NA REGIÃO SUDESTE.....                                                                            | 73 |
| Figura 52: TEMPERATURA MÁXIMA PARA TEMPO DE RECORRÊNCIA DE 50 ANOS NA REGIÃO NORTE.....                                                                               | 74 |
| Figura 53: TEMPERATURA MÍNIMA PARA TEMPO DE RECORRÊNCIA DE 50 ANOS NA REGIÃO NORTE.....                                                                               | 75 |
| Figura 54: TEMPERATURA MÁXIMA PARA TEMPO DE RECORRÊNCIA DE 100 ANOS NA REGIÃO NORTE.....                                                                              | 76 |
| Figura 55: TEMPERATURA MÍNIMA PARA TEMPO DE RECORRÊNCIA DE 100 ANOS NA REGIÃO NORTE.....                                                                              | 77 |
| Figura 56: TEMPERATURA MÁXIMA PARA TEMPO DE RECORRÊNCIA DE 50 ANOS NA REGIÃO CENTRO-OESTE.....                                                                        | 78 |
| Figura 57: TEMPERATURA MÍNIMA PARA TEMPO DE RECORRÊNCIA DE 50 ANOS NA REGIÃO CENTRO-OESTE.....                                                                        | 79 |
| Figura 58: TEMPERATURA MÁXIMA PARA TEMPO DE RECORRÊNCIA DE 100 ANOS NA REGIÃO CENTRO-OESTE.....                                                                       | 80 |
| Figura 59: TEMPERATURA MÍNIMA PARA TEMPO DE RECORRÊNCIA DE 100 ANOS NA REGIÃO CENTRO-OESTE.....                                                                       | 81 |
| Figura 60: TEMPERATURA MÁXIMA PARA TEMPO DE RECORRÊNCIA DE 50 ANOS NA REGIÃO SUL.....                                                                                 | 82 |
| Figura 61: TEMPERATURA MÍNIMA PARA TEMPO DE RECORRÊNCIA DE 50 ANOS NA REGIÃO SUL.....                                                                                 | 83 |
| Figura 62: TEMPERATURA MÁXIMA PARA TEMPO DE RECORRÊNCIA DE 100 ANOS NA REGIÃO SUL.....                                                                                | 84 |
| Figura 63: TEMPERATURA MÍNIMA PARA TEMPO DE RECORRÊNCIA DE 100 ANOS NA REGIÃO SUL.....                                                                                | 85 |

## LISTA DE GRÁFICOS

|                                                                       |    |
|-----------------------------------------------------------------------|----|
| Gráfico 1: TENDÊNCIA - ESTAÇÃO A807.....                              | 36 |
| Gráfico 2: DESVIO PADRÃO e MÉDIA.....                                 | 36 |
| Gráfico 3: QUALIDADE DAS INFORMAÇÕES GERADAS PELAS DISTRIBUIÇÕES..... | 45 |

## LISTA DE ABREVIATURAS OU SIGLAS

|             |                                                      |
|-------------|------------------------------------------------------|
| ABNT        | - Associação Brasileira De Normas Técnicas           |
| NBR         | - Norma Brasileira                                   |
| INMET       | - Instituto Nacional De Meteorologia                 |
| UMB         | - <i>University of Maryland Baltimore</i>            |
| TIN         | - <i>Triangulated Irregular Network</i>              |
| IDW         | - <i>Inverse Distance Weighting</i>                  |
| WGS-84      | - <i>World Geodetic System of 1984</i>               |
| SIRGAS 2000 | - Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas |

## SUMÁRIO

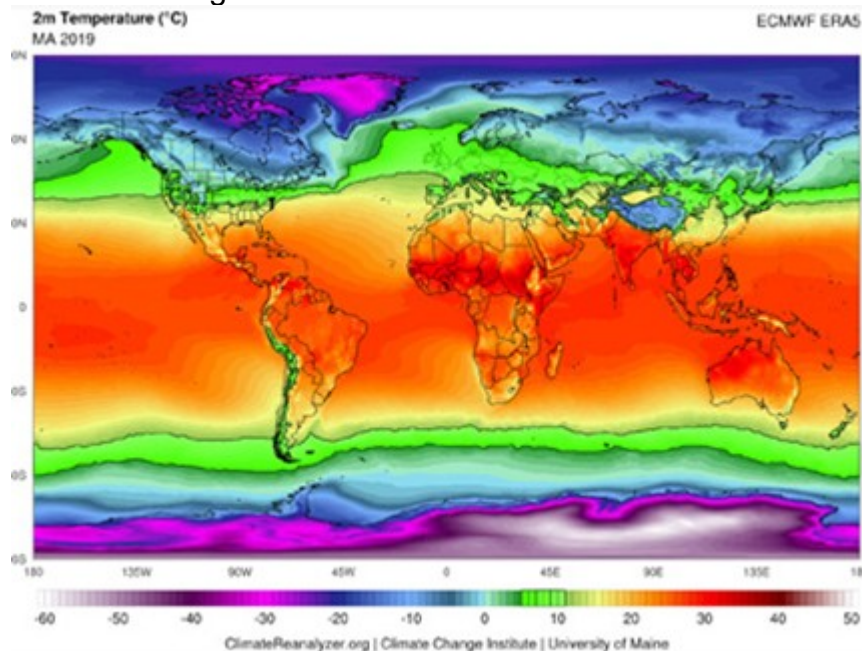
|                                                                |           |
|----------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. INTRODUÇÃO.....</b>                                      | <b>16</b> |
| 1.1 JUSTIFICATIVA.....                                         | 18        |
| 1.2 OBJETIVOS.....                                             | 19        |
| 1.2.1 Objetivo geral.....                                      | 19        |
| 1.2.2 Objetivos específicos.....                               | 19        |
| 2. METODOLOGIA.....                                            | 20        |
| 2.1 REGIÃO DE ESTUDO.....                                      | 21        |
| 2.2 SOFTWARES.....                                             | 21        |
| 2.3 DADOS.....                                                 | 22        |
| 2.4 PRÉ-PROCESSAMENTO DE DADOS.....                            | 24        |
| 2.5 GERAÇÃO DOS MAPAS DE TEMPERATURA.....                      | 28        |
| 3. RESULTADOS.....                                             | 32        |
| 3.1. TRATAMENTO DOS DADOS NO EXCEL.....                        | 34        |
| 3.2 GERAÇÃO DOS DADOS DE TEMPERATURA.....                      | 46        |
| 3.2.1 Escolha do interpolador.....                             | 47        |
| 3.2.1.1 Inverse Distance Weighted- IDW.....                    | 47        |
| 3.2.1.2 Triangular Irregular Network - TIN.....                | 53        |
| 3.2.1.2.1 Geração de Curvas de Temperatura - TIN.....          | 54        |
| 3.3 PUBLICAÇÃO DOS DADOS NA WEB.....                           | 57        |
| 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....                                   | 59        |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....                                | 61        |
| APÊNDICE – MAPAS DE TEMPERATURA PARA AS REGIÕES DO BRASIL..... | 66        |

## 1. INTRODUÇÃO

Atualmente, é cada vez mais importante e indispensável dispor de informações para realizar diversas análises, como estudos referentes a temperatura, que são de extrema importância para um país de dimensão continental como o Brasil com temperaturas variando de  $-5^{\circ}\text{C}$  até  $45^{\circ}\text{C}$ .

Como exemplo de análises relacionadas à variação da temperatura, pode-se mencionar o caso do mapa de temperatura para estudos referentes à COVID-19, disponibilizado pela UNIVERSITY of MARYLAND BALTIMORE (UMB). Esse estudo é baseado na sazonalidade em que a SARS-COV-2 é difundida pelo planeta. Com uma análise publicada pela Social Sciences Research Network, (Figura 1), é possível entender a partir do estudo que o vírus se espalha em uma velocidade muito superior em regiões que apresentam temperaturas entre  $5$  e  $10^{\circ}\text{C}$  e umidades relativas de 50% a 80%. De acordo com a UMB (2022), as semelhanças entre as temperaturas de diversas cidades, condiz com o surgimento de epicentros nas mesmas. Para o mapa de calor utilizado nesse estudo, não foi indicado qual interpolador usado para a geração.

Figura 1: TEMPERATURA GLOBAL



Fonte: UMB , 2020

Os estudos referentes à temperatura abrangem diversas aplicações. Assim, pode-se citar ainda a utilização do infravermelho termal na análise temporal da temperatura de superfície e ilhas de calor. Consistindo em analisar o quanto que a temperatura de superfície varia em todo município de Santa Maria – RS em um período de 20 anos, utilizando imagens de satélites e bases de temperatura (Trindade, Saldanha e Pereira Filho, 2017).

Uma área de grande importância e ainda pouco explorada em estudos no Brasil, está relacionada a estudos na área de engenharia para verificar a influência da variação de temperatura na construção civil, mais especificamente em estruturas de concreto, sendo utilizados em pontes, edifícios e outras estruturas que necessitem desse material e em variáveis de deslocamento e rotações de esforços solicitantes <sup>1</sup>(Moreira, Amacin. 2022). Fatores como dimensionamento de juntas, tração e fissuras dependem dessa análise, visto que a variação da temperatura não é constante (Moreira, 2022).

Segundo a NBR 6118 (ABNT, 2014) que trata do projeto de estruturas de concreto, as ações que geram os esforços podem ser originadas de diversas formas, como: cargas acidentais, cargas permanentes, carga de vento, variações uniformes de temperatura, variações não uniformes de temperatura. Em relação a efeitos térmicos provocados em estruturas, a variação de temperatura interna e externa do edifício, além de prejudicar as características intrínsecas dos materiais estruturais, gera deformações e esforços adicionais (Queiroz e Caetano, 2021).

Atualmente, as análises são feitas com base em dados tabulares obtidos por meio de estações do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) espalhadas por todo país. Assim, somente por meio dos dados tabulares não é possível verificar qual a variação da temperatura em uma determinada região. Deste modo, este trabalho busca atender às necessidades de usuários da área de engenharia civil, que necessitam de auxílio no objetivo de realizar análises sobre a variação da temperatura em escalas regionais ou macrorregionais (Brasil) para verificar sua influência em estruturas como pontes e edifícios, por exemplo.

Em relação a geração dos mapas, existem alguns estudos que são referentes a importância que a alta densidade amostral o tipo de interpolador são influentes na elaboração de mapas temáticos, como comentado por Coelho e Souza (2009), em que foi feita uma avaliação sobre essas influências dos dados.

---

1 Informações obtidas por comunicação pessoal

## 1.1 JUSTIFICATIVA

Os mapas de temperatura podem ser utilizados para o uso nas áreas de análise de estruturas de concreto, que de acordo com a NBR 6118 (ANBT, 2014) é estabelecido um vínculo entre estruturas e o ambiente à sua volta, existindo algumas variações de temperaturas na estrutura que devem ser respeitadas. Entretanto, de acordo com a norma não existem estudos específicos e somente existe um valor unitário de temperatura para todo o país, sendo que as variações de temperatura ao longo do Brasil são significativas.

A norma brasileira NBR (6118:2014) apresenta os requisitos básicos para o projeto de obras de concreto, estabelecendo alguns aspectos sobre a qualidade do concreto a ser utilizado. De forma geral essa norma estabelece a relação entre a qualidade do concreto e o ambiente de exposição em que ele está presente, levando em considerações informações como umidade, ambiente quimicamente agressivos (tanques industriais, indústria química) e temperatura.

Em relação à temperatura, o item de número 11.4.2.1 e o item de número 11.4.2.2 dessa mesma norma comentam sobre as variações de temperaturas uniformes e não uniformes da estrutura. Segundo a NBR (6118:2014, p.63), a variação uniforme leva em consideração a variação da temperatura atmosférica e a insolação direta, de forma que a oscilação de temperatura da estrutura causada por essa variação pode variar de 5°C a 10°C e de 10° a 15°C, dependendo do tipo de estrutura utilizada. Já a variação não uniforme leva em consideração a não uniformidade da distribuição de temperatura sobre qualquer estrutura, adotando-se um valor maior que 5°C de oscilação devido a maior parte, por falta de dados mais precisos de temperatura, como exemplo, em regiões da Europa e América do Norte os estudos referentes à temperatura são utilizados e implementados desde 2002 (Souza; Dimova e Pinto, 2016).

Dessa forma, é necessária a geração de mapas para o território brasileiro, visto que temos um país de proporção continental e com grandes variações de temperatura por todo seu território.

Ao se utilizar destes dados (mapas interpolados de temperatura) espera-se que seja fornecido um instrumento que possa contribuir em aspectos de projetos estruturais na construção civil.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo geral

Gerar mapas de variação de temperatura para as regiões do Brasil e analisar os processos para geração dos mesmos, de modo que seja um auxílio atualmente em estudos de construção civil.

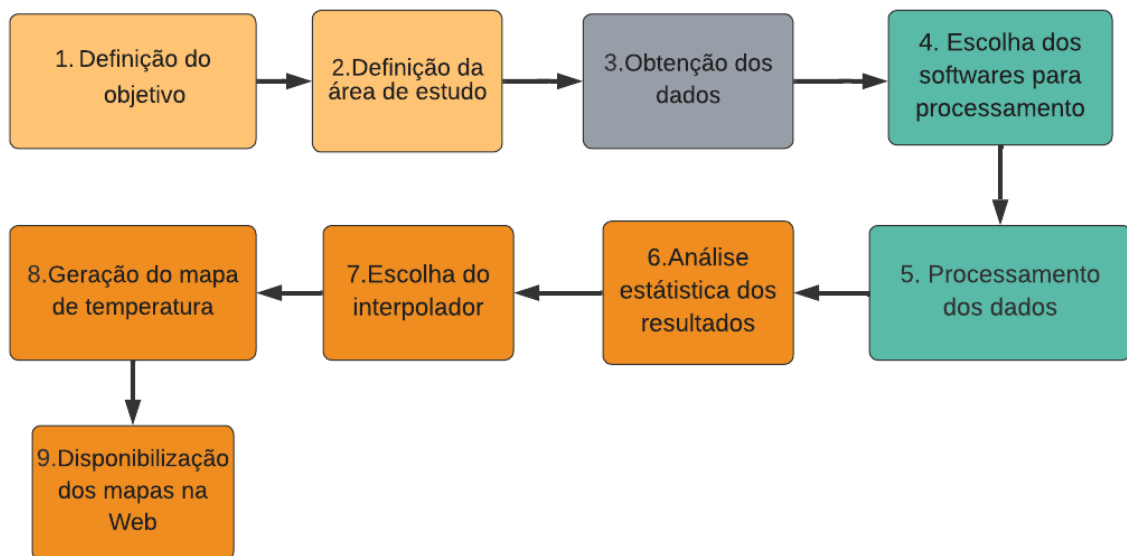
### 1.2.2 Objetivos específicos

- Coletar e adequar dados de temperatura máximas e mínimas de cada região do país;
- Realizar análise estatística para validação dos dados;
- Interpolação dos dados provenientes da análise estatística;
- Disponibilizar os dados em um ambiente web.

## 2. METODOLOGIA

O trabalho foi dividido em etapas relativas como área de estudo, obtenção dos dados, processamento dos dados e geração com disponibilização dos mapas. A Figura 2 apresenta o esquema das atividades realizadas ao longo do trabalho.

Figura 2:ETAPAS DO TRABALHO

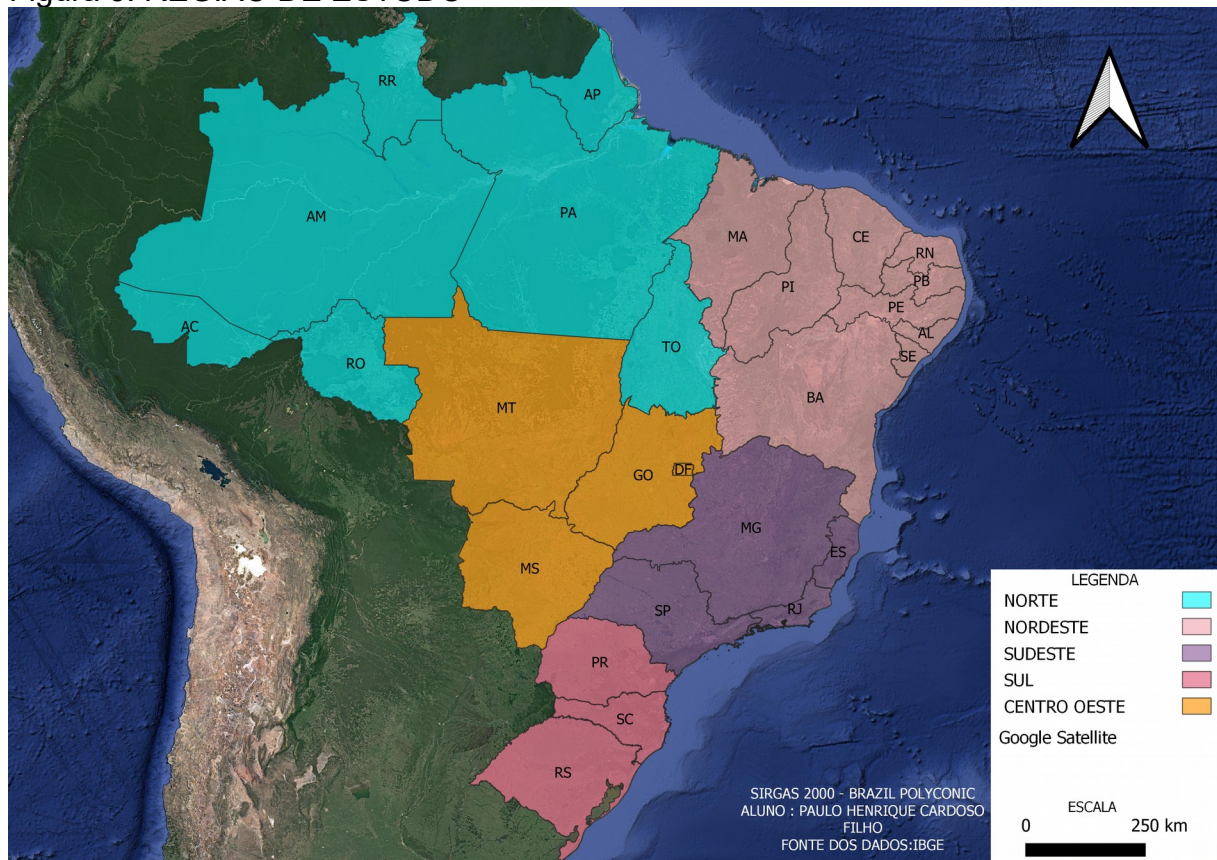


Fonte: Autor, 2022

## 2.1 REGIÃO DE ESTUDO

Como dito anteriormente, a área de estudo a ser utilizada do trabalho em questão é o Brasil, sendo que as análises serão realizadas em regiões (Norte, Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste), sendo apresentados na Figura 3. Tal subdivisão política foi adotada em função da própria extensão do Brasil e para permitir que as análises possam ser feitas de forma regionalizada.

Figura 3: REGIÃO DE ESTUDO



Fonte: Autor, 2022

## 2.2 SOFTWARES

Para o trabalho em questão, utilizou-se os seguintes programas para o desenvolvimento:

- HYDROGNOMOM, versão 4.1.0.26, um software livre para fazer análise estatística e gerar os dados para o software GIS, disponível para download em (<http://hydrognomon.org>);

- QGIS, versão 3.18.3, usado para tratamento dos dados e geração do produto final, disponível para download em ([https://qgis.org/pt\\_BR/site/](https://qgis.org/pt_BR/site/));
- EXCEL, para o tratamento dos dados provenientes das estações de temperatura.

## 2.3 DADOS

Para esse trabalho, utilizaram-se os dados provenientes de estações meteorológicas INMET (<https://bdmep.inmet.gov.br/>) (Instituto Nacional de Meteorologia). Este instituto tem como atribuições promover estudos, elaborar e divulgar previsões sobre a meteorologia, executando levantamentos em diversas áreas da agricultura e previsões do tempo (INMET, 2022)

A coleta das informações referentes às temperaturas mínimas e máximas diárias é feita a partir de um banco de dados, fazendo a seleção das informações desejadas, que são apresentadas em formato tabular. São disponibilizadas pelo INMET três tipos de estações: as estações meteorológicas de sondagem, estações de superfície convencionais e automáticas. As duas últimas são as utilizadas para o trabalho em questão, levando em consideração a temperatura do ar à sombra. Foi considerado o período de trinta anos para a obtenção dos dados, de 1991 até 2021, utilizando dados de 20 anos de estações automáticas, mas com o auxílio de dados de 30 anos de estações convencionais. É importante entender que em muitos casos não existe a disponibilização dos 30 anos de dados, sendo assim são considerados dados das estações convencionais nessa coleta.

*Figura 4: ESTAÇÃO METEOROLÓGICA AUTOMÁTICA*



Fonte: Nota Técnica n°001/2011, INMET (2011)

O banco de dados do INMET já incorpora informações diárias coletadas de estações desde 1961, mas com uma ampliação de estações a partir de 1990 (Moreira, 2022). É possível obter dados de estações de temperatura de todas as regiões do país, visto que as estações estão espalhadas pela grande maioria dos estados.

Na Figura 5, são apresentadas as estações automáticas e convencionais pela cor laranja, podendo assim visualizar a distribuição não homogênea de estações, sendo as regiões Sul e Sudeste as que apresentam maior volume de estações.

*Figura 5: ESTAÇÕES PELO BRASIL*



Fonte: Autor, 2022

## 2.4 PRÉ-PROCESSAMENTO DE DADOS

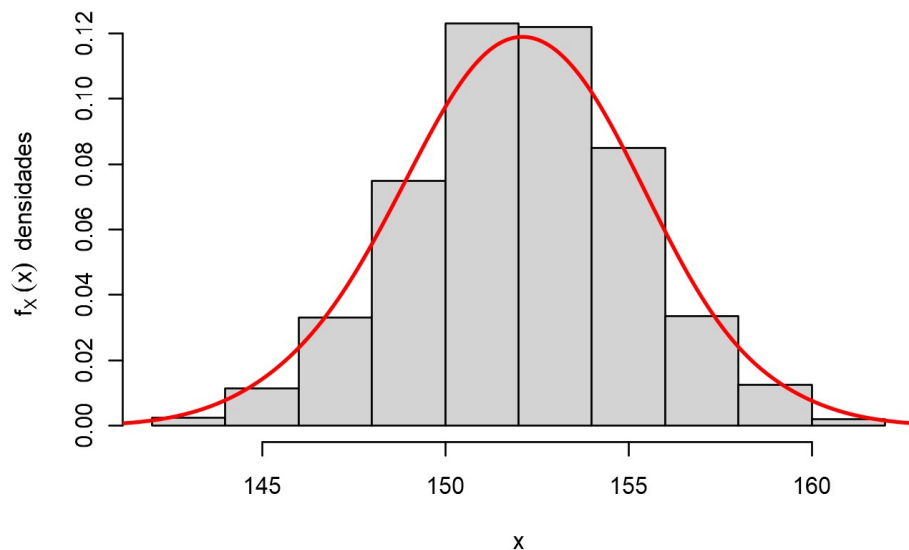
Após a coleta os dados passam por uma análise preliminar, sendo calculados os valores médios máximos e mínimos para cada estação em relação ao período de tempo estabelecido para a análise. Em seguida, os dados são inseridos no software Hydrognomon. O software é de acesso livre, sendo disponibilizado pela NTUA (National Technical University of Athens) e desenvolvido pelo Departamento de Águas e Engenharia Ambiental da mesma.

Este software apresenta como objetivo principal realizar análises e o processamento de dados referentes a hidrologia no quesito das séries temporais, atendendo os objetivos e atividades da NTUA. De acordo com Kozanis, Christofides e Efstratiadis (2005) esse software permite fazer análises das amostragens, funções de distribuições e análises de eventos extremos, sendo importante mencionar que devido ao tempo de lançamento o software aparenta não receber atualizações e suporte. A versão instalada do software foi a 4.1.0.26.

O software utiliza algumas distribuições estatísticas para a validação dos dados. Com elas, verifica-se os dados inseridos atendem ao critério de qualidade apresentado pelo software, que é até 90% de confiança. Ressalta-se que a análise é feita de forma visual também, como auxílio, de forma a verificar qual a distribuição se encaixa melhor na curva de temperatura para cada estação. As distribuições são: Normal, Gumbel, Weibull, EV2 e GEV.

- Distribuição Normal: A distribuição normal é uma distribuição conhecida como Gaussiana. É apresentada por uma curva simétrica em torno do ponto médio (USP, 2017). Nessa determinada distribuição existem dois parâmetros, que são a média ( $\mu$ ) e a variância ( $\sigma^2 > 0$ ), de modo que a média é o ponto médio e a variância sua dispersão.

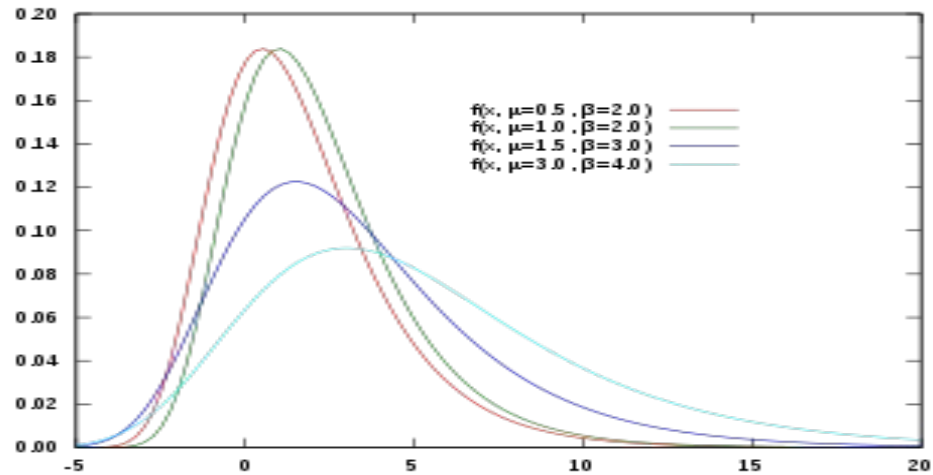
Figura 6: GRÁFICO DE FREQUÊNCIA – EXEMPLO DE CURVA DE DISTRIBUIÇÃO NORMAL



Fonte: UFSC, (2022)

- Distribuição de Gumbel: Essa distribuição consiste em modelagens de picos de máximos e mínimos de um conjunto de amostras qualquer e de um determinado número de distribuições, estando relacionado com a teoria dos valores extremos (Borges, 2022). Essa teoria consiste em avaliar a partir de uma amostra e uma variável aleatória, a probabilidade de ocorrer um evento extremo. Abaixo na Figura 7 pode-se verificar um exemplo da distribuição de Gumbel:

Figura 7: EXEMPLO DE CURVA - DISTRIBUIÇÃO DE GUMBEL



Fonte: Stringerfixer, (2022)

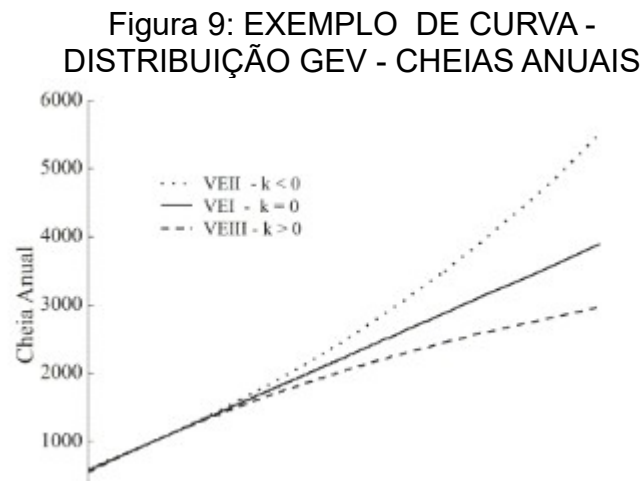
- Distribuição de Weibull: A distribuição de Weibull, é uma distribuição eficaz na determinação de características e tendências, sendo importante em alguns casos para avaliar a probabilidade de falha de uma determinada amostra (F2SM,2022). Normalmente um gráfico em uma distribuição Weibull é dado por uma reta, como pode-se visualizar na Figura 8:

Figura 8: EXEMPLO DE CURVA - DISTRIBUIÇÃO DE WEIBULL



Fonte: F2SM, (2022)

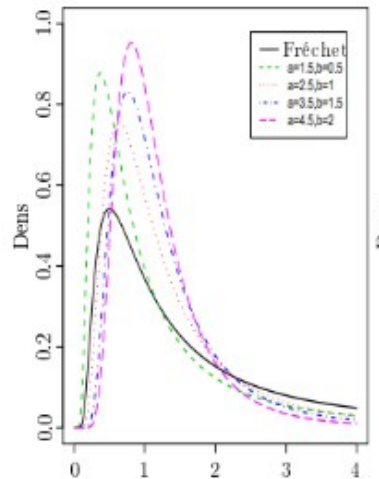
- Distribuição GEV: A distribuição de GEV, conhecida como distribuição de probabilidade generalizada de valores extremos (Manoel e Fazal, 2006; p-2) é uma distribuição que combina 3 tipos de distribuições de valores extremos em uma única forma, sendo bem utilizada para em alguns campos. Na prática, esse tipo de distribuição é usada para a modelagem de uma extensa variedade de extremos naturais, como temperatura, ventos, chuvas (Martins & Stedinger, 2000; Queiroz, 2002). Englobam-se três distribuições de valores extremos, conhecidos como tipo I (VEI), tipo II (VEII) e tipo III (VEIII) (Fisher & Tippett, 1928; Gumbel, 1958), abaixo, na Figura 09, podemos fazer uma breve visualização, sendo  $k$  uma condição:



Fonte: Manoel & Fazal (2006)

- Distribuição EV2: Por último a distribuição EV2, conhecida também como Fréchet ou Weibull Inversa. É usada normalmente para a também modelagem de valores extremos e também na modelagem de uma ampla gama de fenômenos físicos. Essa distribuição apresenta 3 parâmetros, que são referentes à forma, escala e localização, representados por  $\sigma$ ,  $\lambda$  e  $\mu$  (Glen, 2016). Essa notação pode ser diferente, mas apresentam o mesmo conteúdo. Abaixo, na Figura 10, pode-se verificar exemplo de representação gráfica de uma distribuição Fréchet com uma forma ( $\sigma$ ) de 1,5 e escala ( $\lambda$ ) de 1,0:

Figura 10: EXEMPLO DE CURVA -  
DISTRIBUIÇÃO EV2



Fonte: UFCG (2013)

Os dados de entrada no Hydrognomon são inseridos de forma manual, o que é uma limitação, visto que o software não apresenta a inserção de dados automaticamente.

Com os dados inseridos, seleciona-se o menu (Hydrology), no qual existe a opção (Phytas). Essa opção (Phytas) é uma função para análises estatísticas, de modo que ao inserir os dados e selecionar o tipo de distribuição utilizada, são feitas análises de acordo com as distribuições escolhidas.

Para se obter os dados de saída, que são as temperaturas, escolhe-se a previsão anual de retorno dos dados, que para esse trabalho seria 50 e 100 anos (50 anos recomendado pela Eurocode e 100 anos como modelo utilizado pelas normas de estruturas no Brasil), tendo como resposta a previsão de temperatura para todas as funções disponíveis. Este procedimento foi realizado para cada estação.

## 2.5 GERAÇÃO DOS MAPAS DE TEMPERATURA

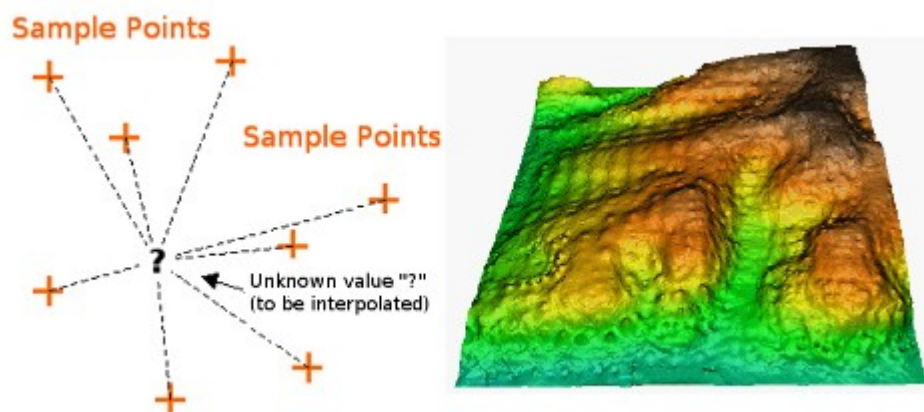
Por meio de tabelas em formato .csv, foram inseridas os dados contendo as informações referentes à temperatura de cada estação, sendo separadas por região.



Para gerar as superfícies existem diferentes interpoladores que podem ser utilizados, sendo dois dos mais conhecidos o IDW (Inverse distance Weighted) e o TIN.

A interpolação IDW se baseia que um ponto não amostrado é determinado pela média ponderada de pontos amostrados próximos, de forma que os pesos são determinados como o inverso da distância entre pontos amostrados e o estimado (MITAS, 1999, p.482). Essa interpolação apresenta como descrição a exatidão, porém, dependendo do resultado, pode gerar características indesejadas (Longley, GoodChild e Maguira, 2013). Na Figura 12, pode-se visualizar o resultado da interpolação IDW.

Figura 12: INTERPOLAÇÃO IDW



Fonte: DocsQgis (2022) e Mitas,(1999)

Existe nessa interpolação um coeficiente denominado  $p$ , que consiste em ponderar a influência de um ponto em outro, de forma que essa ponderação pode aumentar ou diminuir de acordo com o objetivo do usuário. Normalmente utiliza-se um valor padrão de coeficiente - igual a dois (2) - devido ao fato de que valores maiores de coeficiente levam a amostras mais próximas uma influência maior. Caso o trabalho em questão necessite uma distribuição mais equitativa de influência, utilizam-se valores de coeficiente menor ou igual a dois (2), tornando independente da distância. (Farias, Francisco e Senna, 2017).

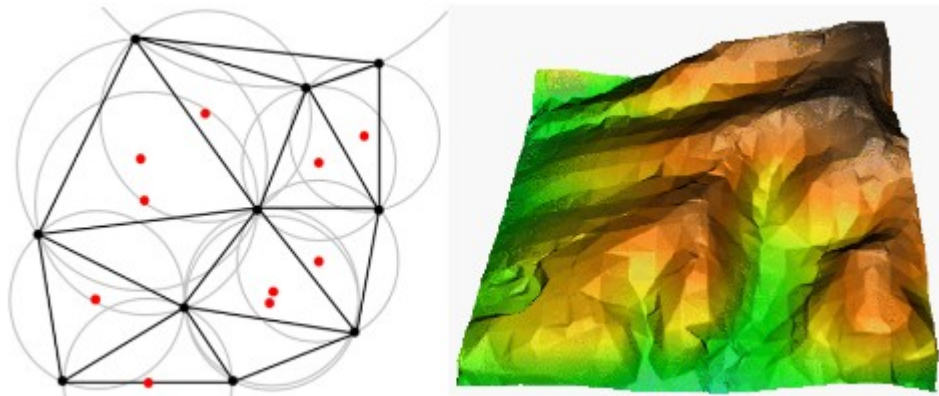
A desvantagem de se utilizar uma interpolação do tipo IDW é que a qualidade em si da interpolação pode ser avariada, de forma que a irregularidade da distribuição das amostras é o principal fator para a baixa qualidade. De acordo com

DocsQgis (2022), esse tipo de distribuição acaba gerando picos e poços ao redor.

De acordo com Longley, GoodChild e Maguira (2013), a estrutura TIN é uma superfície triangular de dados topológicos em que os triângulos contíguos não se sobrepõem, sendo criadas a partir de um conjunto de pontos conhecidos e que apresentam coordenadas x, y e z. Neste trabalho a coordenada z é referente a temperatura de cada estação, portanto baseada na localização e nas temperaturas de cada estação inserida, sendo assim, a estrutura de dados TIN consiste em triangulações entre pontos amostrais conhecidos para a determinação de pontos amostrais não conhecidos, de modo que são estimados os valores dos locais não amostrados (MITAS, 1999, p.483).

Para esse processo utiliza-se de um algoritmo bastante utilizado, chamado de **Triangulação de Delaunay**. Esse algoritmo consiste na criação de uma superfície triangular baseada em pontos do vizinho mais próximo. Para a criação desses triângulos, utiliza-se de círculos circunscritos ao redor dos pontos amostrais, como mencionado anteriormente, de forma que as interseções entre esses círculos são conectadas por triângulos não sobrepostos (DocsQgis, 2022), Figura 13:

Figura 13: ESTRUTURA DE DADOS TIN



Fonte: DocsQgis (2022) e Mitas (1999)

A desvantagem em se utilizar TIN, é que de certa forma as superfícies acabam não sendo suaves dependendo da quantidade de dados, apresentando um contorno denteado, como comentado por (DocsQgis, 2022). É importante

mencionarmos que esse tipo de interpolação, não é adequada para a extrapolação além dos pontos amostrais, podendo distorcer resultados.

Assim, para definir qual será o método utilizado para gerar as superfícies de temperatura, serão realizados testes com os dois interpoladores apresentados para avaliar a adequação ao objetivo proposto.

Os mapas que serão gerados a partir dos dados serão para intervalos de 50 e 100 anos, conforme indicação dos usuários. Assim, serão gerados mapas, para cada região do Brasil, para 50 e 100 anos, para as temperaturas mínimas e máximas.

Após definir o interpolador serão geradas as das curvas de isovalores de temperatura. De acordo com Moreira (2022), o intervalo de variação utilizado é de 2 em 2 graus, pois análises mais pontuais podem ser realizadas em estudos referentes à temperatura na construção civil.

A última etapa do processamento consistiu em gerar a publicação dos mapas para serem visualizados na Web, por meio do puglinqgis2web, disponível no software QGIS. Os mapas serão gerados considerando os períodos de 50 e 100 anos para os valores máximos e mínimos por região do Brasil.

### 3. RESULTADOS

#### 3.1 Coleta dos dados

Para os dados de temperatura utilizados, foram consideradas informações diárias dos últimos 30 anos das estações convencionais e 20 anos das automáticas, e como dito anteriormente, existiram casos em que em ambas estações ocorreu a falta de dados de alguns anos em períodos aleatórios. Por exemplo, para estações manuais no período de 1991 até 1995 não existem dados e no caso das estações automáticas, algumas começaram a capturar os dados a partir de 2004. Os dados de temperatura são captados de forma diária.

Figura 14: DADOS DE DOWNLOAD  
DAS ESTAÇÕES AUTOMÁTICAS E  
CONVENCIONAIS



Fonte: Autor, 2022

Na Figura 14, pode-se visualizar como o arquivo é nomeado para *download*, contendo a identificação da estação, assim como, as datas de início e fim da coleta das informações.

O arquivo é disponibilizado em formato .CSV, podendo escolher como esse arquivo é apresentado: o tipo de pontuação (vírgula ou ponto), tipos de dados para a escolha (diários, horário, mensais), tipos de estação (Convencional ou Automática) e a região escolhida (Norte, Sul, Sudeste, Centro-Oeste, Nordeste).

Da primeira linha até a nona linha, como de acordo com a Figura 15, está presente identificação e localização desta estação, contendo outras informações também, como a situação da mesma e a data inicial e final das medições.

Figura 15: DADOS DE IDENTIFICAÇÃO DA ESTAÇÃO

|   | A                        |            |
|---|--------------------------|------------|
| 1 | Nome                     | PREGUICAS  |
| 2 | Código Estação           | A218       |
| 3 | Latitude                 | -2.5922221 |
| 4 | Longitude                | -42.7075   |
| 5 | Altitude                 | 4.62       |
| 6 | Situação                 | Pane       |
| 7 | Data Inicial             | 2008-11-21 |
| 8 | Data Final               | 2020-12-31 |
| 9 | Periodicidade da Medição | Diária     |

Fonte: INMET (2022)

Em seguida, vêm as informações em relação à temperatura obtidas por essa estação, sendo apresentada a periodicidade dos dados durante todo o intervalo escolhido, se disponível. Logo a seguir das datas de medições, existem as colunas de temperatura máxima e mínima, sendo apresentadas em graus Celsius (C°). Na Figura 16 a seguir pode-se visualizar essas informações para uma estação automática qualquer, lembrando que todas as informações mencionadas estão representadas de forma igual para estações automáticas e convencionais:

Figura 16: DADOS DE MÁXIMO E MÍNIMO

| Data Medição | TEMPERATURA MÁXIMA DIÁRIA (AUT) (°C) | TEMPERATURA MÍNIMA DIÁRIA (AUT) (°C) |
|--------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| 2008-11-21   | null                                 | null                                 |
| 2008-11-22   | null                                 | null                                 |
| 2008-11-23   | null                                 | null                                 |
| 2008-11-24   | null                                 | null                                 |
| 2008-11-25   | 31.9                                 | 26.9                                 |
| 2008-11-26   | 31.7                                 | 27.1                                 |
| 2008-11-27   | 32                                   | 27                                   |
| 2008-11-28   | 31                                   | 26.8                                 |
| 2008-11-29   | 32.4                                 | 26.4                                 |

Fonte: INMET (2022)

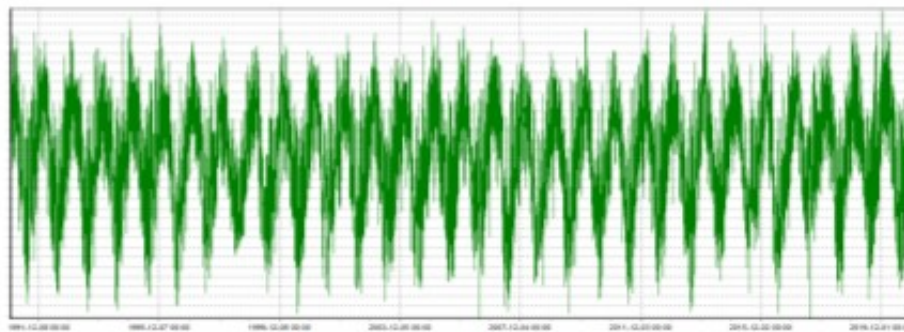
Foram utilizadas para o processo, um total de 771 estações espalhadas pelo Brasil todo, com dados presente em todas as regiões do país e com grande presença na região sul e sudeste. A região norte é a que apresentou a menor quantidade de bases e por assim dados (vide Figura 5).

### 3.1. TRATAMENTO DOS DADOS NO EXCEL

Com os dados já coletados, conforme o item 3.1, foi necessário fazer um melhor tratamento das informações obtidas.

A Figura 17, logo abaixo, indica um exemplo das relações entre as temperaturas durante os 30 anos de dados escolhidos na estação de Porto Alegre (RS) com a identificação de A801 – Porto Alegre/RS. A variação abaixo diz respeito à temperatura máxima durante todo o tempo estipulado, como mostrado por (Moreira, 2022).

Figura 17: GRÁFICO DAS LEITURAS FEITAS EM PORTO ALEGRE (RS)



Fonte: Moreira, (2022)

Com os dados de temperatura diária de cada estação, foi feito um pré-processamento das informações obtidas, para selecionar as temperaturas máximas e mínima de cada ano durante o intervalo de tempo escolhido, visto na figura 18.

Figura 18:  
TEMPERATURAS MÉDIAS  
DE MÁXIMA E MÍNIMA  
(A807 – Curitiba)

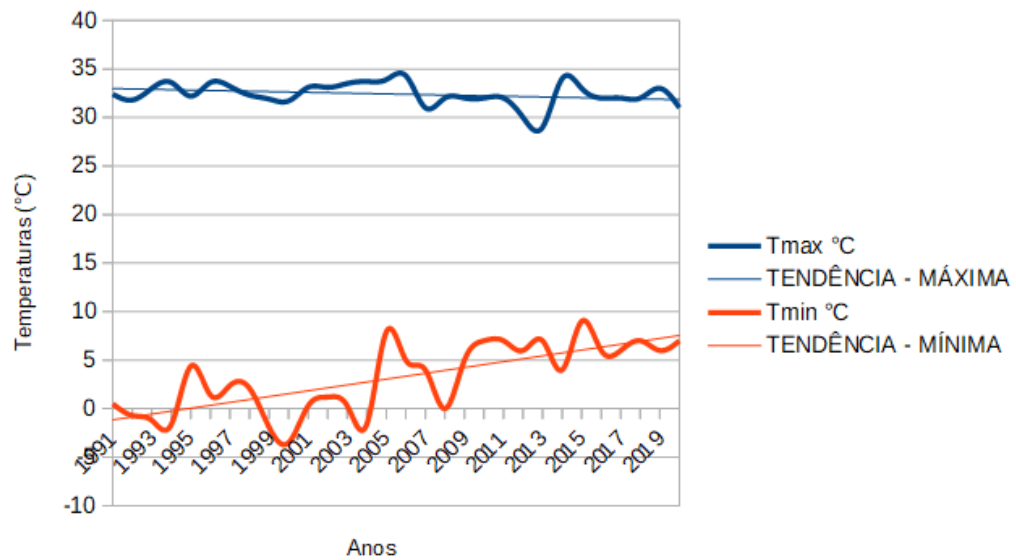
|      |      |      |
|------|------|------|
| 1991 | 32,4 | 0,5  |
| 1992 | 31,8 | -0,7 |
| 1993 | 33   | -1,2 |
| 1994 | 33,6 | -1,6 |
| 1995 | 32,2 | 4,4  |
| 1996 | 33,6 | 1,4  |
| 1997 | 33,2 | 2,4  |
| 1998 | 32,3 | 2,1  |
| 1999 | 31,9 | -1,9 |
| 2000 | 31,7 | -3,5 |
| 2001 | 33,1 | 0,3  |
| 2002 | 33,1 | 1,2  |
| 2003 | 33,5 | 0,3  |
| 2004 | 33,7 | -1,6 |
| 2005 | 33,9 | 7,9  |
| 2006 | 34,3 | 5    |
| 2007 | 31   | 4    |
| 2008 | 32   | 0    |
| 2009 | 32   | 5    |
| 2010 | 32   | 7    |
| 2011 | 32   | 7    |
| 2012 | 30   | 6    |
| 2013 | 29   | 7    |
| 2014 | 34   | 4    |
| 2015 | 33   | 9    |
| 2016 | 32   | 6    |
| 2017 | 32   | 6    |
| 2018 | 32   | 7    |
| 2019 | 33   | 6    |
| 2020 | 31   | 7    |

Fonte: Autor adaptado de Moreira, (2022)

Pode-se verificar que as informações se encontram em ordem crescente em relação ao ano, e de acordo com Moreira (2022), essa representação utilizando valores extremos é uma melhor opção para a representatividade das análises, visto que o uso direto de funções nos dados de temperatura não permitem uma alta efetividade das curvas estatísticas em relação às temperaturas. Deste modo, foram escolhidos 30 valores de máximos e mínimos no tempo de recorrência escolhido, utilizando funções de máximo e mínimo disponibilizadas pelo Excel. Por meio dessas análises dos extremos, pode-se visualizar de uma melhor forma a variação de temperatura em uma determinada estação.

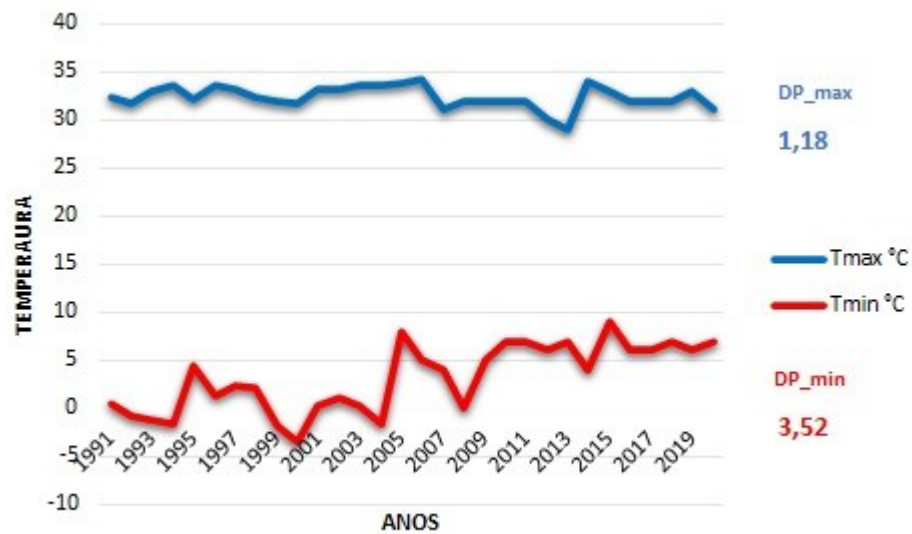
No Gráfico 1, nota-se um aumento das temperaturas mínimas ao longo do período de tempo escolhido, assim como nota-se um padrão de temperatura máxima.

Gráfico 1: TENDÊNCIA - ESTAÇÃO A807



Fonte: Autor, (2022)

Gráfico 2: DESVIO PADRÃO e MÉDIA



Fonte: Autor, (2022)

Em muitos casos, as estações apresentam problemas em relação à obtenção dos dados, sejam eles causados por falha humana, no caso das estações convencionais, ou no caso de pane da estação em si, ou até mesmo, desativada na maioria dos casos.

Figura 19: ESTAÇÃO  
DEFINIDA COMO  
DESATIVADA

|                       |  |
|-----------------------|--|
| Nome: CAMPO TENENTE   |  |
| Codigo Estacao: 83077 |  |
| Latitude: -25.98      |  |
| Longitude: -49.68     |  |
| Altitude: 0           |  |
| Situacao: Desativada  |  |

Fonte: Autor, (2022)

Percebe-se com bastante frequência a falta de dados durante períodos aleatórios de tempo, tanto em estações convencionais, quanto em estações automáticas.

Figura 20: PERÍODO SEM LEITURA NA  
ESTAÇÃO CURITIBA (A807)

|            |      |      |
|------------|------|------|
| 31/01/2003 | null | null |
| 01/02/2003 | null | null |
| 02/02/2003 | null | null |
| 03/02/2003 | null | null |
| 04/02/2003 | null | null |
| 05/02/2003 | null | null |
| 06/02/2003 | null | null |
| 07/02/2003 | null | null |
| 08/02/2003 | null | null |
| 09/02/2003 | null | null |
| 10/02/2003 | null | null |
| 11/02/2003 | null | null |
| 12/02/2003 | null | null |
| 13/02/2003 | null | null |

Fonte: Autor, (2022)

A solução escolhida para esses casos, é a mesclagem de dados das estações automáticas com as estações convencionais, de forma que na falta de informação em um determinado período de tempo possa ser resolvido utilizando dados de uma estação convencional. Entretanto, alguns dados só existem para estações convencionais, uma vez que as estações automáticas começam a obtenção de dados pós ano 2000.

Figura 21: DADOS NA MESMA ÉPOCA DE ESTAÇÕES CONVENCIONAIS E AUTOMÁTICAS

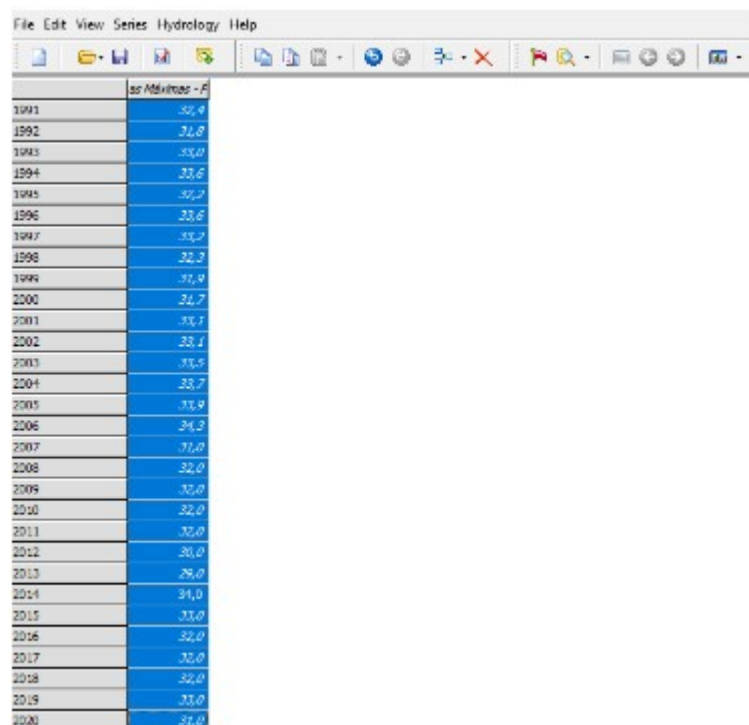
|            |      |      | Data Medicao | TEMPERATURA MAXIA | TEMPERA |
|------------|------|------|--------------|-------------------|---------|
| 27/01/2003 | 21,7 | 16,3 | 27/01/2003   | null              | null    |
| 28/01/2003 | 25,5 | 16,3 | 28/01/2003   | null              | null    |
| 29/01/2003 | 24,9 | 16   | 29/01/2003   | null              | null    |
| 30/01/2003 | 26   | 15,7 | 30/01/2003   | null              | null    |
| 31/01/2003 | 26,6 | 17,4 | 31/01/2003   | null              | null    |
| 01/02/2003 | 25,5 | 19,1 | 01/02/2003   | null              | null    |
| 02/02/2003 | 31,7 | 16,8 | 02/02/2003   | null              | null    |
| 03/02/2003 | 32,6 | 17,6 | 03/02/2003   | null              | null    |
| 04/02/2003 | 33,5 | 18,4 | 04/02/2003   | null              | null    |
| 05/02/2003 | 29,7 | 19,2 | 05/02/2003   | null              | null    |
| 06/02/2003 | 30   | 19   | 06/02/2003   | null              | null    |
| 07/02/2003 | 32   | 20   | 07/02/2003   | null              | null    |
| 08/02/2003 | 30,3 | 19,3 | 08/02/2003   | null              | null    |

Fonte: Autor, (2022)

### 3.2 – Processamento dos dados no software HIDRYGNOMOM

Já com as 30 informações de temperaturas, é feita a inserção manualmente desses dados no software. Como exemplo será usada a estação A807 de Curitiba.

Figura 22: TABELA INSERIDA NO SOFTWARE HYDROGNOMOM

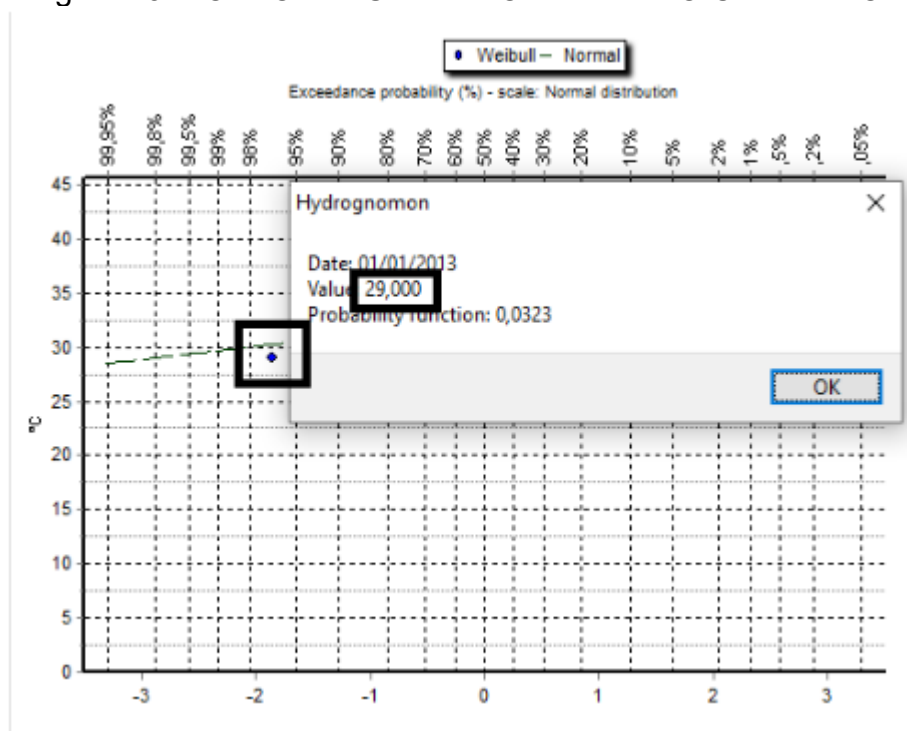


|      | as Atividade - A |
|------|------------------|
| 1991 | 30,4             |
| 1992 | 34,8             |
| 1993 | 30,0             |
| 1994 | 33,6             |
| 1995 | 30,7             |
| 1996 | 33,6             |
| 1997 | 33,7             |
| 1998 | 32,7             |
| 1999 | 31,9             |
| 2000 | 34,7             |
| 2001 | 35,1             |
| 2002 | 33,1             |
| 2003 | 31,5             |
| 2004 | 33,7             |
| 2005 | 31,9             |
| 2006 | 34,3             |
| 2007 | 31,0             |
| 2008 | 32,0             |
| 2009 | 32,0             |
| 2010 | 32,0             |
| 2011 | 32,0             |
| 2012 | 30,0             |
| 2013 | 29,0             |
| 2014 | 34,0             |
| 2015 | 33,0             |
| 2016 | 32,0             |
| 2017 | 32,0             |
| 2018 | 32,0             |
| 2019 | 33,0             |
| 2020 | 32,0             |

Fonte: Autor, (2022)

Utilizando da opção estatística presente na opção HYDROLOGY, é feita a leitura das informações inseridas, tendo como resultado a análise em relação às curvas estatísticas. De acordo com Moreira (2022), os pontos em azul, como demonstrado na Figura 23, são em relação à distribuição empírica de Weibull, sendo cada ponto um ano correspondente da tabela mostrada na Figura 22. Já as linhas, são as demonstrações das distribuições escolhidas para a representação e análise.

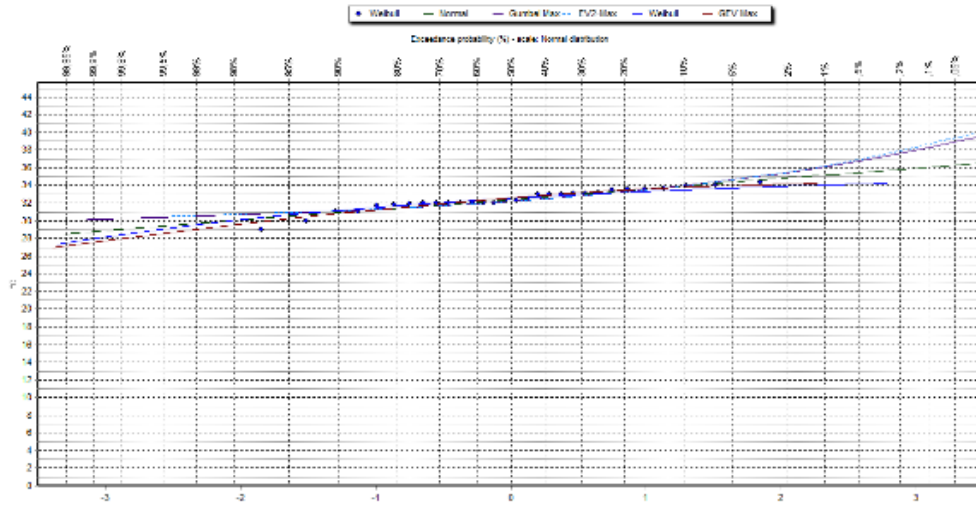
Figura 23: PONTOS AZUIS DEMONSTRANDO CADA ANO



Fonte: Autor, (2022)

Na Figura 24 a seguir, estará representada a relação entre as curvas selecionadas para análises e as temperaturas representadas pelos pontos, cujo cada curva é uma distribuição selecionada anteriormente. No eixo horizontal a probabilidade estatística e no eixo vertical as temperaturas em °C, tudo isso em uma escala de distribuição normal.

Figura 24: CURVAS DE DISTRIBUIÇÃO DE DADOS



Fonte: Autor, (2022)

Ao selecionar a opção *teste* e logo em seguida selecionar a opção estatística de *Kolmogorov-Sminorv* é feita a validação das funções. *Kolmogorov-Sminorv* é um teste estatístico em que se compara a proporção de valores esperados em relação aos valores resultante das distribuições, tendo sua validação dada através do módulo do desvio máximo, que deve ser menor que o desvio tabelado de acordo com seu nível de significância, ou seja, a maior porcentagem indica uma melhor aceitação, visto que o desvio é menor (Moreira, 2022).

Após a seleção do teste de *Kolmogorov-Sminorv*, utiliza-se desse critério para fazer uma comparação entre todas distribuições escolhidas, de forma que muitas distribuições atendem aos pré-requisitos e são selecionadas aquelas que apresentam maior porcentagem de qualidade (Figura 25). Usa-se também de análises gráficas, de modo que se verifica a curva que melhor se encaixa em relação às temperaturas.

Figura 25: VERIFICAÇÃO DE QUALIDADE (ESTAÇÃO A807 - CURITIBA)

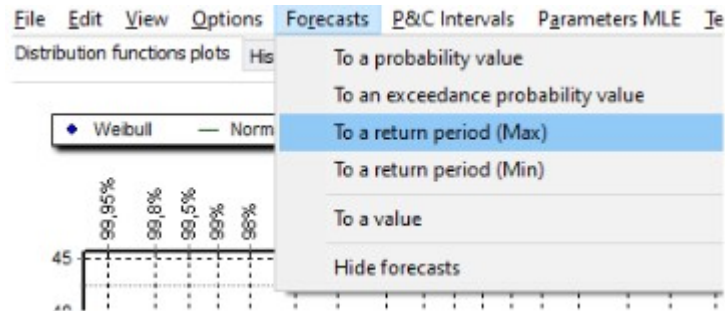
| Distribution functions plots          | Histogram - Density functions plots |        |        | Parameter values - Forecasts |         |
|---------------------------------------|-------------------------------------|--------|--------|------------------------------|---------|
| Kolmogorov-Smirnov test for: All data | a=1%                                | a=5%   | a=10%  | Attained a                   | DMax    |
| Normal                                | ACCEPT                              | ACCEPT | ACCEPT | 78,2655%                     | 0,11247 |
| Normal (L-Moments)                    | ACCEPT                              | ACCEPT | ACCEPT | 75,6648%                     | 0,11545 |
| LogNormal                             | ACCEPT                              | ACCEPT | ACCEPT | 74,9574%                     | 0,11625 |
| Exponential                           | ACCEPT                              | ACCEPT | REJECT | 8,69995%                     | 0,22128 |
| Exponential (L-Moments)               | ACCEPT                              | ACCEPT | REJECT | 5,51834%                     | 0,23731 |
| Gamma                                 | ACCEPT                              | ACCEPT | ACCEPT | 78,2655%                     | 0,11247 |
| Pearson III                           | ACCEPT                              | ACCEPT | ACCEPT | 41,5681%                     | 0,15403 |
| Log Pearson III                       | ACCEPT                              | ACCEPT | ACCEPT | 29,6211%                     | 0,17095 |
| EV1-Max (Gumbel)                      | ACCEPT                              | ACCEPT | ACCEPT | 34,7138%                     | 0,16328 |
| EV2-Max                               | ACCEPT                              | ACCEPT | ACCEPT | 30,0572%                     | 0,17026 |
| EV1-Min (Gumbel)                      | ACCEPT                              | ACCEPT | ACCEPT | 45,1947%                     | 0,14950 |
| EV3-Min (Weibull)                     | ACCEPT                              | ACCEPT | ACCEPT | 29,9713%                     | 0,17040 |
| GEV-Max                               | ACCEPT                              | ACCEPT | ACCEPT | 61,7315%                     | 0,13070 |
| GEV-Min                               | ACCEPT                              | ACCEPT | ACCEPT | 57,0744%                     | 0,13579 |
| Pareto                                | ACCEPT                              | ACCEPT | ACCEPT | 41,2625%                     | 0,15442 |
| GEV-Max (L-Moments)                   | ACCEPT                              | ACCEPT | ACCEPT | 75,3152%                     | 0,11584 |
| GEV-Min (L-Moments)                   | ACCEPT                              | ACCEPT | ACCEPT | 66,7360%                     | 0,12528 |
| EV1-Max (Gumbel, L-Moments)           | ACCEPT                              | ACCEPT | ACCEPT | 36,3293%                     | 0,16100 |
| EV2-Max (L-Moments)                   | ACCEPT                              | ACCEPT | ACCEPT | 32,2549%                     | 0,16688 |
| EV1-Min (Gumbel, L-Moments)           | ACCEPT                              | ACCEPT | ACCEPT | 46,6842%                     | 0,14770 |
| EV3-Min (Weibull, L-Moments)          | ACCEPT                              | ACCEPT | ACCEPT | 52,1839%                     | 0,14128 |

Fonte: Autor, (2022)

Nota-se em destaque com cor azul aquela que dentre as distribuições selecionadas, é a de melhor qualidade para a validade desses dados acima, usados como exemplo, é a distribuição Normal, sendo aceita em todos os intervalos de confiança.

Após esse processo de verificação visual das porcentagens e da curva (Figura 24) é feita a previsão das temperaturas, utilizando da função *forecast* selecionando um período de retorno, sendo esse de 50 e 100 anos no futuro, tanto em temperaturas máximas quanto em mínimas.

Figura 26: PREVISÃO DE FUTURAS  
TEMPERATURAS



Fonte: Autor, (2022)

Logo em seguida, encontram-se os valores retornados para um período de 50 anos, como podemos visualizar na Figura 27.

Figura 27: TEMPERATURAS  
MÁXIMAS NOS PRÓXIMOS 50  
ANOS

| All data - T(Max)= 50,0000 y | Value   |
|------------------------------|---------|
| Normal                       | 34,8342 |
| Normal (L-Moments)           | 34,7711 |
| LogNormal                    | 34,9032 |
| Invalid                      |         |
| Exponential                  | 35,8474 |
| Exponential (L-Moments)      | 36,1876 |
| Gamma                        | 34,8342 |
| Pearson III                  | 35,3319 |
| Log Pearson III              | 35,5742 |
| EV1-Max (Gumbel)             | 35,4711 |
| EV2-Max                      | 35,5214 |
| EV1-Min (Gumbel)             | 34,1973 |
| EV3-Min (Weibull)            | 33,8856 |
| GEV-Max                      | 34,1504 |
| GEV-Min                      | 34,3173 |

Fonte: Autor, (2022)

Nota-se que o valor retornado para a distribuição escolhida (normal) é de 34,8342 °C, sendo assim, é possível comparar com valores de temperatura das outras distribuições escolhidas, como a EV2-máx que apresenta um valor de temperatura diferente, mas próximo. Mesmo que sejam próximas, é importante que sempre seja escolhida a distribuição que apresenta a melhor qualidade de ajuste (Moreira, 2022).

O processo é repetido para as temperaturas mínimas de cada estação. Na Figura 28, é possível verificar o processo para outra estação.

Figura 28: VERIFICAÇÃO DE QUALIDADE DAS TEMPERATURAS MÍNIMAS (A802 - RIO GRANDE)

| Kolmogorov-Smirnov test for: All data | a=1%   | a=5%   | a=10%  | Attained a | DMax    |
|---------------------------------------|--------|--------|--------|------------|---------|
| Normal                                | ACCEPT | REJECT | REJECT | 3,38329%   | 0,25345 |
| Normal (L-Moments)                    | ACCEPT | REJECT | REJECT | 2,29036%   | 0,26563 |
| LogNormal                             | ACCEPT | ACCEPT | ACCEPT | 49,3082%   | 0,14460 |
| Galton                                | ACCEPT | ACCEPT | ACCEPT | 18,3498%   | 0,19219 |
| Exponential                           | ACCEPT | ACCEPT | ACCEPT | 27,6128%   | 0,17424 |
| Exponential (L-Moments)               | ACCEPT | ACCEPT | ACCEPT | 19,6763%   | 0,18925 |
| Gamma                                 | REJECT | REJECT | REJECT | 0,00065%   | 0,45161 |
| Pearson III                           | ACCEPT | ACCEPT | REJECT | 5,80808%   | 0,23556 |
| Log Pearson III                       | REJECT | REJECT | REJECT | 0,00056%   | 0,45435 |
| EV1-Max (Gumbel)                      | ACCEPT | ACCEPT | ACCEPT | 19,4858%   | 0,18966 |
| EV2-Max                               | REJECT | REJECT | REJECT | %          | 0,70968 |
| EV1-Min (Gumbel)                      | REJECT | REJECT | REJECT | 0,29835%   | 0,32203 |
| EV3-Min (Weibull)                     | ACCEPT | ACCEPT | ACCEPT | 98,6048%   | 0,07562 |
| GEV-Max                               | ACCEPT | ACCEPT | ACCEPT | 15,4113%   | 0,19937 |
| GEV-Min                               | ACCEPT | REJECT | REJECT | 3,44316%   | 0,25289 |
| Pareto                                | REJECT | REJECT | REJECT | %          | 1,63291 |
| GEV-Max (L-Moments)                   | ACCEPT | REJECT | REJECT | 2,04475%   | 0,26907 |
| GEV-Min (L-Moments)                   | ACCEPT | ACCEPT | REJECT | 9,94379%   | 0,21635 |
| EV1-Max (Gumbel, L-Moments)           | ACCEPT | ACCEPT | REJECT | 8,44594%   | 0,22235 |
| EV2-Max (L-Moments)                   | REJECT | REJECT | REJECT | %          | 0,70968 |
| EV1-Min (Gumbel, L-Moments)           | REJECT | REJECT | REJECT | 0,21764%   | 0,32992 |
| EV3-Min (Weibull, L-Moments)          | ACCEPT | ACCEPT | ACCEPT | 66,5865%   | 0,12544 |

Fonte: Autor, (2022)

Pode-se verificar na imagem acima, que as porcentagens (%) se encontram com uma menor aderência aos dados. De forma que a distribuição EV3-MIN (Weibull) é a que apresenta melhor qualidade, em torno de 98,6048%.

É muito comum nesse processo, que existam algumas estações que apresentam uma qualidade abaixo do esperado. Entretanto, os dados são utilizados, visto que o objetivo principal é a geração de um mapa de temperatura.

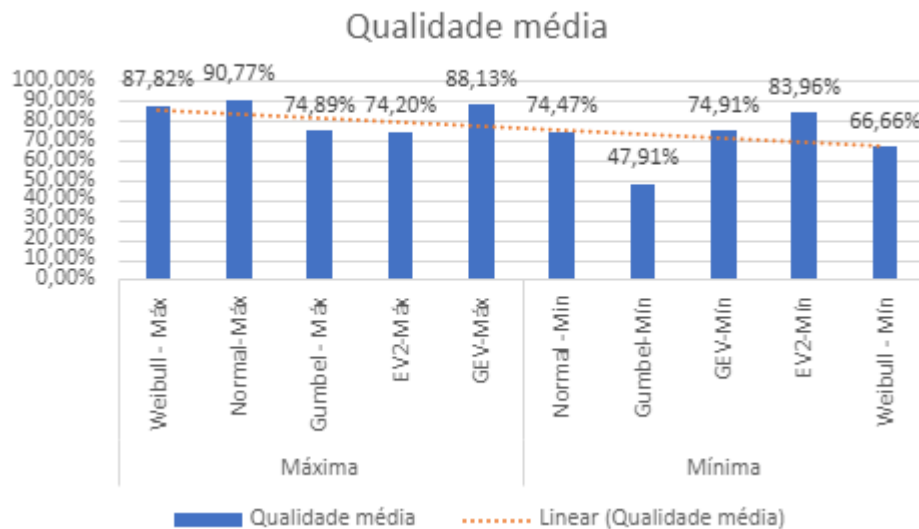
Figura 29: VALOR DE  
TEMPERATURA MÍNIMA PARA 50  
ANOS

| All data - T(Min) = 50,0000 y | Value    |
|-------------------------------|----------|
| Normal                        | -2,85199 |
| Normal (L-Moments)            | -2,25732 |
| LogNormal                     | 0,08546  |
| Galton                        | -1,22463 |
| Exponential                   | -0,63027 |
| Exponential (L-Moments)       | -0,57036 |
| Gamma                         | 0,00044  |
| Pearson III                   | -0,80889 |
| Log Pearson III               | 0,38371  |
| EV1-Max (Gumbel)              | -1,73576 |
| EV2-Max                       | 0,47983  |
| EV1-Min (Gumbel)              | -3,96816 |
| EV3-Min (Weibull)             | 0,00390  |
| GEV-Max                       | -1,36693 |
| GEV-Min                       | -0,75730 |
| Pareto                        | -0,69962 |
| GEV-Max (L-Moments)           | -0,39834 |
| GEV-Min (L-Moments)           | -0,17085 |
| EV1-Max (Gumbel, L-Moments)   | -1,41459 |
| EV2-Max (L-Moments)           | 0,11518  |
| EV1-Min (Gumbel, L-Moments)   | -3,41811 |
| EV3-Min (Weibull, L-Moments)  | 0,00064  |
| Pareto (L-Moments)            | -0,24491 |

Fonte: Autor, (2022)

Para um intervalo de 90%, observável na Figura 29, nota-se a temperatura mínima obtida, valor de 0,00390 °C, sendo possível novamente comparar entre as distribuições e notar uma leve diferença, como entre EV3-MIN (Weibull) e GEV-MIN, sendo a primeira 0,00390 e segunda -0,75730 °C.

Gráfico 3: QUALIDADE DAS INFORMAÇÕES GERADAS PELAS DISTRIBUIÇÕES



Fonte: Autor, (2022)

Pode-se observar no gráfico 3, que a distribuição normal apresenta 90% de qualidade, para os dados de temperatura máximas, mas essa mesma distribuição na temperatura mínima ocorre uma diferença significativa de qualidade, chegando aproximadamente a 74,47%. A distribuição de Gumbel foi a que apresentou a menor qualidade entre as distribuições máximas e mínimas, mas, ainda assim, apresenta uma certa relevância no estudo de extremos, como dito por (Moreira, 2022). Já as distribuições GEV e EV2, foram as que apresentaram as melhores estimativas de temperatura, com qualidade na obtenção da máxima e mínima.

Percebe-se a proximidade entre as distribuições, com uma única queda significativa, concluindo que é possível utilizar qualquer tipo de distribuição desde que tenham qualidade próxima para a determinação das temperaturas.

É feito esse processo para as outras 770 estações, de forma que se cria uma nova planilha com os dados de temperatura de cada estação e a localidade.

### 3.2 GERAÇÃO DOS DADOS DE TEMPERATURA

Os dados das 771 estações separadas por regiões (Norte, Sul, Sudeste, Nordeste e Centro-Oeste) são inseridas no software de processamento QGIS. Os dados das temperaturas calculadas no software HIDRYGNOMOM são inseridos como atributos destas estações. Na Figura 30, é possível notar em como se dispõem as informações da planilha, sendo uma adaptação da planilha original de coautoria de Moreira (2022).

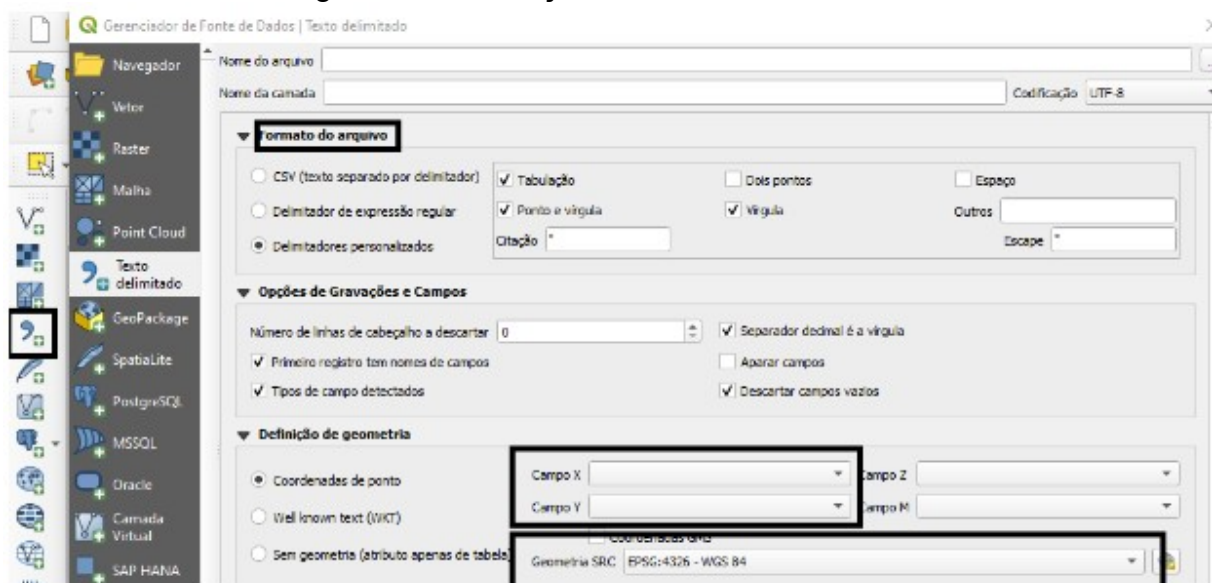
Figura 30: DADOS DAS ESTAÇÕES DA REGIÃO NORTE

| ESTAÇÃO                   | LATITUDE    | LONGITUDE   | ALTITUDE | 50 ANOS MAXIMO | 100 ANOS MAXIMO | 50 ANOS MINIMO | 100 ANOS MINIMO |
|---------------------------|-------------|-------------|----------|----------------|-----------------|----------------|-----------------|
| A009-83033 - PALMAS       | -10.190744  | -48.301811  | 291.87   | 41,7797        | 42,0351         | 10,3238        | 8,91826         |
| A010-83231 - PARANA       | -12.6150000 | -47.8719444 | 284.96   | 42,1696        | 42,3598         | 11,0869        | 11,0678         |
| A018-83228 - PEIKE        | -12.015377  | -48.544517  | 250.87   | 41,3263        | 41,5072         | 11,4461        | 10,8578         |
| A019-83160 - GURUPI       | -11.7458333 | -49.0497222 | 279.07   | 41,2792        | 41,3726         | 11,4072        | 11,3959         |
| A020-82863 - PEDRO AFONSO | -8.968677   | -48.177259  | 189.71   | 42,1684        | 42,8145         | 14,9256        | 14,8471         |
| A021-82659 - ARAGUAINA    | -7.10388888 | -48.2011111 | 230.76   | 38,3706        | 38,4224         | 12,2934        | 12,2777         |

Fonte: Autor adaptado de Moreira, (2022)

Dentro do software QGIS é feita a inserção dessa planilha por meio da opção *adicionar uma camada de texto delimitado*, conforme indicado na Figura 31.

Figura 31: INSERÇÃO DE DADOS NO QGIS



Fonte: Autor, (2022)

Após esse processo, é feita a transformação do sistema de referência de origem para o sistema de referência de destino. O sistema de origem é o WGS-84 que apresenta como unidade de medida o grau (°) e após a transformação utiliza-se o sistema de referência SIRGAS 2000 / Brazil Polyconic com a unidade medida métrica (m).

### 3.2.1 Escolha do interpolador

#### 3.2.1.1 Inverse Distance Weighted- IDW

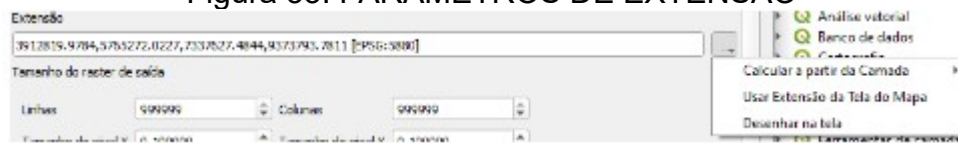
Para gerar os mapas de temperatura utilizando o Interpolado IDW são definidos os parâmetros conforme a Figura 32. O atributo dessa interpolação será a previsão de temperatura escolhida. Nesse caso do exemplo, a previsão de temperatura de 100 anos máximo.

Figura 32: PARÂMETROS IDW

Fonte: Autor, (2022)

Logo em seguida, é feita a escolha de extensão, apresentando 3 opções que são baseadas no limite da área a ser interpolada. São as seguintes opções: *Calcular a partir de uma camada, usar extensão da tela do mapa e desenhar na tela* (Figura 33)

Figura 33: PARÂMETROS DE EXTENSÃO

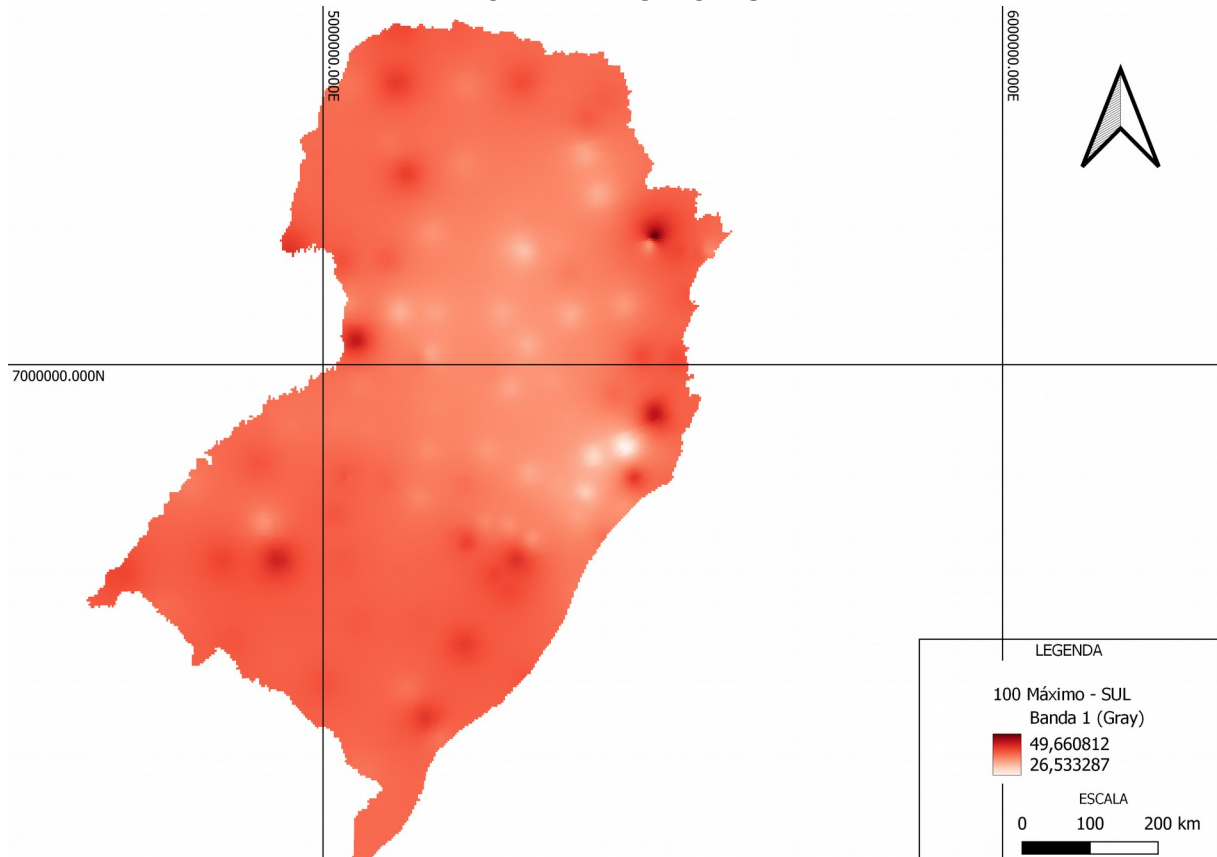


Fonte: Autor, (2022)

Foi escolhida a usar extensão da tela do mapa, e em seguida é escolhido o tamanho do *raster* de saída informando o tamanho de pixel. Esse tamanho do pixel foi medido anteriormente por meio da ferramenta de régua disponível no software, de modo que a menor distância entre os pontos é de aproximadamente 3 km, verificando que o tamanho ideal de pixel é 3000, mas sendo utilizado metade desse tamanho aproximadamente 1500.

Na Figura 34, é possível ver o resultado gerado com a interpolação IDW, utilizando como exemplo a região sul do Brasil. Pode-se perceber que o uso desse interpolador oferece algumas desvantagens, como a falta de regularidade das amostras, dito no item 2.5, favorecendo a criação de picos e poços ao redor de amostras, como podemos visualizar abaixo:

**Figura 34: TEMPERATURA MÁXIMA PARA TEMPO DE RECORRÊNCIA DE 100 ANOS NA REGIÃO SUL**



Fonte: Autor, (2022)

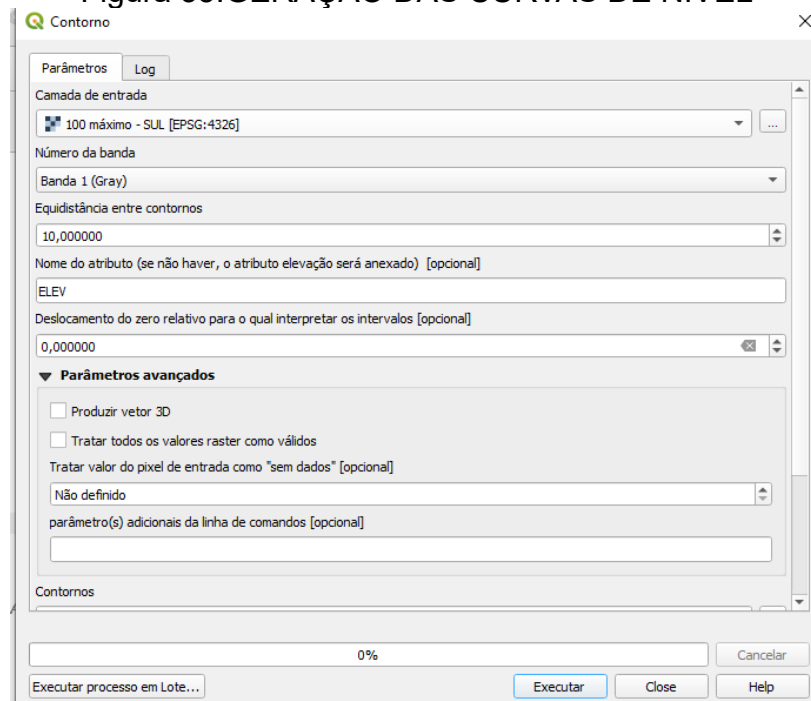
Para a geração das curvas de temperatura utiliza-se dos produtos gerados pela interpolação, sendo mapas referentes a cada região do Brasil com suas determinadas previsões (50 e 100 anos).

É importante lembrar que essas curvas se baseiam nas informações interpoladas, vide item 2.5, levando em consideração os valores de temperatura na região em questão. Será utilizado como exemplo, um mapa do sul do país com previsão para temperaturas máximas em 100 anos.

Na Figura 35, é possível ver o processo para a obtenção das curvas de temperatura, levando em conta uma imagem em formato .TIF. No menu *raster*, seleciona-se opção *extrair* e por fim a opção *contorno*.

A opção *contorno* é utilizada para a geração de uma curva que determina a diferença de temperatura a cada 2 °C.

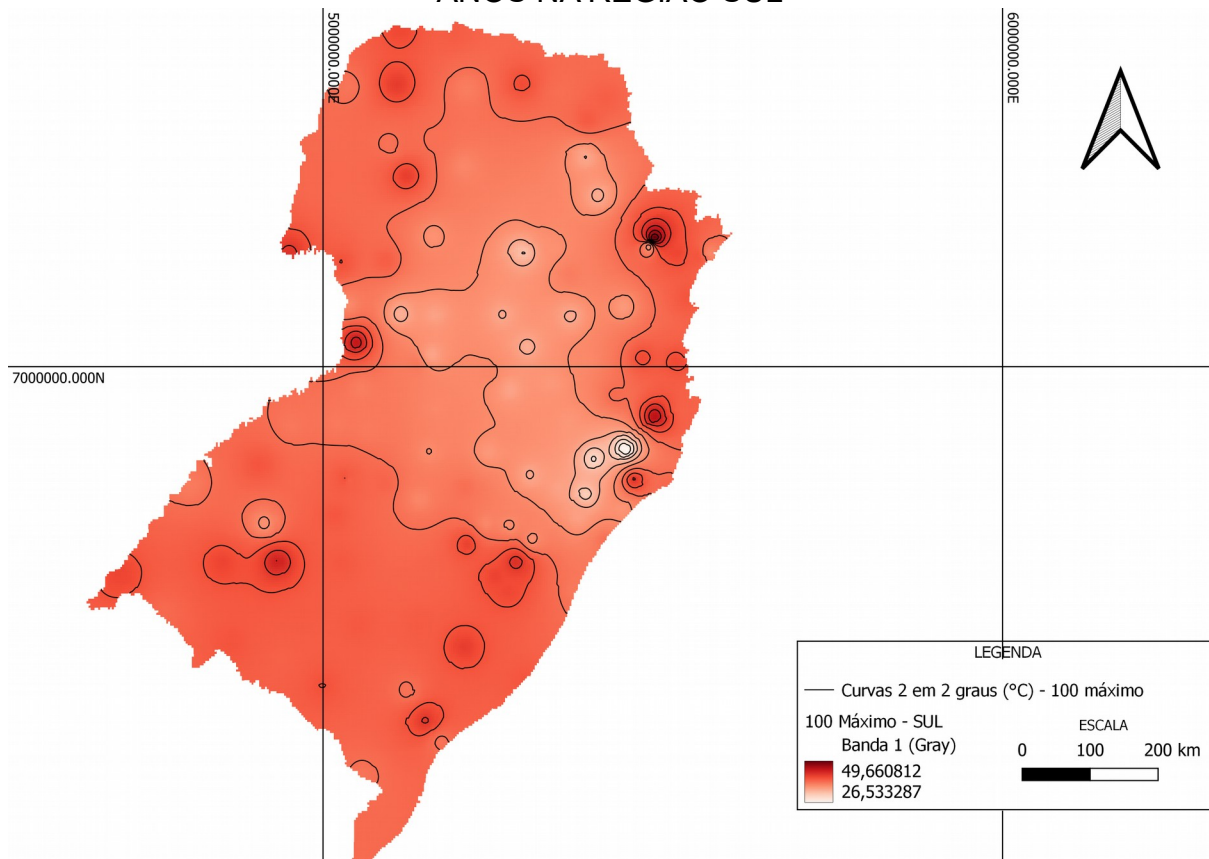
Figura 35:GERAÇÃO DAS CURVAS DE NÍVEL



Fonte: Autor, (2022)

A camada de entrada é um arquivo raster gerado pela interpolação IDW, seguido da equidistância adotada para a análise. Os demais itens são deixados como *default*, sendo a última escolha o local de armazenamento.

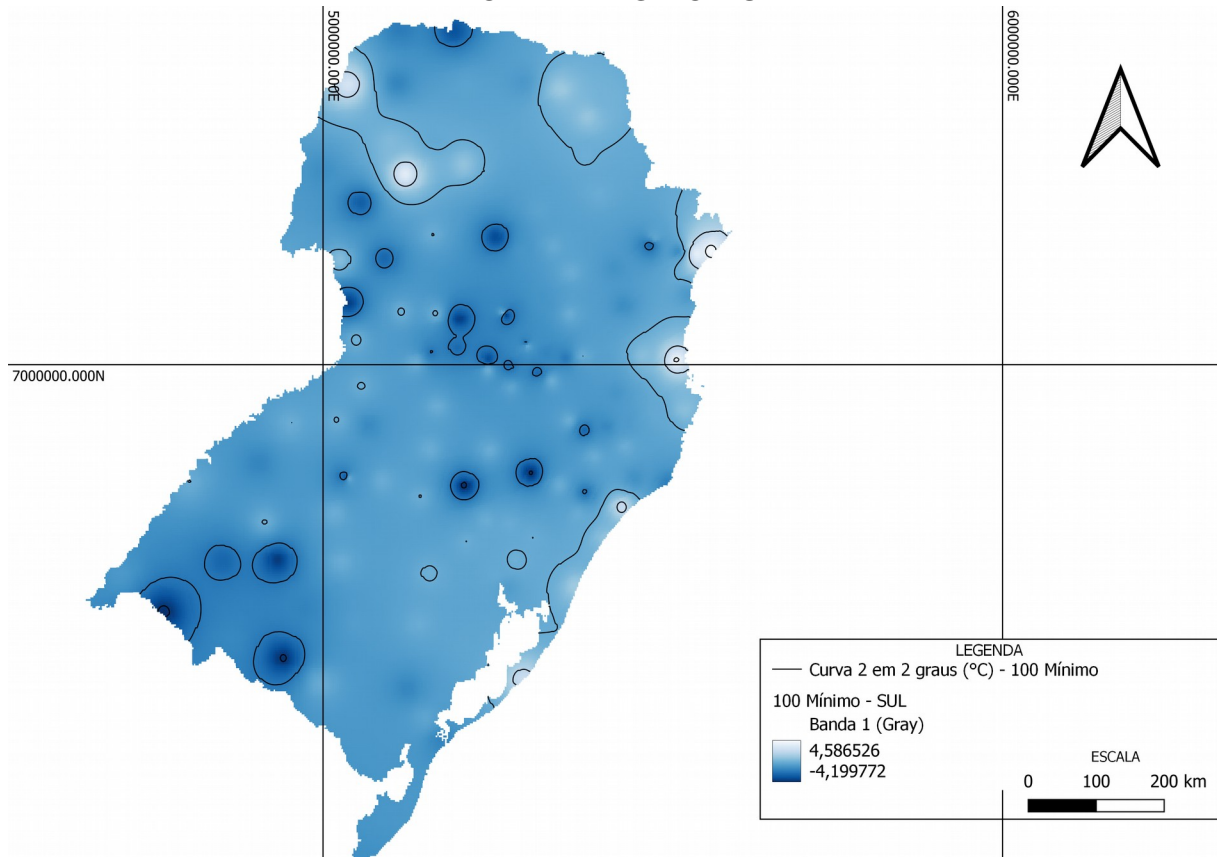
*Figura 36:* TEMPERATURA MÁXIMA PARA TEMPO DE RECORRÊNCIA DE 100 ANOS NA REGIÃO SUL



Fonte: Autor, (2022)

As maiores temperaturas se encontram mais na região oeste e norte, com picos de temperatura próximos a São Paulo capital e Vitória, e poços de temperatura espalhados pela região. A variação de temperatura nesse caso, ficou entre 26°C e 49°C.

**Figura 37: TEMPERATURA MÍNIMA PARA TEMPO DE RECORRÊNCIA DE 100 ANOS NA REGIÃO SUL**



Fonte: Autor, (2022)

No caso da temperatura mínima, percebe-se a geração de picos e poços ao redor das amostras. Destacando-se temperaturas menores na região sul de Porto Alegre, atingindo valores aproximados de  $-4^{\circ}\text{C}$  a  $4^{\circ}\text{C}$ .

A escolha da interpolação IDW para o estudo de temperatura seria ideal caso houvesse amostras espalhadas regularmente e com uma quantidade maior de estações

### 3.2.1.2 Triangular Irregular Network - TIN

Para a geração de um mapa de temperatura utilizando TIN, é importante entendermos que o processo de inserção dos dados é o mesmo que para o IDW (vide item 3.3.1.1), de forma que a única mudança é feita na hora da escolha dos parâmetros.

Figura 38: PARÂMETROS TIN

Parâmetros Log

Camada(s) de entrada

Camada vetorial 100 ANOS - CENTROOESTE-TESTE

Atributo de interpolação

☐ Usar Coordenada Z para interpolação

| Camada vetorial | Atributo | Tipo |
|-----------------|----------|------|
|-----------------|----------|------|

Método de interpolação

Linear

Extensão

Tamanho do raster de saída

Linhas 1 Colunas 1

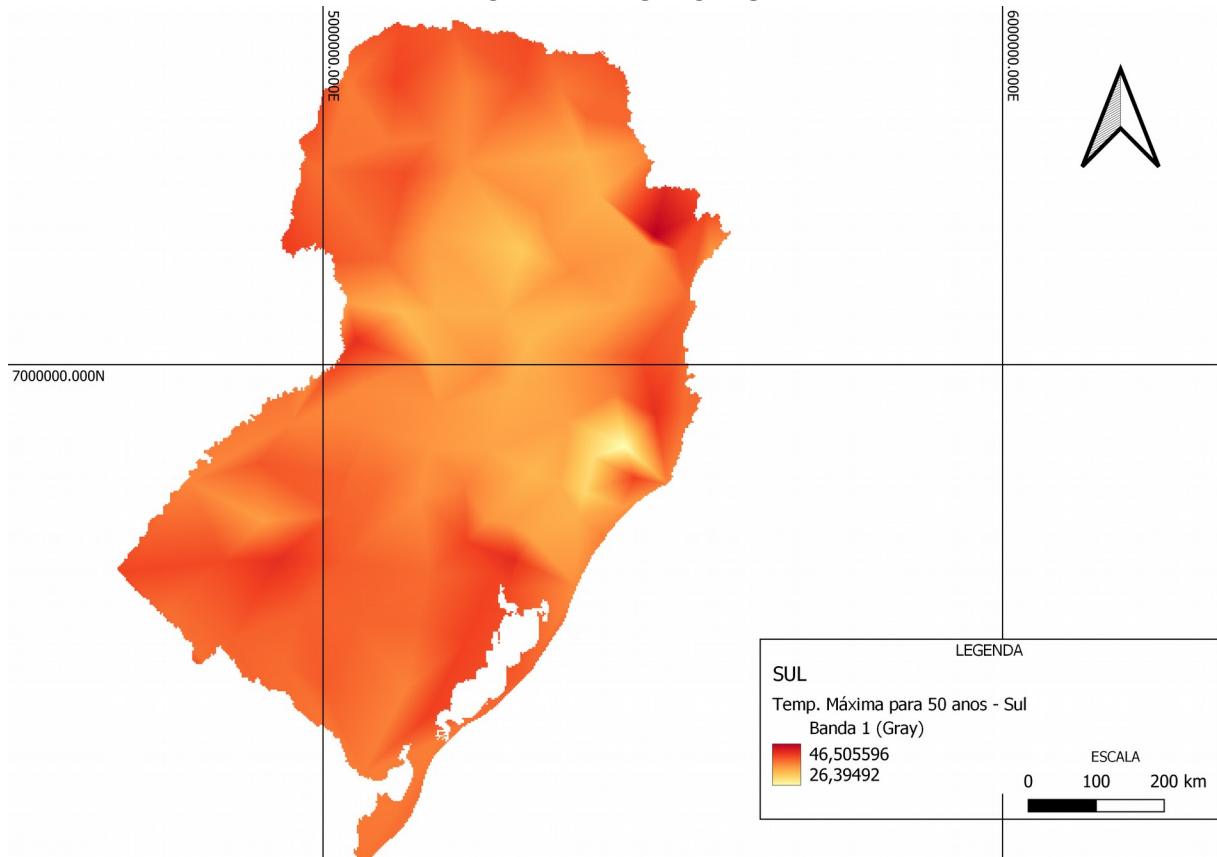
Tamanho do pixel X 2500,000000 Tamanho do pixel Y 2500,000000

Interpolado

Fonte: Autor, (2022)

Na Figura 38, é possível notar que a única diferença na ferramenta entre o processamento usando o IDW e o TIN é o método de interpolação escolhido, sendo utilizado a versão *default*, que seria a linear. Esse método linear traça uma linha reta entre os pontos usados na triangulação enquanto que o cúbico traça uma curva entre eles. Foi realizado teste com a interpolação cúbica, mas houve alteração no produto final gerado.

**Figura 39: TEMPERATURA MÁXIMA PARA TEMPO DE RECORRÊNCIA DE 50 ANOS NA REGIÃO SUL**



Fonte: Autor, (2022)

### 3.2.1.2.1 Geração de Curvas de Temperatura - TIN

A geração de uma curva de temperatura para a estrutura de dados TIN segue o mesmo processo da geração para o interpolador IDW com a única diferença que o TIN é um método de geração de superfície e sendo necessário escolher qual arquivo em formato .TIF será utilizado, nesse caso, a imagem gerada pela triangulação.

É importante mencionarmos que as curvas de temperatura geradas por meio de TIN apresentam características dentadas, de modo que seja necessário usar funções ou complementos que permitam suavizar essas curvas. Para esses casos, utilizou – se de uma função de suavização de geometria, permitindo que os contornos apresentem uma leve suavidade, principalmente em quinas.

Na Figura 40, é possível verificar quais parâmetros são necessários para realizar a suavização: começando com o número de *iterações* que serão realizadas

(quanto maior o número, maior será a suavização); em seguida o *deslocamento* (quanto menor o valor, mais fiéis ao resultado) e por último o *ângulo máximo de nó para suavizar* (ângulo em que a partir dele não terá mais suavização).

Figura 40: FUNÇÃO DE SUAVIZAÇÃO DE CURVA DE NÍVEL

 Suavização

Parâmetros Log

Camada de entrada

 Curva 2 em 2 - 50 máximo - Sul - [EPSG:5880]   

☐ Apenas feições selecionadas

Iterações

1   

Deslocamento

0,250000   

Ângulo máximo de nó para suavizar

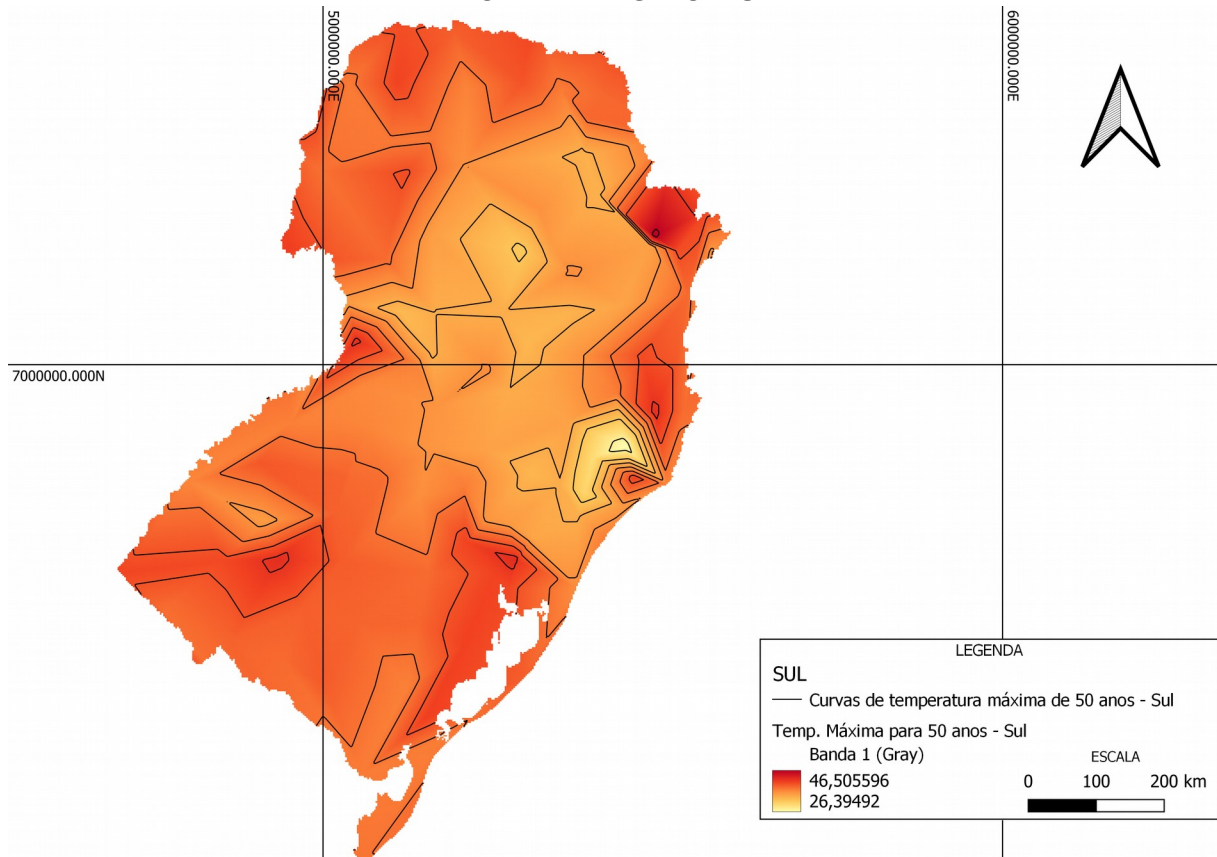
180,000000   

Suavizado

[Criar camada temporaria] 

Fonte: Autor, (2022)

**Figura 41: TEMPERATURA MÁXIMA PARA TEMPO DE RECORRÊNCIA DE 50 ANOS NA REGIÃO SUL**



Fonte: Autor, (2022)

Na Figura 41, é possível notar que as curvas mesmo suavizadas apresentam uma aparência dentada, indicando uma característica da estrutura de dados TIN.

É importante mencionar que existe a função Line Smooth, disponibilizado pelo complemento SAGA que executa a suavização de curvas de forma mais eficiente. Entretanto, não foi possível utilizar essa ferramenta pois o algoritmo não reconhece as curvas geradas por um raster TIN. Em relação a temperatura, percebe-se temperaturas mais elevadas em todo leste e oeste da região sul, assim como, picos de temperatura no nordeste e oeste do estado do Paraná, com temperaturas máximas variando de 26 °C até 46 °C.

Considerando os resultados gerados com os dois interpoladores, optou-se por utilizar o TIN, pois os resultados gerados por ele como as curvas de temperatura e variação de cores permite que as análises sejam realizadas com facilidade. De

acordo com Moreira (2022), essa produção gráfica segue padrões de mapas europeus e justifica a necessidade de atualização da norma brasileira, além do método de triangulação de Delaunay é mais frequentes no desenvolvimento de desenhos englobando curvas na topografia e mapas geodésicos.

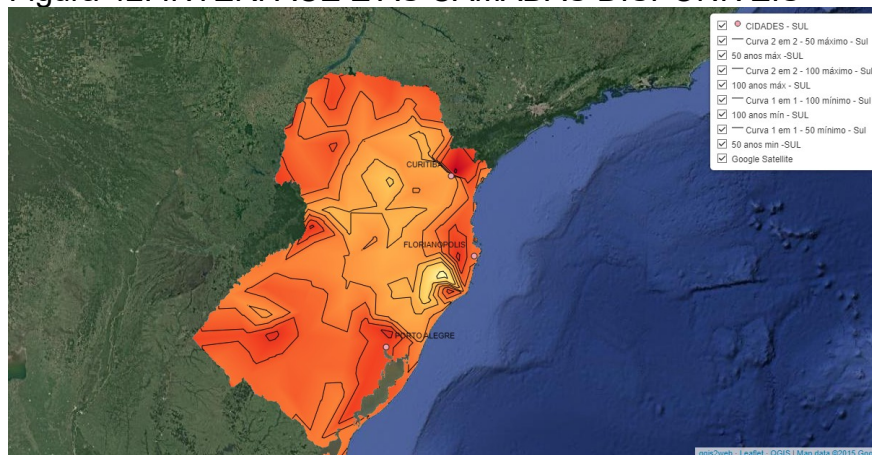
Sendo assim, foram utilizados apenas dois tipos de superfície geradas devido ao tempo de processamento de todos os dados, visto que foi um tratamento manual de todas as informações.

Os mapas das demais regiões do Brasil se encontram no Apêndice.

### 3.3 PUBLICAÇÃO DOS DADOS NA WEB

Após os produtos finais já estarem desenvolvidos, o resultado foi aplicado e publicado por meio do QGIS2WEB, disponível na página da orientadora ([http://docs.ufpr.br/~luciene/tcc\\_PHCF.html](http://docs.ufpr.br/~luciene/tcc_PHCF.html)), na Figura 42, é possível a interface desse geosserviço e suas camadas.

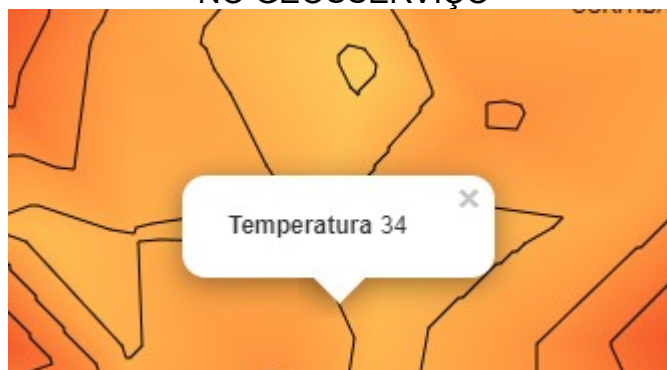
Figura 42: INTERFACE E AS CAMADAS DISPONÍVEIS



Fonte: Autor, 2022

Ao clicar nas curvas de temperatura presente, nota-se que abre uma janela contendo a informação referente a temperatura em graus Celsius daquela curva. Os dados são apresentados por números nesse serviço, permitindo que os usuários, que já conheçam sobre o assunto, possam realizar suas análises.

Figura 43: REPRESENTAÇÃO DO POP-UP  
NO GEOSSEVIÇO



Fonte: Autor, 2022

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A execução deste trabalho demonstrou a importância que o sistema de informação geográfica (SIG), quando aplicado, faz em qualquer área de estudo desde que tenha homogeneidade de dados e fácil disponibilização, isso em fato influencia diretamente o produto gerado, tornando possível assim que análises e produtos sejam realizados com uma maior qualidade desde que tenha mais informações.

A falta de dados e a situação precária de muitas estações são apenas alguns pontos negativos da influência que esses problemas causam na geração do produto final, no caso os mapas de temperatura.

Em relação aos interpoladores, a estrutura de dados TIN foi a melhor representação dos dados em questão, algo que o IDW apresentou também, mas devido a grande quantidade de picos de temperatura acabou deteriorando visualmente o produto. Por meio do TIN, apesar da dimensão continental do Brasil, foi a melhor forma de processar e visualizar os dados, visto que é um processo simples e rápido, utilizando da triangulação de Delaunay para a geração dos mapas de temperatura.

As contribuições vindas das análises dos mapas de recorrência de 50 e 100 anos, permitem que sejam feitas revisões a respeito dos itens 11.4.2.1 e 11.4.2.2 (vide item 1.1) na NBR 6118:2014, no quesito de demonstrar a variação de temperatura em uma determinada região, de modo que auxilie nos estudos sobre o concreto armado.

Os dados disponibilizados na web servem como um complemento para futuros estudos e análises referentes a mapas de temperatura, se tornando uma ferramenta capaz de propagar conhecimento. É importante ocorrer uma seleção dos dados, de modo a não sobrecarregar o servidor hospedado, devido ao fato que dados *raster* devem ser tratados de modo diferente em projetos web.

Para futuros trabalhos, são apresentadas as seguintes sugestões:

- Aplicabilidade do constante uso de mapas de temperatura em projetos e estudos;
- Soluções que permitam a suavização de curvas de temperatura geradas por meio do TIN;

- Utilização de dados meteorológicos de países vizinhos para análises finais mais profundas das regiões próximas a fronteiras;
- Uso de outros interpoladores para a geração da superfície, como krigagem, curvatura mínima, vizinho mais próximo, triangulação com interpolação linear, médias moveis e polinômio local.
- Para uma comparação final entre produtos de melhor qualidade, recomenda-se a utilização de estudos estatísticos entre ambos produtos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRÉ ZIBETTI – UFSC. **Distribuição Normal (Gaussiana)**. Disponível em: <https://www.inf.ufsc.br/~andre.zibetti/probabilidade/normal.html>. Acesso em 01 ago. 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**: projeto de estruturas de concreto – procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.

BORGES, R. R. **Teoria de valores extremos Aplicada a redes Complexas** – Dissertação de Pós-Graduação em Ciências – UEPG, cap 2. p.22–26, 2013. Disponível em: <https://tede2.uepg.br/jspui/bitstream/prefix/905/1/Rafael%20Ribaski%20Borges.pdf>. Acesso em 16/09/2022.

COELHO, E. C; SOUZA, E. G; OPAZO, M. A. U. **Influência da densidade amostral e do tipo de interpolador em mapas temáticos**. 2021, 10 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Universidade Estadual do Oeste.

Disponível em <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v31i1.6645>. Acesso em 15 set. 2022.

DE QUEIROZ, F. M. M; CHAUDHRY, H. F. **Análise de eventos hidrológicos extremos, usando-se a distribuição GEV e momentos LH** – Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande – PB, v.10, n.2, p.381–389, 2006. Disponível em <https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/8xLJzWpHrz6ZDhymw3QPgMx/?lang=pt>. Acesso em 04 ago. 2022.

DOCS-QGIS – Documentation of Gis Introduction. **Análise Espacial (Interpolação)**. Disponível em: [https://docs.qgis.org/2.8/pt\\_BR/docs/gentle\\_gis\\_introduction/spatial\\_analysis\\_interpolation.html](https://docs.qgis.org/2.8/pt_BR/docs/gentle_gis_introduction/spatial_analysis_interpolation.html) . Acesso em 02 ago. 2022.

ESRI – Environmental Systems Research Institute. **Superfície Estatística**. Disponível em: <https://support.esri.com/pt-BR/other-resources/gis-dictionary/term/9b5db90c-30cd-4a26-8207-67d92a456f64>. Acesso em 04 ago. 2022.

FARIAS, G. O; FRANCISCO, N. C; SENNA, A. C. M. **AVALIAÇÃO DE MÉTODOS DE INTERPOLAÇÃO ESPACIAL APLICADOS À PLUVIOSIDADE EM REGIÃO MONTANHOSO NO LITORAL SUL DO ESTADO RIO DE JANEIRO**. Revista Brasileira de Climatologia, [S.l.], v. 21, set. 2017. ISSN 2237-8642. Disponível em: <<https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/52065>>. Acesso em: 04 set. 2022.

FISHER, R. A.; TIPPETT, L. H. C. **Limiting forms of the frequency distribution of the largest or smallest member of a sample**. Proceedings of the Cambridge Philosophical Society, Cambridge, v.24, n.2, 1928, p.180-190.

FM2S. **Análise Weibull**. Disponível em: <https://www.fm2s.com.br/analise-weibull/>. Acesso em 04 ago. 2022.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Nota Técnica No 001/2011. Brasília, DF, INMET, 2011.

KOZANIS, S; CHRISTOFIDES, EFSTRATIADIS, A. Description of the data management and processing system "Hydrognomon", Integrated Management of Hydrosystems in Conjunction with an Advanced Information System (ODYSSEUS), Contractor: NAMA, Report 2, 141 pages, **Department of Water Resources, Hydraulic and Maritime Engineering – National Technical University of Athens**, Athens, 2005. Disponível em <https://www.itia.ntua.gr/en/docinfo/676/>. Acesso em 04 ago. 2022.

LONGLEY, A. P, GOODCHILD, F. M, MAGUIRE, J. D e RHIND, W. D, Modelagem de dados geográficos. In: Paul .A.L, Michael F., David J.M e David D.R. (Org.). **SISTEMAS E CIÊNCIA DA INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA**. 3. ed. São Paulo: Bookman, 2013. p. 218-220 e 374-375.

MACHADO, C. E. **A Distribuição Fréchet Generalizada** – Dissertação de Pós-Graduação em Matemática – UFCG, cap 3. p.41–45, 2013. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/bitstream/riufcg/1387/1/ELIZABETE%20CARDOSO%20MACHADO%20-%20DISSERTAÇÃO%20PPGMAT%202013.pdf>. Acesso em 26/07/2022.

MARTINS, E. S.; STEDINGER, J. R. **Generalized maximum-likelihood generalized extreme-value quantile estimators for hydrologic data**. Water Resources, Research, Washington, v.36, n.3, p.737-744, 2000. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/252427082\\_Generalized\\_Maximum\\_Likelihood\\_GEV\\_Quantile\\_Estimators\\_for\\_Hydrologic\\_Data](https://www.researchgate.net/publication/252427082_Generalized_Maximum_Likelihood_GEV_Quantile_Estimators_for_Hydrologic_Data). Acesso em 04/09/2022.

MENSURAÇÃO FLORESTAL. **Weibull: uma função flexível**. Disponível em <http://www.mensuracaoflorestal.com.br/weibull-uma-funcao-flexivel>. Acesso em 04 ago. 2022.

MOREIRA, R. A. **DESENVOLVIMENTO DE MAPAS DE TEMPERATURA PARA A APLICAÇÃO EM PROJETOS DE OBRAS DE ARTE ESPECIAIS COMO CONTRIBUIÇÃO A REVISÃO DA NORMA ABNT NBR 6118**. 2022. 152 p, Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - UTFPR, Curitiba, 2022.

MITAS, L; MITASOVA, H. **Spatial Interpolation**. In: P.Longley, M.F. Goodchild, D.J. Maguire, D.W.Rhind (Eds.) 1999. p.481-483. Disponível em: [http://fatra.cnr.ncsu.edu/~hmitaso/gmslab/papers/mitas\\_mitasova\\_1999\\_2005.pdf](http://fatra.cnr.ncsu.edu/~hmitaso/gmslab/papers/mitas_mitasova_1999_2005.pdf). Acesso em 10 ago. 2022.

PEREIRA TRINDADE, P. M.; LUDERITZ SALDANHA, D.; PEREIRA FILHO, W. **UTILIZAÇÃO DO INFRAVERMELHO TERMAL NA ANÁLISE ESPAÇO TEMPORAL DA TEMPERATURA DE SUPERFÍCIE E ILHAS DE CALOR URBANAS**. Revista Brasileira de Cartografia, [S. l.], v. 69, n. 4, 2017. Disponível em: <https://seer.ufu.br/index.php/revistabrasileiracartografia/article/view/44338>. Acesso em: 4 set. 2022.

QUEIROZ, A. G; NUNES, B. V. A. **Influência da variação de temperatura em um edifício de concreto armado com oito pavimentos**. 2021. 13 p, Artigo (Graduação em Engenharia Civil)- PUC, Goiás, 2021. Disponível em: <https://repositorio.pucgoias.edu.br/jspui/bitstream/123456789/2210/1/Influência%20da%20variação%20de%20temperatura%20em%20um%20edifício%20de%20concreto%20armado%20com%208%20pavimentos.pdf>. Acesso em: 4 set. 2022.

STATISTICSHOWTO. **Distribuição de Frechet: Definição, Exemplos**. Disponível em: <https://www.statisticshowto.com/frechet-distribution/>. Acesso em 04 ago. 2022.

SOUSA, M. L.; DIMOVA, S.; PINTO, A. **Elaboration of maps for climatic and seismic actions for structural design with the Eurocodes**. In: JRC Science for Policy Report. Luxembourg, 2016. Disponível em: [https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwjQzYyss\\_z5AhUeqJUCHfaDBZ4QFnoECAUQAQ&url=https%3A%2F%2Fpublications.jrc.ec.europa.eu%2Frepository%2Fbitstream%2FJRC103917%2Fjrc103917\\_balkans\\_report\\_online\\_f.pdf&usg=AOvVaw2VA8D1zhP\\_8tUqGt8sXAIR](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwjQzYyss_z5AhUeqJUCHfaDBZ4QFnoECAUQAQ&url=https%3A%2F%2Fpublications.jrc.ec.europa.eu%2Frepository%2Fbitstream%2FJRC103917%2Fjrc103917_balkans_report_online_f.pdf&usg=AOvVaw2VA8D1zhP_8tUqGt8sXAIR). Acesso em 04 ago. 2022.

STRINGFIXER. **Teoria do Valor Extremo**. Disponível em: [https://stringfixer.com/pt/Extreme\\_value\\_theory](https://stringfixer.com/pt/Extreme_value_theory). Acesso em 04 ago. 2022.

STRINGFIXER. **Distribuição de Gumbel**. Disponível em: [https://stringfixer.com/pt/Gumbel\\_distribution](https://stringfixer.com/pt/Gumbel_distribution). Acesso em 04 ago. 2022.

UMB-NEWS. **IHV Researchers Use Climate to Predict Spread of COVID-19**. Disponível em: <https://www.umaryland.edu/news/archived-news/march-2020/researchers-predict-potential-spread-and-seasonality-for-covid-19-.php>. Acesso em 04 ago. 2022.

USP – UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. **Distribuição Amostral.** Disponível em:  
[http://www.fau.usp.br/cursos/graduacao/arq\\_urbanismo/disciplinas/aut0516/Apostila\\_2\\_-\\_DistribuiCAo\\_Amostral.pdf](http://www.fau.usp.br/cursos/graduacao/arq_urbanismo/disciplinas/aut0516/Apostila_2_-_DistribuiCAo_Amostral.pdf) . Acesso em 16 ago. 2022.

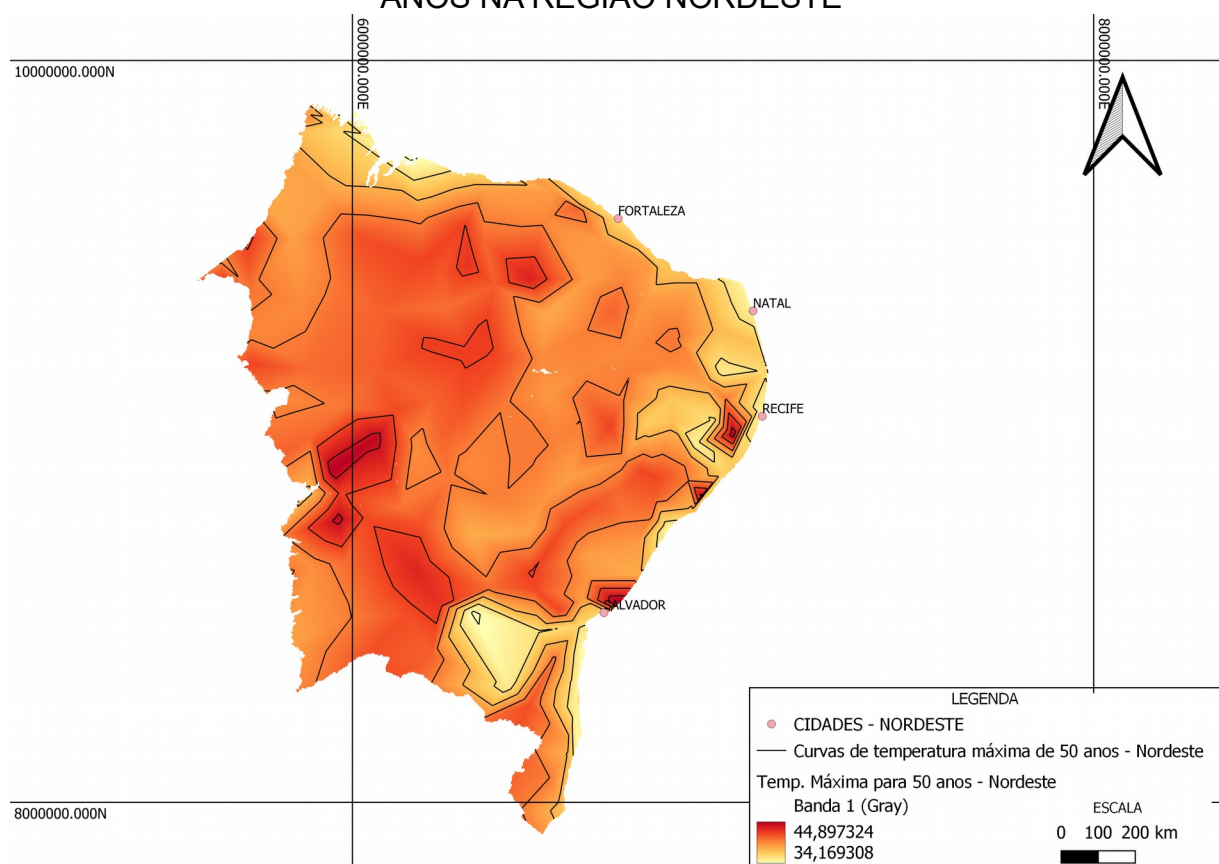
VOITTO – Escola de Negócios. **Distribuição Normal.** Disponível em:  
<https://www.voitto.com.br/blog/artigo/distribuicao-normal> . Acesso em 04 ago. 2022.

## APÊNDICE – MAPAS DE TEMPERATURA PARA AS REGIÕES DO BRASIL

Na sequência, são apresentados os mapas de temperatura para cada região do país, utilizando dos dados gerados com o TIN.

Na imagem a seguir (Figura 44), é feita a análise dos dados da região Nordeste, percebendo que a região mais a oeste apresenta maiores temperaturas junto com as regiões próximas a regiões urbanas, com picos de calor na região mais ao interior dos estados, chegando aproximadamente 45°C nesse local.

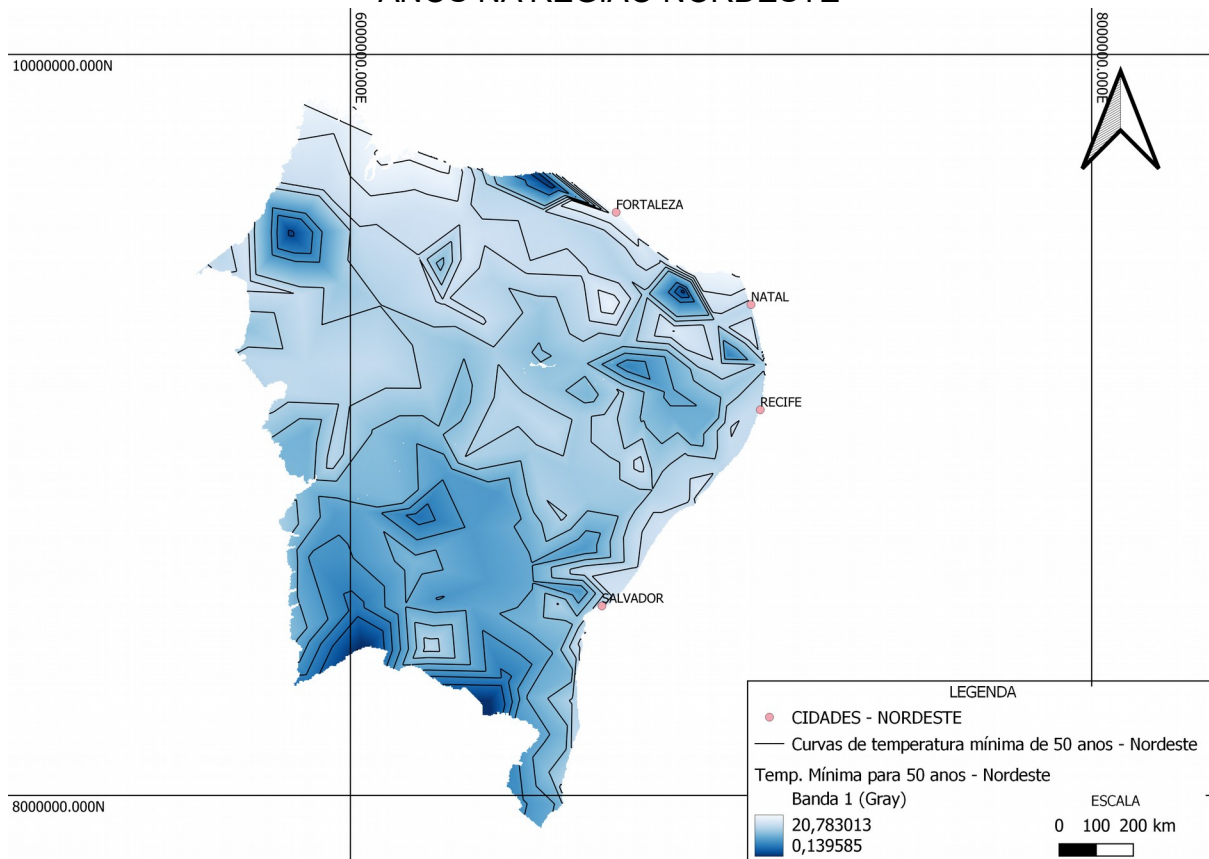
**Figura 44: TEMPERATURA MÁXIMA PARA TEMPO DE RECORRÊNCIA DE 50 ANOS NA REGIÃO NORDESTE**



Fonte: Autor, (2022)

Já na Figura 45, percebe-se picos de baixas temperaturas em toda a região com uma maior incidência nos locais mais próximo da região sudeste do país. Utilizando curvas a cada 2 em 2 graus nota-se um aglomerado maior de curvas próximas as regiões com menor temperatura, ocorrendo uma variação de 0 até aproximadamente 20°C

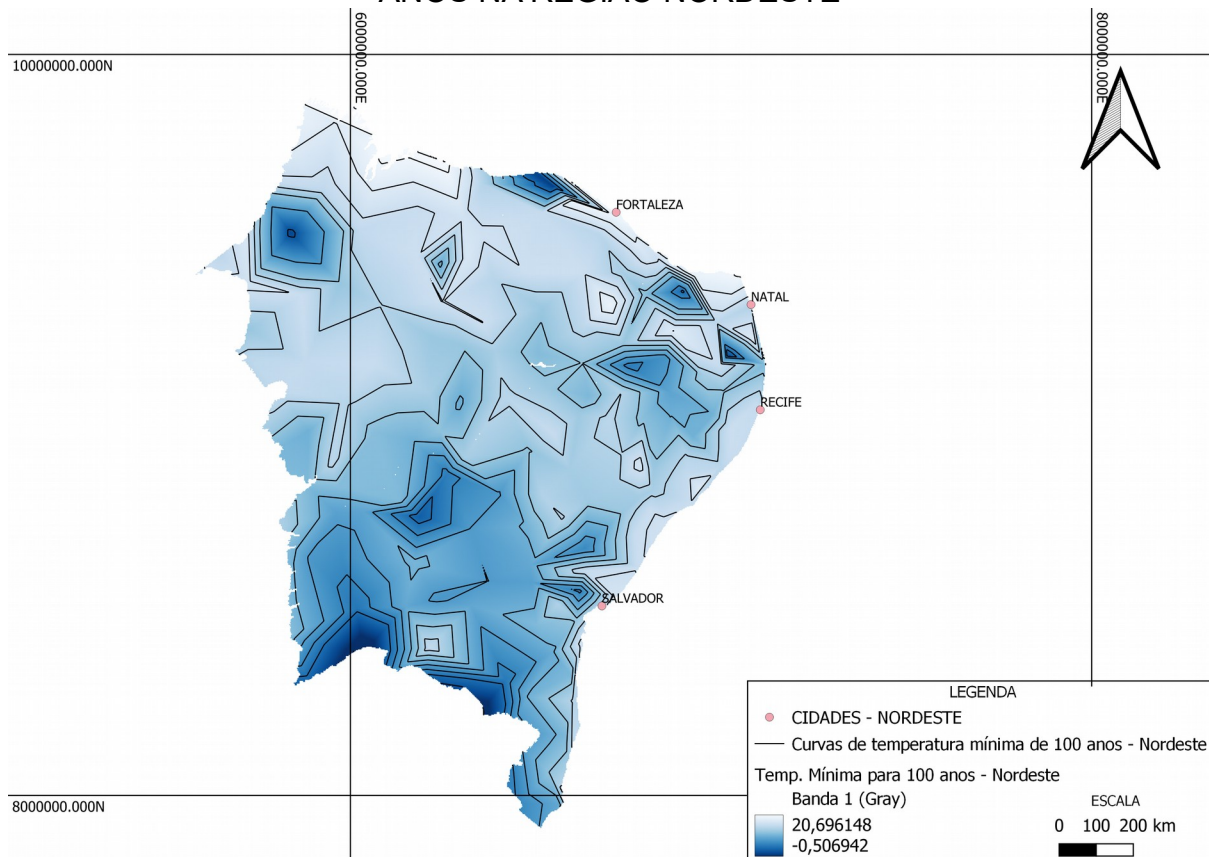
**Figura 45: TEMPERATURA MÍNIMA PARA TEMPO DE RECORRÊNCIA DE 50 ANOS NA REGIÃO NORDESTE**



Fonte: Autor, (2022)

Nas Figuras 46 e 47, percebe-se que os resultados gerados para a região nordeste em 100 anos são bem próximos das temperaturas estimadas para 50 anos.

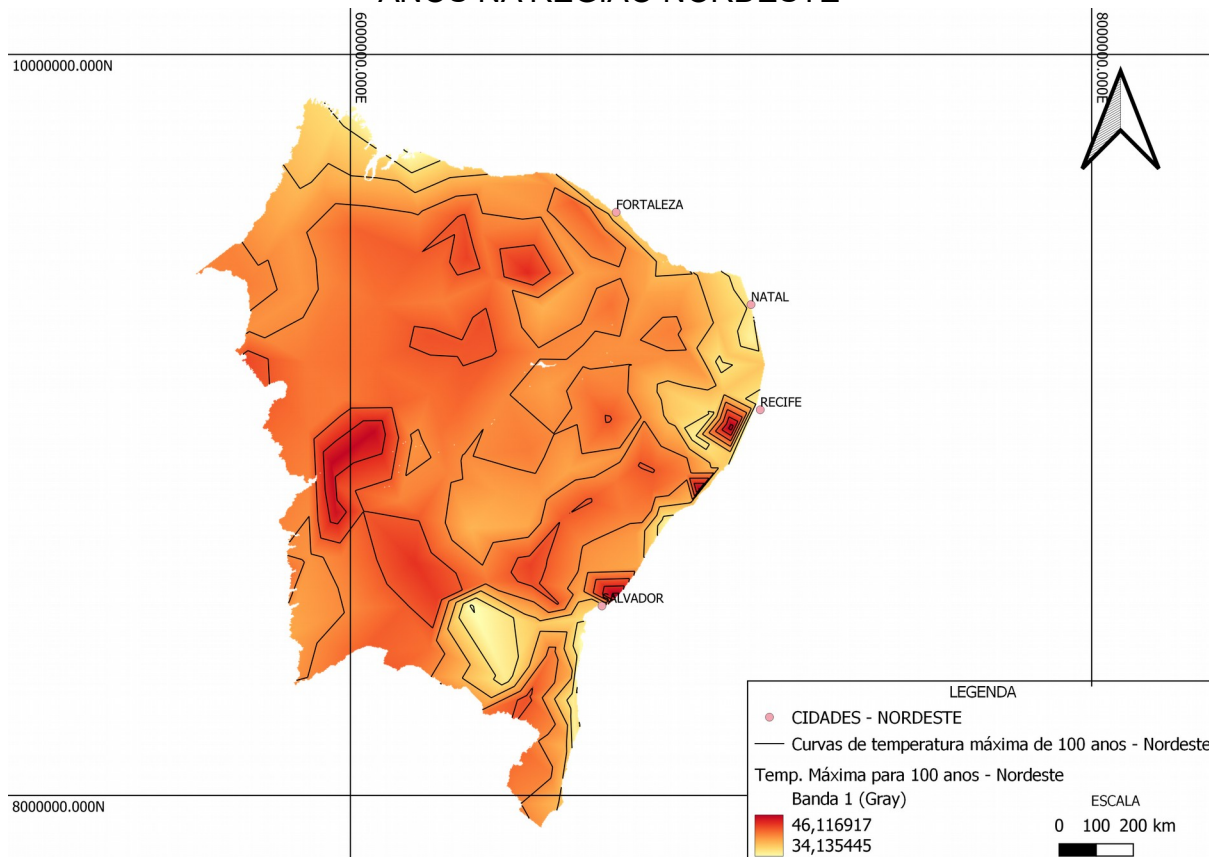
**Figura 46: TEMPERATURA MÍNIMA PARA TEMPO DE RECORRÊNCIA DE 100 ANOS NA REGIÃO NORDESTE**



Fonte: Autor, (2022)

Na Figura 46, percebe-se que as regiões apresentam uma pequena queda de temperatura em relação a estimativa de 50 anos, mas ainda apresentando picos de baixa temperatura em algumas regiões, apresentando um intervalo de temperatura de aproximadamente  $-1^{\circ}\text{C}$  até  $20^{\circ}\text{C}$

**Figura 47: TEMPERATURA MÁXIMA PARA TEMPO DE RECORRÊNCIA DE 100 ANOS NA REGIÃO NORDESTE**

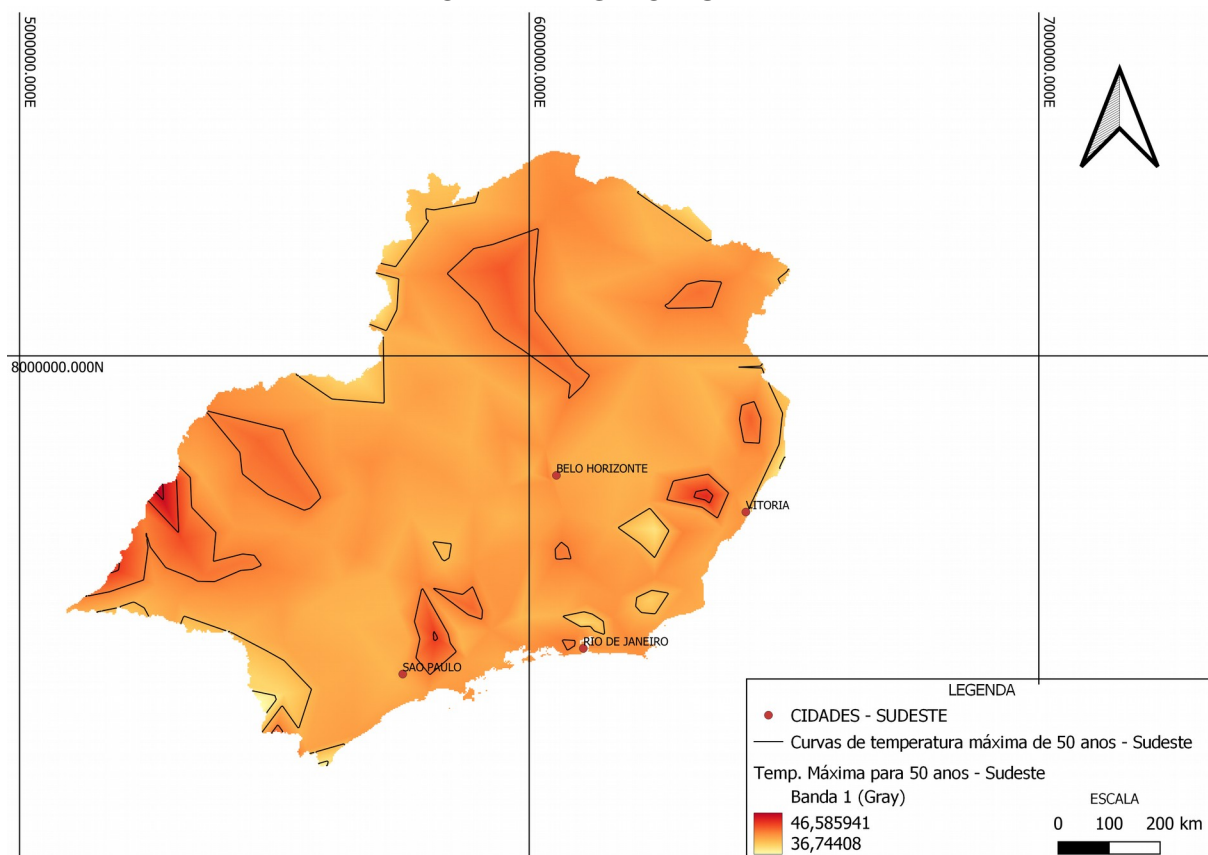


Fonte: Autor, (2022)

Na Figura 47, percebe-se novamente picos de temperatura em regiões próximas a aglomerados urbanos, com a região do sertão com maiores temperaturas. Diferente dos 50 anos de máximo, ocorreu um aumento de temperatura com um intervalo aproximado de 34°C até 46°C.

Das Figuras 48 até 52, encontram-se os mapas para as temperaturas máximas e mínimas de 50 e 100 anos de recorrência para a região Sudeste.

**Figura 48: TEMPERATURA MÁXIMA PARA TEMPO DE RECORRÊNCIA DE 50 ANOS NA REGIÃO SUDESTE**

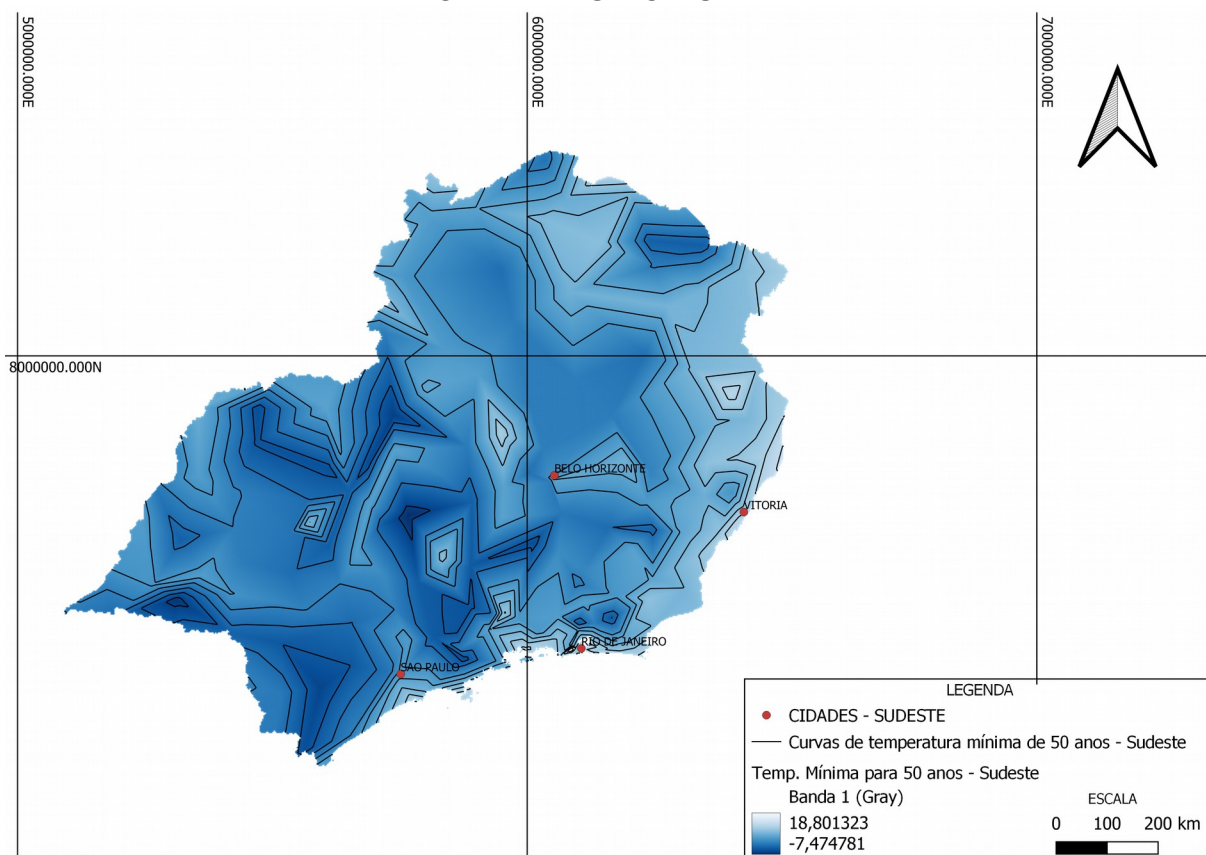


Fonte: Autor, (2022)

É possível visualizar que as temperaturas máximas de 50 anos para a região sudeste (Figura 48) apresentam certa homogeneidade, na maior parte por dados mais distribuídos por toda a região, permitindo que as análises sejam feitas com maior precisão.

Nota-se que as regiões mais a oeste do estado de São Paulo apresentam picos de maior temperatura, visto que é uma região, cuja temperatura é mais elevada. As regiões com maiores temperaturas ficam em torno de 36°C até 46°C.

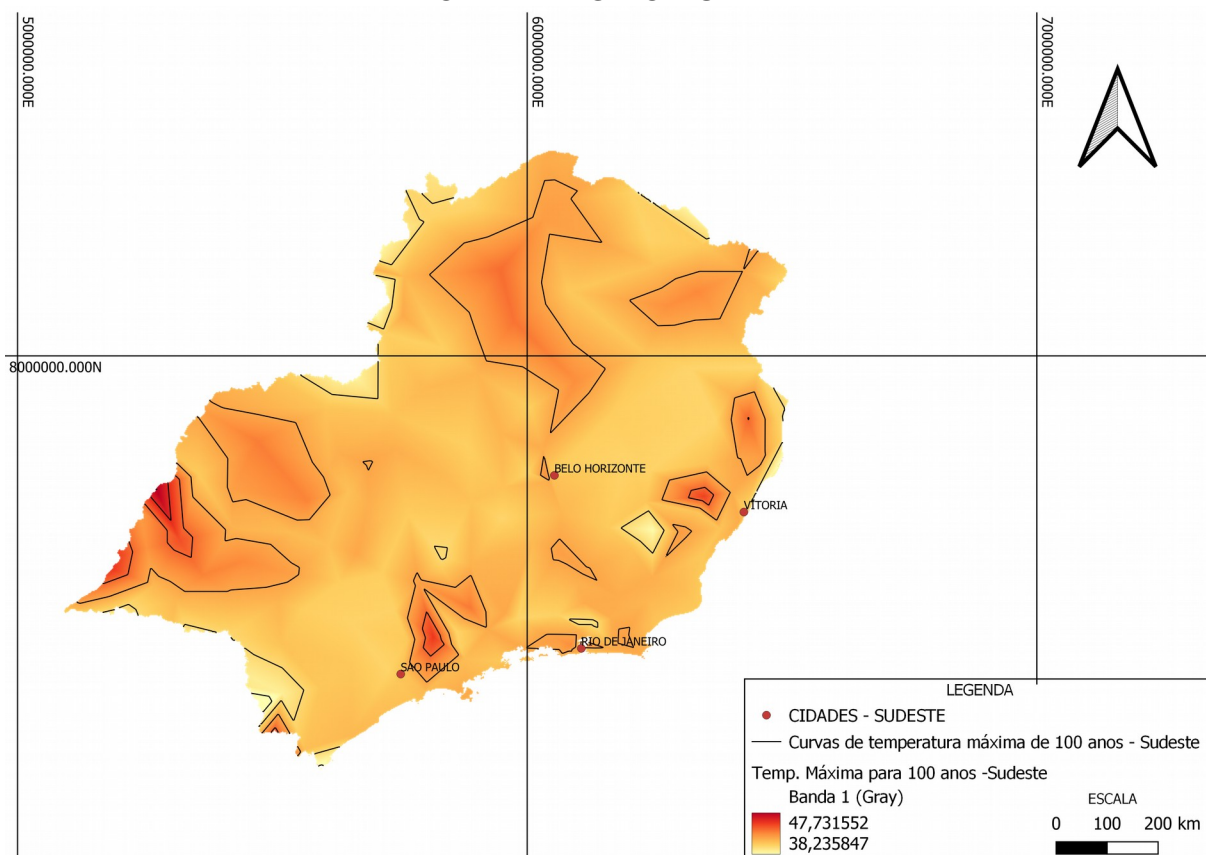
**Figura 49: TEMPERATURA MÍNIMA PARA TEMPO DE RECORRÊNCIA DE 50 ANOS NA REGIÃO SUDESTE**



Fonte: Autor, (2022)

Já em relação mapa de temperatura mínima para 50 anos na região Sudeste, percebe-se um aumento no número de curvas de temperatura, indicando que ocorre uma abrupta queda de temperatura em regiões muito próximas, com a menor temperatura registrada em  $-7^{\circ}\text{C}$  próximo a São Paulo capital.

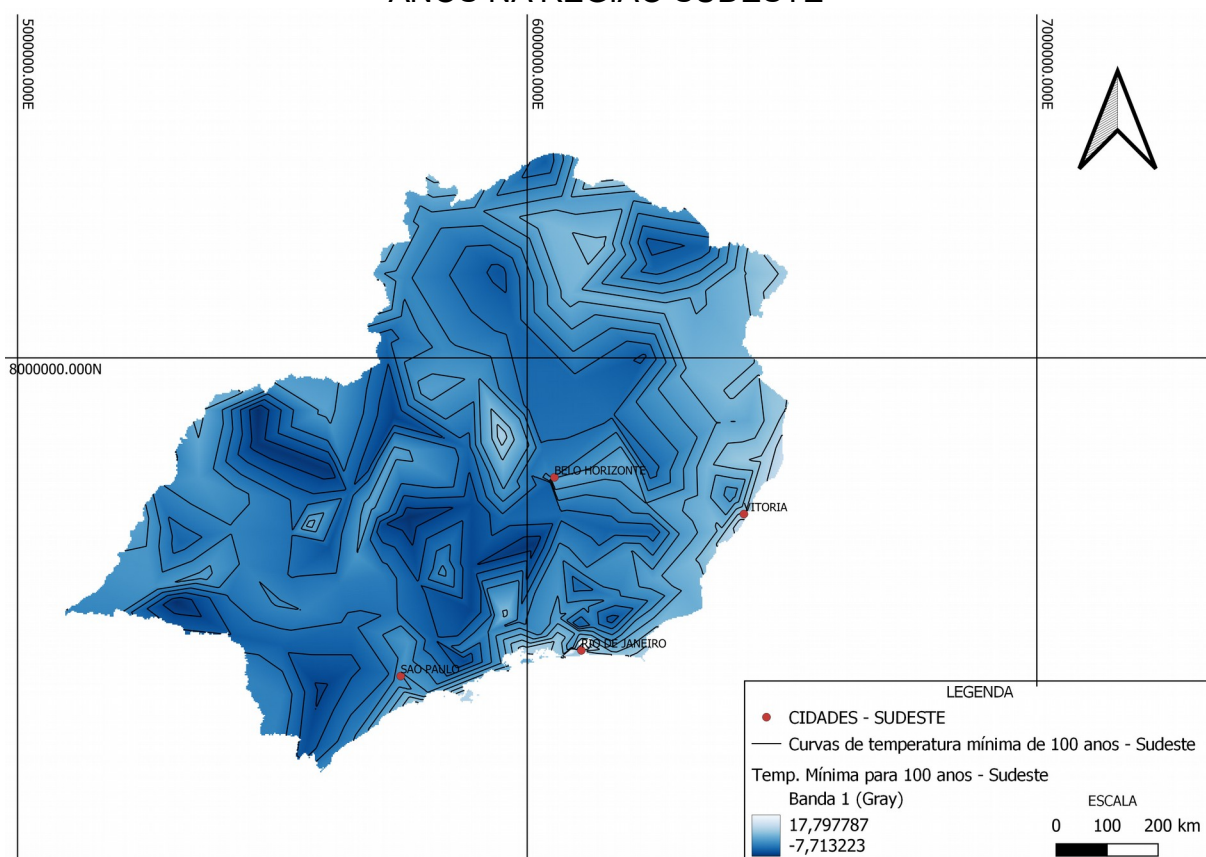
**Figura 50: TEMPERATURA MÁXIMA PARA TEMPO DE RECORRÊNCIA DE 100 ANOS NA REGIÃO SUDESTE**



Fonte: Autor, (2022)

Em relação as temperaturas máximas para um período de 100 anos, na Figura 50, nota-se um aumento de temperatura em toda a região, chegando a um aumento de 2 graus Celsius em relação ao intervalo de 50 anos. Já em relação as temperaturas mínimas, presente na Figura 51, percebe-se temperaturas em torno de -7 °C novamente, na região central, com uma diminuição de temperatura em relação ao período de 50 anos.

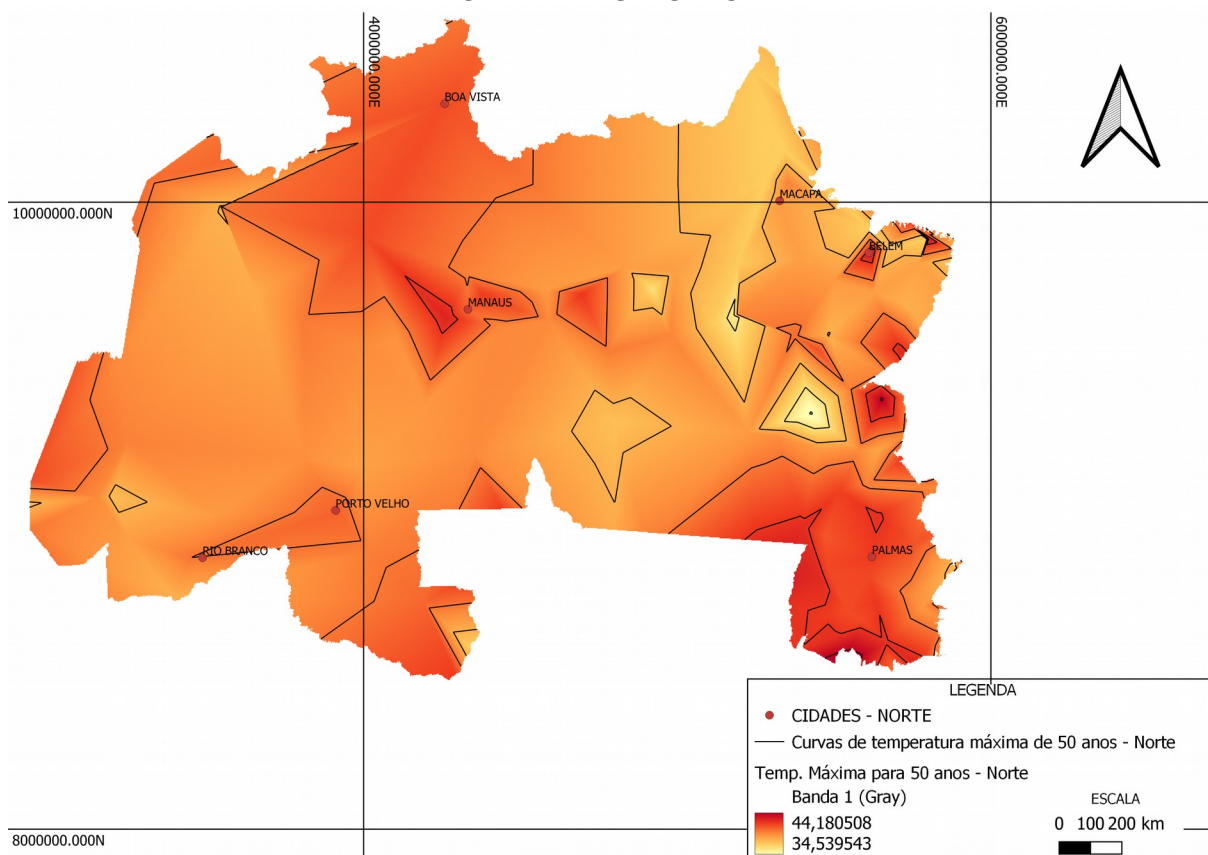
**Figura 51: TEMPERATURA MÍNIMA PARA TEMPO DE RECORRÊNCIA DE 100 ANOS NA REGIÃO SUDESTE**



Fonte: Autor, (2022)

Nas Figuras 52 e 53, se encontram os mapas da região Norte do país para os períodos de 50, para as temperaturas máximas e mínimas. Em relação à temperatura máxima para 50 anos, percebe-se que as maiores temperaturas se encontram na proximidade com a região centro-oeste e em torno de aglomerados urbanos, como a cidade Manaus-AM.

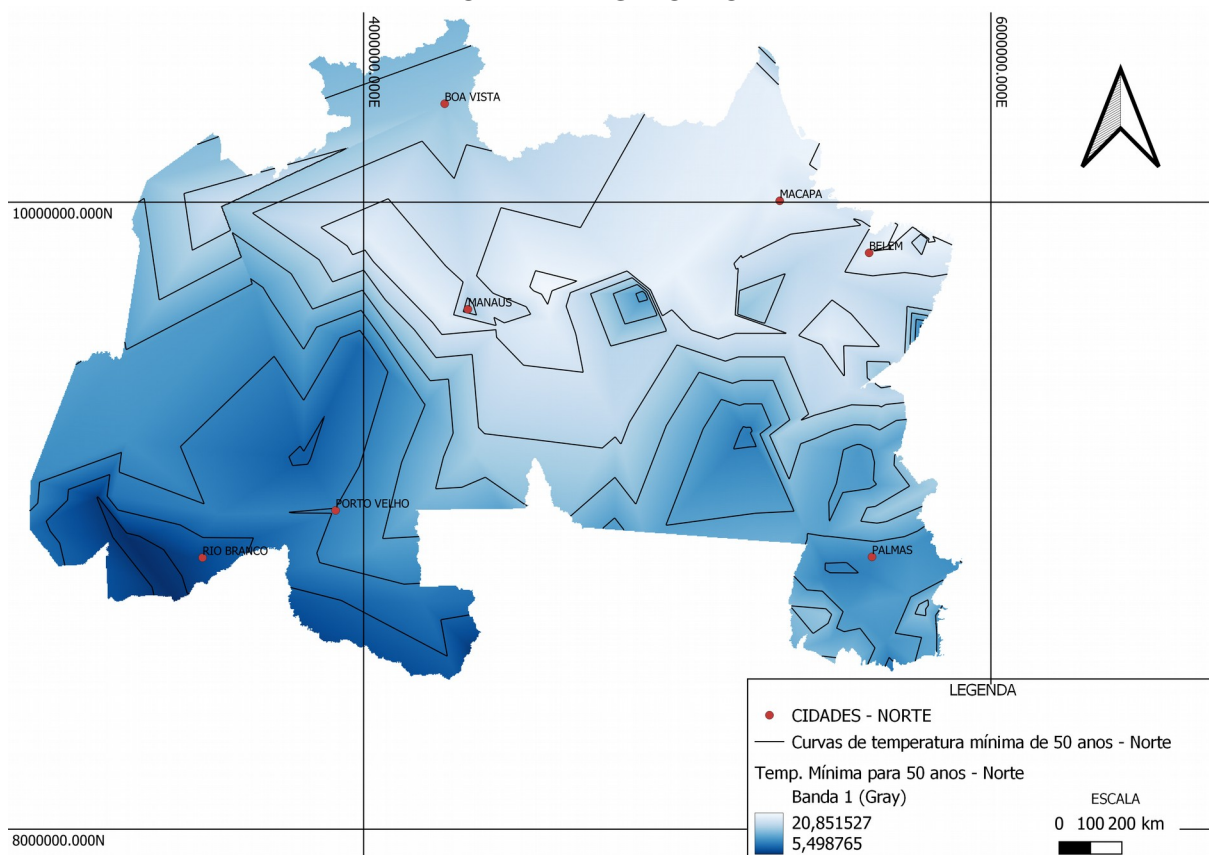
**Figura 52: TEMPERATURA MÁXIMA PARA TEMPO DE RECORRÊNCIA DE 50 ANOS NA REGIÃO NORTE**



Fonte: Autor, (2022)

Já em relação das temperaturas mínimas (Figura 53), nota-se que as temperaturas mais baixas se encontram mais próximas da Amazônia, com valores em torno de 5°C. Já a maior temperatura se encontra mais ao norte aproximadamente da capital Macapá-AP.

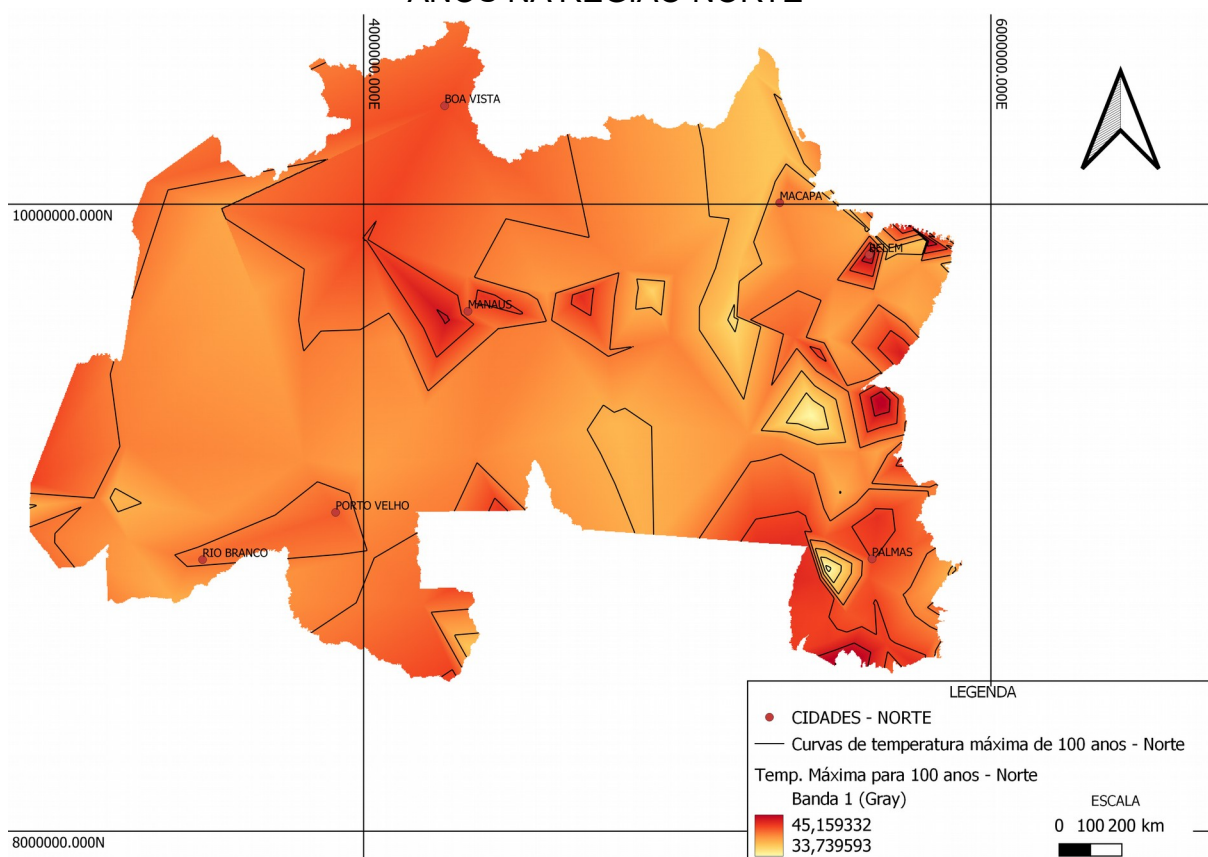
**Figura 53: TEMPERATURA MÍNIMA PARA TEMPO DE RECORRÊNCIA DE 50 ANOS NA REGIÃO NORTE**



Fonte: Autor, (2022)

Em relação a expectativa de 100 anos de temperaturas máxima e mínima, presentes na Figura 54 e 55, nota-se um aumento de temperatura máxima relação a temperatura máxima de 50 em torno de 1°C. Novamente regiões de aglomerados urbanos e regiões próximas do centro-oeste brasileiros, são os locais onde se encontram as maiores temperaturas de toda a região.

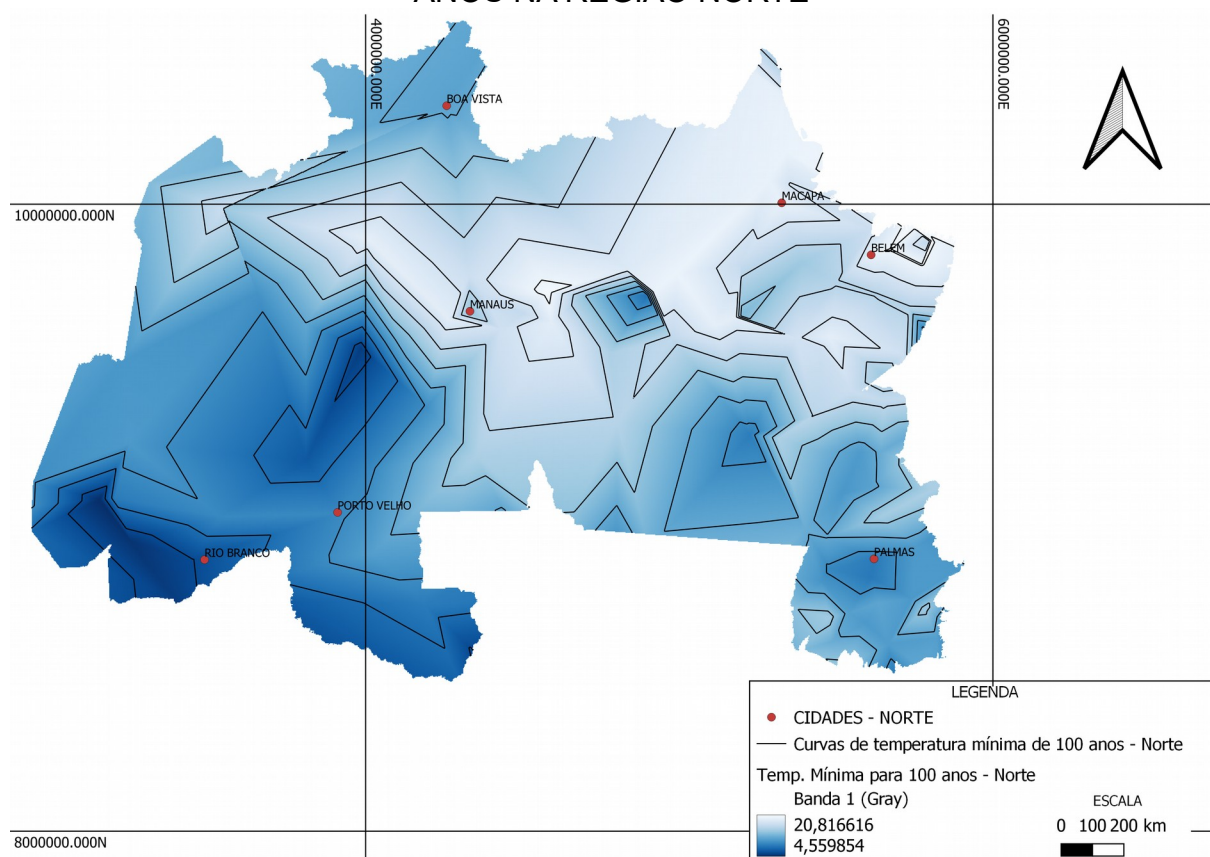
**Figura 54: TEMPERATURA MÁXIMA PARA TEMPO DE RECORRÊNCIA DE 100 ANOS NA REGIÃO NORTE**



Fonte: Autor, (2022)

Em relação as temperaturas mínimas, percebe-se uma diminuição das mesmas, de modo que a temperatura abaixou aproximadamente 1°C também nessa ocasião, entre 50 e 100 anos. Sendo assim, percebe-se que as curvas de temperatura acabam englobando uma área maior, indicando uma homogeneidade de temperaturas na região, como pode-se ver próximo a Rio Branco – AC, comparando a Figura 55 com a Figura 53.

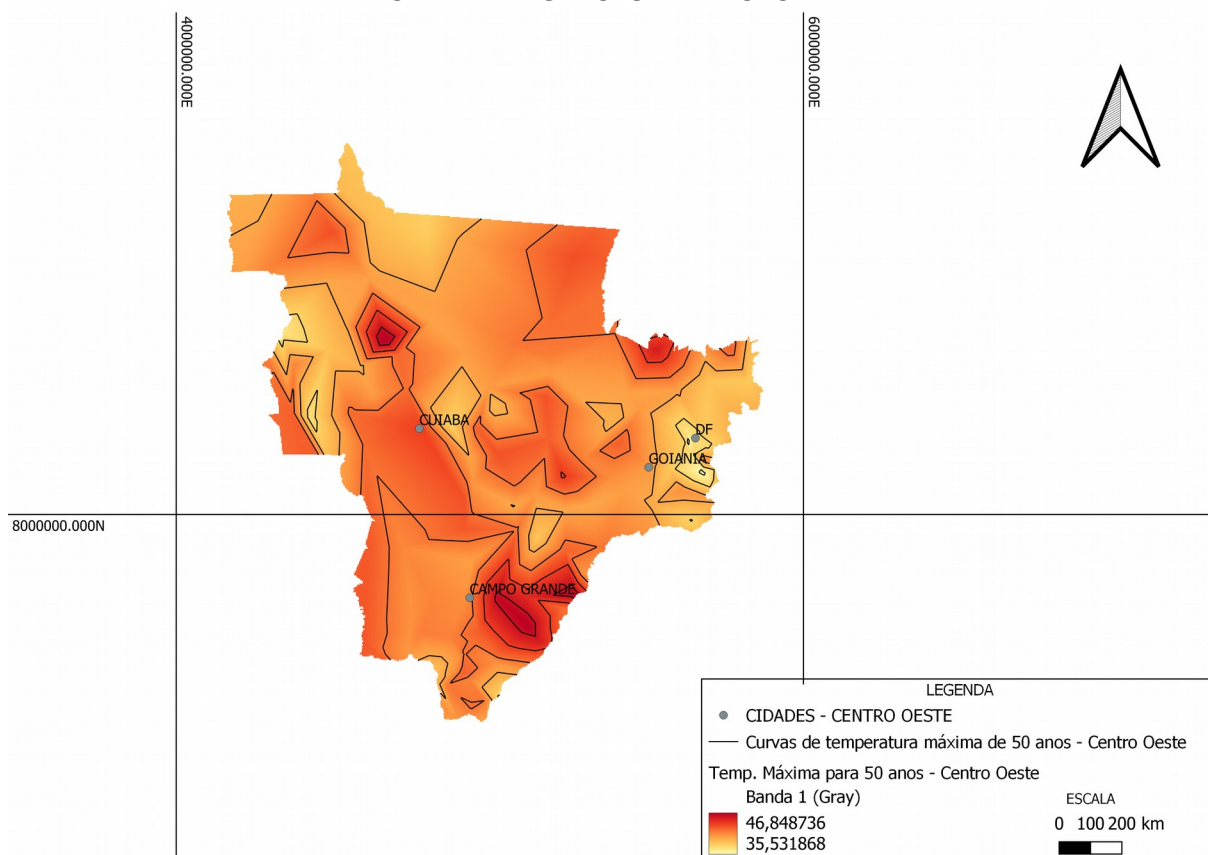
**Figura 55: TEMPERATURA MÍNIMA PARA TEMPO DE RECORRÊNCIA DE 100 ANOS NA REGIÃO NORTE**



Fonte: Autor, (2022)

Analisando as Figuras 56 e 57, que dizem respeito às temperaturas máximas e mínimas em um período de 50 anos para a região Centro-Oeste, é possível perceber que as maiores temperaturas máximas se encontram na região próxima a Campo Grande-MS e em regiões próximas de Cuiabá-MT, em torno de 46°C. A quantidade de curvas em torno de aglomerados urbanos e ilhas de calor, indicam a diferença abrupta de temperatura entre regiões próximas, como dito em outros casos.

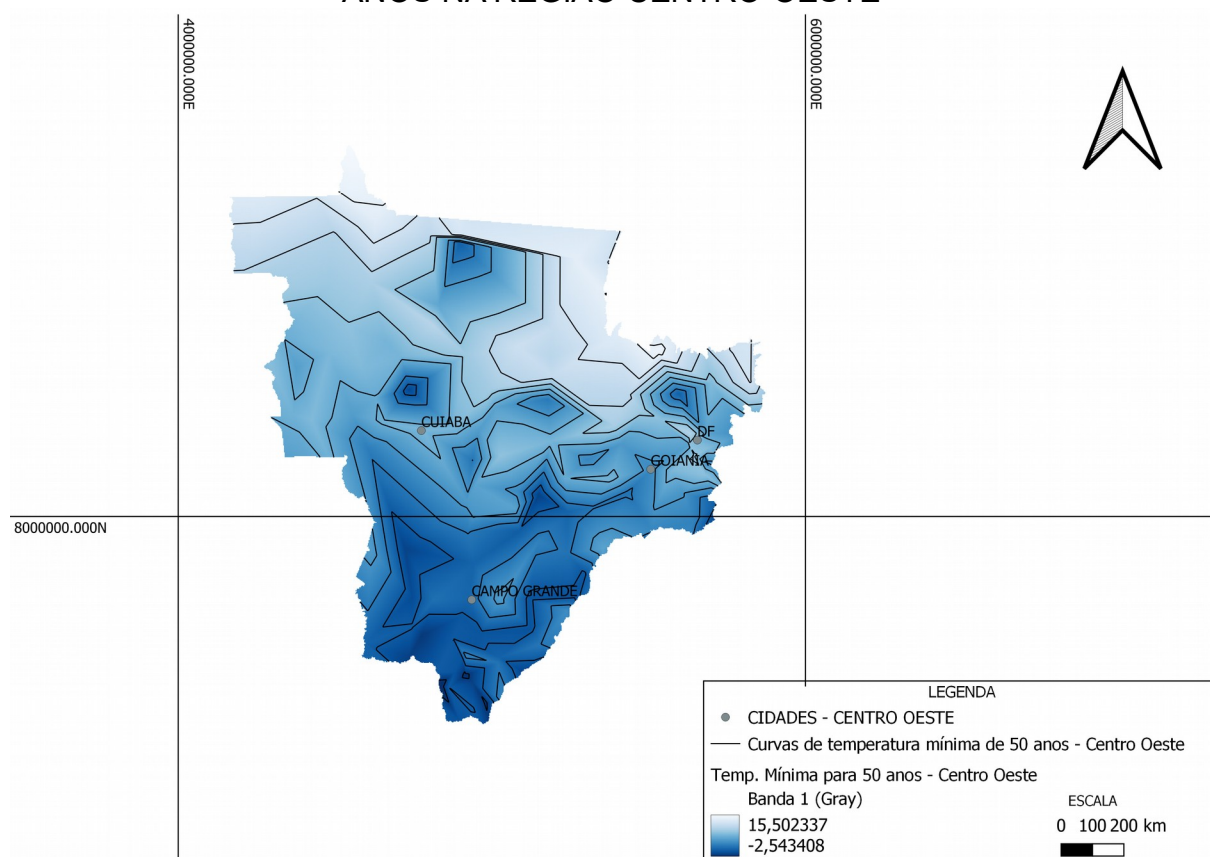
**Figura 56: TEMPERATURA MÁXIMA PARA TEMPO DE RECORRÊNCIA DE 50 ANOS NA REGIÃO CENTRO-OESTE**



Fonte: Autor, (2022)

Em relação a temperatura mínima para o período de 50 anos, presente na Figura 57, percebe-se que os menores valores de temperatura se encontram mais próximos da região Sul. Próximo de aglomerados urbanos, existem baixas de temperaturas, chegando em um intervalo aproximado de  $-2^{\circ}\text{C}$  até  $15^{\circ}\text{C}$ .

**Figura 57: TEMPERATURA MÍNIMA PARA TEMPO DE RECORRÊNCIA DE 50 ANOS NA REGIÃO CENTRO-OESTE**

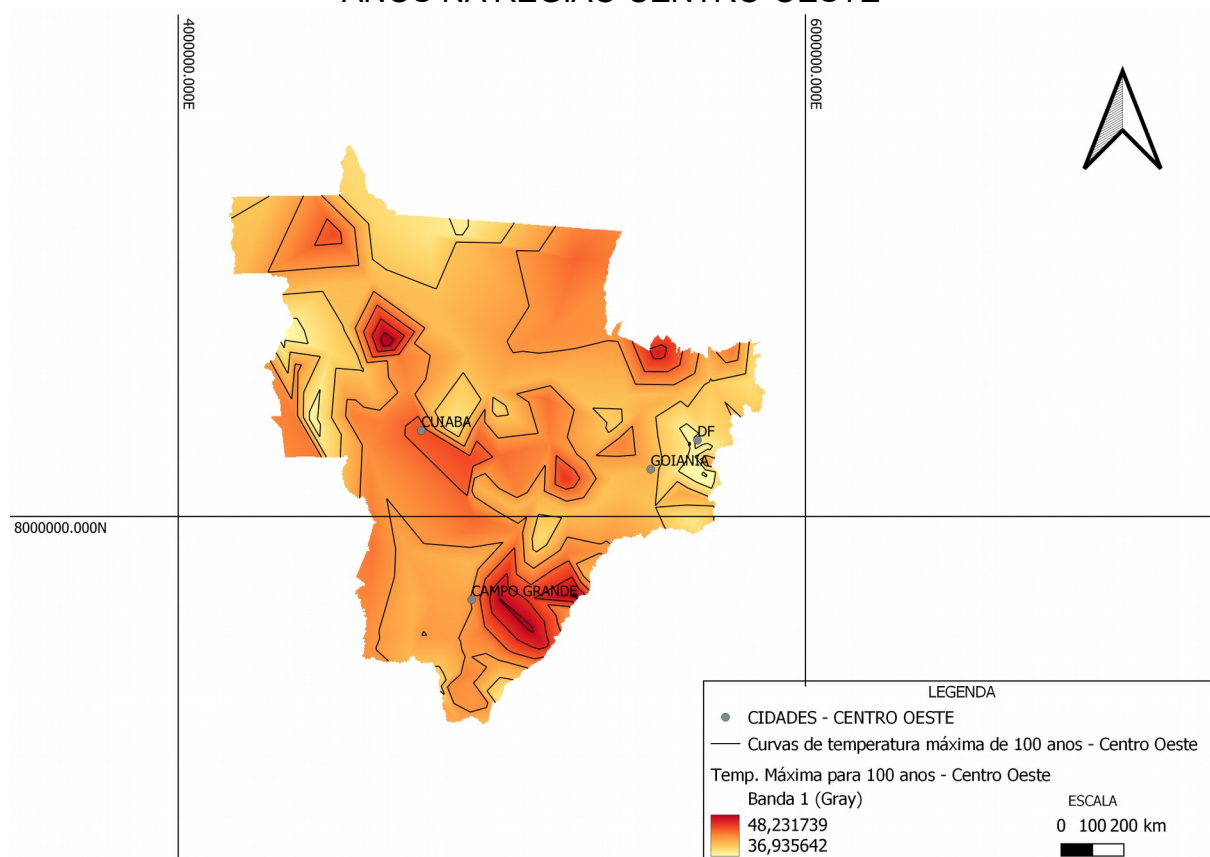


Fonte: Autor, (2022)

Nas Figuras 58 e 59, estão disponibilizadas as temperaturas máximas e mínimas para o período de 100 anos. De forma geral é possível notar um aumento das temperaturas máximas em todo Centro-Oeste, com índices ainda mais elevados em regiões urbanas.

Na Figura 59 é possível notar um aumento dos valores de temperatura em toda região.

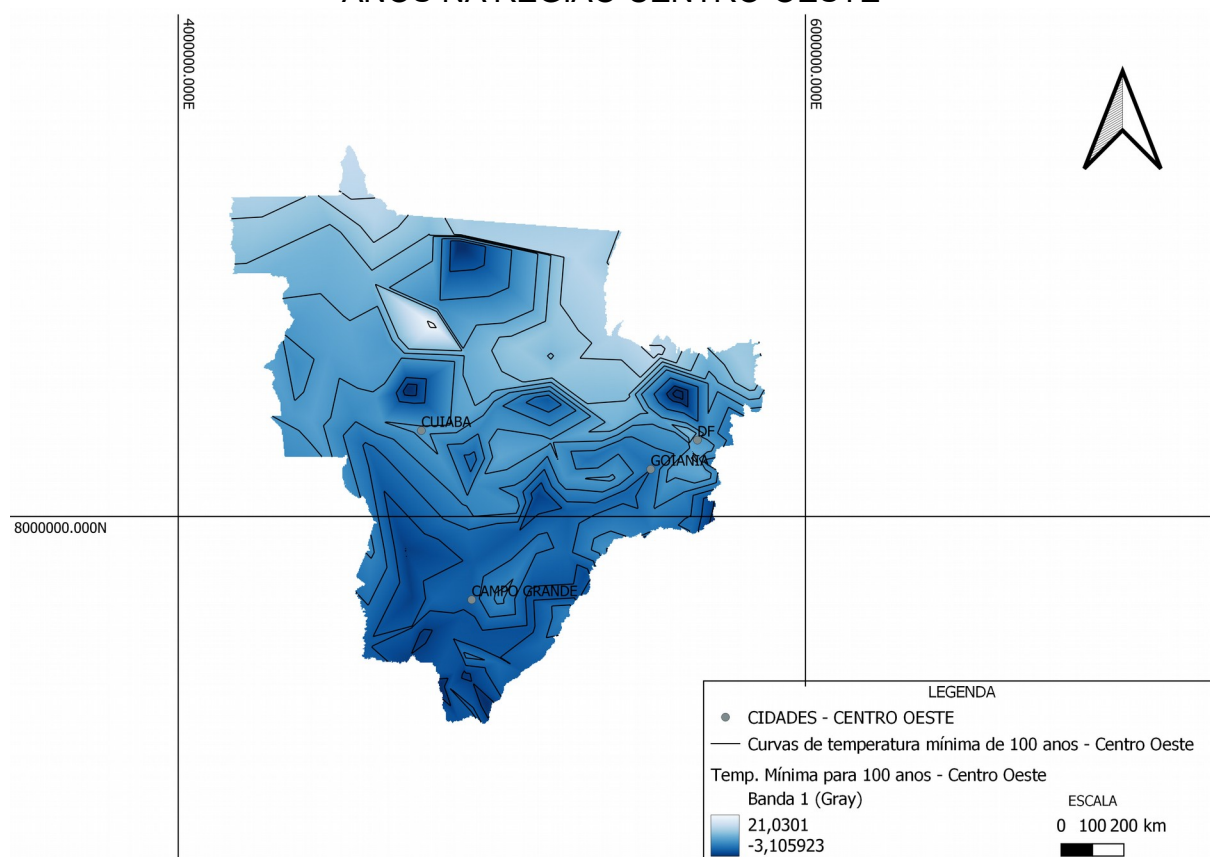
**Figura 58: TEMPERATURA MÁXIMA PARA TEMPO DE RECORRÊNCIA DE 100 ANOS NA REGIÃO CENTRO-OESTE**



Fonte: Autor, (2022)

Como dito anteriormente, ocorre um aumento de temperatura em toda a região Centro-Oeste, existindo uma diferença de aproximadamente 6°C entre 50 e 100 anos de recorrência mínima, como pode-se visualizar na Figura 59.

**Figura 59: TEMPERATURA MÍNIMA PARA TEMPO DE RECORRÊNCIA DE 100 ANOS NA REGIÃO CENTRO-OESTE**

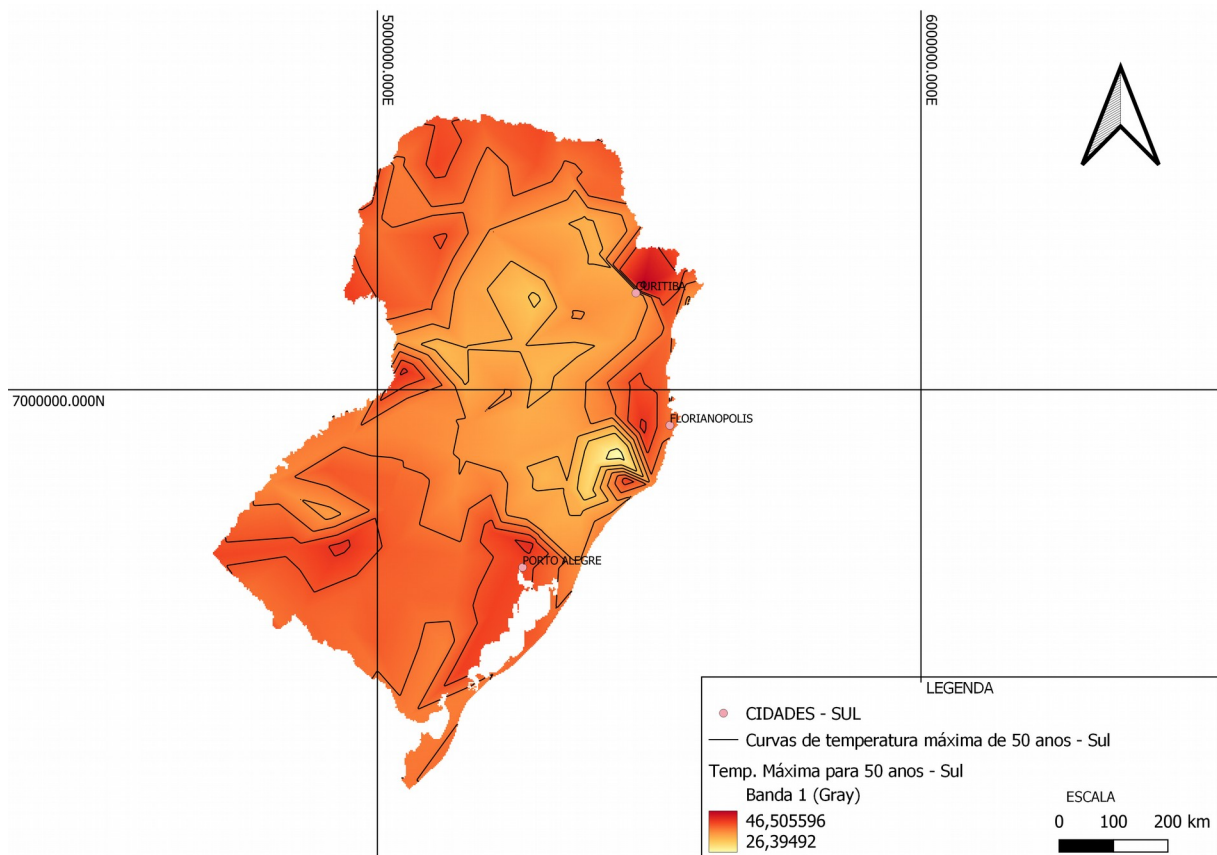


Fonte: Autor, (2022)

Por fim, as Figuras 60 e 63 apresentam a representação da região Sul com suas temperaturas máximas e mínimas em um tempo de ocorrência de 50 anos.

A temperatura máxima para o período de 50 anos, como dito no item 3.3.2, apresenta temperaturas elevadas na região nordeste do Paraná, assim como, temperaturas elevadas na região oeste e leste dos estados, com temperaturas variando entre 26°C e 46°C.

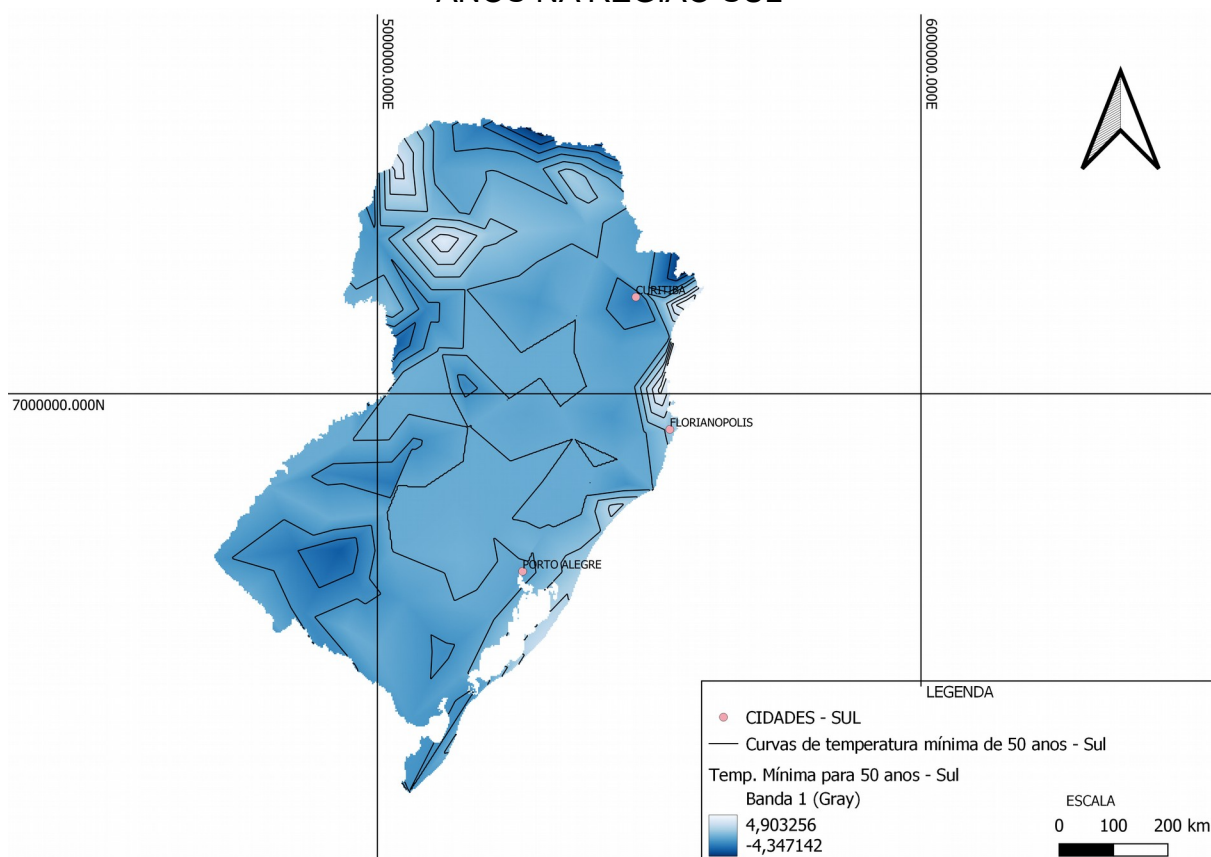
**Figura 60: TEMPERATURA MÁXIMA PARA TEMPO DE RECORRÊNCIA DE 50 ANOS NA REGIÃO SUL**



Fonte: Autor, (2022)

Nas Figuras 61 e 63, é possível notar que ocorre um espaçamento menor entre das curvas de temperatura, sendo apresentadas de 1 em 1 grau. Foi utilizado esse espaço, devido à baixa variação de temperatura em toda região, chegando próximo de 7 graus entre índice maior e índice menor. Na Figura 59, percebe-se que as baixas temperaturas estão mais presentes na região oeste do Rio Grande do Sul e Nordeste do Paraná, próximo de Curitiba.

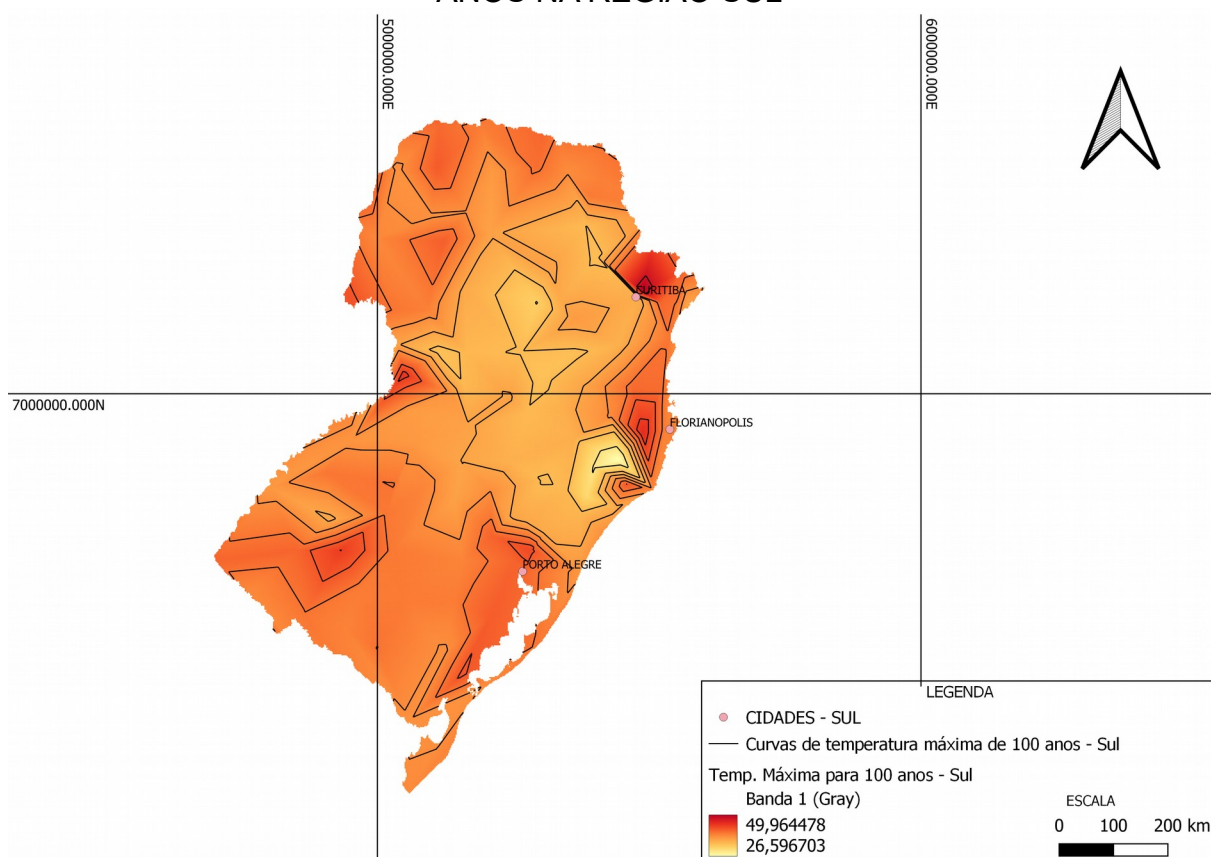
**Figura 61: TEMPERATURA MÍNIMA PARA TEMPO DE RECORRÊNCIA DE 50 ANOS NA REGIÃO SUL**



Fonte: Autor, (2022)

Comparando as temperaturas máximas de ambos tempos de ocorrências, nota-se um aumento de temperatura em toda a região sul, mas seguindo o mesmo padrão de temperatura com altos índices na região oeste e leste, com picos de alta temperatura próximo a Curitiba-PR.

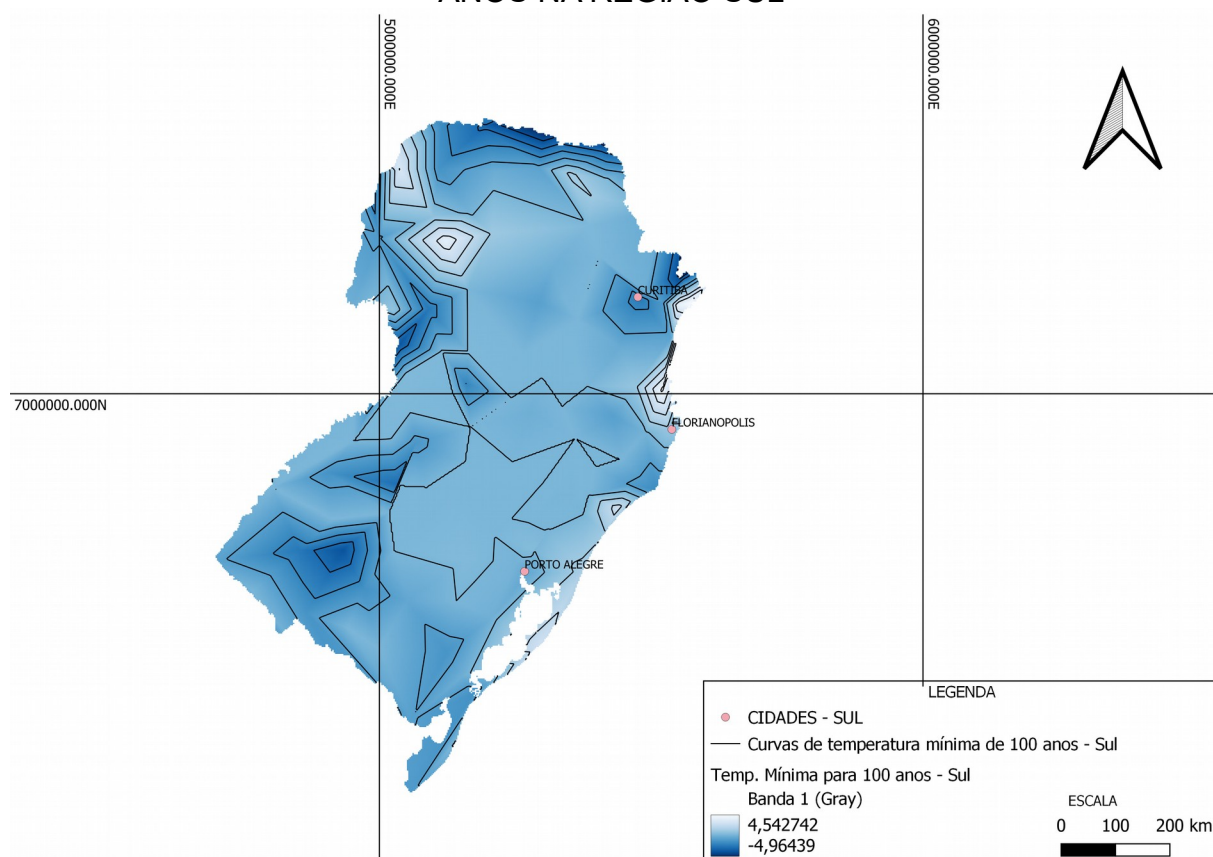
**Figura 62: TEMPERATURA MÁXIMA PARA TEMPO DE RECORRÊNCIA DE 100 ANOS NA REGIÃO SUL**



Fonte: Autor, (2022)

Por fim, na Figura 63, fazendo a comparação entre as recorrências de 50 e 100 anos para a temperatura mínima, percebe-se uma diminuição dos valores na região oeste do Rio Grande do Sul e Paraná, norte e nordeste do Paraná, indicando que esses lugares apresentam as menores temperaturas, portanto seguindo o mesmo padrão das temperaturas de 50 anos.

**Figura 63: TEMPERATURA MÍNIMA PARA TEMPO DE RECORRÊNCIA DE 100 ANOS NA REGIÃO SUL**



Fonte: Autor, (2022)