

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
INSTITUTO DE PESQUISAS HIDRÁULICAS  
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

**MÉTODO APR APLICADO PARA PREVISÃO DA PROLIFERAÇÃO DA DENGUE  
E, CONSEQUENTEMENTE, DO Aedes Aegypti.**

Lucas Fuchs de Souza

Porto Alegre

2021

LUCAS FUCHS DE SOUZA

**MÉTODO APR APLICADO PARA PREVISÃO DA PROLIFERAÇÃO DA DENGUE  
E, CONSEQUENTEMENTE, DO Aedes Aegypti.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental pelo Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Orientador: Prof. Dr. Cristiano Poletto

Porto Alegre

2021

### CIP - Catalogação na Publicação

Fuchs de Souza, Lucas  
MÉTODO APR APLICADO PARA PREVISÃO DA PROLIFERAÇÃO  
DA DENGUE E, CONSEQUENTEMENTE, DO Aedes Aegypti. /  
Lucas Fuchs de Souza. -- 2021.  
78 f.  
Orientador: Cristiano Poletto.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação) --  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto  
de Pesquisas Hidráulicas, Curso de Engenharia  
Ambiental, Porto Alegre, BR-RS, 2021.

1. Condicionantes da Dengue. 2. Análise Preliminar  
de Riscos. 3. Aedes aegypti. I. Poletto, Cristiano,  
orient. II. Título.

LUCAS FUCHS DE SOUZA

**MÉTODO APR APLICADO PARA PREVISÃO DA PROLIFERAÇÃO DA DENGUE  
E, CONSEQUENTEMENTE, DO AEDES AEGYPTI.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental pelo Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Aprovado em 19 de novembro de 2021.

---

Prof. Dr. Cristiano Poletto — Orientador

---

Prof.<sup>a</sup> Dra. Lucia H. Rodrigues – UFRGS/IPH

---

Prof.<sup>a</sup> Dra. Maria Cristina de Almeida Silva – UFRGS/IPH

Dedico este trabalho aos meus pais, Lourival e Janine, e a minha vó Amélia, que foram grandes incentivadores, assim como meus familiares e amigos, em especial minha companheira, Francine Pinheiro da Silva, que sempre acreditaram nos meus sonhos, me proporcionando constante estímulo, atenção, carinho e companheirismo.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao meu orientador, Prof. Dr. Cristiano Poletto, pelo acompanhamento e orientação, auxiliando-me ao longo deste trabalho, assim como pela amizade.

Ao Curso de Engenharia Ambiental, do Instituto de Pesquisas Hidráulicas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, na pessoa de seu coordenador Prof. Antônio Domingues Benetti, pelo apoio contínuo.

Aos colegas pela convivência e amizade durante todo o curso.

A minha companheira, Francine Pinheiro da Silva, pela convivência, amizade e apoio durante todo o curso e durante a realização deste trabalho.

Aos meus pais, Lourival e Janine, e a minha vó Amélia, pelo apoio e incentivo que me proporcionaram para que conquistasse meus sonhos e objetivos, ensinando-me e guiando-me para que eu conquistasse esta jornada que é a Graduação.

## RESUMO

A Covid-19 tornou-se o foco das mídias nos anos de 2020 e 2021; entretanto, além desta pandemia, no ano de 2021, o Estado do Rio Grande do Sul (RS) passou por um período crítico relacionado ao vírus da Dengue (DENV), registrando o maior número de casos da doença contraídos dentro dos municípios nos últimos 10 anos (HÜBLER, 2021). Conforme estudos realizados por Caldas et al. (2015), no ano de 2001 ocorreu a introdução da espécie *Aedes aegypti* em Porto Alegre, capital do estado do Rio Grande do Sul. No entanto, os primeiros registros de casos autóctones no estado ocorreram em 2007 na cidade de Giruá, sendo que somente em 2010 foram confirmados os primeiros casos autóctones da doença na capital.

Neste contexto, o mapeamento e a distribuição espacial de variáveis relacionadas as doenças tornam-se ainda mais importantes, dado que permite auxiliar o poder público no planejamento e na tomada de decisão de aspectos referentes a Gestão Pública (VALLADARES, HASSUM, et al., 2019). Portanto, o presente trabalho procurou desenvolver um índice, para o estado do RS, voltado ao planejamento ambiental e ao auxílio da Gestão Pública, capaz de prever as regiões com grande potencial para propagação da Dengue e; conseqüentemente, a proliferação de seu vetor. A vista disto, aplicou-se o método da Análise Preliminar de Riscos (APR) a fim de se obter uma matriz de classificação de riscos de propagação da DENV a partir de dados secundários do clima e da demográfica do estado, a qual representaria um índice de previsão da doença.

Portanto, a partir da aplicação do método APR, conseguiu-se elaborar uma matriz de riscos com uma significativa previsão da doença para o estado, em que observou-se que a mesma apresentou uma relação de sazonalidade da doença, indicando maior criticidade nos primeiros meses do ano. Além disso, comparando os resultados com os registros de casos de DENV do TabNet do DATASUS, nota-se que os municípios que apresentaram o maior volume de casos da doença possuem risco sério em pelo menos 3 meses consecutivos, assim como todas regiões que registraram casos da doença apresentam pelo menos 1 mês com risco sério. Por fim, coube destacar que a região sudoeste do estado, apesar de ter registrado menor número de casos de Dengue nos últimos anos, possui 4 meses consecutivos caracterizados com risco sério, o que representa uma elevada criticidade da região para ocorrência de epidemias da doença.

Palavras-Chave: Condicionantes da Dengue, Análise Preliminar de Riscos, *Aedes aegypti*.

## ABSTRACT

Covid-19 became the focus of the media in 2020 and 2021; however, in addition to this pandemic, in 2021, the State of Rio Grande do Sul (RS) went through a critical period related to Dengue, recording the largest number of cases of the disease contracted within municipalities in the last 10 years (HÜBLER, 2021 ). According to studies carried out by Caldas et al. (2015), in 2001 the introduction of the species *Aedes aegypti* occurred in Porto Alegre, capital of the state of Rio Grande do Sul. However, the first records of autochthonous cases in the state occurred in 2007 in the city of Giruá, being that only in 2010 the first autochthonous cases of the disease in the capital were confirmed.

In this context, the mapping and spatial distribution of variables related to diseases become even more important, as they allow to help the government in planning and decision-making on aspects related to Public Management (VALLADARES, HASSUM, et al., 2019). Therefore, the present work sought to develop an index, for the state of RS, aimed at environmental planning and the aid of Public Management, capable of predicting regions with great potential for the spread of Dengue and; consequently, the proliferation of its vector. In view of this, the Preliminary Risk Analysis (PRA) method was applied in order to obtain a DENV propagation risk classification matrix from secondary climate and demographic data of the state, which would represent an index of prevision of the disease.

Therefore, from the application of the PRA method, it was possible to elaborate a risk matrix with a significant forecast of the disease for the state, where it was observed that it presented a relationship of seasonality of the disease, indicating greater criticality in the first months of the year. In addition, comparing the results with the datasus TabNet DENV case records, it is noted that the municipalities with the highest volume of cases of the disease have a serious risk in at least 3 consecutive months, as well as all regions that have registered cases of the disease have at least 1 month of serious risk. Finally, it was worth noting that the southwestern region of the state, despite having recorded a lower number of dengue cases in recent years, has 4 consecutive months characterized by serious risk, which represents a high criticality of the region for the occurrence of epidemics of the disease.

Keywords: Dengue Conditions, Preliminary Risk Analysis, *Aedes aegypti*.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Precipitação Acumulada (mm) na Estação Rio de Janeiro. ....	15
Figura 2: Temperatura Média (°C) na Estação Rio de Janeiro. ....	16
Figura 3: Umidade Relativa (%) na Estação Rio de Janeiro. ....	16
Figura 4: Precipitação Acumulada (mm) na Estação São Carlos. ....	17
Figura 5: Temperatura Média (°C) na Estação São Carlos. ....	18
Figura 6: Umidade Relativa (%) na Estação São Carlos. ....	18
Figura 7: Precipitação Acumulada (mm) na Estação Teresina. ....	19
Figura 8: Temperatura Máxima (°C) na Estação Teresina. ....	20
Figura 9: Temperatura Média (°C) na Estação Teresina. ....	20
Figura 10: Umidade Relativa (%) na Estação Teresina. ....	21
Figura 11: Precipitação Acumulada (mm) na Estação Porto Alegre. ....	22
Figura 12: Temperatura Máxima (°C) na Estação Porto Alegre. ....	22
Figura 13: Temperatura Média (°C) na Estação Porto Alegre. ....	23
Figura 14: Umidade Relativa (%) na Estação Porto Alegre. ....	23
Figura 15: Precipitação Acumulada (mm) na Estação Santa Maria. ....	24
Figura 16: Temperatura Média (°C) na Estação Santa Maria. ....	25
Figura 17: Umidade Relativa (%) na Estação Santa Maria. ....	25
Figura 18: Localização das estações meteorológicas com dados disponíveis. ....	29
Figura 19: Densidade demográfica, para o censo de 2010, no Rio Grande do Sul. ....	34
Figura 20: População total, para o censo de 2010, do Rio Grande do Sul. ....	35
Figura 21: Equação da média móvel ponderada pelo inverso da distância. ....	40
Figura 22: Número total de casos de dengue autóctones registrados de 2007 a 2021. ....	41
Figura 23: Intervalos populacionais utilizados como parâmetro. ....	42
Figura 24: Risco de propagação da Dengue no mês de dezembro. ....	46
Figura 25: Risco de propagação da Dengue no mês de janeiro. ....	46
Figura 26: Risco de propagação da Dengue no mês de fevereiro. ....	47
Figura 27: Risco de propagação da Dengue no mês de março. ....	47
Figura 28: Evolução dos casos de dengue autóctone no Rio Grande do Sul. ....	48
Figura 29: Casos autóctones confirmados por município de residência em 2020. ....	49
Figura 30: Casos autóctones confirmados por município de residência em 2021. ....	49

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Falhas de dados meteorológicos. ....	27
Tabela 2: Precipitação média mensal para cada estação meteorológica analisada. ....	30
Tabela 3: Temperatura média mensal para cada estação meteorológica analisada. ....	31
Tabela 4: Umidade Relativa média mensal para cada estação meteorológica analisada. ....	32
Tabela 5: Contingentes populacionais conforme a hierarquia das cidades. ....	39

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Categorias de frequência dos cenários. ....	13
Quadro 2: Categorias de severidade dos cenários. ....	13
Quadro 3: Matriz de classificação de riscos. ....	14
Quadro 4: Riscos relacionados as cores da matriz de classificação de riscos. ....	14
Quadro 5: Legenda da tabela de falha de dados meteorológicos. ....	28
Quadro 6: Correlação empírica da Temperatura(T) e Precipitação(P).....	38
Quadro 7: Correlação empírica da TxP e UR na dispersão da DENV. ....	38
Quadro 8: Categorias de severidade climática dos cenários.....	43
Quadro 9: Categorias populacionais, associada a frequência, dos cenários.....	43
Quadro 10: Matriz de Classificação de Riscos de Propagação da Dengue (MCRPD).....	44
Quadro 11: Riscos relacionados as cores da matriz de classificação de riscos. ....	44

## **LISTA DE ABREVIATURAS**

APR – Análise Preliminar de Risco

CHIKV – Chikungunya

DENV – Vírus da Dengue

IDW – Inverse Distance Weighting

MCRPD – Matriz de Classificação de Riscos de Propagação da Dengue

MR – Município de Residência

NIAID – National Institute of Allergy and Infectious Diseases

P – Precipitação

PNCD – Plano Nacional de Combate à Dengue

RS – Rio Grande do Sul

SIG – Sistema de Informações Geográficas

SV – Severidade Climática

T – Temperatura

UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul

URA – Umidade Relativa do Ar

ZIKV – Zika

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>3</b>
2.1. Dengue e o seu Vetor .....	3
2.1.1. Condicionantes Climáticas .....	4
2.1.2. Condicionantes Socioambientais .....	8
2.2. Método APR .....	11
2.3. Normais Climatológicas Associados à Bibliografia .....	14
<b>3. METODOLOGIA .....</b>	<b>26</b>
3.1. Tratamento dos Dados .....	26
3.2. Parâmetros Climáticos e Socioambientais .....	35
3.3. SIG .....	39
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>40</b>
4.1. Matriz de Classificação de Riscos de Propagação da Dengue.....	41
4.2. Resultado da Espacialização da MCRPD .....	44
<b>5. CONCLUSÃO .....</b>	<b>50</b>
<b>6. RECOMENDAÇÕES .....</b>	<b>51</b>
<b>7. REFERÊNCIAS .....</b>	<b>51</b>
<b>APÊNDICE A – Severidade Climática para o mês de janeiro.....</b>	<b>55</b>
<b>APÊNDICE B – Severidade Climática para o mês de fevereiro.....</b>	<b>56</b>
<b>APÊNDICE C – Severidade Climática para o mês de março.....</b>	<b>57</b>
<b>APÊNDICE D – Severidade Climática para o mês de abril.....</b>	<b>58</b>
<b>APÊNDICE D – Severidade Climática para o mês de maio.....</b>	<b>59</b>
<b>APÊNDICE E – Severidade Climática para o mês de junho.....</b>	<b>60</b>
<b>APÊNDICE F – Severidade Climática para o mês de julho.....</b>	<b>61</b>
<b>APÊNDICE G – Severidade Climática para o mês de agosto.....</b>	<b>62</b>
<b>APÊNDICE H – Severidade Climática para o mês de setembro.....</b>	<b>63</b>
<b>APÊNDICE I – Severidade Climática para o mês de outubro.....</b>	<b>64</b>
<b>APÊNDICE J – Severidade Climática para o mês de novembro.....</b>	<b>65</b>
<b>APÊNDICE K – Severidade Climática para o mês de dezembro.....</b>	<b>66</b>

<b>APÊNDICE L – Risco de propagação da Dengue no mês de abril. ....</b>	<b>67</b>
<b>APÊNDICE M – Risco de propagação da Dengue no mês de maio.....</b>	<b>68</b>
<b>APÊNDICE N – Risco de propagação da Dengue no mês de junho. ....</b>	<b>69</b>
<b>APÊNDICE O – Risco de propagação da Dengue no mês de julho. ....</b>	<b>70</b>
<b>APÊNDICE P – Risco de propagação da Dengue no mês de agosto.....</b>	<b>71</b>
<b>APÊNDICE Q – Risco de propagação da Dengue no mês de setembro. ....</b>	<b>72</b>
<b>APÊNDICE R – Risco de propagação da Dengue no mês de outubro. ....</b>	<b>73</b>
<b>APÊNDICE S – Risco de propagação da Dengue no mês de novembro. ....</b>	<b>74</b>
<b>APÊNDICE T – Casos autóctones confirmados por MR em 2010. ....</b>	<b>75</b>
<b>APÊNDICE U – Casos autóctones confirmados por MR em 2015. ....</b>	<b>76</b>
<b>APÊNDICE V – Casos autóctones confirmados por MR em 2016. ....</b>	<b>77</b>
<b>APÊNDICE X – Casos autóctones confirmados por MR em 2019. ....</b>	<b>78</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Como se não bastasse a pandemia da Covid-19, no ano de 2021, o Estado do Rio Grande do Sul (RS) registrou o maior número de casos de Dengue (DENV) contraídos dentro dos municípios (autóctones) dos últimos 10 anos (HÜBLER, 2021). Segundo estudos realizados por Caldas et al. (2015), no ano de 2001 ocorreu a introdução da espécie *Aedes aegypti* em Porto Alegre, capital do Rio Grande do Sul. Entretanto, os primeiros registros de casos autóctones no estado ocorreram em 2007 na cidade de Giruá, sendo que somente em 2010 foram confirmados os primeiros casos autóctones da doença na capital, onde todos foram localizados no bairro Jardim Carvalho.

Ainda, tem-se que a notificação da doença no Brasil aumentou drasticamente a partir de 1980, em que a rápida urbanização e o não planejamento das cidades, associado as condições de vida precárias, ineficiência da vigilância sanitária e do controle do vetor, são alguns dos fatores relacionados à dispersão dos sorotipos da Dengue. Estes, por sua vez, exprimem uma relação na qual a circulação está associada à magnitude das epidemias e ao aumento de manifestações graves e óbitos decorrentes da infecção. Além disso, a DENV é uma preocupação global, possuindo tendências de rápida expansão da distribuição geográfica do vetor e dispersão do vírus (FERREIRA, NETO e MONDINI, 2018).

Nesse contexto, sabe-se também que essa doença é uma das mais importantes arboviroses transmitidas por mosquitos ao ser humano (XAVIER, MAGALHÃES, et al., 2017), a qual conforme Almeida e Silva (2018) encontra condições mais favoráveis à sua difusão na zona climática intertropical. Nesse sentido, devido a um clima predominantemente tropical, todas as regiões do Brasil possuem elevado potencial epidêmico para a doença, com destaque para o Nordeste do país. Dessa maneira, fica claro o porquê, do total de recursos destinados ao combate da doença na América latina dos anos de 2000 a 2007, aproximadamente 41% dos custos terem ocorrido no Brasil (OLIVEIRA, ARAÚJO e CAVALCANTI, 2018).

Como consequência, tem-se que as epidemias ocasionadas pelos vírus transmitidos pelo *Ae. aegypti* são percebidas diretamente na assistência e na vigilância epidemiológica, frequentemente expondo suas fragilidades e causando impactos de ordem socioeconômica, política e psicológica. Portanto, a Dengue é um importante problema de Saúde Pública, ainda mais relevante após a introdução e disseminação dos vírus Zika e Chikungunya pelo mesmo mosquito. Dado que estes acarreta gastos elevados

com hospitalização, assistência médica e medidas de prevenção e controle, gerando uma sobrecarga significativa para os serviços de saúde (OLIVEIRA, ARAÚJO e CAVALCANTI, 2018).

Nesse sentido, tem-se que o aumento no número e, também, na gravidade dos casos de Dengue no Brasil e no mundo impulsionou estudos voltados a identificação de padrões de ocorrência nas cidades com características semelhantes. Desse modo, tornou-se essencial conhecer os aspectos epidemiológicos e clínicos da doença em regiões endêmicas, para que seja possível a execução de intervenções que minimizem a transmissão. Sendo assim, pesquisas voltadas a entender a relação da DENV com os seus vetores e as variáveis climáticas tornam-se ferramentas úteis na busca da identificação de áreas de risco para ocorrência de infecções por Zika e Chikungunya. Isto dado que o *Ae. aegypti* é um vetor de todos esses vírus, o que tonar possível que sejam traçadas estratégias de vigilância e controle comuns (FERREIRA, NETO e MONDINI, 2018).

Além do mais, o mapeamento e a distribuição espacial de variáveis relacionadas as doenças permitem auxiliar o poder público no planejamento e na tomada de decisão de aspectos referentes a Gestão Pública (VALLADARES, HASSUM, et al., 2019). Por conseguinte, diante dessas questões nota-se que a criação de uma ferramenta de planejamento ambiental, capaz de auxiliar na previsão de regiões com grande potencial para proliferação do mosquito e, conseqüentemente, potencial de ocorrência de epidemias, seria de extrema importância para a Gestão Pública. À vista disso, o objetivo deste trabalho de conclusão de curso foi, através de trabalhos em Sistemas de Informações Geográficas (SIG), assim como através da aplicação de ferramentas de análise de risco, desenvolver um índice capaz de prever, com base no clima e densidade demográfica, o grau de urgência municipal para proliferação do mosquito *Ae. aegypti* e, por consequência, a disseminação da Dengue, no RS.

Portanto a justificativa para elaboração deste estudo foi que este índice possui o intuito de auxiliar na priorização de regiões mais sensíveis à difusão da doença, possibilitando uma melhor destinação dos recursos públicos e colaborando para previsão de possíveis situações de risco futuro. Tendo em consideração que as populações humanas migram entre as regiões e a densidade populacional possui a tendência de aumentar, a nível estadual (IBGE). Ademais, outra questão, que fundamenta a criação deste índice, seria a possível mudança climática prevista para os próximos anos, em virtude de regiões que hoje não possuem potencial para episódios de epidemias poderem se tornar os novos focos do mosquito e os atuais o deixarem de o ser.



## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo do trabalho tem como intuito descrever toda teoria necessária para o desenvolvimento do índice. Portanto, nele é discursado sobre os assuntos que envolvem as principais condições e fatores necessários para disseminação da DENV, assim como a ferramenta de análise de riscos utilizada para a criação do índice. Por fim, é realizada uma breve contextualização do clima de cada região estudada afim de se obter um maior entendimento da propagação do vetor, conforme a variação climática.

### 2.1. Dengue e o seu Vetor

A Dengue é um vírus RNA do gênero Flavivírus pertencente à família Flaviviridae, esta arbovirose engloba quatro sorotipos (DEN-1, DEN-2, DEN-3 e DEN-4) e é transmitida por mosquitos do gênero *Aede*. Esta, por sua vez, trata-se de uma doença febril aguda transmitida pelo mosquito *Aedes aegypti* e *Aedes albopictus*. Sendo que, o mosquito *Ae. aegypti* desenvolve-se, principalmente, em regiões tropicais e subtropicais, em virtude das condições climáticas e ambientais, as quais favorecem sua reprodução (ALMEIDA e SILVA, 2018; CALDAS, SANTOS, et al., 2015; FERREIRA, NETO e MONDINI, 2018).

Quando um humano é infectado por esta arbovirose ele adquire imunidade permanente para o sorotipo que o infectou e temporária contra os outros três (ALMEIDA e SILVA, 2018). Entretanto, a infecção secundária por outro sorotipo da DENV pode resultar em uma forma mais letal, a qual é conhecida como febre hemorrágica da Dengue (ASHBY, MORENO-MADRIÑÁN, et al., 2017). Por esta razão, conforme o NIAID (2018), o qual é um Departamento de Saúde e Serviços Humanos dos Estados Unidos, a Dengue é enquadrada na categoria A, como um agente biológico de maior risco para a segurança nacional e saúde pública, isto porque esta arbovirose pode ser facilmente disseminada ou transmitida entre as pessoas; resulta em altas taxas de mortalidade, havendo potencial para um grande impacto na saúde pública; pode causar pânico público e perturbação social; requer ação especial para preparação da saúde pública.

Com relação ao vetor *Ae. aegypti*, é relevante mencionar que ele é ativo durante o dia, o que, juntamente com sua preferência por áreas urbanas, torna a relação humano-mosquito alta e explica o grande foco das pesquisas no mundo em torno deste mosquito, ele mantém características urbanas e alimenta-se de seivas de plantas. Entretanto, as

fêmeas da espécie, principal vetor da Dengue, são hematófagas, ou seja, alimentam-se de sangue também. Desse jeito, ao ingerir o sangue do hospedeiro infectado ela ingere junto o vírus que causa a doença. O mosquito *Aedes albopictus* não foi identificado como tendo capacidade de dispersão significativa, em razão de sua preferência por se alimentar de animais em vez de humanos. Portanto, no Brasil o vetor mais comum e o mais importante dessa doença é o *Aedes aegypti* (ALMEIDA e SILVA, 2018; ASHBY, MORENO-MADRIÑÁN, *et al.*, 2017; FERREIRA, NETO e MONDINI, 2018; WEBER e WOLLMANN, 2016).

Da mesma forma, é importante observar que o ciclo de vida do *Ae. aegypti* é quase completamente dependente dos ambientes criados pelos humanos (FERREIRA, NETO e MONDINI, 2018). E, conforme pesquisa desenvolvida em Teresinha, Piauí, por Valladares *et al.* (2019), o ciclo biológico do vetor, conforme condições climáticas, pode chegar até 45 dias, após seu nascimento, com potencial de causar a infecção. Assim como, segundo trabalho realizado por Weber e Wollmann (2016), os quais analisaram a influência climática na proliferação do mosquito na cidade de Santa Maria - RS, cada mosquito vive em média 30 dias e, quando férteis, as fêmeas chegam a depositar entre 150 a 200 ovos.

Vale lembrar que o Chikungunya (CHIKV) e o Zika (ZIKV) são arbovírus em crescente expansão no Brasil e igualmente preocupantes, devido ao fato de que também são transmitidos pelo vetor *Ae. aegypti*. A CHIKV é causada por um vírus da família *Togaviridae*, sendo identificada no Brasil em setembro de 2014, em que, nesse mesmo ano, acometeu 2.772 pessoas nas regiões Norte e Centro-Oeste do Brasil. Já o ZIKV é causado por um vírus da família *Flaviviridae*, mesma família da DENV, o qual confirmou-se o primeiro caso em abril de 2015 na Bahia, dispersando-se então por todo o país (FERREIRA, NETO e MONDINI, 2018; OLIVEIRA, ARAÚJO e CAVALCANTI, 2018).

#### 2.1.1. Condicionantes Climáticas

De acordo com o trabalho realizado por Ashby *et al.* (2017), na bacia do rio Magdalena na Colômbia, a precipitação não apresentou influência significativa, sendo a densidade populacional o fator que expressou maior importância em suas modelagens, assim como as variáveis derivadas da temperatura anual média da superfície da terra, especialmente durante o dia, mas de forma menos significativa. Entretanto, Bhatt *et al.*

(2013), os quais montaram um exaustivo registro de ocorrências conhecidas de dengue em todo o mundo e usaram uma estrutura de modelagem para mapear a distribuição global do risco de dengue. Concluíram que os altos níveis de precipitação e a adequação da temperatura estão mais fortemente associados entre as variáveis consideradas com risco elevado para transmissão da dengue. Embora a baixa precipitação não tenha limitado fortemente a transmissão em suas modelagens.

Outro ponto importante foram os achados de Xavier et al. (2017), os quais estudaram a difusão da dengue no espaço-tempo para o município do Rio de Janeiro, no Estado do Rio de Janeiro. Neste estudo constataram que a janela de transmissão da arbovirose acomete os primeiros meses do ano, principalmente nos meses de março, abril e fevereiro, nos quais ocorre, respectivamente, epidemias mais intensas com maior capacidade de espalhamento. Para os autores, possivelmente, períodos epidêmicos que começam mais tardiamente não são capazes de manter o processo com alto índice de casos, em razão das mudanças nas variáveis de temperatura, pluviosidade e, conseqüentemente, diminuição da população vetorial.

Conforme Ferreira et al. (2018), os quais estudaram a epidemiologia da dengue no município de Araraquara, no estado de São Paulo, o ciclo de vida do *Ae. aegypti* apresenta variações de acordo com as mudanças e flutuações climáticas, em que a temperatura, pluviosidade e Umidade Relativa do Ar (URA) favoreceram a proliferação do vetor. Neste trabalho, o aumento da precipitação e URA foram significantes na propagação do mosquito, observando-se um aumento no número de casos um ou dois meses após os picos de precipitação e infestação, indicando um padrão em que a alta precipitação influencia no número de sítios de oviposição do mosquito, o que proporciona um aumento à infestação. Entretanto, a relação entre o aumento da temperatura e o aumento da infestação e casos de dengue pareceu ser discreta, pois, em geral, tanto o verão quanto o inverno apresentaram altas temperaturas na região, que são adequadas para a proliferação do vetor. Portanto, as taxas de incidência apresentaram comportamento sazonal, em que a elevação dos níveis de infestação acompanhou os aumentos da pluviosidade.

Valladares et al. (2019), os quais avaliaram a distribuição sazonal da dengue no município de Teresina, no Estado de Piauí, no ano de 2017, observaram em seu trabalho que as temperaturas médias e máximas mensais apresentavam um efeito inverso ao número de casos da doença. Portanto, determinaram que os meses de menores temperaturas favoreceram a maior ocorrência da doença, apesar de que as temperaturas

mínimas não evidenciaram correlação com o número de casos da dengue. Assim como, os autores verificaram, para a temperatura média e máxima, uma correlação negativa, indicando que maiores temperaturas reduzem o número de casos da dengue.

Ainda, segundo Valladares et al. (2019), a precipitação pluviométrica expressou um efeito positivo com os casos da doença, porém apresentou uma correlação inferior quando comparado a da lâmina d'água e da cobertura vegetal. Nesse sentido, segundo seus estudos, a temperatura favorável ao desenvolvimento do *Ae. aegypti* encontra-se entre 21°C e 29°C, e para a longevidade e fecundidade dos adultos, entre 22°C e 30°C. Portanto, os mesmos atestaram que a maior frequência de casos ocorrem no primeiro semestre do ano na região, normalmente havendo aumento a partir da sétima semana epidemiológica e redução a partir da vigésima sétima semana, o que justifica a sazonalidade da doença em certas regiões, as ótimas condições de temperatura, disponibilidade hídrica e cobertura vegetal verde.

Com intuito de investigar os efeitos das variáveis climáticas sobre a proliferação do *Ae. aegypti*, Andrioli et al. (2020) descreveram, em seu trabalho, as características da epidemia da dengue no município de Pinhalzinho, Santa Catarina, Brasil. Uma vez que a região apresentou a maior epidemia de dengue já registrada no país, causada pelo sorotipo DENV-1. Os autores observaram maiores taxas de incidência em mulheres, entre pessoas com 50 anos de idade ou mais e no período de verão. Assim como notaram que a distribuição dos focos do mosquito estava associada ao aumento da temperatura média e à umidade relativa do ar no município, as quais apresentaram significativa associação positiva com a infestação mensal pelo mosquito. Além disso a elevação da temperatura e URA, juntas, foram capazes de prever 59,4% da infestação pelo vetor.

Nesse sentido, esta análise relatou que os casos de DENV apresentaram um padrão sazonal de ocorrência, em virtude de ter iniciado nos meses de dezembro e janeiro, alcançando maior incidência em fevereiro e março, período coincidente ao de elevadas temperaturas na região, e exibindo um decréscimo no mês de maio. Padrões sazonais como este, de aumento na ocorrência de casos de dengue nos primeiros meses do ano, são constatados em diversos estudos realizados no Brasil. Portanto, Andrioli et al. (2020) concluíram que informações climáticas podem ser utilizadas para prever o aumento da população de mosquitos e, conseqüentemente, situar áreas de risco para surtos de arboviroses. Um alerta precoce pode ser usado pelas autoridades em Saúde Pública municipais, para planejar e direcionar medidas de maior eficácia no controle do mosquito

e, dessa maneira, reduzir o risco de dengue e de outras arboviroses transmitidas por esse vetor.

Caldas et al. (2015) estudaram a influência de determinantes ambientais e socioeconômicas nos casos de dengue na cidade de Porto Alegre (RS). Verificaram a influência da precipitação e da temperatura máxima, em relação ao número médio de mosquitos fêmeas, e encontraram que a precipitação não influenciou substancialmente o número de fêmeas coletadas. No entanto, notaram que a temperatura apresentou uma relação considerável, em que o número de fêmeas coletadas aumentou com o aumento da temperatura. Provavelmente isto ocorreu devido ao estudo ter sido realizado na região sul do país, a qual possui características subtropicais, apresentando estações bem definidas e chuvas bem distribuídas durante o ano. Nesse sentido, os autores concluem que em climas caracterizados pelas variações sazonais pode haver períodos favoráveis à intensa proliferação do mosquito, essas flutuações no clima fazem as epidemias se manifestarem em épocas, até certo ponto, previsíveis.

Em estudos realizados por Weber e Wollmann (2016), os quais analisaram a influência climática na proliferação do mosquito na cidade de Santa Maria (RS), notou-se um aumento dos casos de larvas de *Ae. aegypti* nos meses em que as temperaturas médias mensais ultrapassaram, ou se aproximaram, dos 25°C, como em dezembro, fevereiro e março. Neste período foram coletados os maiores números de amostras de larvas, corroborando com valores buscados na bibliografia pelos autores, as quais apontaram uma temperatura ambiente do ar ideal entre 24 e 28°C, para a maioria dos mosquitos tropicais. Observou-se, também, que os meses com maior número de casos corresponderam aos meses em que a precipitação total se aproximou ou ultrapassou os 150 mm, associados a temperaturas médias elevadas.

Em conclusão, estes autores, ressaltaram que é relevante analisar a média mensal da URA, não com mesma importância da temperatura ou precipitação, mas como uma determinante climática pertinente para a proliferação do vetor, essencialmente quando associada a altas temperaturas. Nesse sentido, destacou-se no estudo os meses de novembro e agosto, em que os dois apresentaram uma precipitação total semelhante, porém URA média variada, dado que novembro, um mês menos úmido quando comparado ao mês de agosto na região, apresentou um menor número de casos, mesmo este sendo um mês primaveril e quente. Entretanto, nos outros meses não foi constatado uma influência direta da umidade relativa do ar com número de casos observados.

### 2.1.2. Condicionantes Socioambientais

Como já mencionado anteriormente, Ashby et al. (2017) perceberam que a densidade populacional era um fator determinante para modelagem dos casos de Dengue em sua área de estudo, aliado a variáveis climáticas, especialmente durante o dia. Além disto, descreveram em seu trabalho que, para proliferação do mosquito, há um limiar de altitude de 1.800m, apesar de que tenham encontrado fontes que relatavam a presença do vetor, em alguns municípios, a uma altitude de 2.032m na Colômbia. Por fim, ressaltaram que uma limitação do estudo estaria associada a uma ideia de movimentação humana entre os municípios. Este conceito corrobora com o que foi proposto por Bhatt et al. (2013) em seu trabalho, em que evidenciaram que a proximidade de centros urbanos e periurbanos de baixa renda estava associado a um risco maior, especialmente em áreas altamente conectadas, indicando que a movimentação humana entre os centros populacionais é um importante facilitador da disseminação da dengue.

Xavier et al. (2017) estudaram a difusão da dengue no município do Rio de Janeiro, comentam que diversos estudos têm buscado a identificação de áreas de risco, dentro das cidades, e seus determinantes sociais e ambientais. Entretanto, segundo os autores, estes estudos levam a resultados controversos. Por exemplo, enquanto há pesquisas que indicam que os bairros pobres possuem maior risco de disseminação da DENV, há outras que indicam as regiões ricas como de maior risco. Nesse sentido, deduziram que essa disparidade de resultados pode estar associada a própria dinâmica espaço-temporal das epidemias de dengue, assim como ao fato de que, depois de grandes surtos, a soroprevalência de anticorpos de dengue pode atingir até 80% da população local, tornando a imunidade de grupo um fator determinante para novas infecções.

Dessa maneira, Xavier et al. (2017) relacionaram que a distribuição espacial dos casos de Dengue pode diferir consideravelmente conforme o momento analisado. Entretanto, destacaram como indicadores consensuais nesses estudos a densidade demográfica, a mobilidade da população, a infestação do mosquito e condições de saneamento como fatores coletivos de risco essenciais. Já suas análises, no município do Rio de Janeiro, revelaram que a população do vetor e o comportamento das pessoas, no combate ao mosquito, pode estar intimamente relacionado com a manifestação da doença. Isto ocorre devido as populações de mosquitos estarem heterogeneamente distribuídas no espaço, ou seja, quando o indivíduo infectado se desloca para diferentes ambientes ele aumenta a capacidade de dispersão da epidemia. No fim, conclui-se que o mapeamento e

a distribuição espacial de variáveis relacionadas a doença possuem a capacidade de auxiliar o poder público no planejamento e tomada de decisão.

Almeida e Silva (2018) estudaram a relação entre a ocorrência dos casos de Dengue e as condições socioambientais nos municípios de João Pessoa, Cabedelo e Bayeux, no Estado da Paraíba. Nesse sentido, enfatizaram que os problemas socioambientais das cidades, ligados a fragilidade do ambiente urbano, estão, progressivamente, contribuindo à disseminação de doenças como a dengue. Dessa maneira, destacaram que as principais condicionantes socioambientais que contribuíram para a dispersão da arbovirose na área de estudo foi: o saneamento básico, particularmente a coleta de lixo insuficiente ou inadequada nas periferias das cidades e, conseqüentemente, o descarte inadequado de resíduos sólidos; as regiões desassistidas pelos órgãos públicos; a insuficiência do planejamento urbano e a falta de educação ambiental.

De acordo com estes autores, uma vez que estes distúrbios estão associados à fatores como a má gestão pública e a falta de conscientização ambiental dos cidadãos observa-se um favorecimento determinante à disseminação de doenças. Por fim, relataram que os bairros com alta densidade de ocorrência de DENV possuíam, também, elevada densidade demográfica, o que permitiu inferir que nas áreas mais adensadas há uma maior tendência de difusão da doença. Nesse contexto, descreveram que o grau de inter-relacionamento entre as cidades está ligado a maior velocidade desta disseminação, isto é, cidades com maior conexão à rede urbana possuem maior influência neste processo de difusão.

Oliveira et al. (2018) descreveram os aspectos entomológicos e epidemiológicos das epidemias de dengue ocorridas em Fortaleza, no Estado do Ceará, de 2001 a 2012. Conforme este estudo, dos indicadores entomológicos, o percentual de caixas d'água infestadas pelo *Ae. aegypti* apresentou redução de mais de três vezes e o de pneus de mais de nove vezes, para o período analisado. Por outro lado, observaram um aumento importante da infestação proporcional nos pratos e vasos de plantas infestados, de 3,4% em 2001 para 21% em 2012. Vale lembrar que no estudo os depósitos utilizados para armazenar água, destinada a consumo humano, representaram mais de 40% de todos os depósitos infestados pelo vetor, em todos anos epidêmicos.

Oliveira et al. (2018) evidenciaram, também, proporcionalmente um maior número de casos na faixa etária de 20 a 49 anos, assim como um aumento de 23,7% da infecção entre os menores de nove anos, durante a epidemia de 2008. Encontrando que a

média de idade dos casos observados foi de 27,7 anos, para a faixa etária de 0 a 95 anos; além disso, relataram que, durante o período de 2001-2012, a mediana de idade dos casos reduziu-se de forma significativa. Com relação a taxa de incidência por sexo, perceberam uma predominância de casos no sexo feminino, variando de 54,4%, em 2011, a 60,4%, em 2001, concluindo-se que a taxa de incidência da doença foi sempre maior no sexo feminino.

Embora estes autores tenham observado um discreto predomínio de casos no sexo feminino, inferiram que essa diferença não pareceu tão importante, considerando-se o intervalo de anos avaliados. Em contrapartida, segundo os mesmos inquéritos epidemiológicos sobre dengue, realizados no Brasil, não apontam maior risco em relação ao sexo, o que evidencia um provável viés de registro dos casos notificados. Visto que, majoritariamente, a ocorrência da transmissão é domiciliar e que as mulheres, habitualmente, buscam mais os serviços de saúde e o atendimento médico, quando comparadas aos homens, o que corrobora com as ideias de Ferreira et al. (2018).

No trabalho realizado por Andrioli et al. (2020), em que estudaram as características da epidemia da DENV, dissertaram que o aumento da incidência e disseminação da dengue é um processo complexo, influenciado por múltiplos fatores sociais, ambientais e climáticos, os quais, de forma sinérgica, podem gerar um cenário epidêmico. Entre estes fatores, ressaltaram a urbanização desordenada, condições sanitárias precárias, falta de controle efetivo do mosquito, globalização da economia, propagação e infestação do vetor no ambiente urbano, mobilidade humana e mudanças climáticas. Como conclusões de suas pesquisas, encontram o maior registro de casos relacionados ao sexo feminino, sendo justificado este padrão pela associação da distribuição do vetor, principalmente, dentro da região peridomiciliar, ambiente mais frequentados por elas; ou também, pelo fato das mulheres procurarem mais pelos serviços de saúde. Além disto, observaram maior coeficiente de incidência nas idades mais avançadas, acima de 50 anos, em que; conforme os autores, diverge dos padrões relatados por outros estudos realizados no país, nos quais este coeficiente é maior entre adultos jovens, particularmente na faixa etária entre 20 e 49 anos.

Andrioli et al. (2020) destacaram, ainda, que embora todas as faixas etárias sejam igualmente suscetíveis, pessoas idosas têm maior risco de desenvolver dengue com sinais de alarme e dengue grave, possíveis de evoluir a óbito. Por conseguinte, explicaram que o conhecimento do processo epidêmico e o uso da informação podem auxiliar na avaliação da situação de saúde para a tomada de decisão, com vistas a direcionar ações



intersectoriais, educativas e de conscientização social. Assim, afim de reduzir o ônus da dengue, as políticas de Saúde Pública devem ser contínuas, e considerar necessidades locais específicas, no sentido do controle do vetor e da vigilância da doença. Finalmente, destacaram a necessidade da prioridade das ações de prevenção, com a participação ativa da população, articuladas com políticas públicas intersectoriais.

De acordo com Caldas et al. (2015), os quais estudaram a influência de determinantes ambientais e socioeconômicas nos casos de DENV, o crescimento populacional, a urbanização sem planejamento, o aumento da desigualdade social e o inadequado ordenamento ambiental favorecem uma alta ocorrência do vetor em áreas urbanas. Nesse sentido, relataram que, dos 22 bairros analisados, o número de casos sofreu influência significativa e positiva do número de fêmeas do vetor e do uso antrópico da terra, sendo este último o que apresentou maior coeficiente de determinação. Além disto, destacaram que a cobertura vegetal apresentou uma influência negativa, ou seja, quanto maior a cobertura vegetal e menor o uso antrópico do solo, menor foi o número de casos registrados. Quando analisado o nível socioeconômico, encontraram que ele não se mostrou um fator significativo, embora tenham encontrado uma tendência de aumento do número de fêmeas coletadas à medida que diminuía a renda média dos moradores nos bairros amostrados.

Ademais, tem-se segundo Weber e Wollmann (2016), os quais analisaram a influência climática na proliferação do mosquito, que além da influência dos fatores climáticos na disseminação do vetor, é essencial destacar os fatores sociais. Dado que são consequentes da própria ocupação humana, como o acúmulo de resíduos sólidos em terrenos baldios e a falta de conhecimento da população em combater as epidemias, os quais são condições que também colaboram diretamente na propagação, tanto dos mosquitos, quanto das epidemias tropicais. Ainda, ressaltaram a importância de políticas estatais de contenção de epidemias, como o Plano Nacional de Combate à Dengue (PNCD), que desloca parte do aparelho estatal ao combate do mosquito.

## 2.2. Método APR

Segundo Oliveira et al. (2018), o risco está presente em diversas áreas da atividade humana, sendo que vários métodos já foram desenvolvidos nos últimos anos para analisar esses riscos. Apesar disso, não existe nenhum método ótimo para identificar os riscos e avaliá-los. Nesse sentido, este autor demonstrou, em seu estudo, a importância da análise

de risco através do uso de ferramentas tradicionais para mitigação de possíveis cenários de desastres. No qual, através do uso da tradicional ferramenta da Análise Preliminar de Risco (APR) e dados históricos internacionais de possíveis cenários de desastres envolvendo gasodutos, categorizou os riscos e propôs recomendações para as cinco secções do gasoduto localizado no estado do Rio Grande do Norte.

No trabalho realizado por Castro (2019) foram avaliados os impactos ambientais e os riscos ocupacionais em uma unidade de reciclagem em Uberlândia-MG. Para isto, o autor aplicou a metodologia APR, a qual possibilitou a identificação de quatro riscos (químico, físico, ergonômico e de acidente) presentes no local, e, conseqüentemente, um total de dezenove causas, das quais inúmeras são provenientes de um mesmo risco. Neste estudo, verificou-se uma influência direta no uso da APR para a gestão dos riscos relacionados ao ambiente de trabalho, resultando na melhoria da qualidade de vida dos funcionários, do processo de trabalho e das funções administrativas do empreendimento.

Já no estudo realizado por Neves e Costa (2020), foi possível analisar e mensurar os riscos ambientais e de segurança que os visitantes estão sujeitos ao realizarem caminhadas na trilha do Pico da Tijuca, no Parque Nacional da Tijuca, situada na cidade do Rio de Janeiro, a partir da aplicação da técnica de APR. Conforme os autores, a aplicação desta metodologia na trilha do parque expôs que o principal risco, associado aos usuários na trilha, é a queda. Além disto, foi capaz de evidenciar, também, os riscos de se perder, escorregar, torcer o pé, queda de troncos e galhos das árvores, assaltos e picadas de animais peçonhentos. Portanto, os autores concluíram que as caminhadas na trilha para o Pico da Tijuca oferecem riscos relevantes aos usuários e que o APR é um instrumento adequado para o desenvolvimento de um plano de manutenção e gestão da trilha, o qual favorece a prevenção da ocorrência de incidentes ou acidentes com usuários.

Portanto, a partir destes exemplos de aplicação nota-se que o risco faz parte do cotidiano, sendo empregado em inúmeras situações de diferentes formas e sentidos (ARAÚJO, 2010). Conforme Han e Weng (2011) a avaliação de risco é uma função matemática de probabilidade e consequência de um acidente, havendo como objetivo a identificação de potenciais ocorrências, a análise de possíveis causas e a avaliação dos efeitos das medidas de prevenção de riscos. Desta maneira, tem-se, de acordo com Neves e Costa (2020), que a APR é um método qualitativo que permite a identificação de possíveis acidentes e incidentes.

Sendo assim, esta técnica tem sua origem no objetivo de se identificar riscos industriais; entretanto, também pode ser usada em diferentes atividades e situações. Isto

devido sua capacidade de auxiliar na identificação e caracterização de riscos, em que é possível reconhecer as causas e as consequências dos mesmos, estabelecendo maneiras de prevenção. Para isto, primeiramente deve-se enquadrar o evento nas categorias de frequência, apresentadas no Quadro 1, e nas categorias de severidade, apresentadas no Quadro 2. Então, a partir do Quadro 3, o qual representa a Matriz de Classificação de Riscos, relaciona-se a frequência com a severidade para se obter a classificação do risco a partir dos índices numérico ou cor, os quais possuem seu significado expresso no Quadro 4 como risco: desprezível, menor, moderado, sério e crítico.

Quadro 1: Categorias de frequência dos cenários.

<b>Categoria</b>	<b>Denominação</b>	<b>Descrição</b>
<b>A</b>	Extremamente Remota	Conceitualmente possível, mas extremamente improvável de ocorrer. Não há referência histórica de que tenha ocorrido.
<b>B</b>	Remota	Não é esperada sua ocorrência, apesar de já poder ter ocorrido em algum lugar no mundo ou na história.
<b>C</b>	Pouco Remota	Pouco provável de ocorrer. Possível de ocorrer até uma vez durante todo o período passível de ser analisado o evento.
<b>D</b>	Provável	Esperado ocorrer até uma vez. Possível que ocorra poucas vezes durante todo o período passível de ser analisado o evento.
<b>E</b>	Frequente	Esperado ocorrer várias vezes.

Fonte: Adaptado de Neves e Costa (2020) e Oliveira et al. (2018).

Quadro 2: Categorias de severidade dos cenários.

<b>Categoria</b>	<b>Denominação</b>	<b>Segurança Pessoal</b>	<b>Meio Ambiente</b>	<b>Patrimônio</b>
<b>I</b>	Desprezível	Sem lesão, ou no máximo casos de primeiros socorros sem afastamento.	Sem danos ou danos insignificantes.	Danos leves aos sistemas sem comprometimento da continuidade operacional da instalação.
<b>II</b>	Marginal	Lesões leves em empregados e terceiros. Ausência de lesões extramuros.	Danos leves.	Danos leves aos sistemas com comprometimento da continuidade

				operacional da instalação.
<b>III</b>	<b>Crítica</b>	Lesões de gravidade moderada em pessoas intramuros. Lesões leves em pessoas extramuros.	Danos severos com efeito localizado.	Danos severos ao sistema da instalação.
<b>IV</b>	<b>Catastrófica</b>	Provoca morte ou lesões graves em 01 ou mais pessoas intra ou extramuros.	Danos severos em áreas sensíveis ou se estendendo para outros locais.	Perda do sistema da instalação.

Fonte: Adaptado de Neves e Costa (2020) e Oliveira et al. (2018).

Quadro 3: Matriz de classificação de riscos.

Classificação de Riscos		FREQUÊNCIA				
		A	B	C	D	E
<b>S E V E R I D A D E</b>	<b>IV</b>	2	3	4	5	5
	<b>III</b>	1	2	3	4	5
	<b>II</b>	1	1	2	3	4
	<b>I</b>	1	1	1	2	3

Fonte: Adaptado de Neves e Costa (2020) e Oliveira et al. (2018).

Quadro 4: Riscos relacionados as cores da matriz de classificação de riscos.

Riscos	
1	Desprezível
2	Menor
3	Moderado
4	Sério
5	Crítico

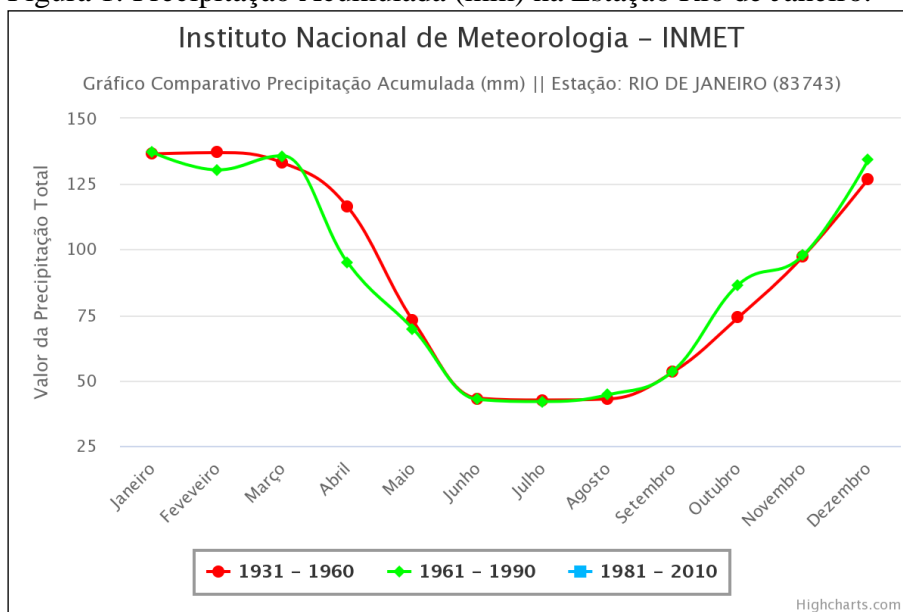
Fonte: Adaptado de Neves e Costa (2020) e Oliveira et al. (2018).

### 2.3. Normais Climatológicas Associados à Bibliografia

No estudo realizado por Xavier et al. (2017), os quais estudaram a difusão da dengue no espaço-tempo para o município do Rio de Janeiro, constataram que a janela de transmissão da arbovirose acomete os primeiros meses do ano, principalmente nos meses

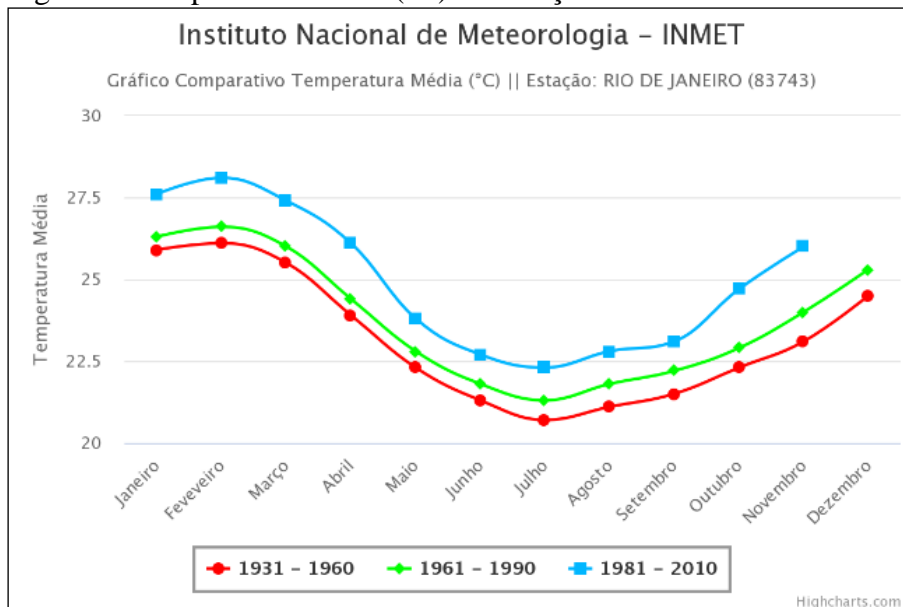
de março, abril e fevereiro. Dessa forma, observa-se que de acordo com a Figura 1 e com a normal climática de 1961 a 1990, a precipitação média para este período oscila entre 94,9 e 135,8 mm, e no restante do ano entre 41,9 e 137,1 mm.

Figura 1: Precipitação Acumulada (mm) na Estação Rio de Janeiro.



De acordo com a Figura 2, a temperatura média para o período estudado por Xavier et al. (2017), considerando a normal de 1961 a 1990, varia entre 24,4 e 26,6 °C, e entre 21,3 e 26,6 durante o restante do ano. Enquanto que, de acordo com a normal de 1981 a 2010, ela varia durante o período estudado de 26,1 a 28,1 °C, e no restante do ano entre 22,3 a 27,6 °C.

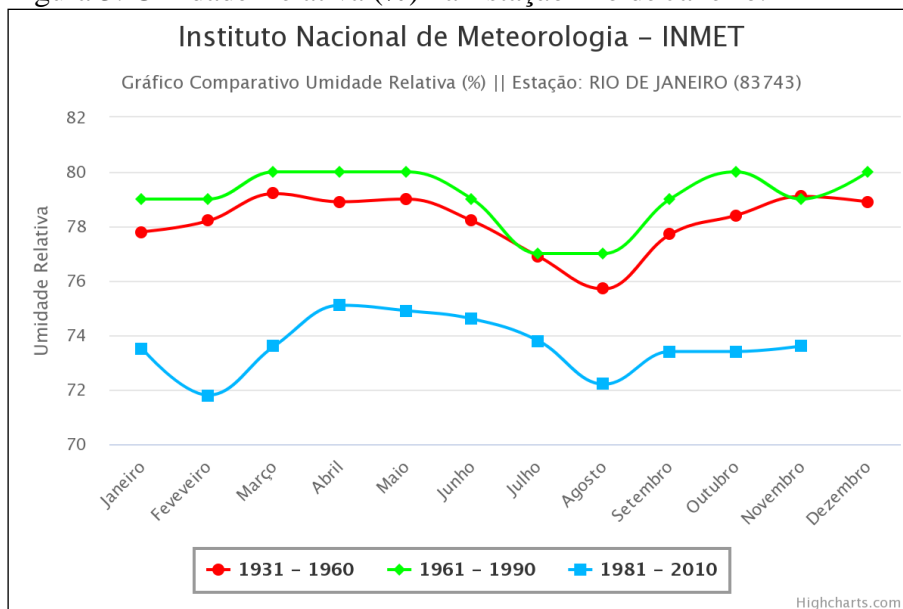
Figura 2: Temperatura Média (°C) na Estação Rio de Janeiro.



Fonte: INMET – Normais Climatológicas.

Neste estudo não foi relacionado a UR como um fator determinante. Entretanto, em outros estudos esta variável expressou relação e; portanto, buscou-se verificar a sua variação na região estudada. Assim, conforme a Figura 3, considerando a normal de 1961 a 1990, a UR varia, de fevereiro a março, entre 79 e 80 % e entre 77 e 80% durante o restante do ano. Enquanto que, de acordo com a normal de 1981 a 2010, ela varia durante o período estudado 71,8 a 75,1 % e no restante do ano entre 72,2 e 74,9%.

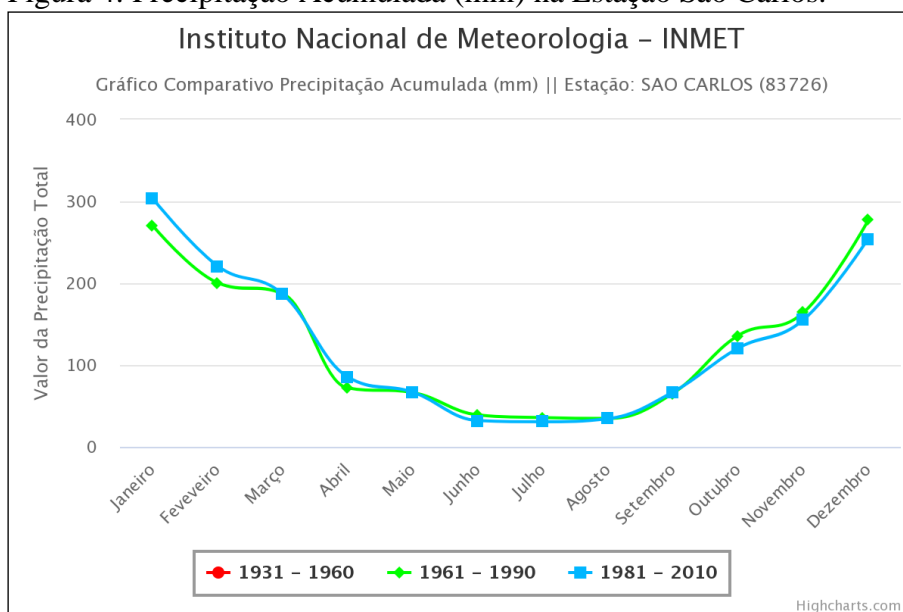
Figura 3: Umidade Relativa (%) na Estação Rio de Janeiro.



Fonte: INMET – Normais Climatológicas.

Já nos estudos realizados por Ferreira et al. (2018), o qual estudou a epidemiologia da dengue no município de Araraquara, no estado de São Paulo, a temperatura, pluviosidade e Umidade Relativa do Ar (URA) favoreceram a proliferação do vetor. Nesse trabalho, o aumento da precipitação e URA foram significantes na propagação do mosquito; porém a relação entre o aumento da temperatura e o aumento da infestação e casos de dengue pareceu ser discreta, pois, em geral, tanto o verão quanto o inverno apresentaram altas temperaturas na região, que são adequadas para a proliferação do vetor. Portanto, conforme a Figura 4, obtido no Portal do INMET, para Estação São Carlos, mais próxima ao município de Araraquara, o período de maior precipitação ocorre de outubro a março, com pluviosidade variando entre 120,6 e 303,8 mm e no restante do ano de 30,6 a 85,4 mm, para a normal climatológica de 1981 a 2010.

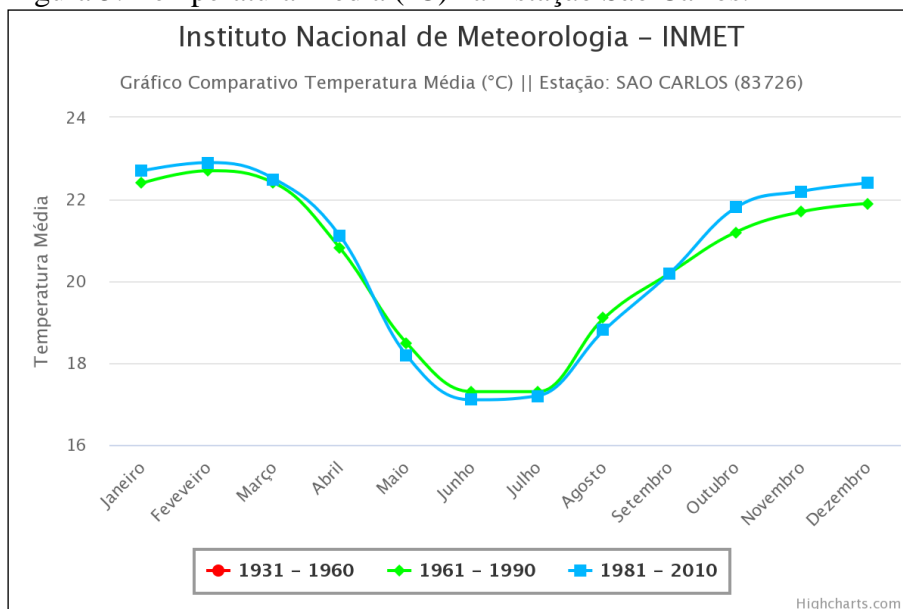
Figura 4: Precipitação Acumulada (mm) na Estação São Carlos.



Fonte: INMET – Normais Climatológicas.

De acordo com a Figura 5, a temperatura média na região, entre outubro e março, oscila de 21,8 a 22,9°C e no restante do ano de 17,1 a 21,1 °C, para a normal de 1981 a 2010.

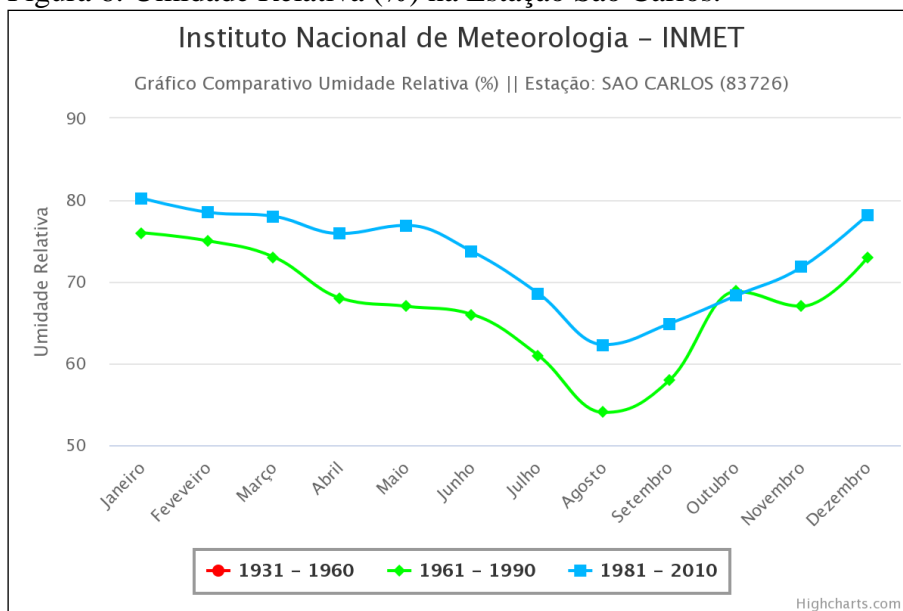
Figura 5: Temperatura Média (°C) na Estação São Carlos.



Fonte: INMET – Normais Climatológicas.

Na Figura 6 observa-se que a umidade relativa, de outubro a março, varia entre 68,3 e 80,2 % e no restante do ano entre 62,3 e 76,9 %, para a normal climatológica de 1981 a 2010.

Figura 6: Umidade Relativa (%) na Estação São Carlos.



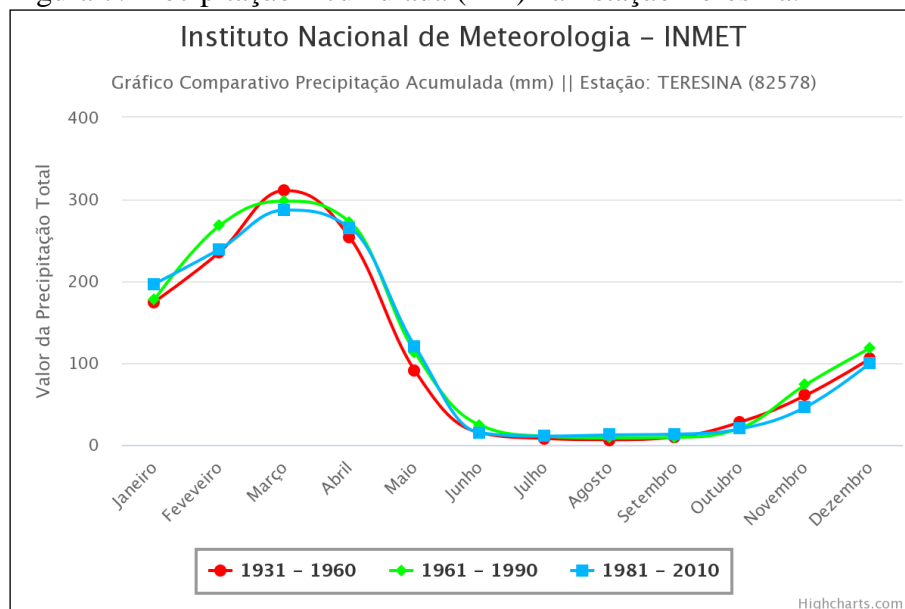
Fonte: INMET – Normais Climatológicas.

Valladares et al. (2019) ao avaliar a distribuição sazonal da dengue no município de Teresina, no Estado de Piauí, observou que as temperaturas médias e máximas mensais apresentavam um efeito inverso ao número de casos da doença, em que os meses de



menores temperaturas favoreceram a maior ocorrência da doença, devido ao limite do conforto térmico dos vetores. Para a precipitação pluviométrica constatou-se um efeito positivo com os casos da doença, constatando que a maior frequência de casos ocorre no primeiro semestre do ano na região. Dessa maneira, a partir da Figura 7 observa-se que de dezembro a maio a precipitação na região varia de 100,1 a 286,9 mm e no restante do ano de 10,6 a 45,9 mm, para a normal climatológica de 1981 a 2010.

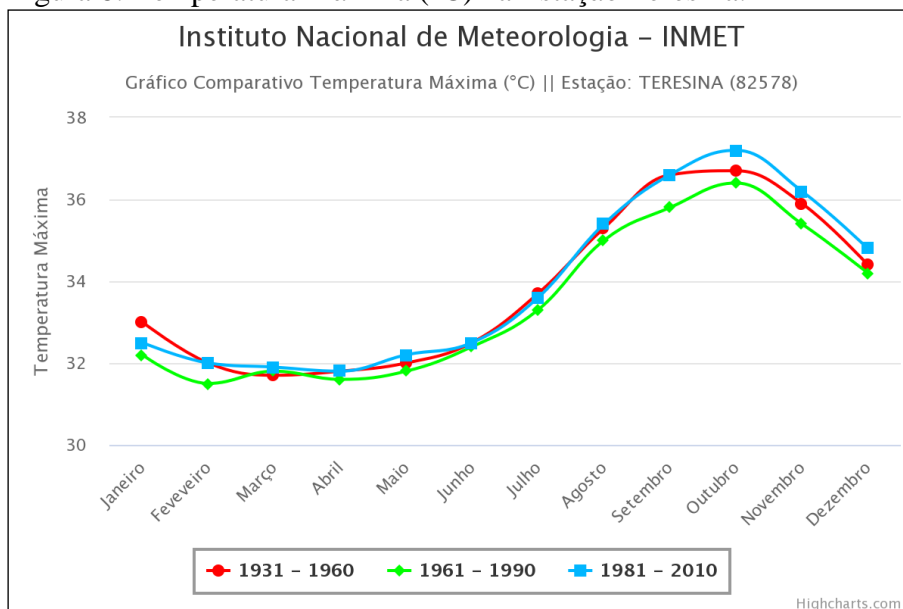
Figura 7: Precipitação Acumulada (mm) na Estação Teresina.



Fonte: INMET – Normais Climatológicas.

Na Figura 8 observa-se que a temperatura máxima, de dezembro a maio, varia entre 31,8 e 34,8 °C e no restante do ano de 32,5 °C a 37,2, sendo que se considerarmos somente janeiro a junho a temperatura máxima varia de 31,8 a 32,5 °C e no restante do ano de 33,6 °C a 37,2 °C, para a normal de 1981 a 2010.

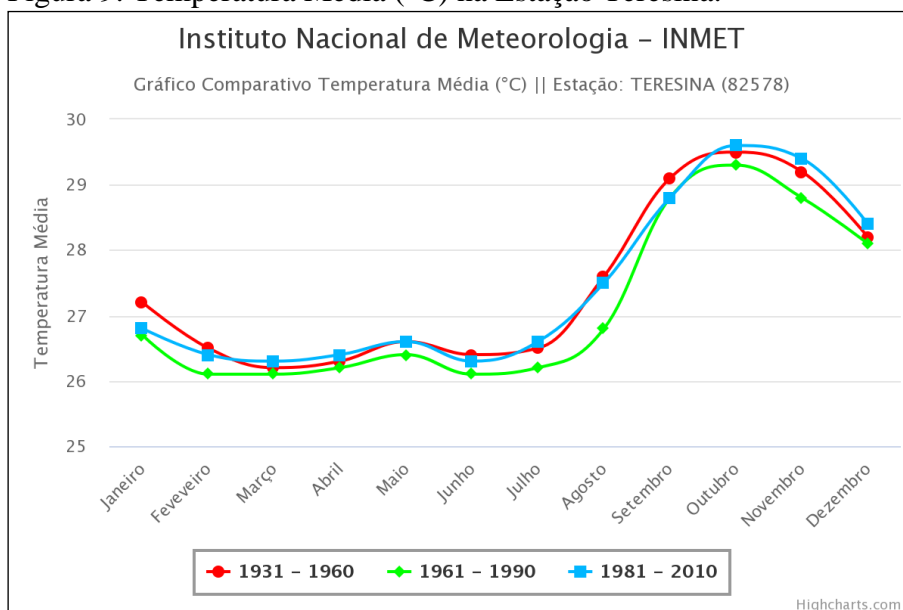
Figura 8: Temperatura Máxima (°C) na Estação Teresina.



Fonte: INMET – Normais Climatológicas.

A temperatura média, de acordo com a Figura 9, para o período de dezembro a maio varia de 26,3 °C a 28,4 °C e no restante do ano de 26,3 a 29,6 °C. Por outro lado, se observarmos o período de janeiro a junho a temperatura média varia de 26,3 a 26,8°C e no restante do ano de 26,3 a 29,6 °C, para a normal climatológica de 1981 a 2010.

Figura 9: Temperatura Média (°C) na Estação Teresina.

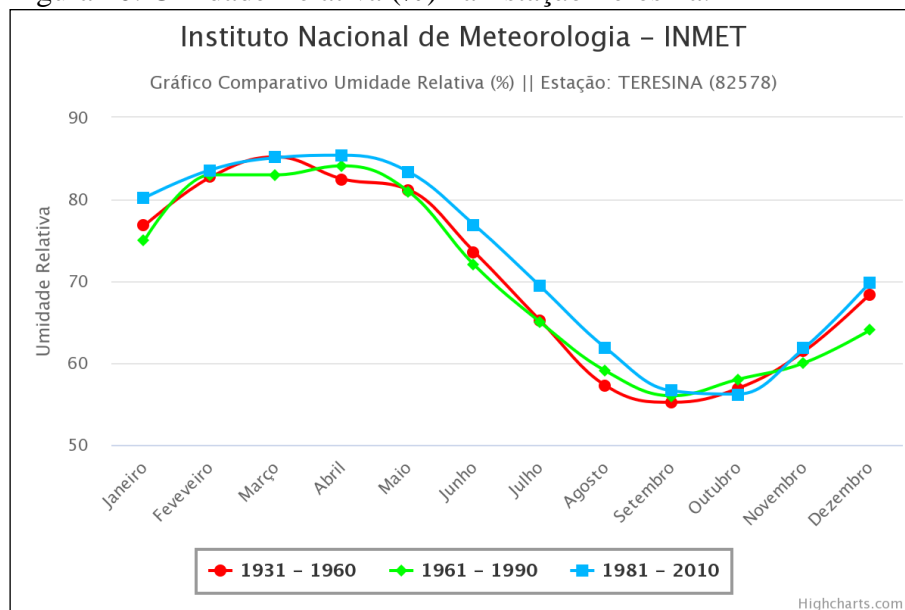


Fonte: INMET – Normais Climatológicas.

A Umidade Relativa, de acordo com a Figura 10, para o período de dezembro a maio varia de 69,8 a 85,1 % e no restante do ano de 56,2 a 76,9 %. Por outro lado, se

observarmos o período de janeiro a junho a temperatura média varia de 76,9 a 85,4% e no restante do ano de 56,2 a 69,8 %, para a normal climatológica de 1981 a 2010.

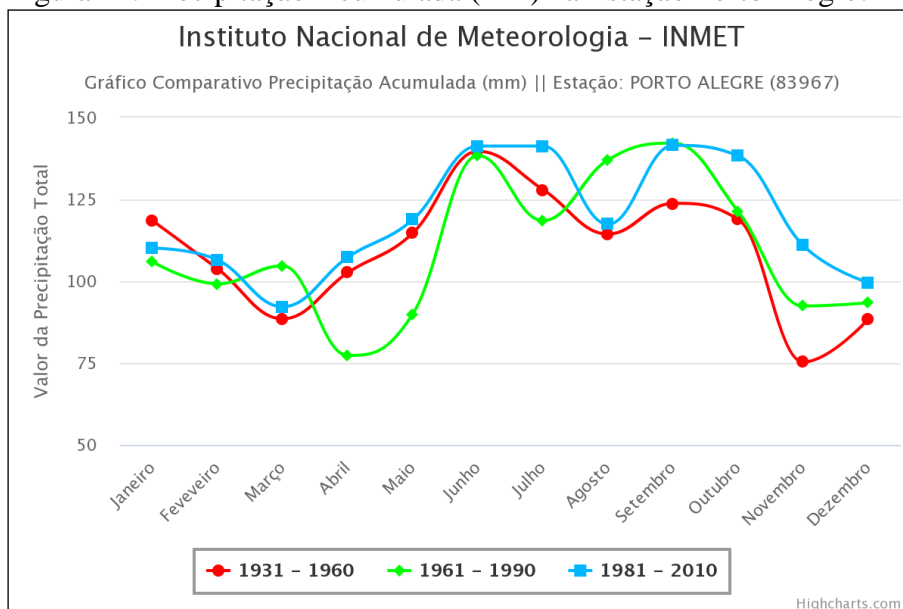
Figura 10: Umidade Relativa (%) na Estação Teresina.



Fonte: INMET – Normais Climatológicas.

No trabalho realizado por Caldas et al. (2015) estudaram a influência de determinantes ambientais e socioeconômicas nos casos de dengue na cidade de Porto Alegre (RS). Estes verificaram a influência da precipitação e da temperatura máxima, em relação ao número médio de fêmeas, e encontraram que a precipitação não influenciou substancialmente o número de fêmeas coletadas. No entanto, notaram que a temperatura apresentou uma relação considerável, em que o número de fêmeas coletadas aumentou com o aumento da temperatura. Dessa maneira, observa-se que na Figura 11, de dezembro a março, a precipitação varia de 92,2 a 110,1 mm e no restante do ano de 107,3 a 141,5mm, conforme normal climatológica de 1981 a 2010.

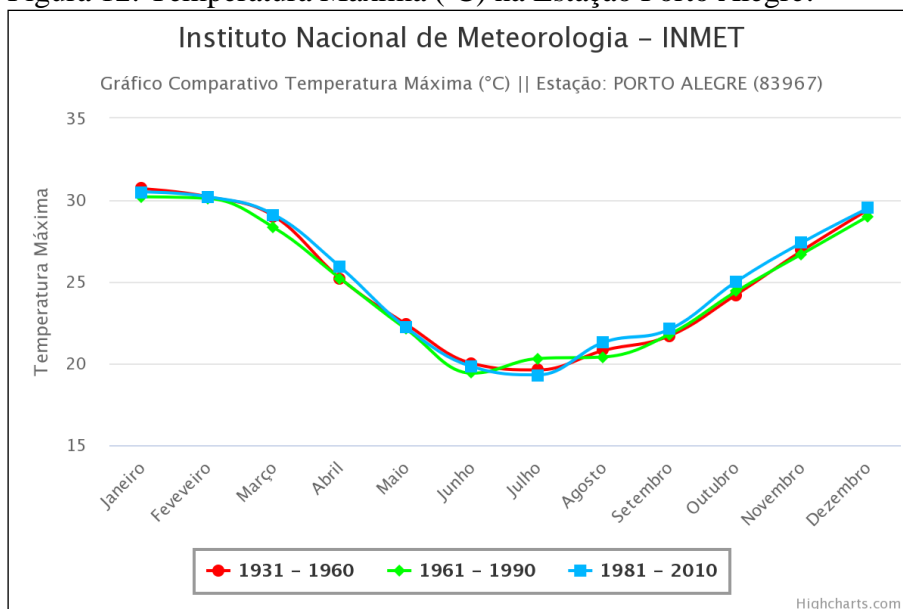
Figura 11: Precipitação Acumulada (mm) na Estação Porto Alegre.



Fonte: INMET – Normais Climatológicas.

A temperatura máxima, de acordo com a Figura 12 e a normal climatológica de 1981 a 2010, para o período de dezembro a março, possui uma variação de 29,1 a 30,5°C e no restante do ano de 19,3 a 27,4 °C.

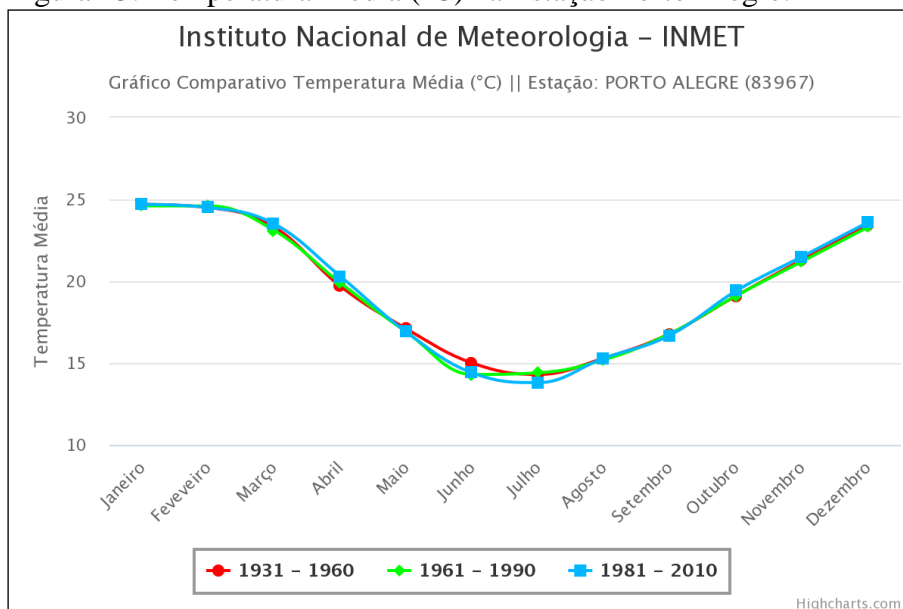
Figura 12: Temperatura Máxima (°C) na Estação Porto Alegre.



Fonte: INMET – Normais Climatológicas.

Já na Figura 13 observa-se, para o período de dezembro a março, que a temperatura média varia de 23,5 a 24,7 °C e durante o resto do ano de 13,8 a 21,5 °C, para a normal de 1981 a 2010.

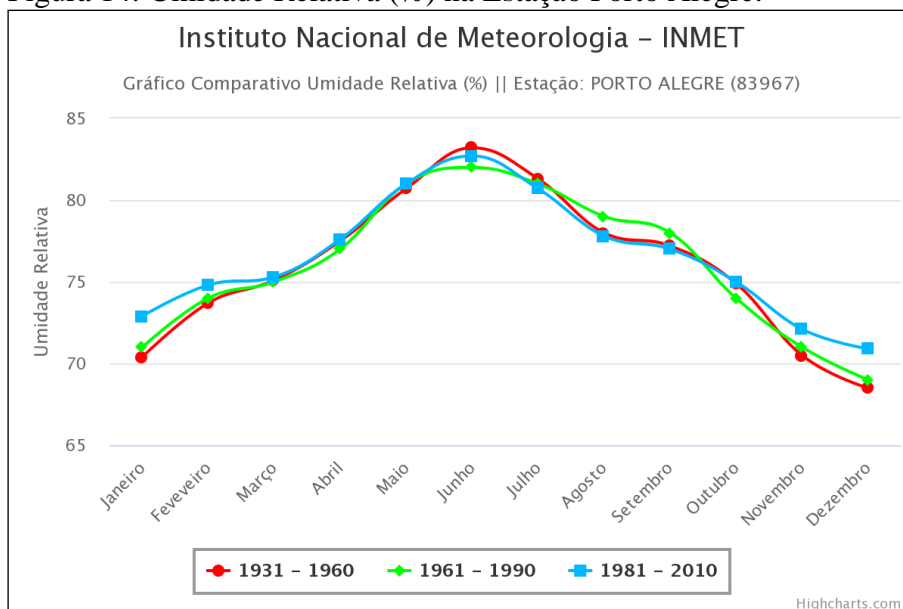
Figura 13: Temperatura Média (°C) na Estação Porto Alegre.



Fonte: INMET – Normais Climatológicas.

Na Figura 14 observa-se, para o período de dezembro a março, que a Umidade Relativa varia de 70,9 a 75,3 % e durante o resto do ano de 72,1 a 82,7 %, para a normal de 1981 a 2010.

Figura 14: Umidade Relativa (%) na Estação Porto Alegre.

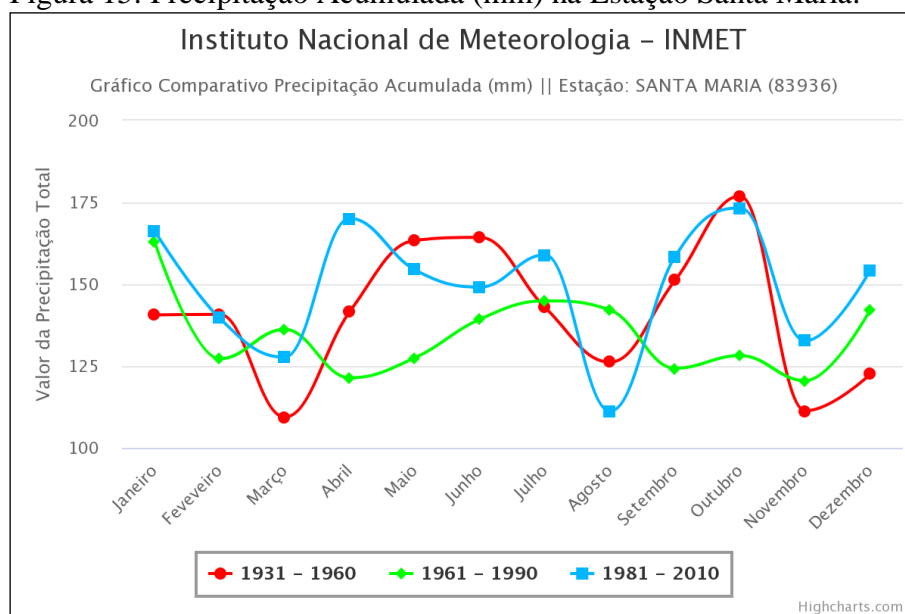


Fonte: INMET – Normais Climatológicas.

Nos estudos realizados por Weber e Wollann (2016), os quais analisaram a influência climática na proliferação do mosquito na cidade de Santa Maria (RS), notou-se um aumento dos casos de larvas de *Ae. aegypti* nos meses em que as temperaturas

médias mensais ultrapassaram, ou se aproximaram, dos 25°C, como em dezembro, fevereiro e março. Observou-se, também, que os meses com maior número de casos corresponderam aos meses em que a precipitação total se aproximou ou ultrapassou os 150 mm, associados a temperaturas médias elevadas. Em conclusão, ressaltaram que é relevante analisar a média mensal da URA, não com mesma importância da temperatura ou precipitação, mas como uma determinante climática pertinente para a proliferação do vetor, essencialmente quando associada a altas temperaturas. Dessa forma, de acordo com a Figura 15, para o período de dezembro a março, a precipitação na região varia de 127,7 a 166,3 mm e no restante do ano de 111,2 a 173,3 mm, para a normal climatológica de 1981 a 2010.

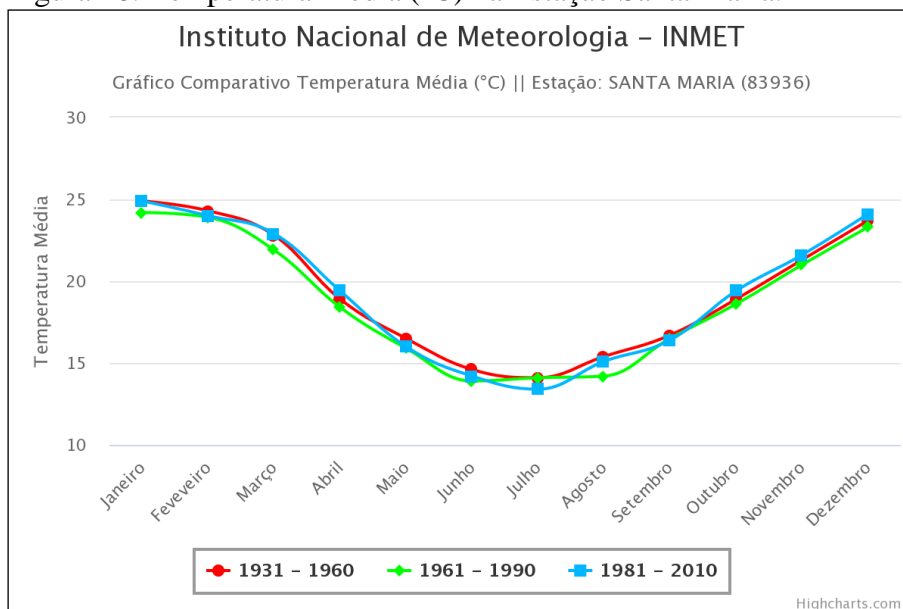
Figura 15: Precipitação Acumulada (mm) na Estação Santa Maria.



Fonte: INMET – Normais Climatológicas.

Na Figura 16 observa-se que a temperatura média, na região de Santa Maria, de dezembro a março, varia de 22,9 a 24,9 °C e no restante do ano de 13,4 °C a 21,6 °C, para a normal climatológica de 1981 a 2010.

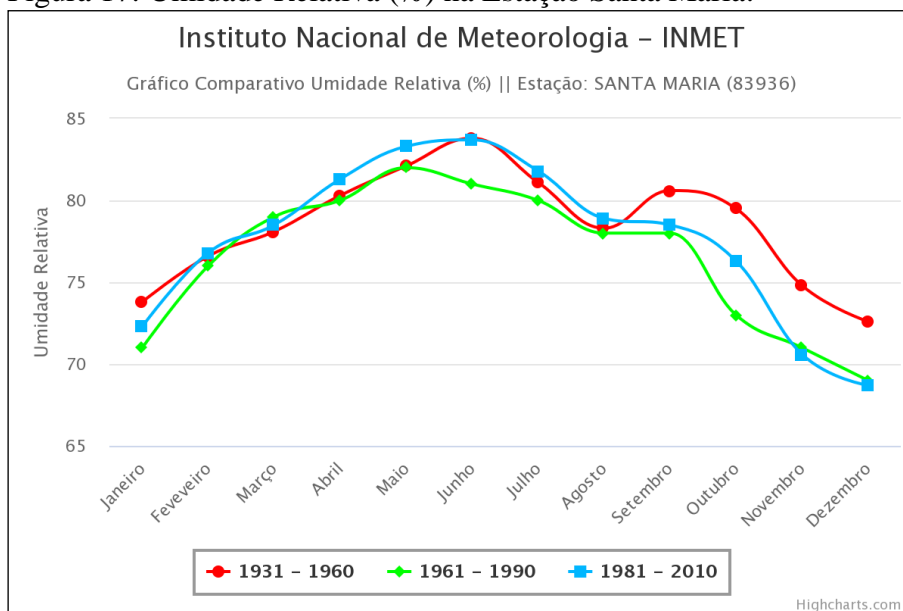
Figura 16: Temperatura Média (°C) na Estação Santa Maria.



Fonte: INMET – Normais Climatológicas.

Com relação a umidade relativa, conforme a Figura 16, nota-se que para o período de dezembro a março ela varia de 68,7 a 78,5 % e no restante do ano de 70,6 a 83,7 %, para a normal de 1981 a 2010.

Figura 17: Umidade Relativa (%) na Estação Santa Maria.



Fonte: INMET – Normais Climatológicas.

### 3. METODOLOGIA

O presente estudo foi realizado para o Estado do Rio Grande do Sul, Brasil. Buscou-se os dados das séries meteorológicas do estado no Portal do INEMT, os dados demográficos no IBGE e os dados de casos de dengue no TabNet do DATASUS.

#### 3.1. Tratamento dos Dados

Para análise climática, a partir do Portal do INMET, obteve-se os dados de todas as estações meteorológicas no estado do RS e arredores, o que totalizou 67 estações. A partir destes dados, através do Microsoft Office Excel, fez-se uma análise para eliminar todas as estações que não continham pelo menos 30 anos de dados, o que resultou em um total de 24 estações meteorológicas, apresentadas na Tabela 1, as quais a maioria se encontra dentro dos limites do estado, com algumas no estado de Santa Catarina. Então, após esta primeira verificação realizou-se uma análise minuciosa acerca dos períodos de falhas na coleta de dados destas estações, o que resultou nas informações apresentadas na Tabela 1, a qual apresenta os dias do ano com coleta de dados e, conseqüentemente, as falhas, tanto em forma de escala de cores, quanto números, conforme apresenta o Quadro 5.



Tabela 1: Falhas de dados meteorológicos.

Ano	Codigo Estacao																								
	83881	83883	83887	83907	83912	83914	83916	83919	83920	83923	83927	83932	83936	83941	83942	83948	83953	83954	83964	83967	83980	83985	83995	83997	
1961	5	1	2	5	5	5	5	4	5	5	5	1	5	5	5	5	5	1	4	5	5	5	5	5	5
1962	5	1	1	5	5	5	5	5	5	5	5	1	5	5	5	5	4	1	5	5	5	5	5	5	5
1963	5	1	1	5	5	5	5	4	5	5	5	1	5	5	5	5	5	1	5	5	5	5	5	4	5
1964	5	1	1	6	5	6	6	2	6	6	5	1	5	6	5	6	5	1	4	6	6	5	5	5	5
1965	5	1	1	5	5	5	5	1	5	5	5	1	5	5	5	5	5	1	5	5	5	5	5	5	5
1966	5	1	1	5	5	5	5	1	5	5	5	1	5	5	5	5	3	1	5	5	5	5	5	5	5
1967	5	1	1	5	5	5	5	1	5	5	5	1	4	5	5	5	4	1	5	5	5	1	5	5	5
1968	6	1	1	6	4	6	6	1	6	6	5	1	3	5	6	4	3	1	5	6	6	5	5	5	5
1969	5	1	5	5	5	5	5	5	5	5	5	1	5	5	5	2	2	1	4	5	5	5	5	5	5
1970	4	1	5	5	5	5	5	5	5	5	5	1	5	5	5	5	1	1	5	5	5	4	5	5	5
1971	5	1	5	5	4	5	4	5	5	5	4	1	5	5	5	5	1	1	5	5	5	1	5	5	5
1972	6	1	6	6	4	6	6	6	6	5	6	1	6	5	5	6	1	1	6	6	6	1	6	6	6
1973	5	3	5	5	3	5	5	5	5	5	5	1	5	5	5	5	1	1	5	5	5	1	5	5	5
1974	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	1	5	5	4	5	5	1	5	5	5	1	5	5	4
1975	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	1	5	5	5	5	5	1	5	5	5	1	5	5	5
1976	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	1	6	6	4	6	6	1	6	6	6	1	6	6	6
1977	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	1	5	5	4	5	5	1	5	5	5	1	5	5	5
1978	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	1	5	5	5	5	5	1	5	5	5	1	5	5	5
1979	3	4	5	4	4	5	3	3	5	4	3	3	1	5	4	3	5	4	4	5	5	4	3	3	5
1980	5	6	5	4	5	5	5	4	5	5	5	1	5	5	5	6	5	6	5	5	6	6	6	6	6
1981	5	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	2	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
1982	5	5	5	5	5	5	1	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
1983	5	5	5	5	5	5	2	5	5	5	3	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5
1984	5	6	1	1	1	6	5	1	1	1	1	1	6	6	5	1	1	6	1	6	6	6	3	6	6
1985	1	5	5	1	1	1	4	1	1	1	1	5	1	1	1	5	1	5	1	1	1	1	2	1	1
1986	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	5	1	1	1	1	4	1	1
1987	1	5	5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	5	1	1	1	1	1	1	1
1988	5	5	5	5	5	5	1	1	5	5	3	5	5	6	3	5	1	5	5	6	6	3	5	6	6
1989	5	5	5	5	5	5	1	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	1	5	5	5	1	5	5	5
1990	5	5	5	5	5	5	1	5	4	4	4	5	5	5	4	5	4	4	5	5	4	4	5	5	5
1991	5	5	5	5	5	5	1	5	5	5	3	5	5	5	4	5	1	5	5	5	5	5	5	5	5
1992	6	6	6	6	6	6	1	6	5	6	6	5	6	5	6	6	1	6	6	6	6	1	6	6	6
1993	5	5	5	5	5	5	1	5	5	4	5	5	5	5	5	5	1	5	5	5	5	5	5	5	5
1994	5	5	5	5	5	5	1	5	5	5	5	5	5	5	5	5	1	5	5	5	5	5	5	5	5
1995	5	5	5	5	5	5	1	5	5	1	5	5	5	5	5	5	1	5	5	5	5	1	5	5	5
1996	6	6	6	6	6	6	1	6	6	1	6	6	6	6	6	6	1	5	6	6	6	6	6	6	6
1997	5	5	5	5	5	5	1	5	5	5	5	5	5	5	5	5	1	5	5	5	5	5	5	5	5
1998	5	5	5	5	5	5	1	5	5	1	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5
1999	5	5	5	5	5	5	1	5	5	1	5	5	5	1	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
2000	6	6	5	6	6	6	6	6	6	1	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
2001	5	5	5	5	4	5	1	5	5	3	5	5	5	1	5	5	4	5	4	5	1	4	5	5	5
2002	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
2003	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
2004	6	6	6	5	6	5	5	5	5	5	6	6	6	5	6	5	5	6	5	6	5	6	6	5	5
2005	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
2006	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
2007	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
2008	6	6	6	6	6	6	5	6	5	6	5	6	6	6	6	6	5	6	6	6	6	6	6	6	6
2009	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
2010	5	3	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
2011	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	1	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
2012	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	1	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
2013	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	1	5	5	5	5	3	5	5	5	5	5	5	5	5
2014	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	1	5	1	5	5	1	1	5	5	5	5	5	5	5
2015	2	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	1	5	1	5	5	1	1	5	5	5	5	1	5	5
2016	4	6	6	5	4	5	5	5	6	5	6	1	6	1	6	5	1	1	6	6	5	6	1	5	5
2017	4	1	4	5	3	5	5	5	3	4	5	1	5	1	5	5	1	1	5	5	5	5	1	5	5
2018	2	1	1	5	3	5	5	5	1	1	3	1	5	1	5	5	1	1	5	5	5	5	1	5	5
2019	1	1	1	5	3	5	5	5	1	1	1	1	5	1	5	5	1	1	5	5	5	5	1	5	5
2020	1	1	1	3	3	4	5	5	1	1	1	1	5	1	4	3	1	1	4	5	4	5	1	4	4

Fonte: Autor.

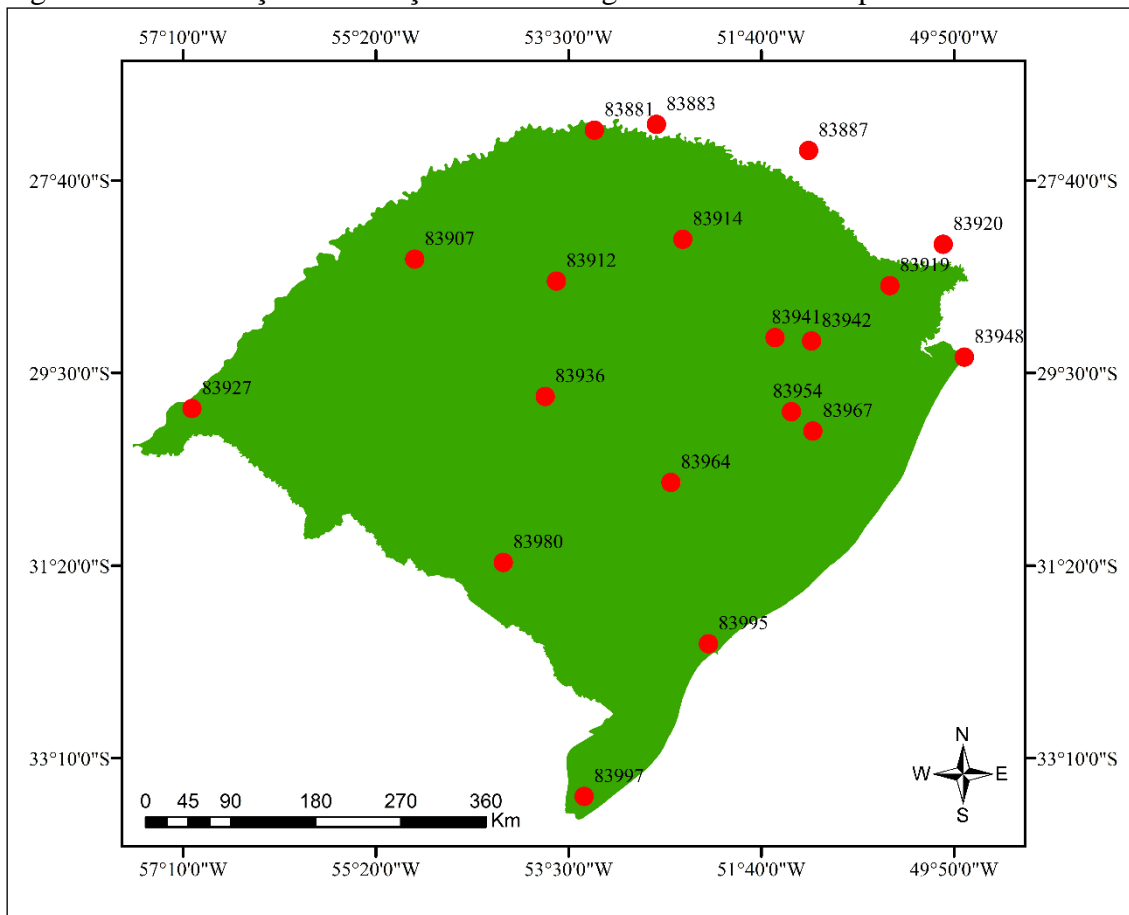
Quadro 5: Legenda da tabela de falha de dados meteorológicos.

DIAS DO ANO COM DADOS	
	0 à 50 = 1
	50 à 100 = 2
	100 à 200 = 3
	200 à 300 = 4
	300 à 365 = 5
	$\geq 365 = 6$

Fonte: Autor

Portanto, de posse desta tabela, considerando-se no máximo os anos na escala 5 do Quadro 5, visto que isto garante um mínimo de 82% de dados no ano, concluiu-se que o período de 1974 a 2014 abrange a maior quantidade de estações com pelo menos 30 e no máximo 40 anos de dados. Sendo assim, das estações obtidas do INMET com no mínimo 30 anos de dados excluiu-se apenas as com os códigos 83916, 83923, 83932, 83953 e 83985. Dessa forma, com as 19 estações meteorológicas restantes é possível realizar a caracterização climática da região, dado que estas possuem dados suficientes para análise. Por fim, buscou-se representar as mesmas espacializadas com intuito de verificar a cobertura do estado e; deste modo, uma possível falha de abrangência de regiões. Logo, a partir desta espacialização, conforme a Figura 18, verifica-se que o estado possui uma boa cobertura de estações com no mínimo 30 anos de dados, permitindo a caracterização climática para o desenvolvimento da análise.

Figura 18: Localização das estações meteorológicas com dados disponíveis.



Fonte: Autor.

Após verificado a disponibilidade dos dados e a cobertura de estações meteorológicas com o mínimo de dados, foi realizado o tratamento das informações. Esta etapa foi necessária devido ao INMET fornecer as mesmas de forma horária e, para este estudo, necessita-se das médias mensais. Portanto, através de análises em planilha calculou-se as médias mensais para cada mês do ano e para cada estação, para os dados de precipitação, temperatura do ar e umidade relativa. Sendo assim, obteve-se as informações contidas nas Tabelas 2, 3 e 4, respectivamente, em que na coluna Estação tem-se os códigos das estações, na coluna "Lat" a latitude, na coluna "Long" a longitude e nas colunas com as abreviações dos meses do ano as médias mensais para cada mês, de acordo com a variável climática analisada.

Tabela 2: Precipitação média mensal para cada estação meteorológica analisada.

<b>Estação</b>	<b>Lat</b>	<b>Long</b>	<b>jan</b>	<b>fev</b>	<b>mar</b>	<b>abr</b>	<b>mai</b>	<b>jun</b>	<b>jul</b>	<b>ago</b>	<b>set</b>	<b>out</b>	<b>nov</b>	<b>dez</b>
<b>83881</b>	-27.19	-53.25	136.33	125.88	111.18	134.18	120.58	140.48	107.51	104.50	145.90	181.12	142.28	130.56
<b>83883</b>	-27.14	-52.66	143.72	139.74	118.35	143.41	135.42	157.80	133.01	116.31	157.75	193.98	147.94	139.60
<b>83887</b>	-27.38	-51.22	158.74	151.11	121.39	129.98	144.55	134.33	146.98	121.54	163.59	195.82	131.47	151.16
<b>83907</b>	-28.42	-54.96	134.70	109.79	126.30	146.57	110.20	121.35	101.99	96.11	141.52	174.24	146.24	143.93
<b>83912</b>	-28.63	-53.61	121.20	114.43	119.14	119.00	109.33	116.22	133.26	119.37	169.29	187.15	129.13	135.88
<b>83914</b>	-28.23	-52.41	134.13	116.16	120.03	105.18	122.09	123.46	135.68	121.68	166.48	174.88	135.91	134.39
<b>83919</b>	-28.67	-50.44	143.31	141.01	113.15	92.94	99.81	111.96	143.26	124.25	147.89	142.67	120.78	130.86
<b>83920</b>	-28.28	-49.93	176.51	177.18	125.99	99.72	122.09	131.15	161.59	144.03	171.74	166.64	148.49	153.73
<b>83927</b>	-29.84	-57.08	103.04	124.10	126.00	105.93	86.83	65.45	58.12	63.33	84.85	121.38	122.54	115.80
<b>83936</b>	-29.72	-53.72	132.44	104.26	115.70	110.58	105.53	121.39	127.61	98.01	141.39	138.29	121.78	123.62
<b>83941</b>	-29.16	-51.53	151.22	145.80	124.19	116.96	118.45	162.19	172.04	147.75	173.94	167.10	141.00	142.75
<b>83942</b>	-29.20	-51.19	132.93	151.26	110.88	98.02	103.08	129.93	154.63	133.58	151.33	150.29	123.80	139.21
<b>83948</b>	-29.35	-49.73	121.87	131.35	126.51	81.90	97.25	95.85	104.02	127.56	131.78	108.75	110.83	107.95
<b>83954</b>	-29.87	-51.38	112.69	117.13	99.76	109.12	103.54	137.81	154.73	129.43	159.65	148.45	116.15	117.72
<b>83964</b>	-30.54	-52.52	106.82	107.84	98.85	93.90	95.15	119.32	137.97	113.09	136.10	131.84	123.03	105.58
<b>83967</b>	-30.05	-51.17	85.82	88.47	74.90	77.71	92.59	120.35	117.07	107.86	115.71	98.78	88.50	93.33
<b>83980</b>	-31.31	-54.12	104.97	117.55	93.72	99.58	97.75	99.79	114.52	89.95	109.13	117.94	106.89	86.24
<b>83995</b>	-32.08	-52.17	84.09	116.12	101.27	92.17	92.51	92.44	107.72	92.88	109.64	82.80	79.44	70.71
<b>83997</b>	-33.53	-53.35	80.07	151.74	123.79	108.96	112.82	108.78	117.57	93.10	98.52	87.57	84.20	86.33

Fonte: Autor

Tabela 3: Temperatura média mensal para cada estação meteorológica analisada.

<b>Estação</b>	<b>Lat</b>	<b>Long</b>	<b>jan</b>	<b>fev</b>	<b>mar</b>	<b>abr</b>	<b>mai</b>	<b>jun</b>	<b>jul</b>	<b>ago</b>	<b>set</b>	<b>out</b>	<b>nov</b>	<b>dez</b>
<b>83881</b>	-27.19	-53.25	26.60	26.09	24.88	21.54	17.75	15.83	15.67	17.65	19.46	22.42	24.21	26.14
<b>83883</b>	-27.14	-52.66	24.26	23.83	22.98	20.23	16.68	15.15	15.23	17.04	17.99	20.67	22.42	24.04
<b>83887</b>	-27.38	-51.22	21.89	21.62	20.72	18.19	14.68	13.30	13.20	14.81	15.62	18.04	19.95	21.58
<b>83907</b>	-28.42	-54.96	27.07	26.23	24.94	21.78	18.23	16.03	15.65	17.64	18.97	22.08	24.42	26.62
<b>83912</b>	-28.63	-53.61	24.60	24.04	22.88	20.05	16.52	14.30	13.77	15.82	16.71	19.79	22.31	24.35
<b>83914</b>	-28.23	-52.41	23.33	22.99	21.98	19.27	15.78	13.75	13.47	15.20	16.36	19.30	21.39	23.13
<b>83919</b>	-28.67	-50.44	20.26	20.29	19.10	16.43	13.32	11.80	11.53	13.21	13.93	16.28	17.92	19.61
<b>83920</b>	-28.28	-49.93	18.26	18.35	17.39	14.88	12.02	10.73	10.55	12.28	12.67	14.50	15.98	17.74
<b>83927</b>	-29.84	-57.08	27.22	25.94	24.43	20.90	17.22	14.59	14.09	16.00	17.86	20.91	23.59	26.10
<b>83936</b>	-29.72	-53.72	26.03	25.38	23.87	20.52	17.06	14.54	14.43	16.20	17.56	20.60	23.01	25.29
<b>83941</b>	-29.16	-51.53	22.95	22.69	21.59	18.75	15.64	13.56	13.34	14.84	15.86	18.49	20.31	22.17
<b>83942</b>	-29.20	-51.19	21.86	21.83	20.70	17.69	14.71	13.00	12.50	14.09	14.89	17.31	19.12	20.91
<b>83948</b>	-29.35	-49.73	24.17	24.40	23.84	21.54	18.44	15.93	15.12	15.99	17.19	19.49	21.26	23.11
<b>83954</b>	-29.87	-51.38	26.06	25.76	24.73	21.46	18.05	15.49	15.04	16.56	17.77	20.73	22.94	25.01
<b>83964</b>	-30.54	-52.52	23.87	23.33	22.23	19.11	15.76	13.10	12.68	14.35	15.49	18.40	20.67	23.06
<b>83967</b>	-30.05	-51.17	26.02	25.84	24.55	21.29	17.99	15.24	14.85	16.37	17.82	20.64	22.77	24.93
<b>83980</b>	-31.31	-54.12	24.86	23.94	22.53	19.04	15.57	12.87	12.56	14.25	15.77	18.77	21.29	24.01
<b>83995</b>	-32.08	-52.17	24.24	24.21	23.38	20.28	16.87	13.87	13.22	14.47	15.81	18.50	20.59	22.98
<b>83997</b>	-33.53	-53.35	23.77	23.38	22.22	18.99	15.63	12.61	11.92	13.34	14.60	17.42	19.80	22.31

Fonte: Autor.

Tabela 4: Umidade Relativa média mensal para cada estação meteorológica analisada

<b>Estação</b>	<b>Lat</b>	<b>Long</b>	<b>jan</b>	<b>fev</b>	<b>mar</b>	<b>abr</b>	<b>mai</b>	<b>jun</b>	<b>jul</b>	<b>ago</b>	<b>set</b>	<b>out</b>	<b>nov</b>	<b>dez</b>
<b>83881</b>	-27.19	-53.25	70.00	72.88	74.10	76.98	80.80	82.64	79.13	75.17	72.24	71.25	68.30	67.57
<b>83883</b>	-27.14	-52.66	71.35	73.85	73.43	74.57	76.75	77.40	73.10	68.70	69.95	70.84	67.25	67.62
<b>83887</b>	-27.38	-51.22	74.27	76.34	75.98	76.15	78.02	78.43	75.55	71.81	73.95	73.40	68.99	70.39
<b>83907</b>	-28.42	-54.96	66.62	70.45	71.04	71.76	74.14	76.90	73.74	69.31	69.91	68.29	63.32	63.10
<b>83912</b>	-28.63	-53.61	73.95	77.67	78.19	77.94	80.46	82.32	80.30	77.41	77.76	76.18	70.14	70.81
<b>83914</b>	-28.23	-52.41	71.68	73.70	72.96	71.56	74.30	77.04	74.32	70.92	70.99	69.11	64.46	65.54
<b>83919</b>	-28.67	-50.44	77.45	78.73	79.29	79.35	80.67	80.33	77.77	73.54	75.45	76.31	73.97	75.57
<b>83920</b>	-28.28	-49.93	81.28	82.55	82.32	81.08	80.91	79.22	76.60	72.71	76.76	79.05	77.15	78.22
<b>83927</b>	-29.84	-57.08	64.93	70.68	72.26	74.28	77.63	79.36	77.13	72.90	71.14	70.34	66.42	64.79
<b>83936</b>	-29.72	-53.72	71.15	75.48	77.27	79.00	81.04	82.13	79.87	76.93	76.69	73.89	68.95	67.85
<b>83941</b>	-29.16	-51.53	73.55	76.24	76.16	76.61	78.53	79.62	76.46	73.44	74.25	73.57	70.94	71.28
<b>83942</b>	-29.20	-51.19	76.64	77.95	79.04	79.84	80.83	80.55	78.09	75.24	76.44	77.25	74.30	74.77
<b>83948</b>	-29.35	-49.73	81.90	82.94	81.88	80.51	81.49	82.83	83.12	83.63	82.92	82.44	80.66	80.95
<b>83954</b>	-29.87	-51.38	76.33	78.92	79.69	81.89	83.84	85.05	83.86	82.67	81.33	78.84	76.38	75.59
<b>83964</b>	-30.54	-52.52	69.49	73.47	73.98	74.83	78.23	79.78	78.32	74.29	74.65	72.23	68.48	67.05
<b>83967</b>	-30.05	-51.17	70.11	72.76	73.74	75.91	79.33	81.13	79.62	76.98	75.48	72.98	69.60	68.91
<b>83980</b>	-31.31	-54.12	64.92	70.08	70.22	72.40	76.61	77.00	75.46	71.33	70.73	68.71	64.94	62.73
<b>83995</b>	-32.08	-52.17	76.62	78.23	78.55	79.48	82.78	84.00	84.10	82.64	81.16	78.79	76.23	75.10
<b>83997</b>	-33.53	-53.35	72.54	76.52	78.22	79.83	82.46	83.69	83.41	82.04	80.09	77.78	73.40	72.16

Fonte: Autor.

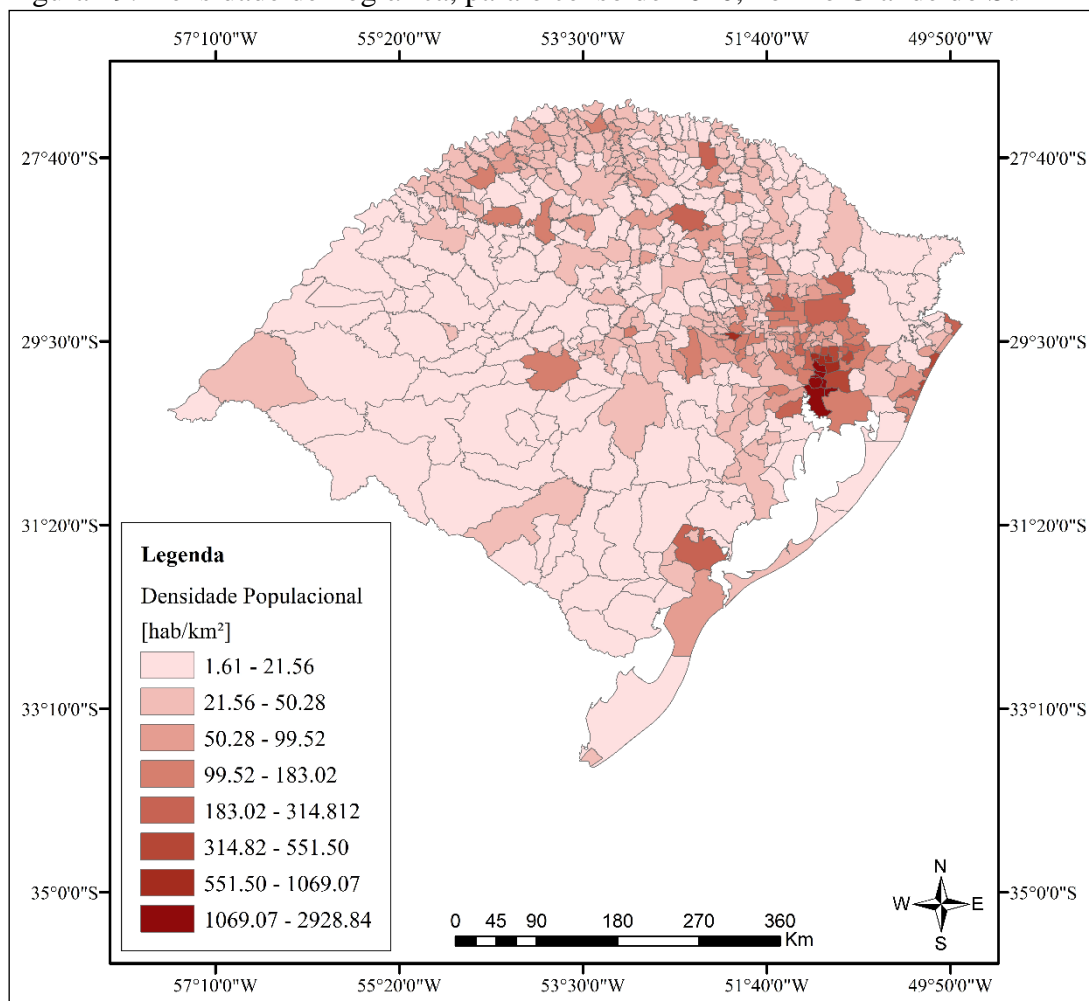
Portanto, se analisar a Tabela 4 de Umidade Relativa observa-se, entre todas estações, que de fevereiro a outubro a umidade relativa média mínima no estado varia de 68,29 a 76,90%, e que de novembro a janeiro varia de 62,73 a 64,92%. Nesse contexto, conforme Weber e Wollmann (2016), que analisaram a influência climática na proliferação do mosquito na cidade de Santa Maria (RS), a UR possui uma relação pertinente com a proliferação do mosquito transmissor da Dengue, o que justificou o mês de novembro, um mês primaveril, ter um menor registro de larvas do mosquito quando comparado ao mês de agosto, um mês de inverno, porém com umidade relativa média mensal superior. Ainda, no trabalho realizado por Ferreira et al. (2018) a UR foi uma variável significativa, observando-se ainda, no capítulo 2.3 deste trabalho, que a região possui variações na umidade relativa média mensal durante o ano na faixa dos 60 a 80%. Sendo assim, considerando que há regiões e períodos do ano em que a UR fica abaixo de 70% no estado do Rio Grande do Sul, considerou-se esta variável significativa para elaboração do índice para o estado, dado que nas regiões estudadas em que esta variável fica acima dos 70% não foi considerada na análise como um parâmetro importante.

Com relação aos dados de casos de dengue, foi utilizado os dados de casos autóctone confirmados, de acordo com município de residência, registrados do período de 2007 a 2021 e disponibilizados no TabNet do DATASUS, conforme mencionado anteriormente. Quanto aos dados demográficos, os mesmos foram obtidos a partir do portal do IBGE; no entanto, devido a pandemia da COVID-19, durante a realização deste trabalho ainda não havia sido realizado o censo de 2020 e; portanto, foi realizada a análise com base no censo de 2010. Todavia, no censo de 2010 o município de Pinto Bandeira era um distrito do município de Bento Gonçalves, adquirindo sua autonomia política em 30 de junho de 2010, sendo somente em 1º de janeiro de 2013 que ocorre a reinstalação do município, devido as eleições para prefeito (PMPB). Portanto, para os fins deste trabalho foi considerado o município de Pinto Bandeira como ainda um distrito do município de Bento Gonçalves, com a finalidade de facilitar as análises.

Os dados demográficos foram obtidos em planilha em número total de habitantes por município. No entanto, como a elaboração do índice se dará a partir de análises em SIG foi necessário especializar estes dados. Portanto, primeiramente foi obtido o shape com os limites municipais no Portal da Fepam, logo após foi necessário apenas inserir, através da tabela de atributos no ArcGIS, os dados de população total para cada município. Dessa maneira, obteve-se a Figura 20, a qual ilustra a População Total por município, para o censo de 2010, espacializada no RS.

Optou-se por utilizar os dados de população total e não densidade demográfica por que a densidade não se apresenta de forma homogênea nas zonas urbanas, bem como há alguma diferença nas zonas rurais (IBGE, 2017). Ou seja, a área de um município pode acabar gerando um resultado que indique uma densidade populacional menor quando comparado a outro com área e população total inferior. Isto ocorre porque este índice não consegue considerar que o ser humano tende a formar aglomerados urbanos, não ficando tão especializado quanto a densidade demográfica pode indicar, pois é calculado a partir da área total e população total. Esta relação é facilmente observada quando comparamos a Figura 19, a qual apresenta a densidade demográfica no Rio Grande do Sul, com a Figura 20, a qual apresenta a população total especializada neste mesmo estado, ambas para o censo de 2010.

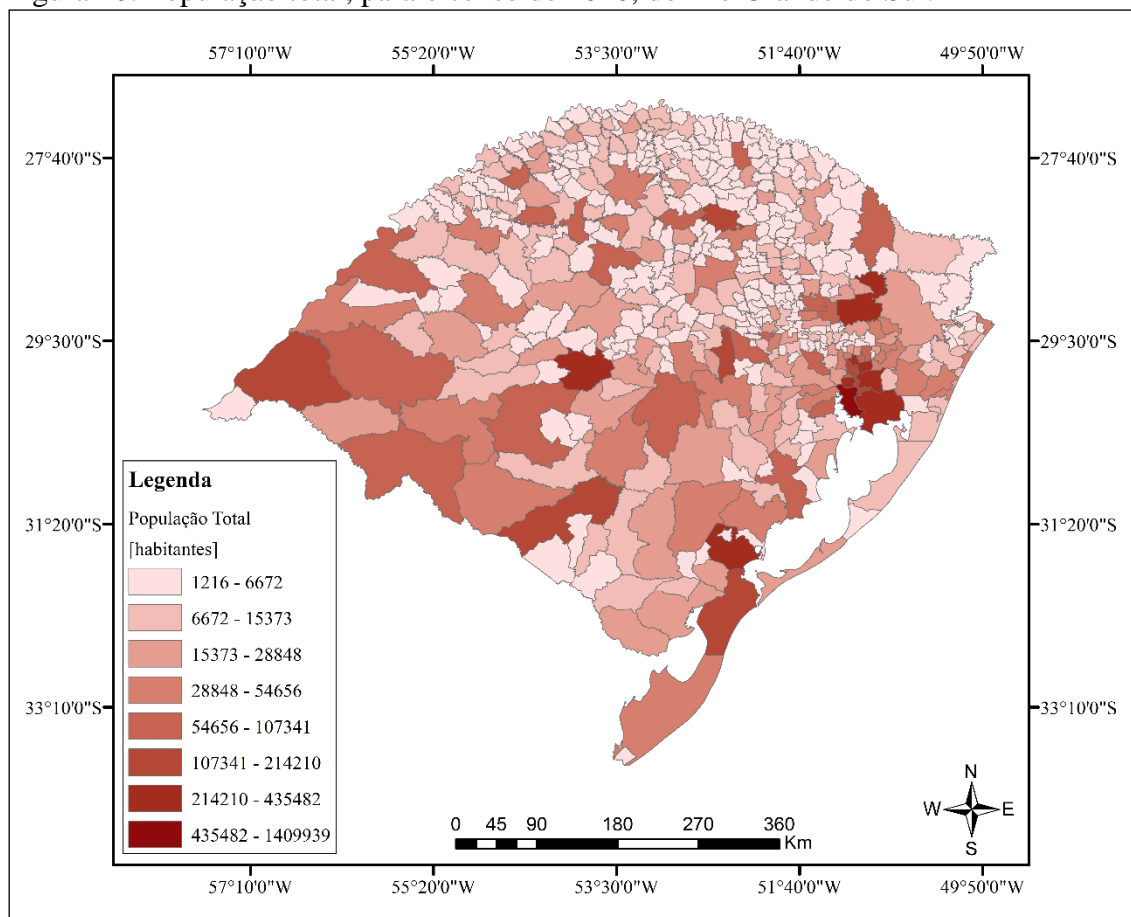
Figura 19: Densidade demográfica, para o censo de 2010, no Rio Grande do Sul



Fonte: Autor



Figura 20: População total, para o censo de 2010, do Rio Grande do Sul.



Fonte: Autor

### 3.2. Parâmetros Climáticos e Socioambientais

Nesta etapa foi analisado e comparado o clima das regiões, descritas no tópico 2.3 deste trabalho, conforme os relatos de proliferação do mosquito ou da dengue. Logo investigou-se as médias mensais de temperaturas, precipitação umidade relativa de cada local estudado, com o intuito de se encontrar situações semelhantes e correlacionar as informações empiricamente. Por fim, confrontou-se as variáveis a partir do uso de matrizes, definindo-se intervalos de menor e maior importância, para disseminação da DENV, e associando empiricamente as variáveis climáticas de forma que resultassem em um parâmetro de severidade climática, para dispersão do vírus, explicando períodos de menor ou maior ocorrência da doença nestas regiões.

Neste sentido, tem-se que, de acordo com Weber e Wollann (2016), a temperatura ideal para proliferação do *Ae. aegypti* encontra-se em torno de 25°C, confirmando o intervalo de 24 a 28°C. Quando se observa todos os casos estudados vê-se que em todos

os casos a disseminação da dengue estava relacionada a período dentro desta faixa de temperatura. Além disso, no estudo realizado por Ferreira et al. (2018), para o período estudado, a faixa de temperatura ficou entre 22 e 24 °C, a qual encontra-se dentro do intervalo de 21°C a 29°C citado por Valladares et al. (2019) como ideal para o desenvolvimento do vetor.

Ainda no estudo realizado por Valladares et al. (2019), encontrou-se que elevadas temperaturas também estavam associadas a uma menor disseminação, sendo verificado nas normais climáticas da região, para este período de menor disseminação, que a temperatura média mensal chega próximo aos 30°C. Portanto, inferiu-se uma escala com o maior risco associado a faixa ideal, de 24 a 28°C, e as demais faixas de menor risco com variações inferior a ideal ou superiores em 2°C. No entanto, para temperaturas a baixo de 20°C o intervalo ficou de 5°C, isso devido ao estudo de Weber e Wollann (2016), no qual foi verificada a presença de larvas do mosquito em temperaturas abaixo de 15°C, porém de forma menos expressiva, e na faixa de 15°C a 20°C de forma semelhante. Sendo assim, obteve-se a escala apresentada no Quadro 6, nas colunas referentes a temperatura.

Para a definição das escalas de precipitação partiu-se, também, da faixa ideal encontrada por Weber e Wollann (2016), em que concluíram que seria em torno de 150mm. Dessa maneira, observando a normal climática da precipitação, para o município do Rio de Janeiro, onde foi realizado o estudo por Xavier et al. (2017), observou-se, para o período indicado pelos autores como de maior importância, que a precipitação fica entre 94,9 e 135,8 mm. Portanto, considerou-se que a faixa de 140 a 160mm seria a ideal e que de 140 a 100mm teria menor gravidade, para dispersão da doença, o que corrobora com as faixas observadas em Araraquara, conforme relatos de Ferreira et al. (2018), assim como em Teresinha, região estudada por Valladares et al. (2019), e Porto Alegre, por Caldas et al. (2015).

Dessa forma, para definição dos demais intervalos realizou-se variações de 40mm na precipitação, para mais ou para menos em relação a faixa ideal. Isto devido as faixas de precipitação no período de menor dispersão em Araraquara, de acordo com relatos de Ferreira et al. (2018) e as normais climáticas do local, serem de 30,6 a 85,4mm e no município de Teresinha haver uma faixa ainda menor, no período de menor proliferação do vetor. Considerou-se que faixas acima da ideal também reduziriam a proliferação, dado que no estudo de Weber e Wollann (2016) observou-se no mês de outubro, com precipitação próxima aos 250 mm, boas condições de temperatura e umidade relativa,

porém sem registros de larvas do mosquito. Portanto, obteve-se a escala apresentada no Quadro 6, nas colunas referente a precipitação.

A relação da Umidade Relativa deu-se, primeiramente, observando as normais climáticas das regiões onde esta variável não foi correlacionada como um fator relevante. Assim, notou-se que tanto no caso de Xavier et al. (2017), quanto no de Caldas et al. (2015) a umidade relativa durante o ano inteiro fica acima dos 70%, chegando ou ultrapassando os 80% nos períodos de maior importância. Esta mesma relação foi observada na análise da região de estudo de Valladares et al. (2019) no período de maior disseminação, já no restante do ano a UR chega a atingir 56,2%. Entretanto, vale lembrar que no período em que a UR fica abaixo dos 70%, em Teresinha – Piauí, a precipitação fica na faixa de 10,6 a 45,9mm e a temperatura média chega a ficar próxima aos 30°C, condições desfavoráveis ao desenvolvimento mosquito e que, por esta razão, pode ter feito a UR não ser significativa no estudo.

Após investigou-se as regiões onde a UR foi mencionada como significativa, observando-se para a região de Araraquara, estudada por Ferreira et al. (2018), que no período mais favorável à dispersão da dengue a UR fica entre 68,3 e 80,2% e no restante do ano entre 62,3 e 76,9%. Nesse contexto, Weber e Wollann (2016) concluíram que a baixa ocorrência de larvas no mês de novembro, quando comparado ao mês de agosto, poderia estar associada a UR. Isto considerando que ambos os meses apresentaram precipitações semelhantes e a temperatura média em novembro ficou mais próxima da ideal do que a de agosto, porém a UR relativa em agosto foi superior aos 70%, enquanto que a de novembro foi inferior a esta margem. Sendo assim, considerou-se com a faixa ideal de UR valores acima de 80%, e faixas menos favoráveis a dispersão com variações 10%, conforme apresentado no Quadro 7.

Dessa forma, observa-se abaixo o Quadro 6, na qual da cor verde à vermelho tem-se uma situação mais favorável a dispersão do vetor, ou também considerando-se a escala do número 1 ao 5, respectivamente. Na vertical temos a variação da Precipitação, e na horizontal a da Temperatura, ao se relacionar as duas variáveis obtém-se um índice, do 1 ao 5, o qual está expresso no Quadro 7 na horizontal, enquanto que a variação da Umidade Relativa fica expressa na vertical deste mesmo quadro. Desse modo, pode-se relacionar as variáveis e obter uma relação de severidade do clima quanto a disseminação da DENV, expressa em forma de um índice do 1 ao 5 no Quadro 7, assim como feito no Quadro 6. Esta relação foi aplicada nos diversos estudos e, em especial, nos levantamentos

realizados por Weber e Wollann (2016), obtendo-se uma resposta significativa para descrição das ocorrências.

Quadro 6: Correlação empírica da Temperatura(T) e Precipitação(P).

			Temperatura (°C)				
			>34	32-34	30-32	28-30	
			<15	15-20	20-22	22-24	24-28
Precipitação (mm)	140-160	-	2	3	4	5	5
	100-140	160-200	2	2	3	4	5
	60-100	>200	2	2	2	3	4
	<60	-	1	2	2	2	3

Fonte: Autor

Quadro 7: Correlação empírica da TxP e UR na dispersão da DENV.

		Temperatura x Precipitação				
		1	2	3	4	5
UR (%)	>80	II	III	IV	V	V
	70-80	II	II	III	IV	V
	60-70	I	II	II	III	IV
	<60	I	I	II	II	III

Fonte: Autor.

Por fim buscou-se uma relação para caracterização dos municípios quanto à população através da publicação Regiões de Influência das Cidades: 2018, do IBGE. Nesta publicação observa-se uma predominância no estado de Centro Sub-Regional B, Centro Sub-Regional A, Capital Regional C, Capital Regional B e Metrópole. A partir desta consulta obteve-se as informações de faixas populacionais apresentadas na Tabela 5. A escolha desta informação para elaboração do índice foi devido a estes índices serem elaborados a partir dos níveis de atividades gestão das cidades, concentração de atividades

de gestão, atração da população por comércio e serviços, áreas de influência e entre outros. Assim, a dispersão da DENV está associada, também, ao grau de conexão da rede urbana, em que cidades mais conectas possuem maior influência neste processo de difusão. Sendo assim, como esta classificação leva em consideração estes fatores, pode-se concluir que é uma classificação adequada para uso neste trabalho.

Tabela 5: Contingentes populacionais conforme a hierarquia das cidades.

<b>Classificação das Cidades</b>	<b>habitantes</b>
Metrópole	1400 mil
Capital Regional B	530 mil
Capital Regional C	200 mil
Centro Sub-Regional A	30 mil
Centro Sub-Regional B	15mil

Fonte: Dados adaptados de (IBGE, 2020).

### 3.3. SIG

De posse das Tabelas 2, 3 e 4, as quais contém as médias mensais de precipitação, temperatura e umidade relativa, respectivamente, para cada estação meteorológica, partiu-se para as análises em SIG. Vale ressaltar que as tabelas estão formatadas desta maneira, pois quando salvas no formato xls., podem ser convertidas pelo software ArcGIS em dados espaciais, a partir das informações contidas nas colunas de latitude e longitude, carregando suas demais informações. Sendo assim, após transformar as tabelas em arquivos shapefile foi realizado a interpolação destes dados aplicando-se o método IDW.

O método Ponderação do Inverso das Distâncias (Inverse Distance Weighting - IDW), como o próprio nome diz é baseado numa ponderação por inverso da distância, sendo um dos métodos de interpolação mais difundidos. Este considera que uma informação em um ponto qualquer pode ser determinada como uma média ponderada dos dados especializados ao seu redor. A ponderação é realizada de forma que os dados especializados mais próximos deste ponto, local que se deseja obter a informação, sejam considerados com um peso maior no cálculo da média (COLLISCHONN e DORNELLES, 2013; JAKOB e YOUNG, 2006). Desta forma, havendo mais de um dado especializado pode-se obter o valor médio em um determinado ponto a partir da aplicação da equação apresentada na Figura 21

Figura 21: Equação da média móvel ponderada pelo inverso da distância.

$$\hat{S} = \frac{\sum_{i=1}^n \left( \frac{1}{d_i^p} S_i \right)}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{d_i^p}}$$

Fonte: adaptado de Collischonn e Dornelles, 2013 e Jakob e Young, 2006.

Onde:

$\hat{S}$  = valor interpolado;

$S$  = valor medido no ponto  $i$ ;

$d$  = distância ao ponto  $i$ ;

$p$  = expoente de ponderação;

$n$  = número de pontos usados no cálculo.

Portanto, para fins deste trabalho foi interpolado os dados das médias mensais das variáveis climáticas considerando-se o expoente de ponderação igual a 2. Isto devido ao fato de que ao se utilizar este valor tem-se como resultado um peso maior dos dados mais próximos ao ponto que se deseja calcular, quando comparado ao expoente de ponderação unitário. Entretanto, valores acima de 2 não fazem grande diferença a interpolação e não apresenta uma informação mais ou menos realista.

Após a interpolação das variáveis climáticas fez-se a reclassificação de acordo com os intervalos apresentados nos Quadros 6 e 7, conforme o tópico 3.2 deste trabalho. Assim como realizou-se a reclassificação dos intervalos de população total, apresentados na Figura 20 do tópico 3.1, conforme a Tabela 5 dos contingentes populacionais, também presente no Tópico 3.2. Por fim, após todas as reclassificações buscou-se cruzar as informações geradas aplicando-se o método APR, discutido no tópico 2.2, por meio da álgebra de mapas, e comparar os resultados obtidos com os dados fornecidos pelo TabNet do DATASUS de casos de dengue, com intuito de confirmar a capacidade de previsão do modelo criado.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

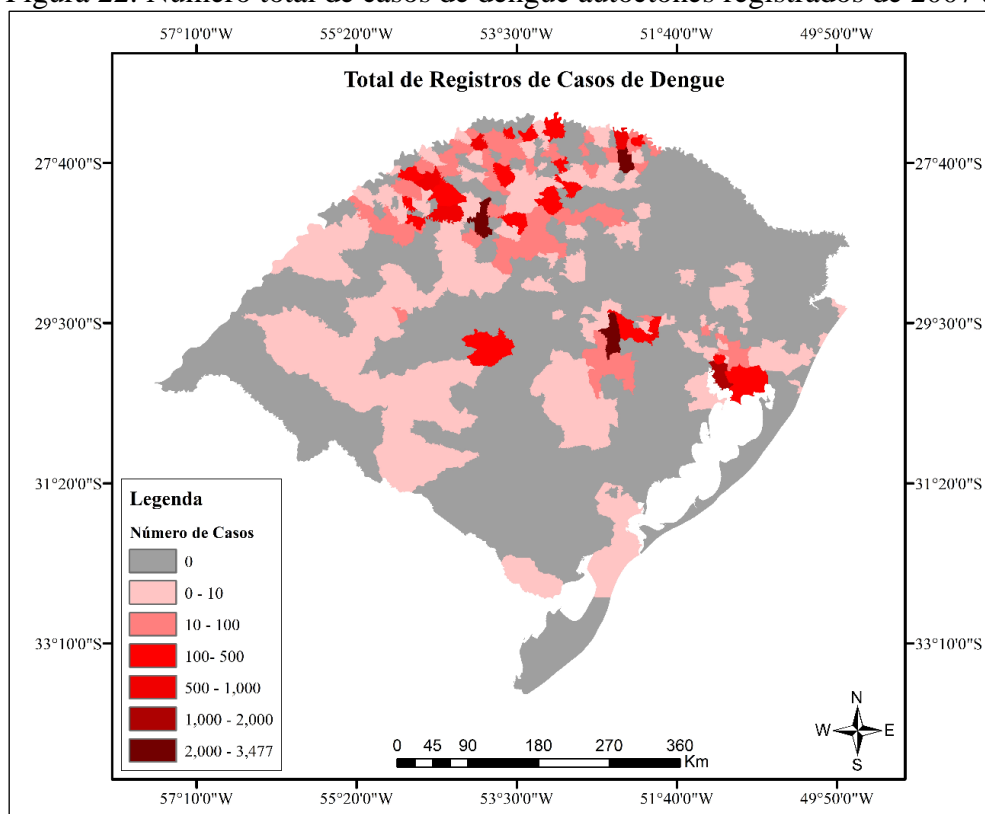
Os resultados obtidos nesta etapa são baseados na ideia de que os métodos de análises de risco possuem o objetivo de identificar os riscos e classifica-los, ou seja, o principal propósito destas ferramentas é previsão de eventos. Sendo assim, o estudo se deu a partir

da avaliação do risco de ocorrências de eventos de epidemias da DENV no estado do Rio Grande do Sul. Portanto, a principal causa deste evento está associada ao clima, o qual determina uma relação de severidade, tendo como consequência o comprometimento do atendimento hospitalar, isto é, a possibilidade de colapso da Saúde Pública.

#### 4.1. Matriz de Classificação de Riscos de Propagação da Dengue

Neste sentido, após a reclassificação dos parâmetros, conforme os Quadros 6 e 7, foi necessário relacionar o número populacional, apresentado na Tabela 5, com a proliferação da dengue. Para isto foi especializado o número total de registros de casos de dengue autóctones confirmados para os Municípios de Residência (MR) do ano de 2007 a 2021, obtidos no TabNet do DATASUS, conforme apresenta a Figura 22, na qual observa-se uma maior incidência da doença nas porções norte, noroeste, central e oeste do estado, respectivamente. A partir deste mapa e da Figura 20 observa-se que mesmo em municípios com populações inferiores a 30mil habitantes foi registrado elevados números de casos de dengue, sendo ainda na porção norte e noroeste, de menor população, onde registrou-se o maior volume de casos.

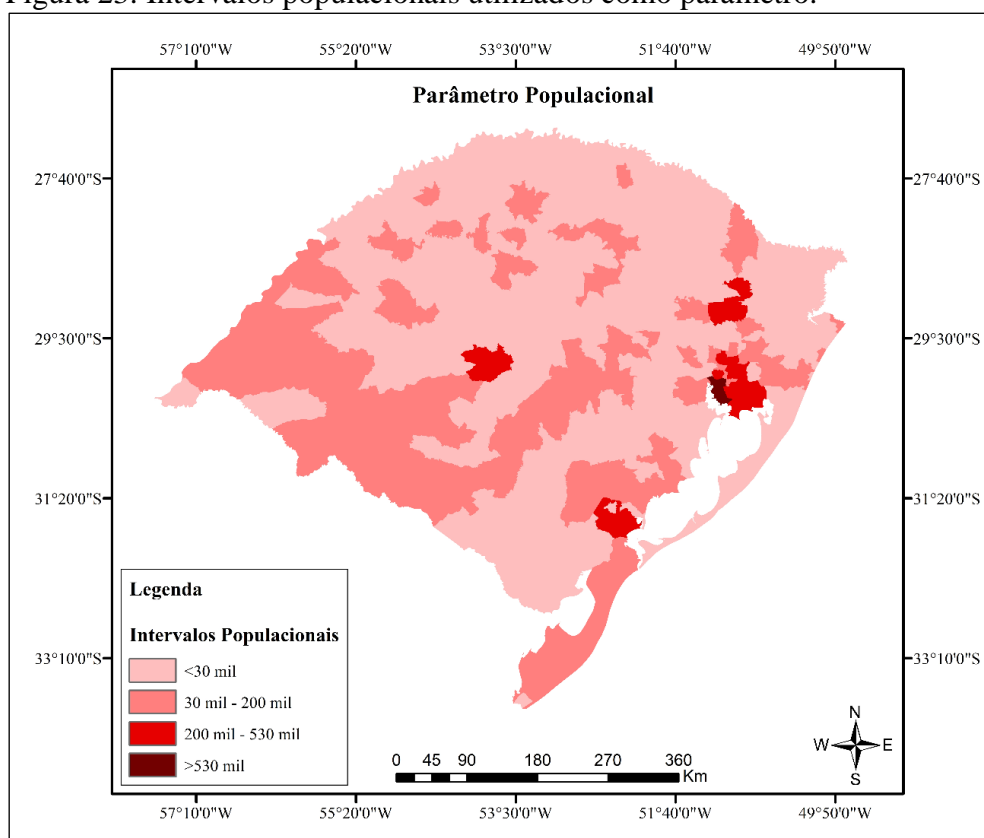
Figura 22: Número total de casos de dengue autóctones registrados de 2007 a 2021.



Fonte: Autor

Dessa maneira, comparando o mapa da Figura 22 com a severidade climática, apresentada especializada nos Apêndices A à K, adotou-se como a escala do parâmetro populacional a ilustrada de forma especializada na Figura 23. Como o intuito do trabalho foi realizar um índice para previsão de casos de dengue no estado do Rio Grande do Sul, com base no método APR, era necessário obter-se uma relação da frequência. Neste contexto, de acordo com uma minuciosa pesquisa bibliográfica, tem-se que o número de casos de dengue varia de forma positiva com a densidade demográfica, ou seja, quanto maior a população maior será o número e frequência de casos de dengue. Portanto, utilizou-se o parâmetro população total como um parâmetro que indica a frequência de casos de dengue.

Figura 23: Intervalos populacionais utilizados como parâmetro.



Fonte: Autor.

Com isto obteve-se os Quadro 8 e 9, os quais apresentam as categorias de severidade climática e populacional para todos os possíveis cenários. Nesta etapa considerou-se a inversão dos eixos da Matriz de Classificação de Riscos, apresentada no Quadro 3, ou seja, a severidade ficando no eixo horizontal e a frequência no eixo vertical,



assim como ilustra o Quadro 10. Esta inversão se deu devido a observação de uma maior sensibilidade do número de casos com a relação climática do que com a populacional.

Quadro 8: Categorias de severidade climática dos cenários.

<b>Categoria</b>	<b>Denominação</b>	<b>Meio Ambiente</b>	<b>SUS</b>
<b>I</b>	Desprezível	A ocorrência de casos de dengue é extremamente remota.	Sem comprometimento do sistema de saúde.
<b>II</b>	Marginal	A ocorrência de casos de dengue é remota.	Danos leves aos sistemas de saúde.
<b>III</b>	Aceitável	A ocorrência de casos de dengue é improvável.	Danos consideráveis ao sistema de saúde.
<b>IV</b>	Crítica	A ocorrência de casos de dengue é provável.	Danos severos ao sistema de saúde.
<b>V</b>	Catastrófica	A ocorrência de casos de dengue é muito provável.	Possibilidade de colapso do sistema de saúde.

Fonte: Autor.

Quadro 9: Categorias populacionais, associada a frequência, dos cenários.

<b>Categoria</b>	<b>Denominação</b>	<b>Descrição</b>
<b>A</b>	Extremamente Remota	Conceitualmente possível, mas extremamente improvável de ocorrer. Não há referência histórica de que tenha ocorrido.
<b>B</b>	Remota	Pouco provável de ocorrer. Possível de ocorrer poucos casos durante todo o período passível de ser analisado o evento.
<b>C</b>	Provável	Esperado ocorrer alguns casos. Possível que ocorra alguns casos durante todo o período passível de ser analisado o evento.
<b>D</b>	Frequente	Esperado ocorrer vários casos.

Fonte: Autor.

Desse modo, obteve-se a Matriz de Classificação de Riscos de Propagação da Dengue (MCRPD) conforme apresentado no Quadro 10. Em que, assim como apresentado no tópico 2.3 deste trabalho, a classificação do risco é expressa conforme os índices numéricos ou coloridos, os quais possuem seu significado expresso no Quadro 11 como risco: desprezível, menor, moderado, sério e crítico.

Quadro 10: Matriz de Classificação de Riscos de Propagação da Dengue (MCRPD).

			Temperatura x Precipitação x Umidade Relativa				
			I	II	III	IV	V
			População Total Municipal	>530 mil	D	2	3
200 mil - 530 mil	C	2		2	3	4	5
30 mil - 200 mil	B	1		2	2	3	4
<30 mil	A	1		1	2	2	3

Fonte: Autor

Quadro 11: Riscos relacionados as cores da matriz de classificação de riscos.

Riscos	
1	Desprezível
2	Menor
3	Moderado
4	Sério
5	Crítico

Fonte: Adaptado de Neves e Costa (2020) e Oliveira et al. (2018).

#### 4.2. Resultado da Espacialização da MCRPD

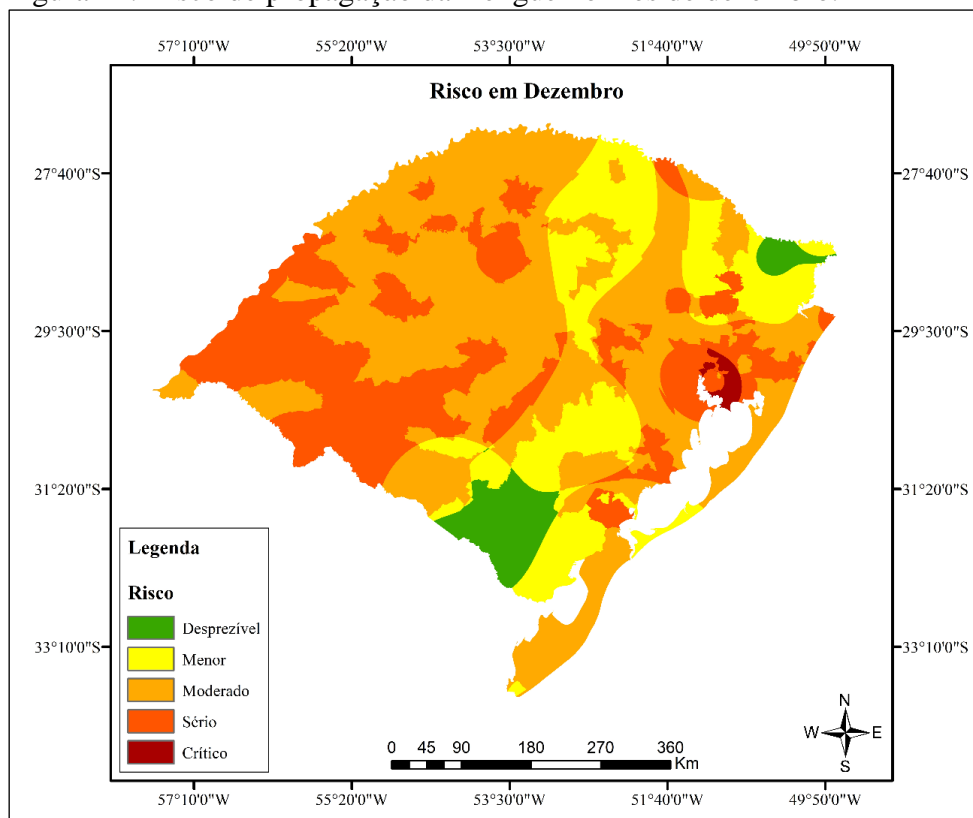
Para aplicar a Matriz Classificação de Riscos de Propagação da Dengue no estado do Rio Grande do Sul, primeiramente, foi necessário especializar a Severidade Climática para cada mês do ano, conforme apresentado nos Apêndices A à K. Logo após, de posse do mapa de parâmetro populacional, ilustrado na Figura 23, e da ferramenta de álgebra de mapas obteve-se os mapas de risco de propagação da dengue para cada mês do ano, conforme ilustra os Apêndices L à S e as Figuras 24 à 27, as quais são referentes aos meses de dezembro, janeiro, fevereiro e março, respectivamente.

Quando se verifica o risco ao longo do ano no estado se observa que os meses de dezembro a março são os que apresentam as melhores condições para evolução dos casos de dengue, caracterizando uma sazonalidade do evento no estado. Posto isto, constata-se

que o clima começa a caracterizar, no estado como um todo, o favorecimento a dispersão da DENV no mês de dezembro. Sendo que os meses de janeiro e fevereiro são os mais críticos para o Rio Grande do Sul e, por fim, no mês de março nota-se a redução do risco. Conseqüentemente, espera-se que este seja o mês final de uma significativa proliferação da dengue, o qual provavelmente incidirá no mês com maior registro de casos. Esta afirmação se dá pelo fato da transmissão da doença estar associada ao mosquito transmitir o vírus de um indivíduo infectado para outro não infectado, ou seja, quanto maior for a janela de proliferação do vetor maior será o número de casos da doença.

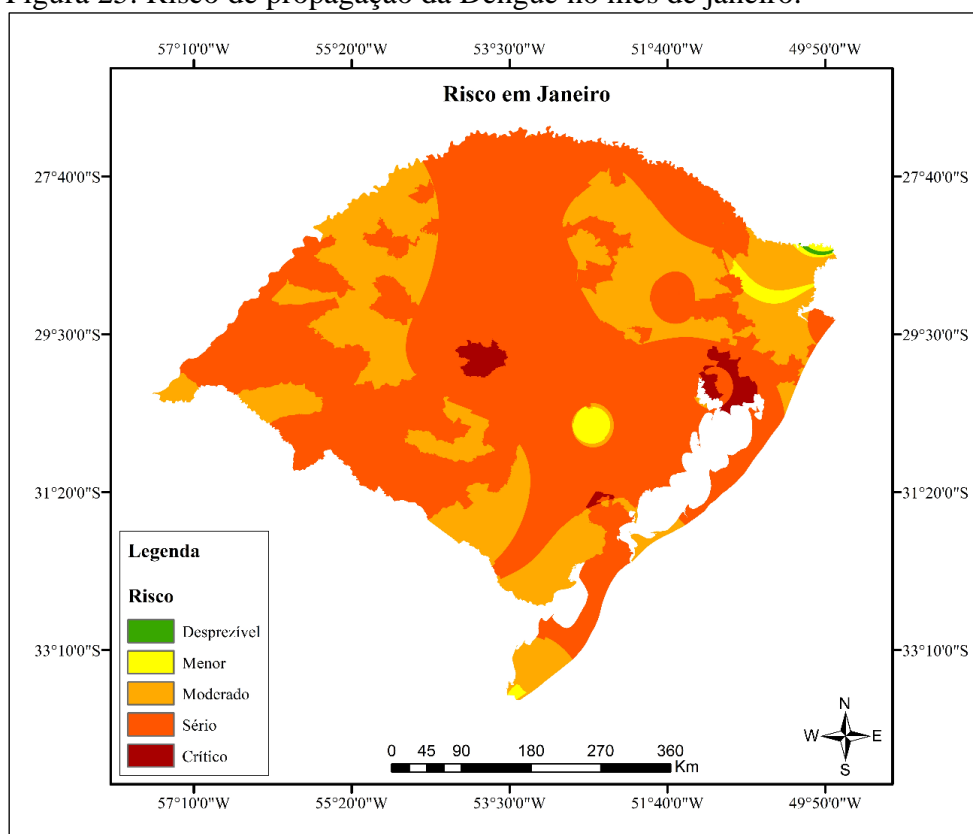
Observando-se as Figuras 24 à 27, além da conclusão de que a dengue acomete os primeiros meses do ano no estado, corroborando com o observado por Caldas et al. (2015) na cidade de Porto Alegre – RS, pode-se concluir que a região norte-centro-sudeste e sudoeste são as de maior criticidade do estado, dado que são regiões onde o risco foi identificado como sério e até mesmo crítico. Quando se compara estes mapas com o da Figura 22, a qual apresenta o número total de casos de dengue, nota-se que as regiões mais críticas do estado apresentaram risco sério em pelo menos 3 meses consecutivos. Bem como percebe-se que todas as regiões que apresentaram casos de DENV caracterizam-se com pelo menos 1 mês de risco sério. Dito isto, vale ressaltar a região sudoeste do estado, dado que se trata de uma região que não apresentou grande volume no número de casos de dengue autóctones registrados por município de residência nos anos analisados. No entanto, esta região apresenta risco sério nestes 4 meses de maior criticidade para o estado, sendo; portanto, uma região com elevado potencial para a dispersão da Dengue e ocorrência de epidemias.

Figura 24: Risco de propagação da Dengue no mês de dezembro.



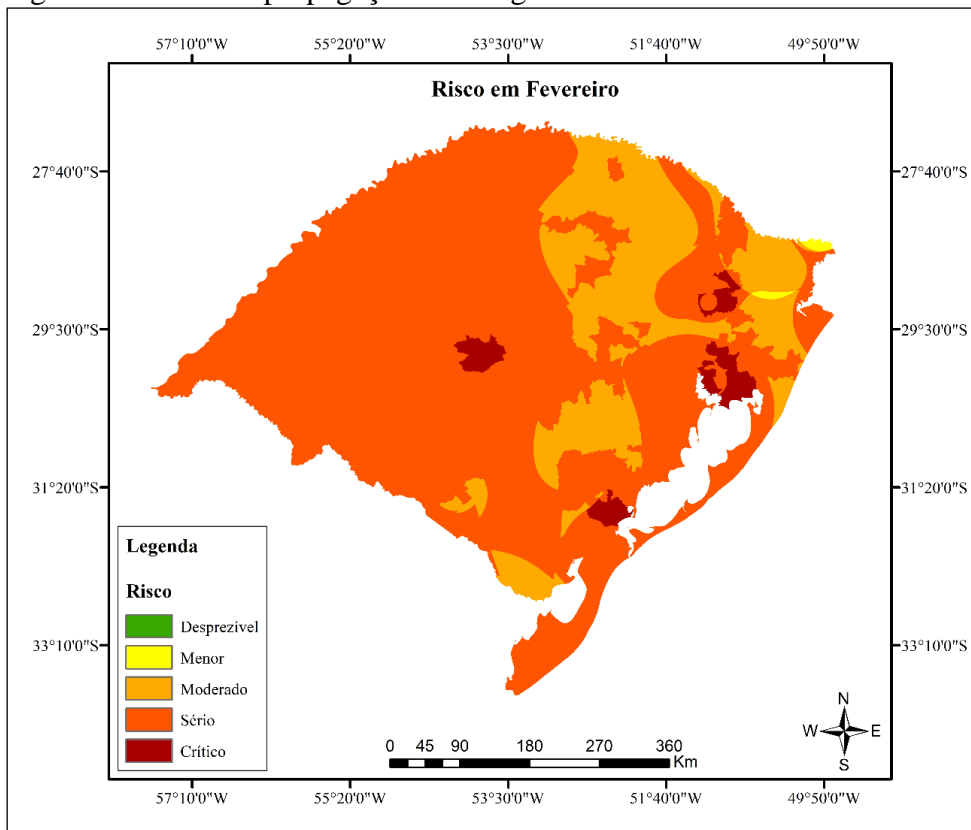
Fonte: Autor.

Figura 25: Risco de propagação da Dengue no mês de janeiro.



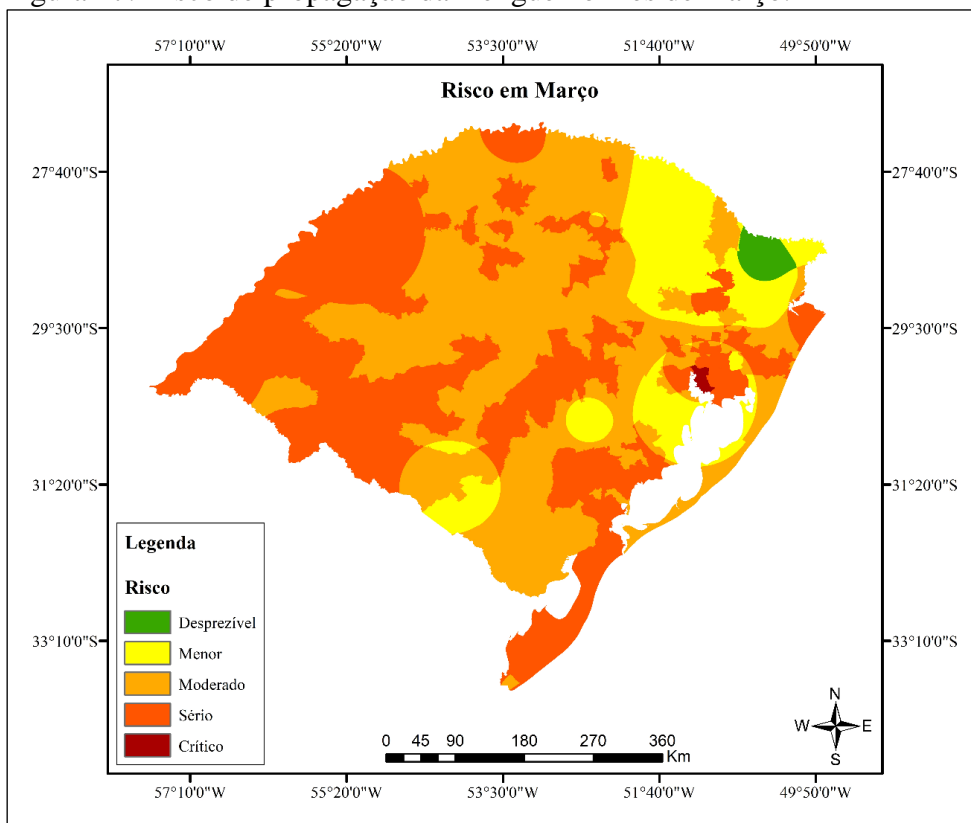
Fonte: Autor.

Figura 26: Risco de propagação da Dengue no mês de fevereiro.



Fonte: Autor.

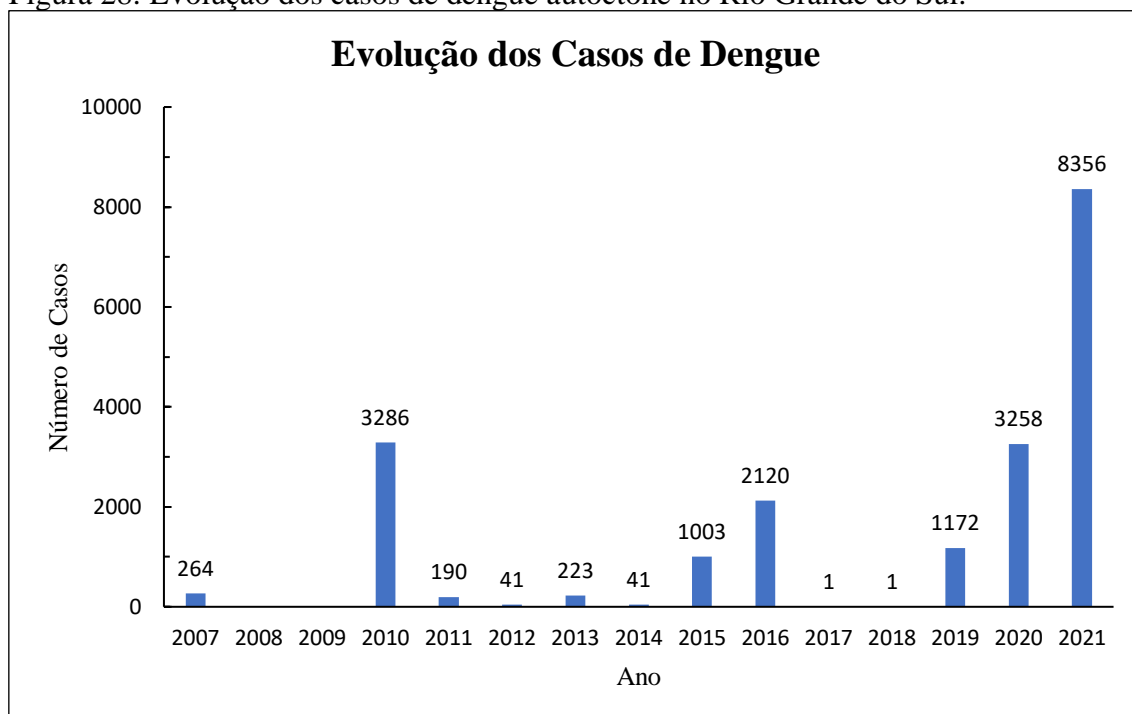
Figura 27: Risco de propagação da Dengue no mês de março.



Fonte: Autor.

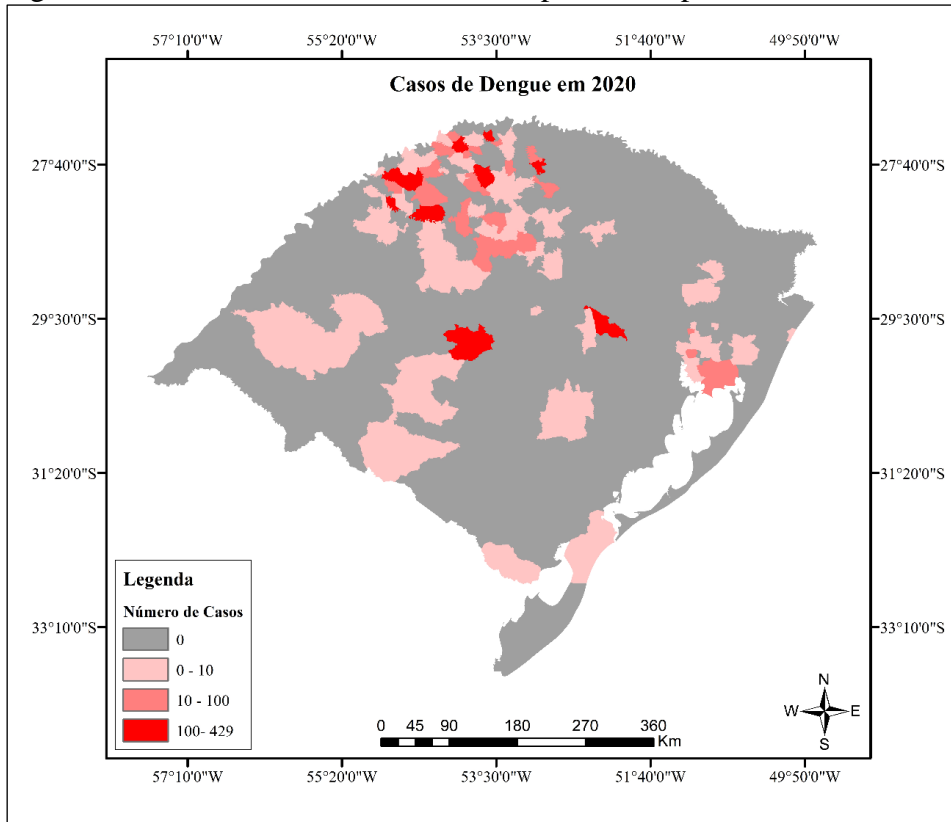
Para observar melhor esta relação foi analisado os anos de maior incidência da DENV no estado. De acordo com a Figura 28 repara-se que os anos com maior volume de casos são os de 2010, 2015, 2016, 2019, 2020 e 2021, os quais os dados foram espacializados para melhor visualização, conforme apresenta os Apêndices T à X e as Figuras 29 e 30, as quais ilustram os anos de 2020 a 2021, respectivamente. Nestes mapas é possível observar a mesma relação já concluída e ainda pode-se observar que a região sudoeste do estado vem apresentando maior volume de casos ao passar dos anos, com maior destaque para o ano de 2021, no qual vemos claramente a maior dispersão da doença na região. Observa-se também que as regiões mais populosas do estado, como Santa Maria e Porto Alegre, apesar do contingente de habitantes e do risco crítico associado, não foram os municípios que apresentaram maior registro histórico da doença. No entanto, também se nota que Porto Alegre, cidade de mais populosa do estado, apresentou casos de dengue em todos estes anos e sempre com volume considerável, assim como Santa Maria, nos anos de 2020 e 2021, com maior volume no último ano.

Figura 28: Evolução dos casos de dengue autóctone no Rio Grande do Sul.



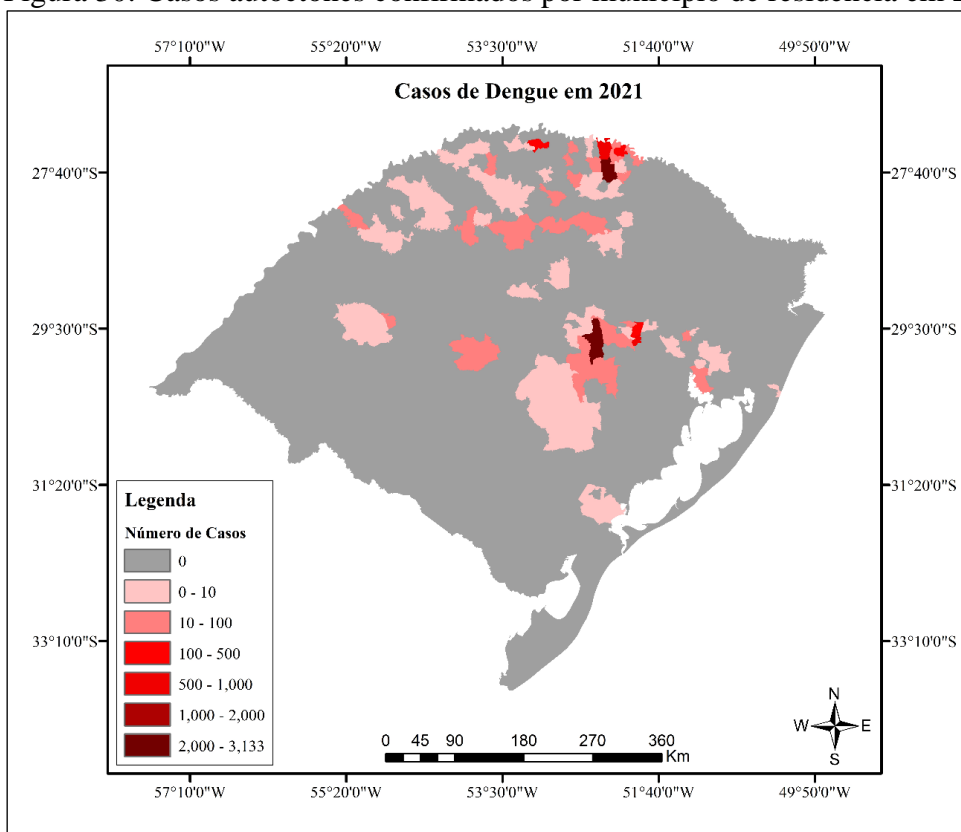
Fonte de Dados: TabNet do DATASUS.

Figura 29: Casos autóctones confirmados por município de residência em 2020.



Fonte: Autor.

Figura 30: Casos autóctones confirmados por município de residência em 2021.



Fonte: Autor.

## 5. CONCLUSÃO

Em conclusão, a Matriz de Classificação de Riscos de Propagação da Dengue (MCRPD) se mostrou eficaz na determinação das regiões com maior potencial para dispersão da DENV, bem como a proliferação de seu principal vetor, sendo; à vista disso, um índice significativo para servir de suporte à Gestão da Saúde Pública. Entretanto, cabe ressaltar o fato da MCRPD ter sido definida com base em dados secundários, principalmente, a definição dos parâmetros que estruturam a Severidade Climática (SV). Neste sentido, para uma maior assertividade do índice recomenda-se o desenvolvimento deste parâmetro em laboratório com condições de temperatura e umidade relativa controladas, sendo a definição precisa da correlação da precipitação um desafio maior.

Vale destacar a importância desta ferramenta para uso no Planejamento Ambiental dos municípios, dado que as populações variam ao passar dos anos, assim como o clima, ainda mais devido ao fenômeno do aquecimento global e sua potencialização em razão das atividades humanas. Outro ponto importante é o avanço das tecnologias, visto que estas proporcionam uma maior conectividade das cidades, ou seja, com avanço do transporte, por exemplo, as pessoas podem residir mais afastadas dos grandes centros urbanos e mesmo assim possuem relações cotidianas nos mesmos.

Como observa-se na Figura 28, no ano de 2020 registrou-se 3258 casos de Dengue autóctones por Município de Residência (MR), ocorrendo em 2021 o maior pico histórico do estado, com 8356 registros de casos autóctones por MR. Este evento pode estar correlacionado com a pandemia da COVID-19, pois devido a uma necessidade de isolamento social o trabalho home-office ganhou força, como uma alternativa para se manter as atividades e seguir os protocolos de afastamento social. Neste sentido, como já estudado no capítulo 2 deste trabalho, o *Ae. aegypti* possui hábitos diurnos e em diversos estudos concluiu-se que nas cidades em que as mulheres eram mais acometidas pela doença que os homens, uma justificativa seria pelo fato de que, nesses locais, em sua maioria, elas não exerciam atividades fora da sua moradia.

Desse modo, tem-se outro fator que torna ainda mais preocupante as doenças transmitidas pelo vetor da dengue, a tendência do trabalho home-office. Posto que este pode ter sido a causa de um maior impacto da Dengue no ano de 2021, pois nesta modalidade de trabalho o indivíduo fica mais vulnerável ao mosquito. A justificativa para nos ambientes de trabalho presencial a vulnerabilidade ser menor pode estar no fato da maior mobilidade das pessoas; utilização de ar-condicionado, que limitam a atividade do



vetor pelo efeito da menor temperatura; dedetização; roupas e/ou uniformes, como calças e camisas ou camisetas de manga longa, etc.. Não se pode relacionar o mesmo para o ano de 2020, visto que o vetor tem sua maior atividade nos primeiros meses do ano no estado do Rio Grande do Sul, assim como apresenta os resultados da aplicação da MCRPD, o que ressalta ainda mais o pico de 2021 estar relacionado a pandemia da COVID-19.

## 6. RECOMENDAÇÕES

Por conseguinte, este trabalho ressalta a importância de investimentos no setor de pesquisa e no desenvolvimento da ciência, dado que com base nestes pode-se desenvolver diferentes parâmetros voltados a previsão de epidemias e outros eventos significativos para Gestão Pública. Assim como, a necessidade de um maior aprofundamento das relações do vetor estudado com o clima, pois na bibliografia estudada, no geral, se possui maior preocupação em verificar se os parâmetros possuem correlação, não se atentando para a necessidade de se definir, para os locais estudados, os valores que favorecem ou que limitam a proliferação do vetor e/ou da Dengue.

## 7. REFERÊNCIAS

ALMEIDA, C. A. P.; SILVA, R. M. ANÁLISE DA OCORRÊNCIA DOS CASOS DE DENGUE E SUA RELAÇÃO COM AS CONDIÇÕES SOCIOAMBIENTAIS EM ESPAÇO URBANOS: OS CASOS DE JOÃO PESSOA, CABEDELO E BAYEUX, NO ESTADO DA PARAÍBA – BRASIL. *Hygeia*, v. 14, n. 27, p. 56-79, Março 2018. ISSN 1980-1726.

ANDRIOLI, D. C.; BUSATO, M. A.; LUTINSKI, J. A. Características de la epidemia de dengue en Pinhalzinho, Santa Catarina, Brasil, 2015-2016. *Epidemiologia e Serviços de Saúde*, Brasília, v. 29, n. 4, 19-Ago-2020 2020. ISSN 1679-4974 (versão impressa). ISSN 2237-9622 (versão On-line).

ARAÚJO, G. M. **Sistemas de Gestão de Riscos: princípios e diretrizes**. 1. ed. [S.l.]: Virtual, v. 1, 2010.

ASHBY, J. et al. Niche Modeling of Dengue Fever Using Remotely Sensed Environmental Factors and Boosted Regression Trees. *Remote Sensing Applications to Human Health*, v. 9, n. 4, Março 2017. ISSN 2072-4292.

BHATT, S. et al. The global distribution and burden of dengue. *Nature*, v. 496, p. 504-507, Abril 2013.

CALDAS, E. et al. Influência de determinantes ambientais e socioeconômicos nos casos de dengue na cidade de Porto Alegre, RS. **XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, João Pessoa-PB, Brasil, 25 a 29 abril 2015.

CASTRO, A. F. **Uso da análise preliminar de riscos (APR) para a gestão ambiental e ocupacional dos riscos relacionados a reciclagem**. Trabalho de Conclusão de Curso (TCC em Gestão em Saúde Ambiental) - UFU. Uberlândia. 2019.

COLLISCHONN, W.; DORNELLES, F. **Hidrologia para engenharia e ciências ambientais**. Porto Alegre: [s.n.], 2013.

DATASUS. TabNet. **DATASUS**. Disponível em: <<http://200.198.173.165/scripts/deftohtm.exe?snet/denguersnet>>. Acesso em: 2021 Janeiro 14.

FERNANDES, R. S. **DENGUE E O ÍNDICE DE INFESTAÇÃO DO Aedes Aegypti NA REGIÃO METROPOLITANA I DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO**. Trabalho de Conclusão de Curso (TCC em Sistemas de Informação, Monitoramento e Análise de Saúde Pública) - ICICT. Rio de Janeiro. 2019.

FERREIRA, A. C.; NETO, F. C.; MONDINI, A. Dengue em Araraquara, SP: epidemiologia, clima e infestação por *Aedes aegypti*. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v. 52, n. 18, 2018.

HAN, Z. Y.; WENG, W. G. Comparison study on qualitative and quantitative risk assessment methods for urban natural gas pipeline network. **Journal of hazardous materials**, v. 189, n. 1-2, p. 509-518, 2011.

HÜBLER, J. RS já registra maior volume de casos autóctones de dengue dos últimos 10 anos. **Correio do Povo**, 2021. Disponível em: <<https://www.correiodopovo.com.br/not%C3%ADcias/geral/rs-j%C3%A1-registra-maior-volume-de-casos-aut%C3%B3ctones-de-dengue-dos-%C3%BAltimos-10-anos-1.624401>>. Acesso em: 23 maio 2021.

IBGE. **Classificação e caracterização dos espaços rurais e urbanos do Brasil: uma primeira aproximação**. Coordenação de Geografia. Rio de Janeiro, p. 84. 2017. (ISSN 1517-1450 / ISBN 978-85-240-4421-2).

IBGE. **Regiões de influência das cidades : 2018**. Coordenação de Geografia. Rio de Janeiro, p. 192. 2020. (ISBN 978-65-87201-04-7).

INMET. Banco de Dados Meteorológicos. **Portal INMET**. Disponível em: <<https://bdmep.inmet.gov.br/>>. Acesso em: 01 Janeiro 2021.

INMET. Normais Climatológicas - Gráficos. **Portal INMET**. Disponível em: <<https://clima.inmet.gov.br/GraficosClimatologicos/DF/83377>>. Acesso em: 23 Julho 2021.

JAKOB, A. A. E.; YOUNG, A. F. O uso de métodos de interpolação espacial de dados nas análises sociodemográficas. **XV Encontro Nacional de Estudos Populacionais**, Caxambu, Setembro 18 a 22 2006.

NEVES, C. R. F.; COSTA, V. C. Avaliação Preliminar de Risco (APR) em atividades ecoturísticas na trilha do Pico da Tijuca, Parque Nacional da Tijuca (RJ). **Revista Brasileira de Ecoturismo**, São Paulo, v. 12, n. 5, p. 685-701, jan 2020.

NIAID. <https://www.niaid.nih.gov/research/emerging-infectious-diseases-pathogens>. **National Institute of Allergy and Infectious Diseases (NIAID)**, Jul/2018. Disponível em: <<https://www.niaid.nih.gov/research/emerging-infectious-diseases-pathogens>>. Acesso em: 2021 Julho 15.

OLIVEIRA, G. D. et al. ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCO (APR) EM GASODUTO INDUSTRIAL COMO REQUISITO PARA PREVENÇÃO DE DESASTRES E LICENCIAMENTO AMBIENTAL. **Revista Paisagens & Geografias - UFCG**, Campina Grande, v. 3, n. 1, p. 32-40, Dezembro 2018. ISSN 2525-5142.

OLIVEIRA, R. D. M. A. B.; ARAÚJO, F. M. D. C.; CAVALCANTI, L. P. D. G. Aspectos entomológicos e epidemiológicos das epidemias de dengue em Fortaleza, Ceará, 2001-2012. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, Brasília, v. 27, n. 1, Fev. 2018. ISSN 1679-4974 (versão impressa ). ISSN 2237-9622 (versão On-line).

PMPB. História. **Prefeitura Municipal de Pinto Bandeira**. Disponível em: <<https://www.pintobandeira.rs.gov.br/secao.php?id=2>>. Acesso em: 2021 jan. 14.

RODRIGUES, N. C. P. et al. Risk factors for arbovirus infections in a low-income community of Rio de Janeiro, Brazil, 2015-2016. **PLOS ONE**, v. 13, n. 6, Junho 2018.  
SILVA, V. B. D. A.; BRANDÃO, C. R. P.; VITÓRIA, N. S. PERCEPÇÃO AMBIENTAL ACERCA DA TRÍPLICE EPIDEMIA (DENGUE-CHIKUNGUNYA-ZIKA) E SUA RELAÇÃO COM OS RESÍDUOS SÓLIDOS. **SEMIOSES: Inovação, Desenvolvimento e Sustentabilidade**, Rio de Janeiro, v. 13, n. 2, p. 13-27, Abril/Junho 2019. ISSN 1981-996X.

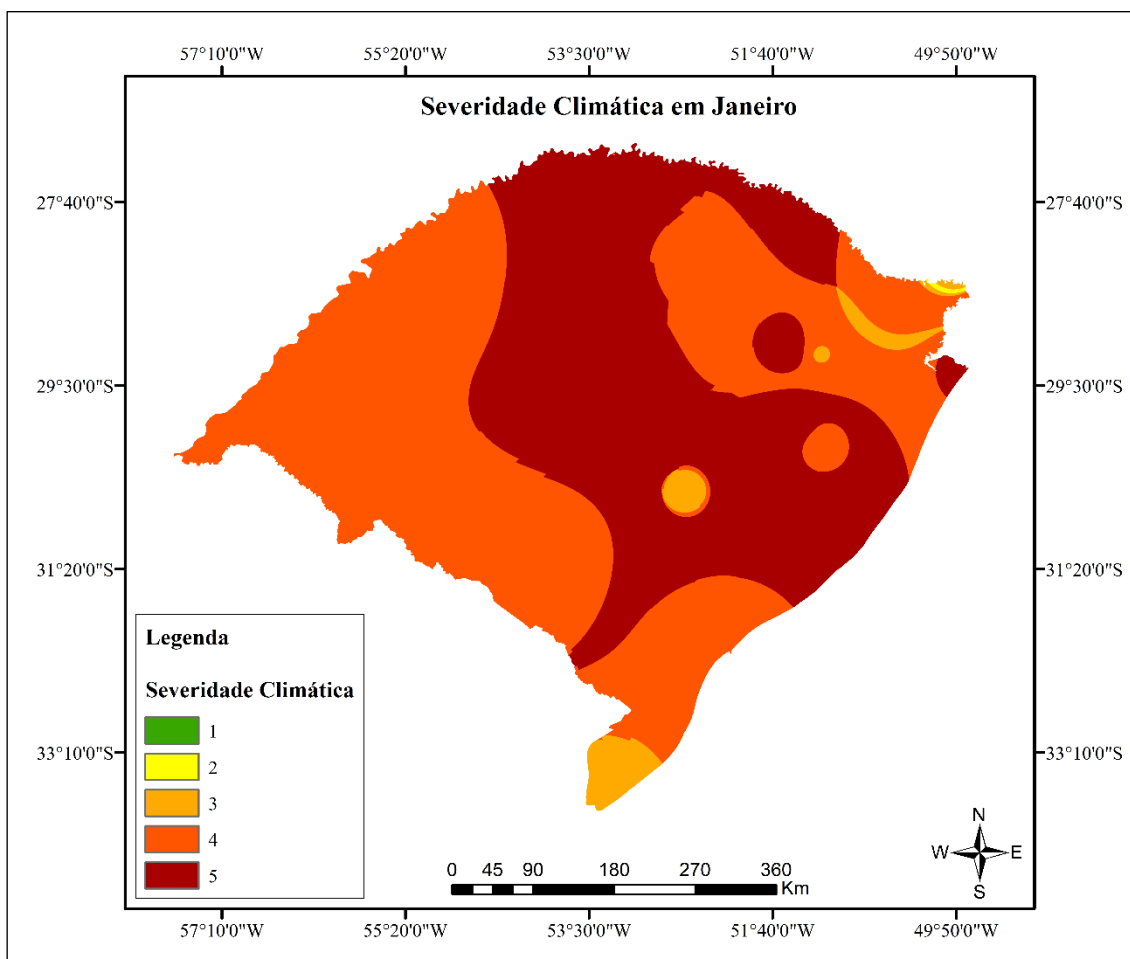
VALLADARES, G. S. et al. INFLUÊNCIA DE VARIÁVEIS AMBIENTAIS NA OCORRÊNCIA DA DENGUE UTILIZANDO GEOPROCESSAMENTO EM TERESINA, PIAUÍ. **Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde**, v. 15, n. 34, p. 102-114, dez 2019. ISSN 1980-1726.

VALLE, D.; PIMENTA, D. N.; AGUIAR, R. Zika, dengue e chikungunya: desafios e questões. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, Brasília, v. 25, n. 2, Jun 2016. ISSN 1679-4974 (versão impressa). ISSN 2237-9622 (versão On-line).

WEBER, A. A.; WOLLMANN, C.. A influência climática na proliferação do mosquito *Aedes aegypti* em Santa Maria – RS, em 2012. **Ciência e Natura**, Santa Maria, v. 38, n. 3, p. 1246-1253, Setembro - Dezembro 2016. ISSN 0100-8307.

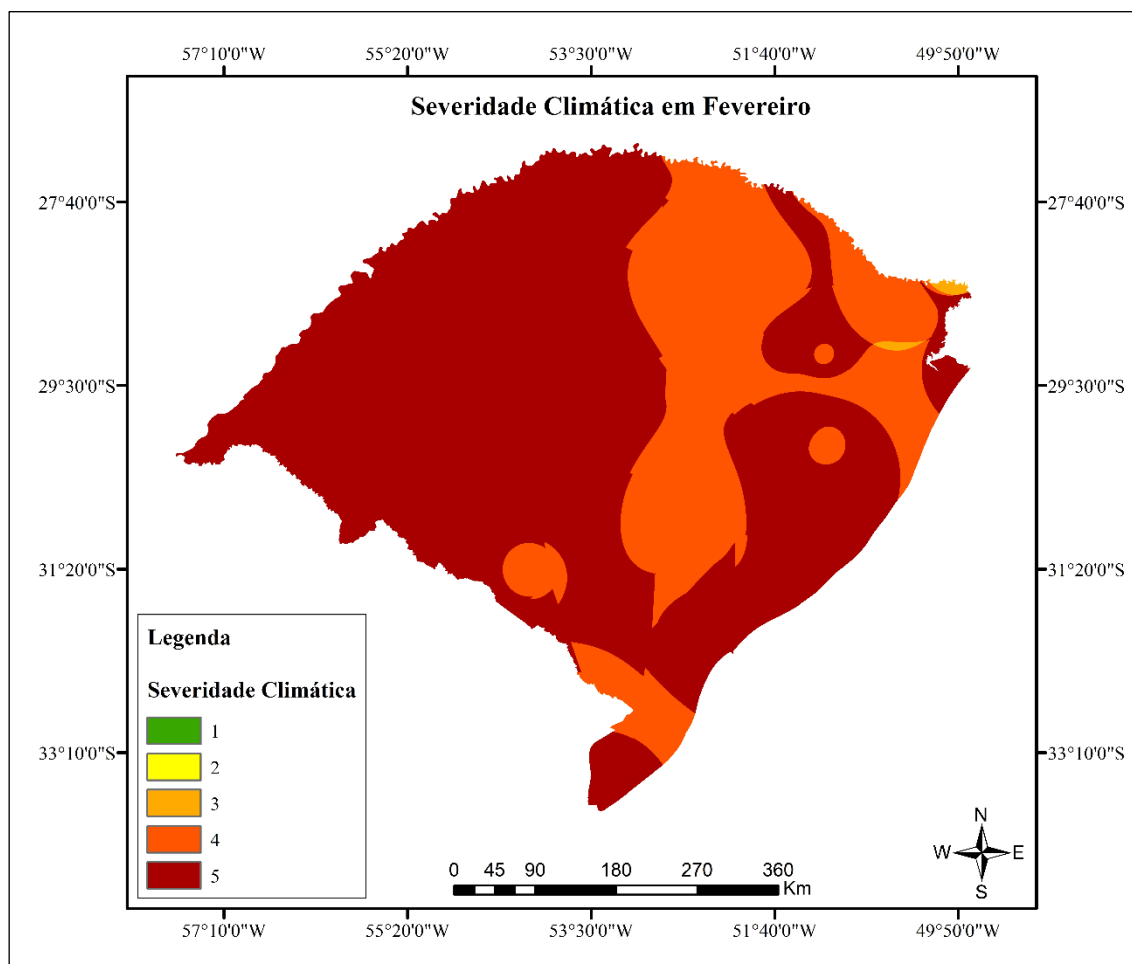
XAVIER, D. R. et al. Difusão espaço-tempo do dengue no Município do Rio de Janeiro, Brasil, no período de 2000-2013. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 33, n. 2, 30-Mar 2017. ISSN 1678-4464 (versão On-line).

## APÊNDICE A – Severidade Climática para o mês de janeiro.



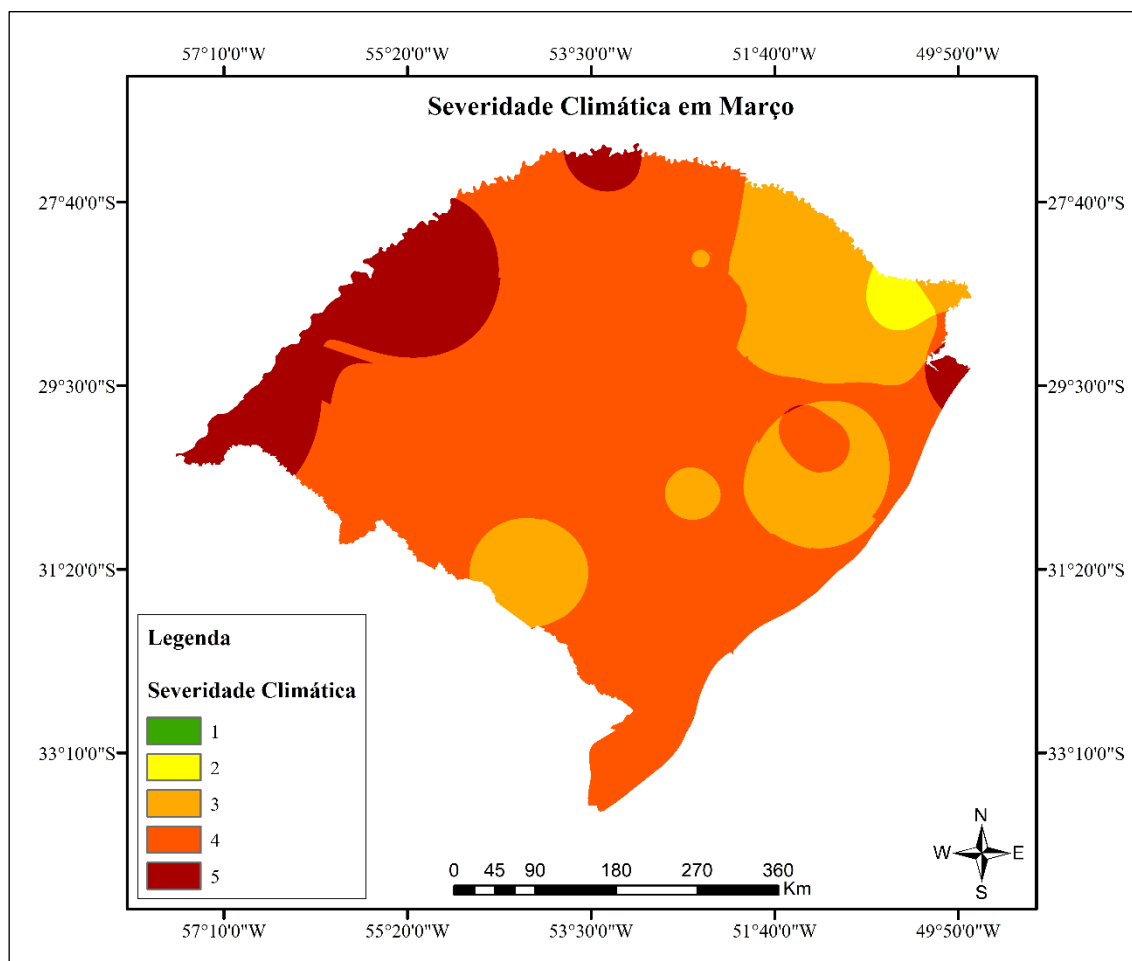
Fonte: Autor.

## APÊNDICE B – Severidade Climática para o mês de fevereiro.



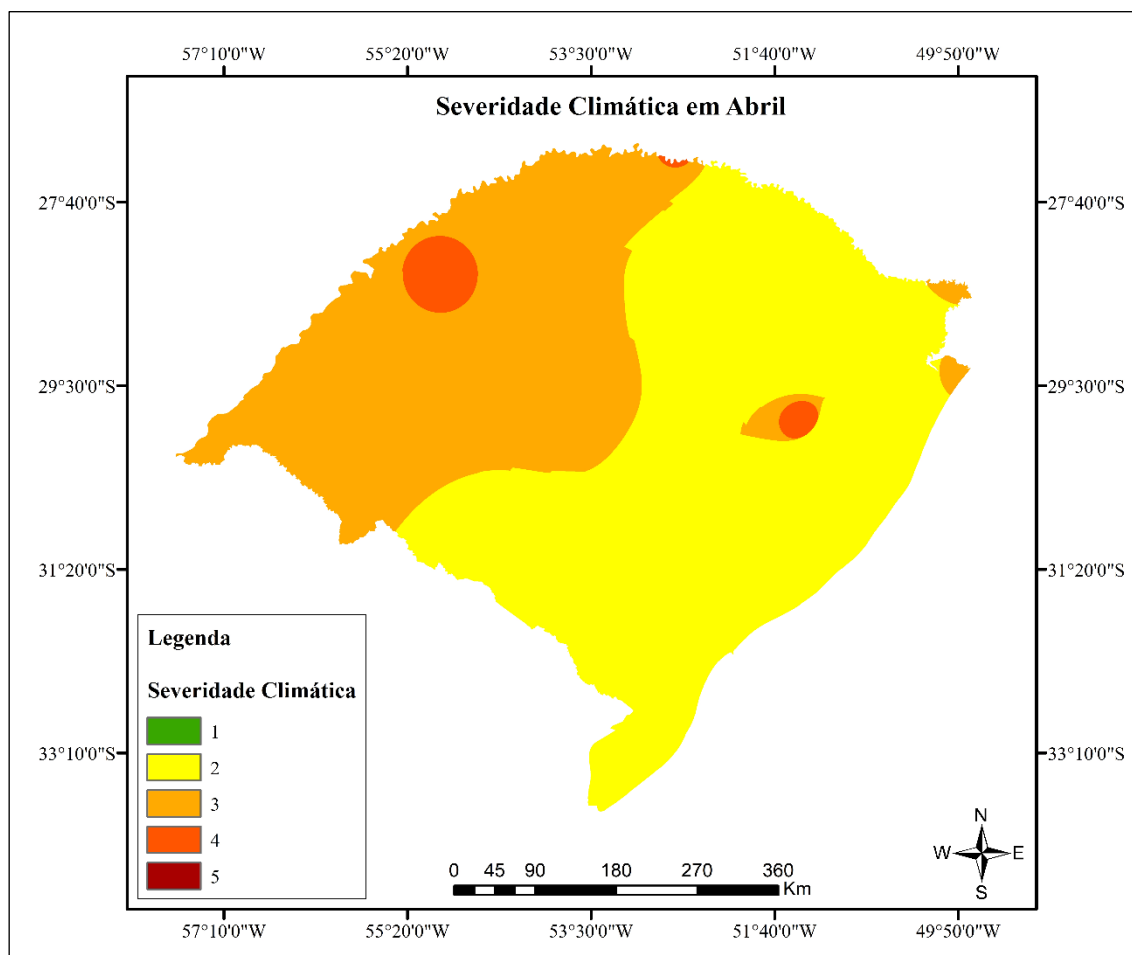
Fonte: Autor.

## APÊNDICE C – Severidade Climática para o mês de março.



Fonte: Autor.

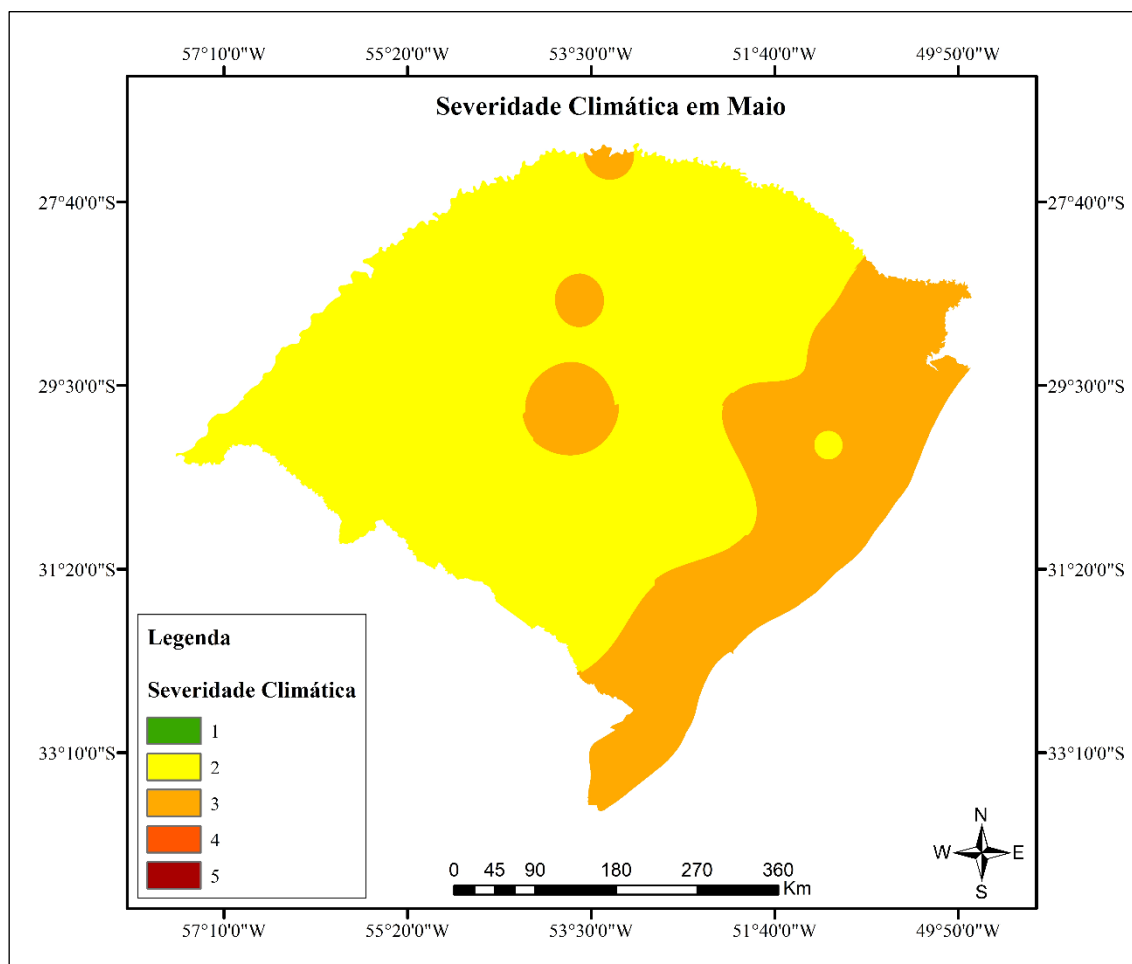
## APÊNDICE D – Severidade Climática para o mês de abril.



Fonte: Autor.

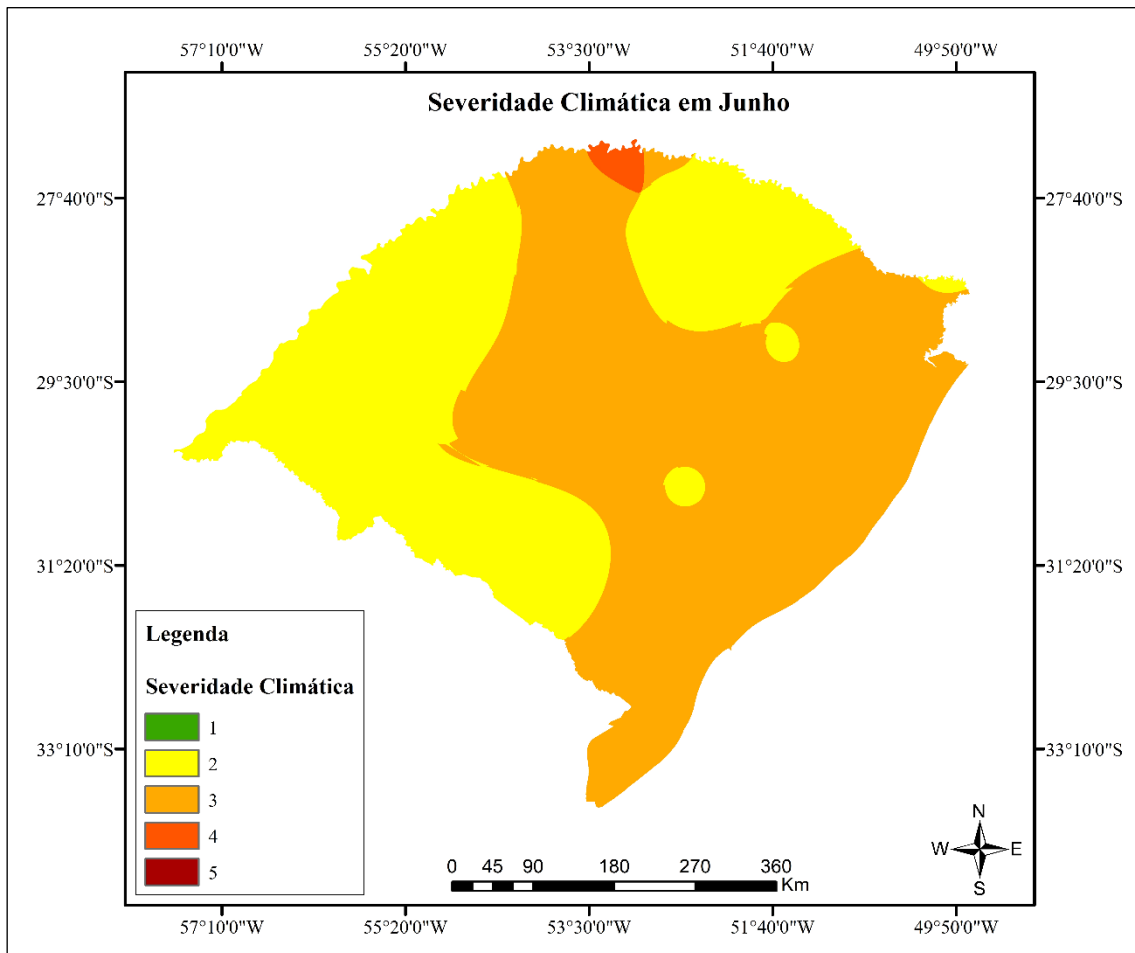


## APÊNDICE D – Severidade Climática para o mês de maio.



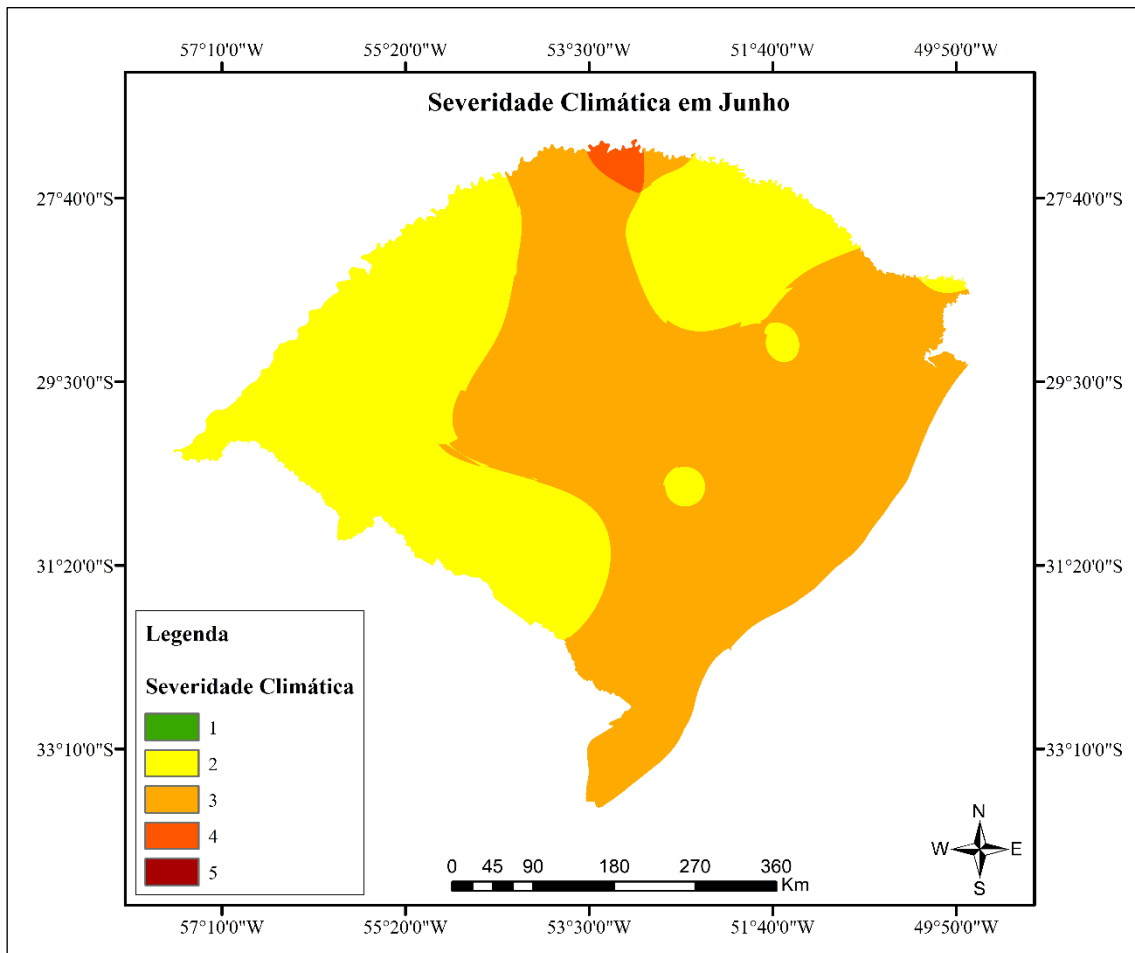
Fonte: Autor.

## APÊNDICE E – Severidade Climática para o mês de junho.



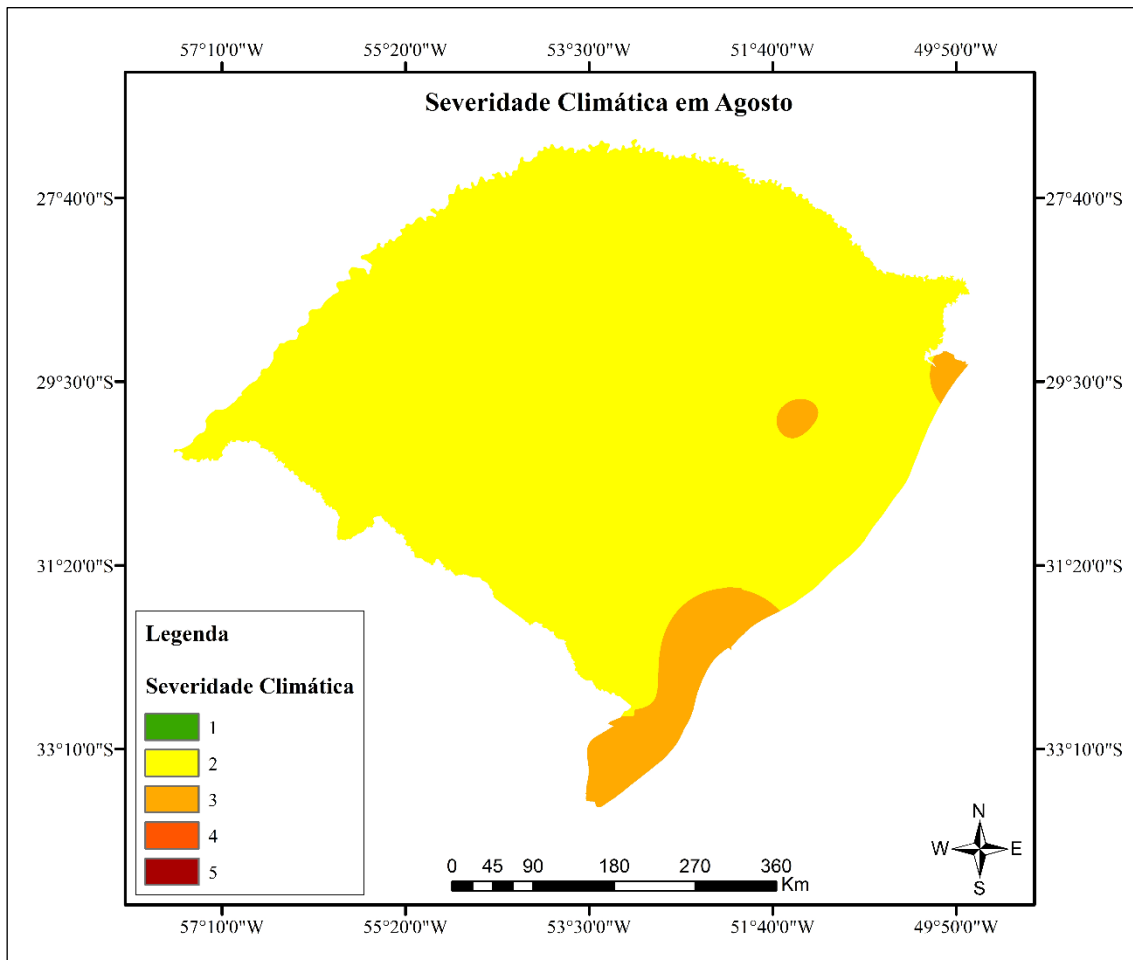
Fonte: Autor.

## APÊNDICE F – Severidade Climática para o mês de julho.



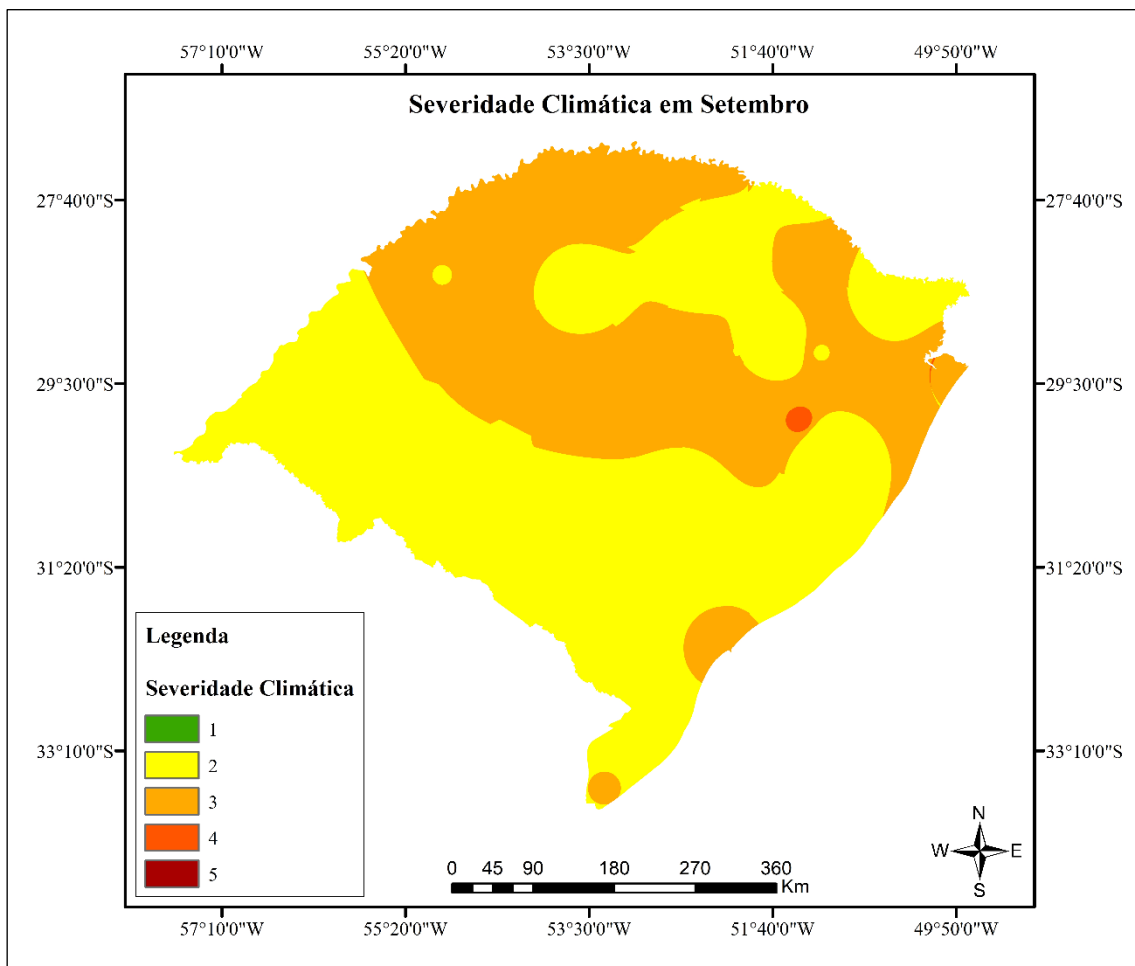
Fonte: Autor.

## APÊNDICE G – Severidade Climática para o mês de agosto.



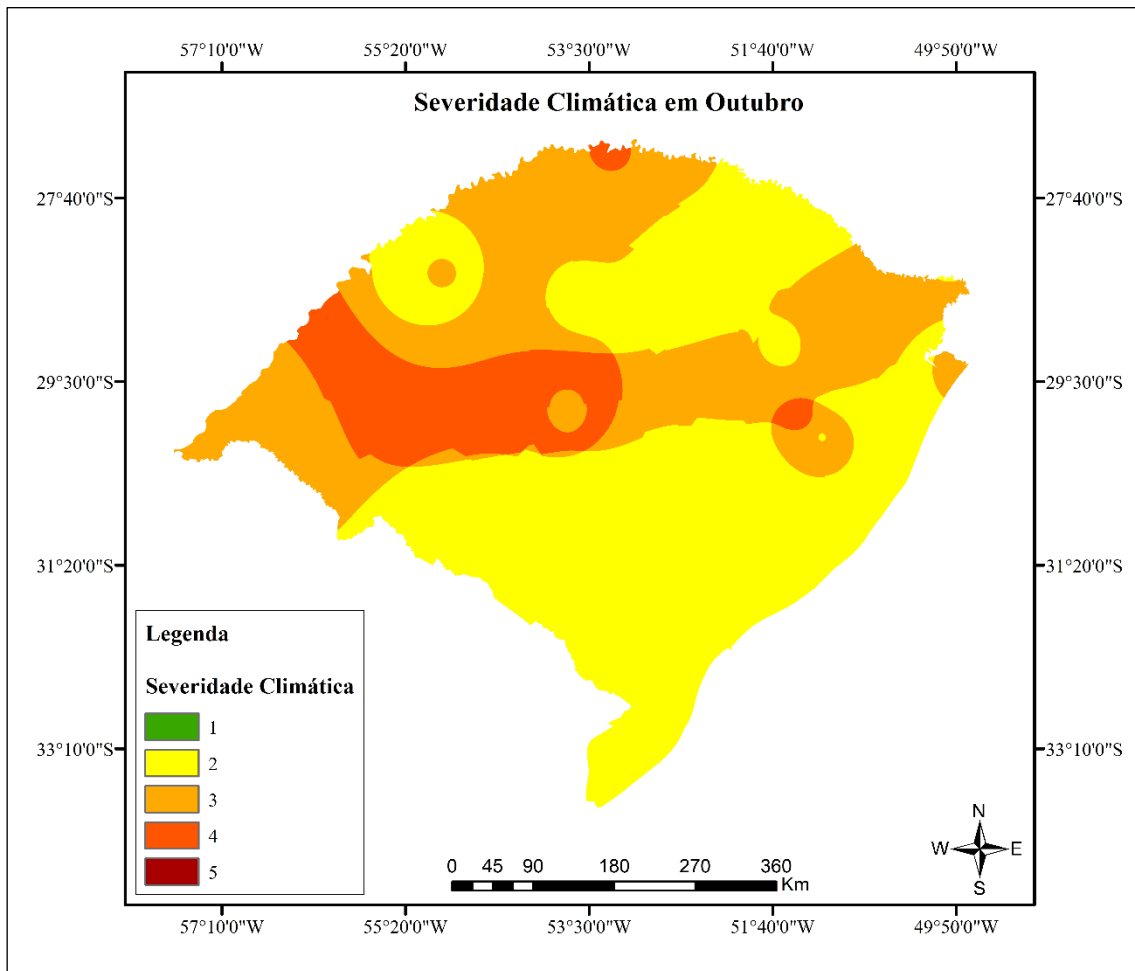
Fonte: Autor.

## APÊNDICE H – Severidade Climática para o mês de setembro.



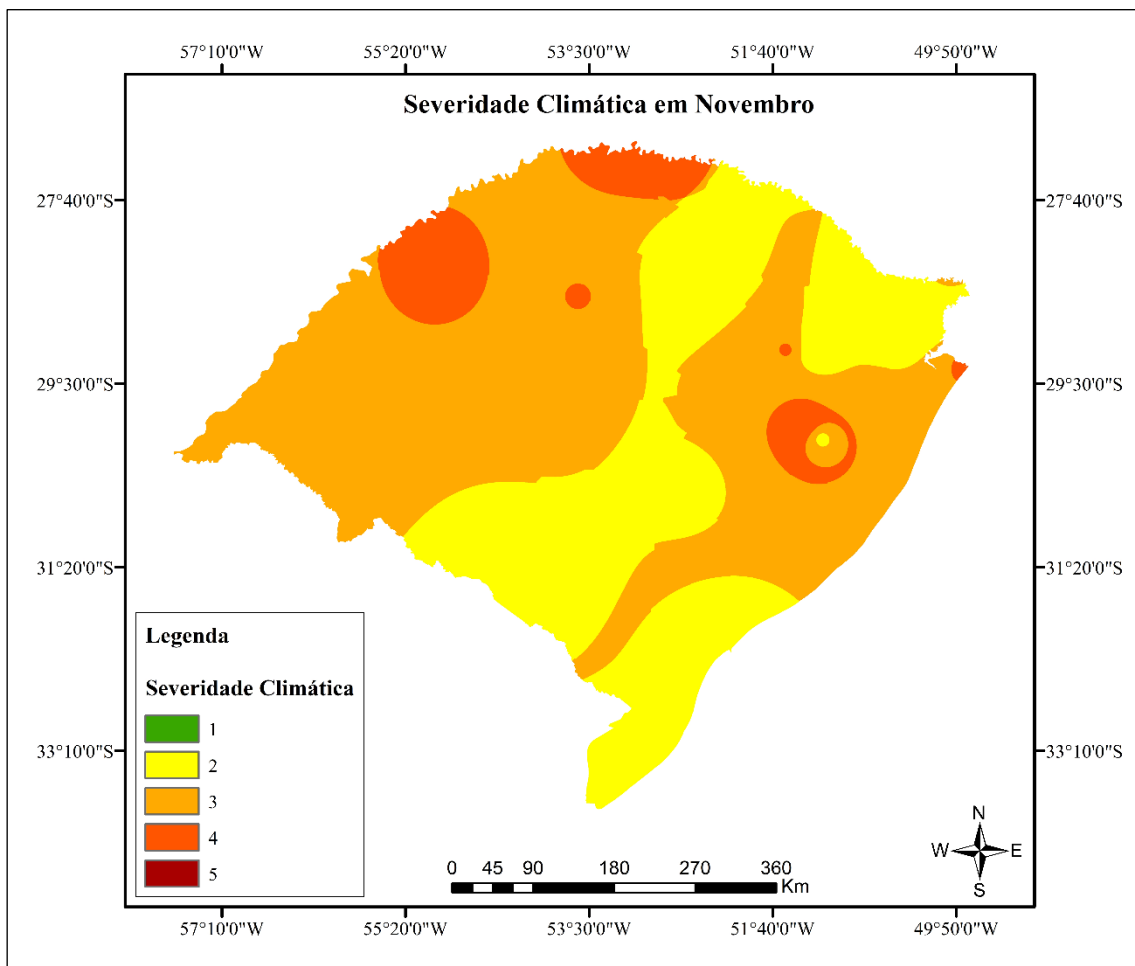
Fonte: Autor.

## APÊNDICE I – Severidade Climática para o mês de outubro.



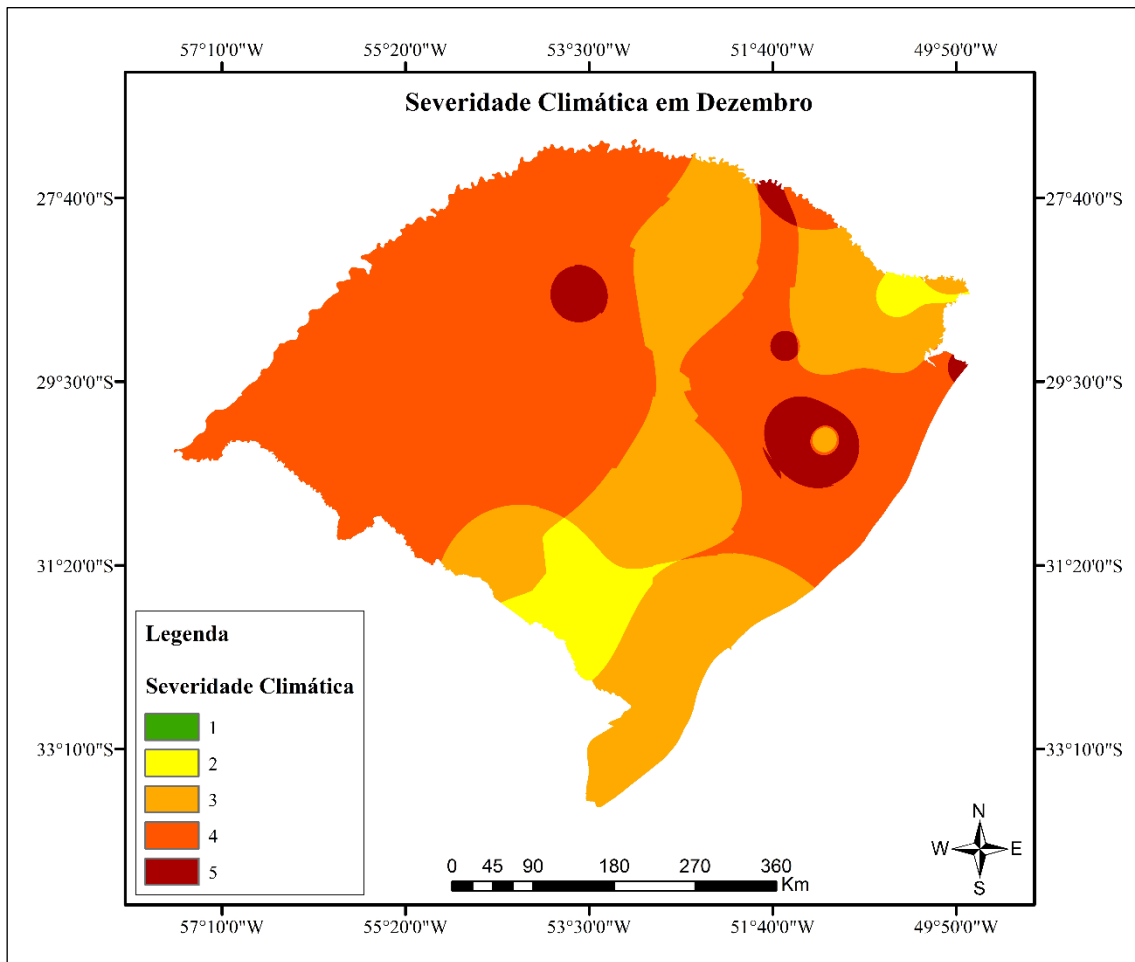
Fonte: Autor.

## APÊNDICE J – Severidade Climática para o mês de novembro.



Fonte: Autor.

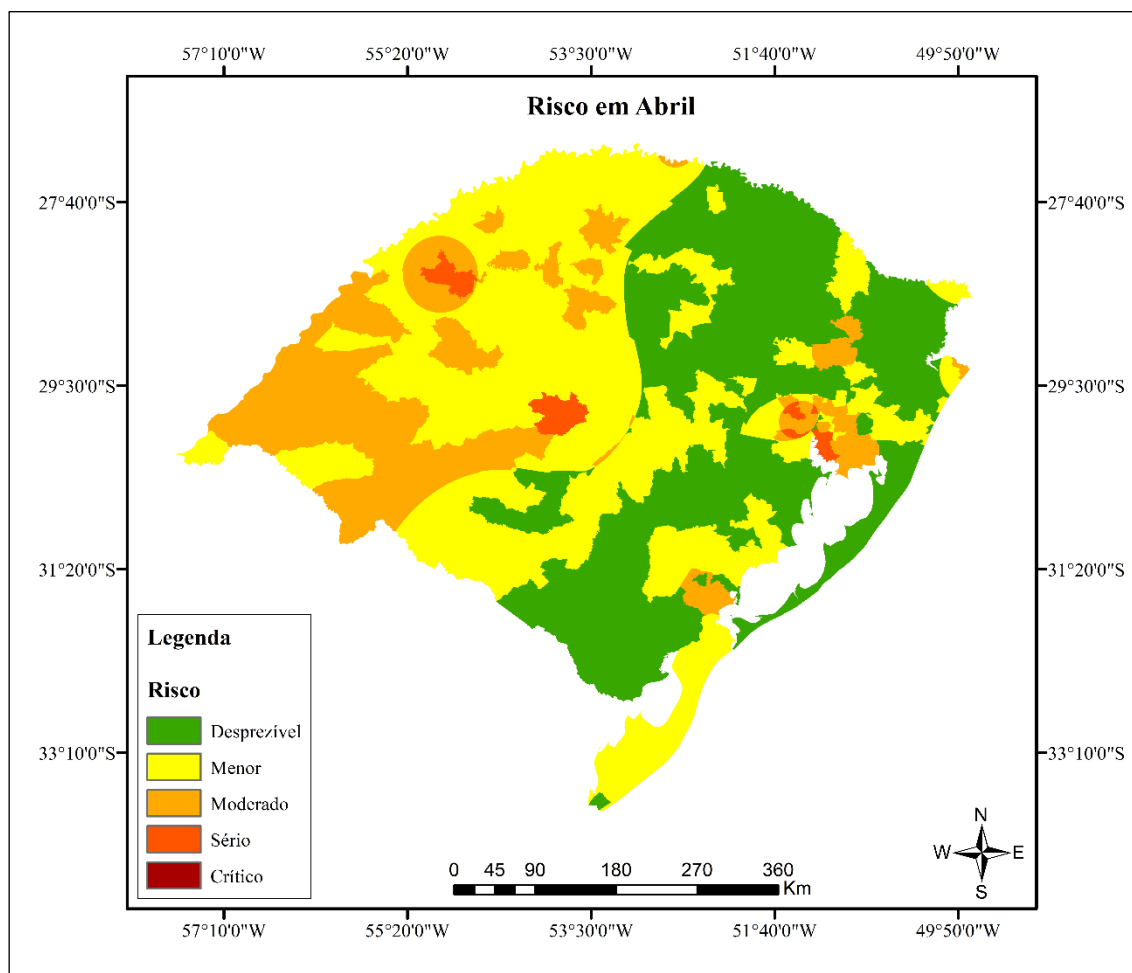
## APÊNDICE K – Severidade Climática para o mês de dezembro.



Fonte: Autor.

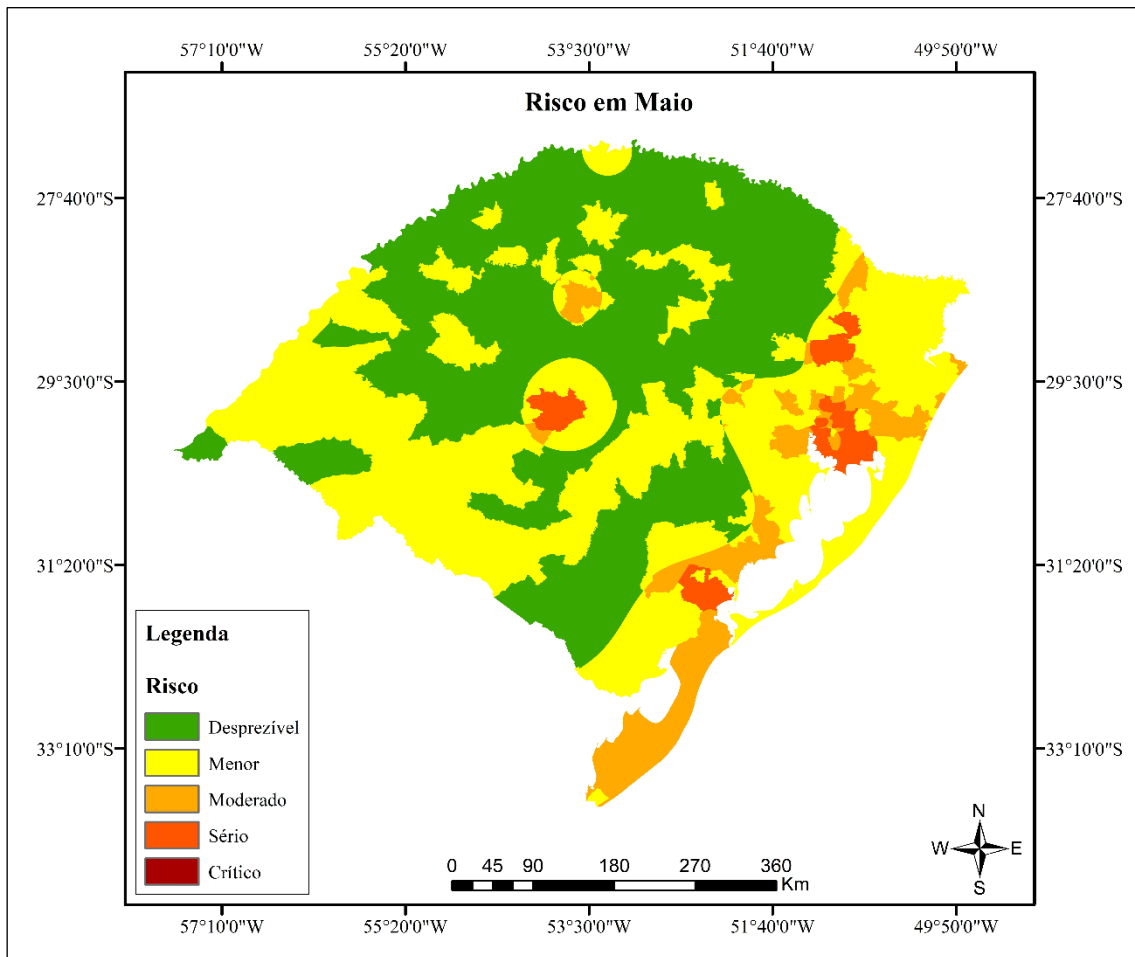


## APÊNDICE L – Risco de propagação da Dengue no mês de abril.



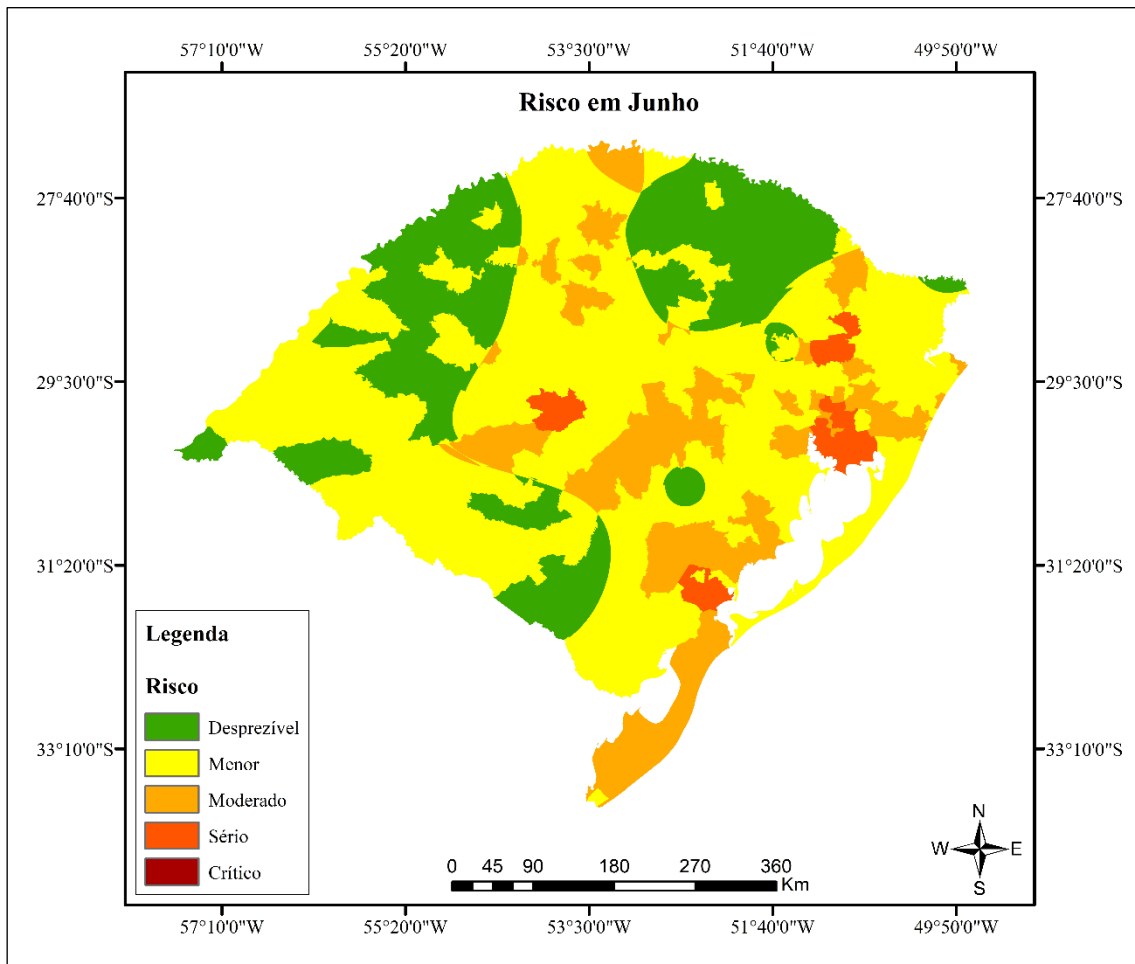
Fonte: Autor.

## APÊNDICE M – Risco de propagação da Dengue no mês de maio.



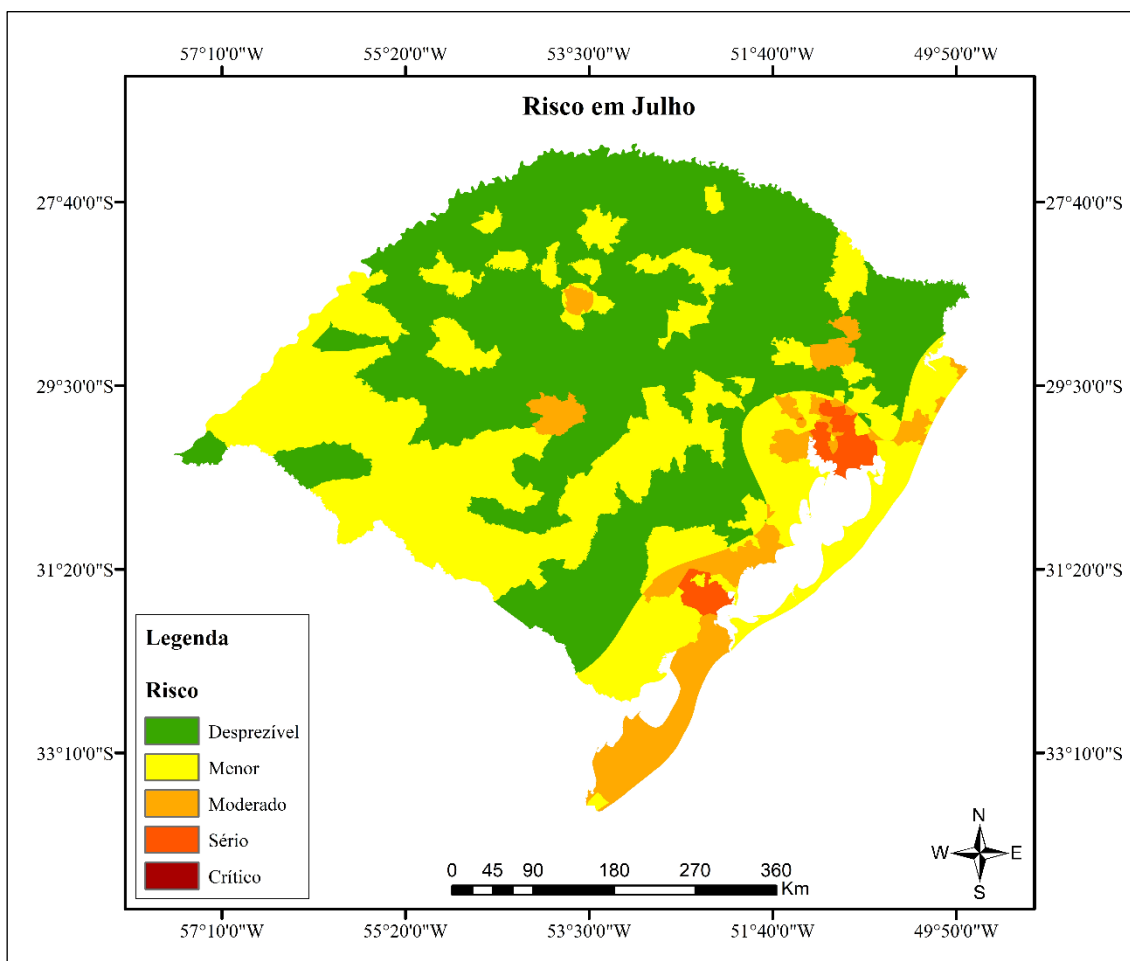
Fonte: Autor.

## APÊNDICE N – Risco de propagação da Dengue no mês de junho.



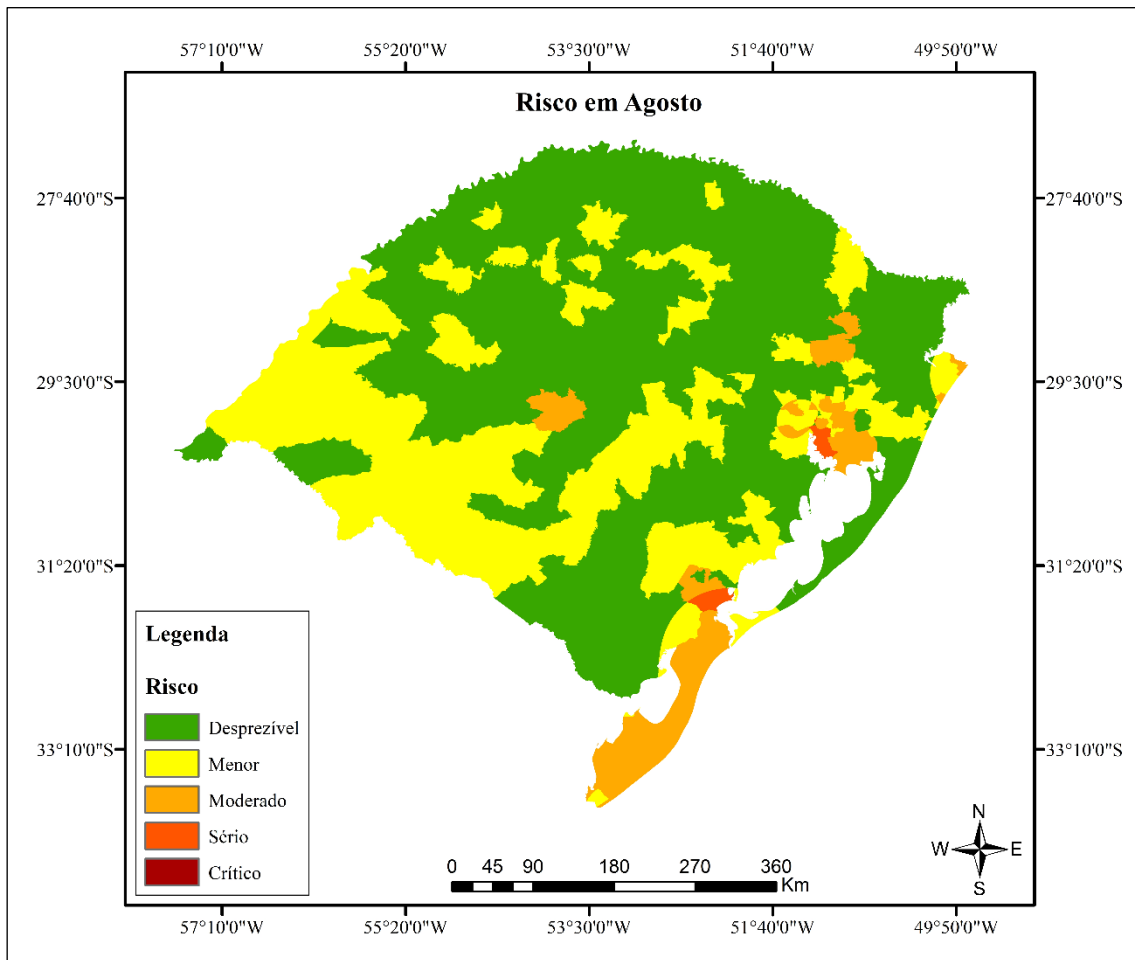
Fonte: Autor.

## APÊNDICE O – Risco de propagação da Dengue no mês de julho.



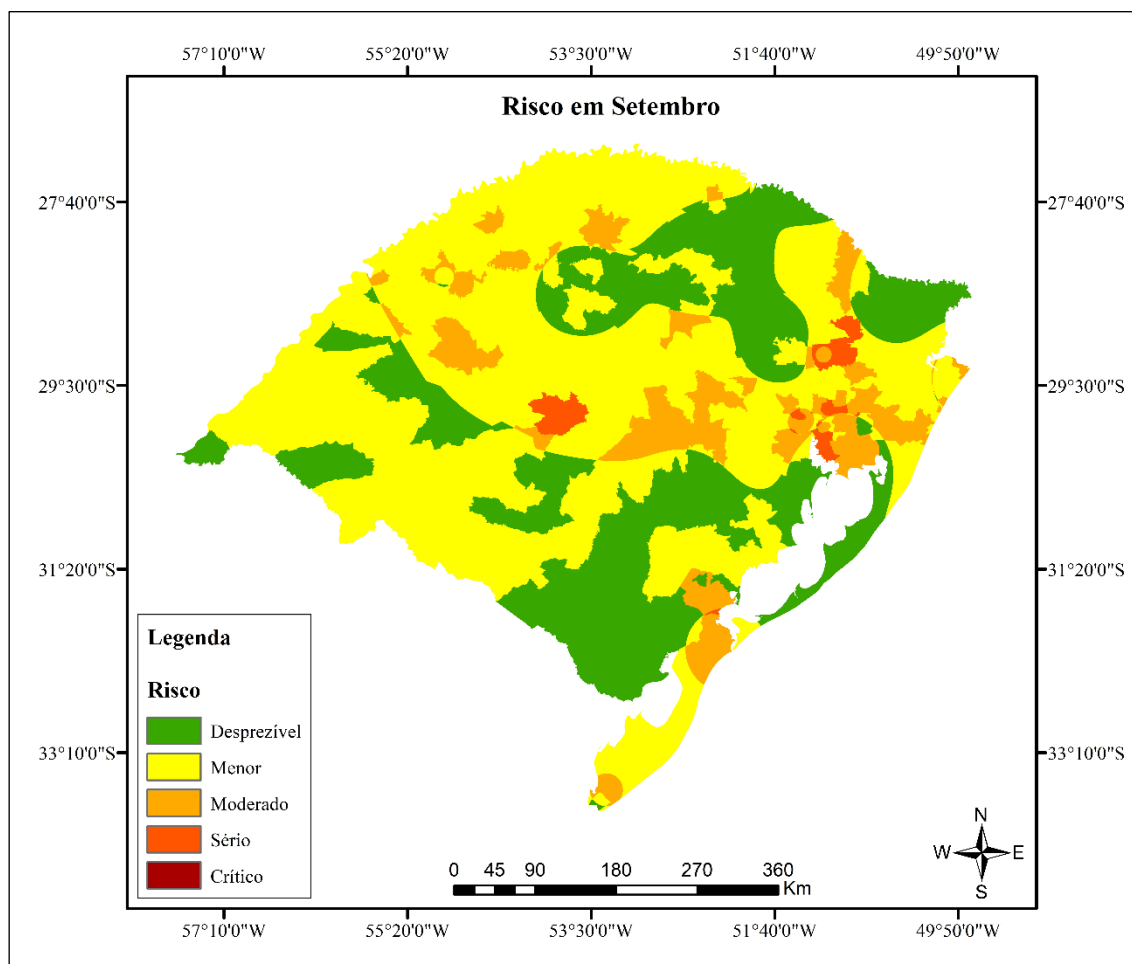
Fonte: Autor.

## APÊNDICE P – Risco de propagação da Dengue no mês de agosto.



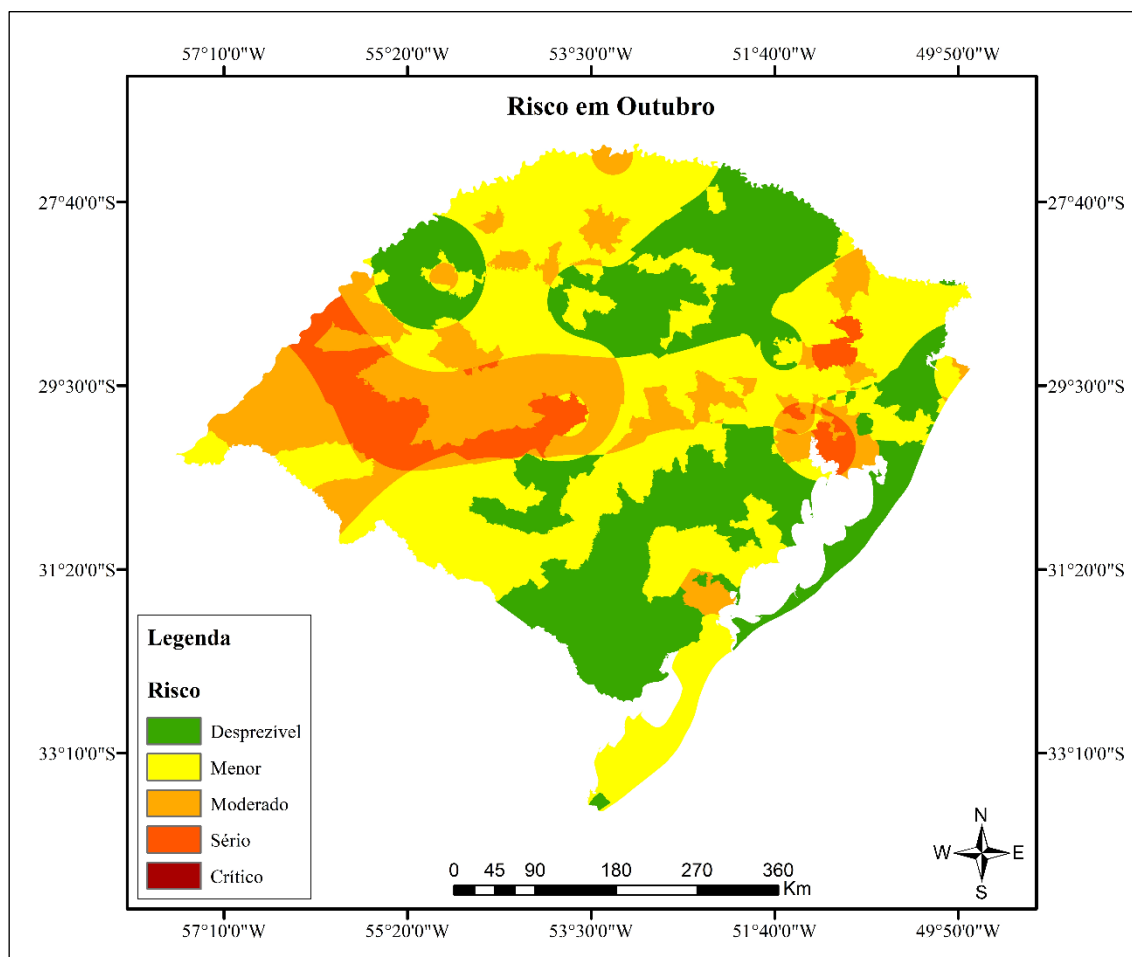
Fonte: Autor.

## APÊNDICE Q – Risco de propagação da Dengue no mês de setembro.



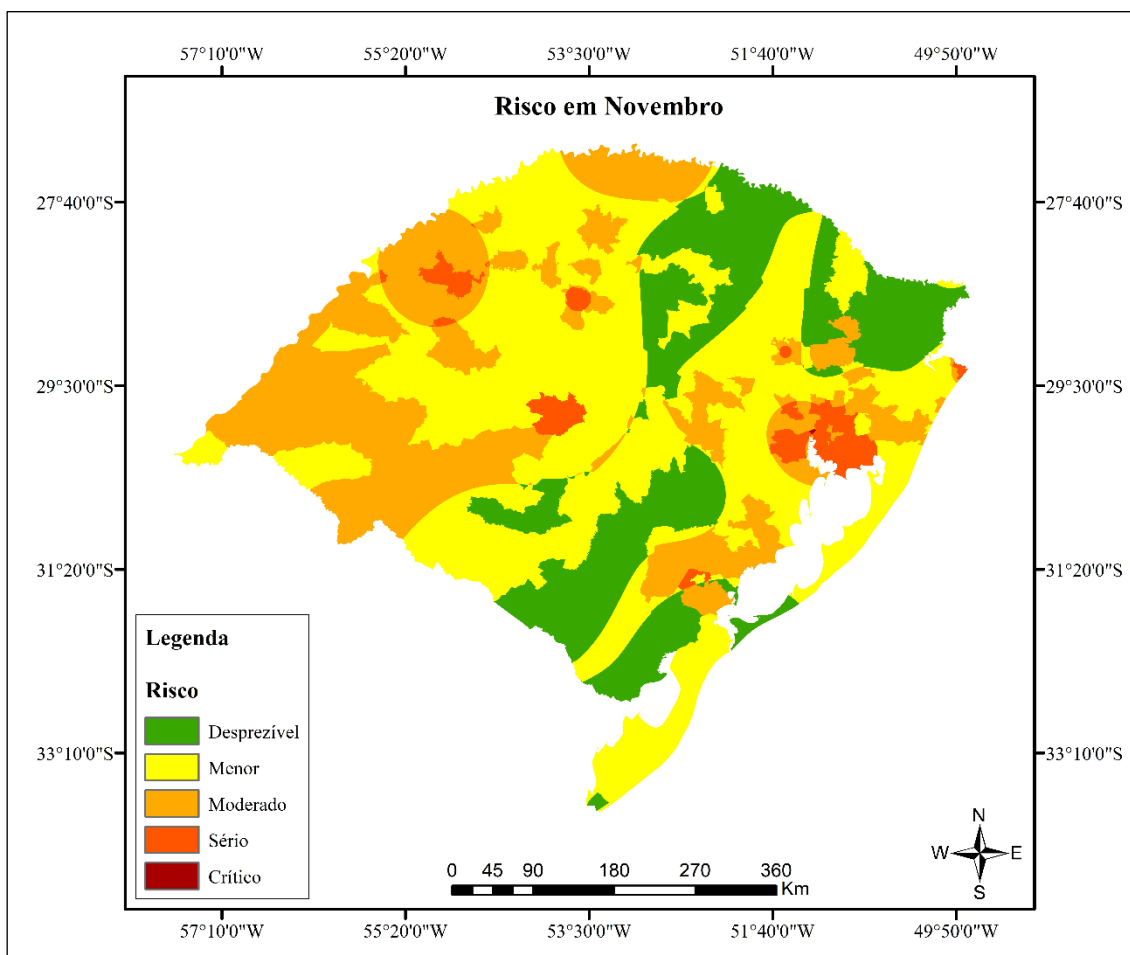
Fonte: Autor.

## APÊNDICE R – Risco de propagação da Dengue no mês de outubro.



Fonte: Autor.

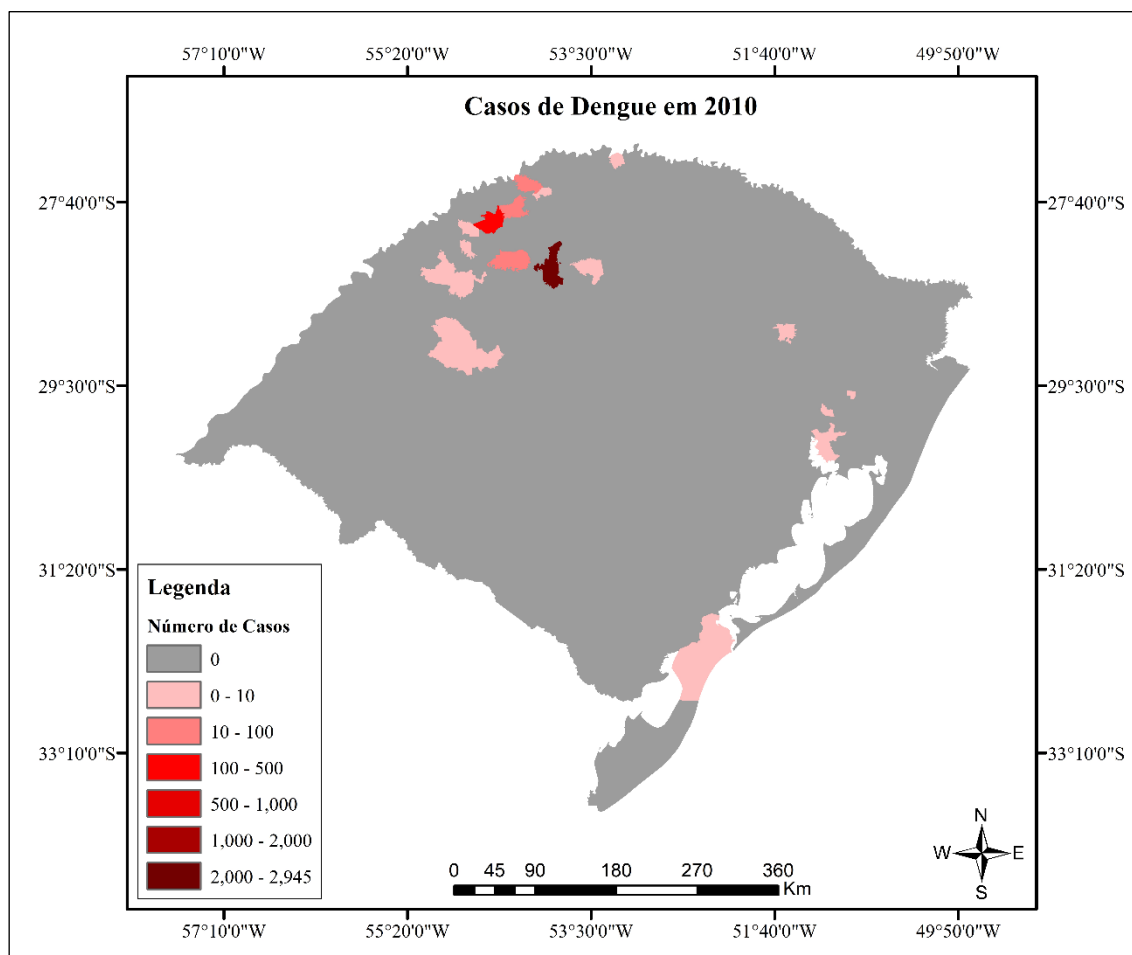
## APÊNDICE S – Risco de propagação da Dengue no mês de novembro.



Fonte: Autor.

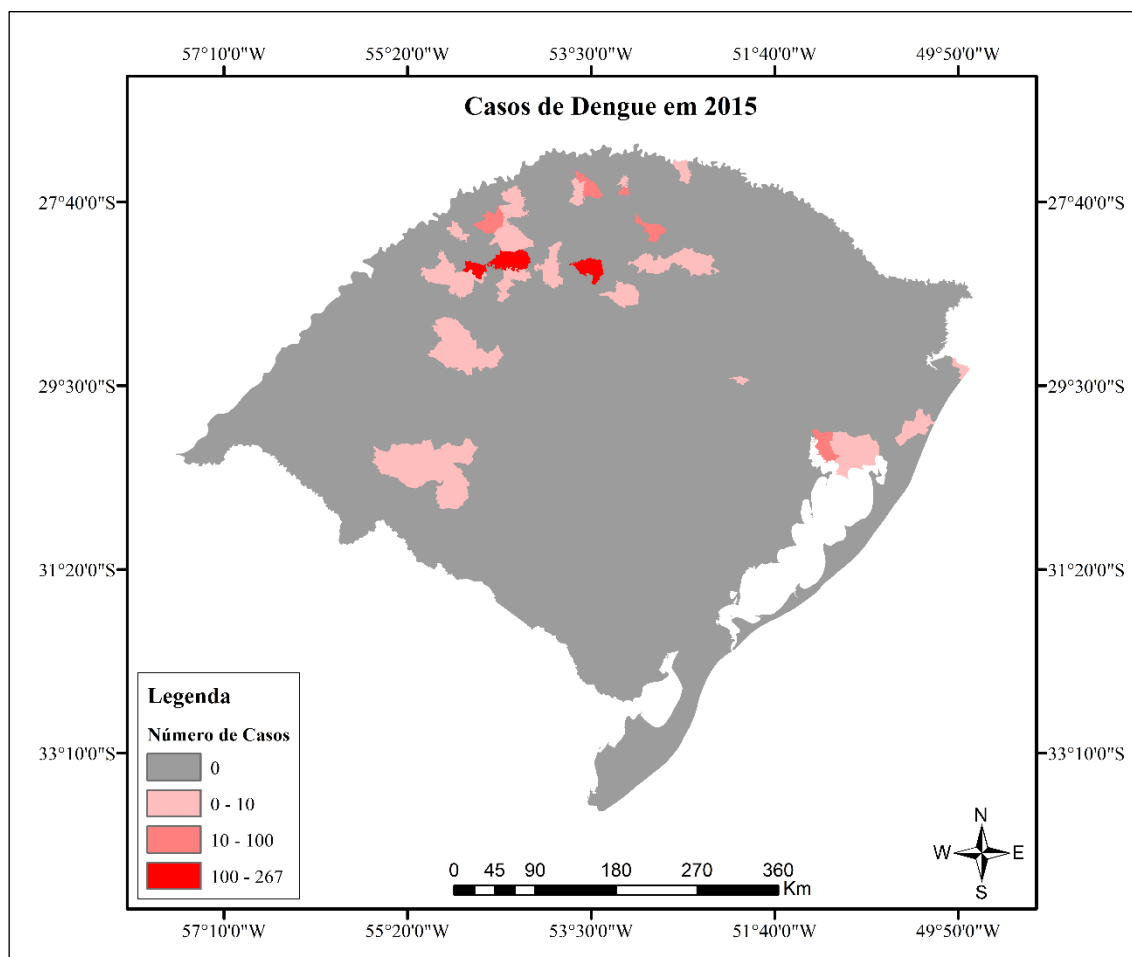


## APÊNDICE T – Casos autóctones confirmados por MR em 2010.



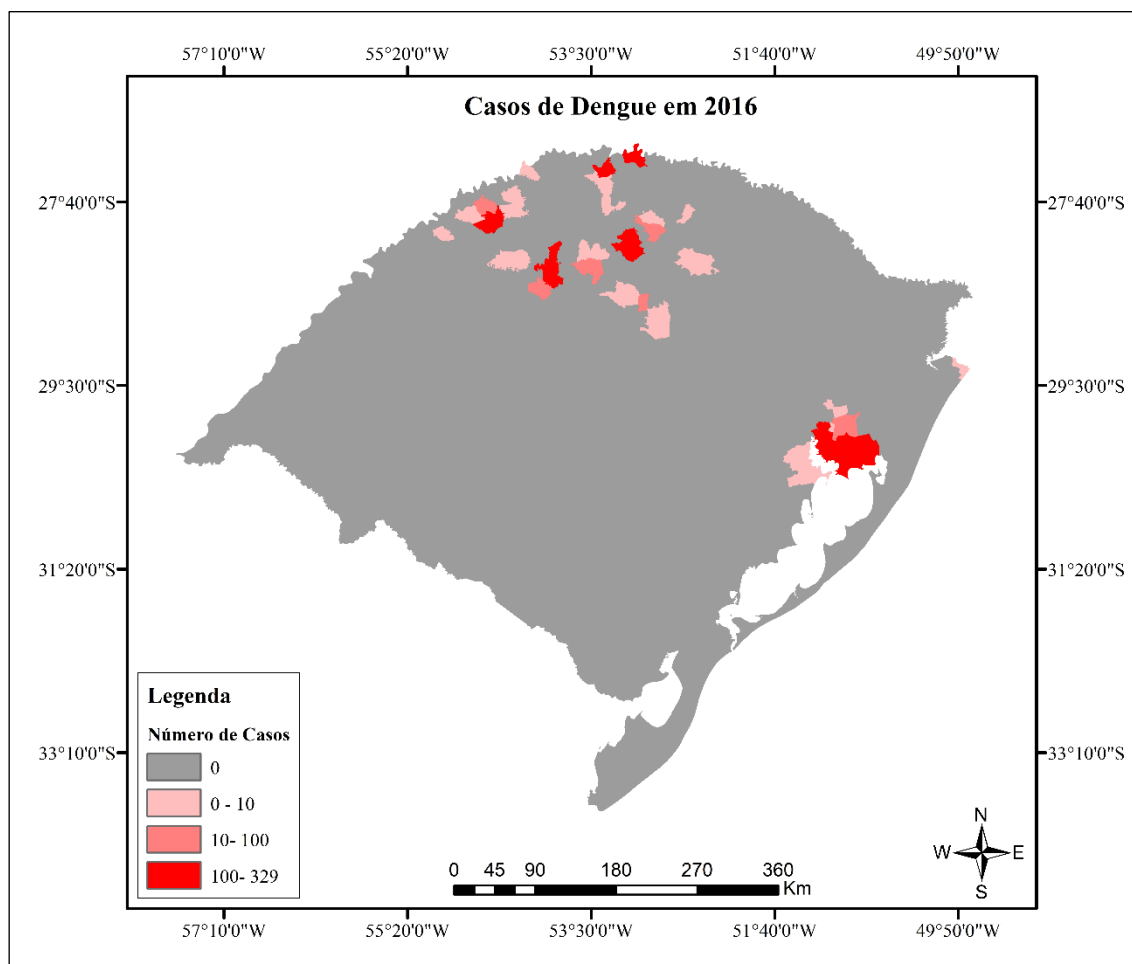
Fonte: Autor.

## APÊNDICE U – Casos autóctones confirmados por MR em 2015.



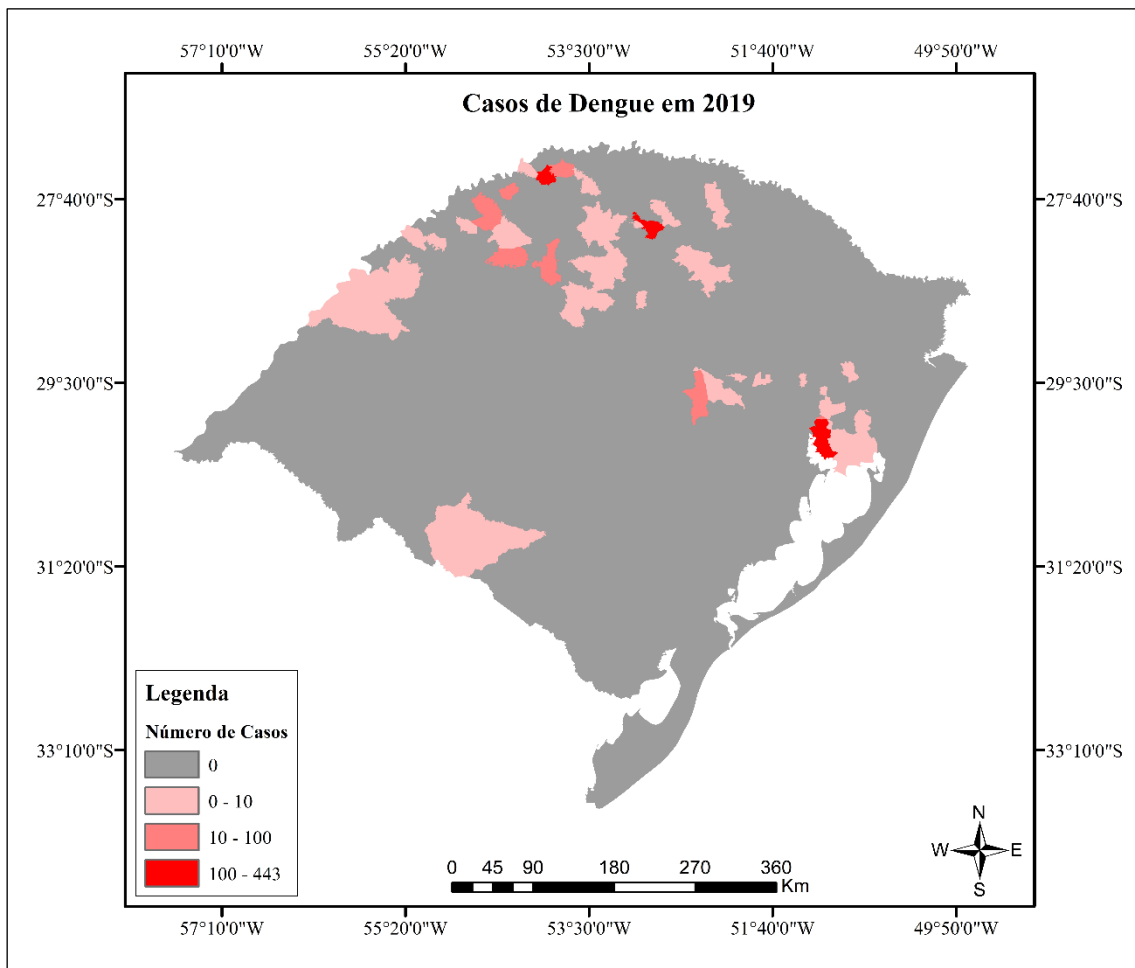
Fonte: Autor

## APÊNDICE V – Casos autóctones confirmados por MR em 2016.



Fonte: Autor

## APÊNDICE X – Casos autóctones confirmados por MR em 2019.



Fonte: Autor