

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS DAS ONDAS DE CALOR NA SAÚDE E  
PRODUTIVIDADE DOS TRABALHADORES RURAIS:  
MUNICÍPIO DE CAMPO BOM – RIO GRANDE DO SUL, BRASIL.**

Miguel Pocharski Garcia

Orientador: Prof. Dr. Roberto Verdum

Porto Alegre, 2023.

MIGUEL POCHARSKI GARCIA

**AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS DAS ONDAS DE CALOR NA SAÚDE E  
PRODUTIVIDADE DOS TRABALHADORES RURAIS:  
MUNICÍPIO DE CAMPO BOM – RIO GRANDE DO SUL, BRASIL.**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como requisito obrigatório para obtenção de título de Mestre em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Roberto Verdum.

**Banca Avaliadora**

---

Prof. Dr. Fábio de Oliveira Sanches – UFJF

---

Prof. Dr. João Paulo Assis Gobo – UNIR

---

Profa. Dra. Maíra Suertegaray Rossato - UFRGS

Porto Alegre, 2023.

### CIP - Catalogação na Publicação

Garcia, Miguel Pocharski

Avaliação dos impactos das ondas de calor na saúde e produtividade dos trabalhadores rurais: Município de Campo Bom - Rio Grande do Sul, Brasil. / Miguel Pocharski Garcia. -- 2023.

87 f.

Orientador: Roberto Verdum.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Porto Alegre, BR-RS, 2023.

1. Ondas de calor. 2. Mudanças climáticas. 3. Calor ocupacional. 4. Estresse térmico. 5. Produtividade. I. Verdum, Roberto, orient. II. Título.

## AGRADECIMENTOS

À minha mãe, Elizabete Abreu Pocharski, por ser a mulher fantástica que me deu a vida, me ensinou a ter virtudes, me proporcionou uma vida plena, repleta de amor, cuidado e carinho, instigou-me a sonhar e fez de tudo para que eu pudesse alcançar esses sonhos. Todo meu agradecimento para você, minha mãe.

À minha companheira, Keila Conceição Fallavena, que esteve ao meu lado durante todo esse percurso. Você foi o meu alento nos momentos mais difíceis, minha alegria e luz, me possibilitou viver e ter tranquilidade em meio a tudo que ocorreu ao longo desses anos. Obrigado, por ser tanto para mim, sem a sua presença constante isso não seria possível.

À minha irmã, Manoela Pocharski Garcia, e meu pai, Moacir Gomes Garcia, por ser meu porto seguro, minha morada, minha família. Por vocês eu sigo em busca dos meus sonhos e jamais deixarei de lutar.

Ao meu orientador, Roberto Verdum, grande inspiração desde os tempos da graduação e a pessoa que, com muita humildade e empatia, me possibilitou viver e realizar esse sonho. Sou extremamente grato a você pelos ensinamentos, por ter me recebido tão bem e aceito fazer parte de tudo isso.

À equipe do escritório municipal da EMATER-ASCAR em Campo Bom/RS. Em especial ao amigo, Claudinei Baldissera, por ter me recebido de braços abertos e proporcionado todo o apoio logístico ao longo da minha pesquisa, e também a Luisa, por ter sido incrível no contato direto junto aos trabalhadores. Vocês foram pessoas fundamentais para o resultado desse estudo.

A todas as pessoas que de alguma forma participaram das entrevistas em Campo Bom/RS, o tempo valioso que destinaram para me atender e contribuir com a pesquisa foi de enorme valia. Sou muito grato a vocês.

A meus familiares que sempre me apoiaram a seguir estudando, me incentivando e contribuindo para que eu tenha o futuro que almejo. Em especial

ao meu avô, Osório, também conhecido como Vô Zico, pessoa que perdi durante a pandemia de COVID-19 e que deixará uma imensa saudade.

Ao professor João Paulo Assis Gobo, uma pessoa que tive o prazer de conhecer durante essa jornada e que tenho uma admiração enorme. Sou muito grato pelos seus ensinamentos e por ter destinado parte do seu tempo para me auxiliar e contribuir com o estudo.

Às amigadas, fontes inesgotáveis de alegria e amparo, vocês são essenciais em minha vida. Em especial aos meus ex-colegas da Geografia, que sempre me impulsionam profissionalmente e me fazem ser uma pessoa melhor.

Ao meu psicólogo, Lucas Berticelli, que encontrei em meio a essa jornada e me auxiliou a reconquistar minha saúde mental. Sem dúvidas, você teve um papel importantíssimo para a execução desse trabalho.

Ao meu guru estatístico, Antônio Bonfada, por todo o suporte prestado, o auxílio, as trocas e os ensinamentos.

Ao Programa de Pós-Graduação em Geografia, que por meio de sua excelência me possibilitou estudar mais para ser uma pessoa íntegra e um profissional de qualidade.

À Universidade Federal do Rio Grande do Sul e todos colaboradores, principalmente as professoras e professores incríveis com quem tive a sorte de estar e o prazer de aprender.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela bolsa de estudos proporcionada, que tanto contribuiu para a execução desse projeto.

Por fim, ao povo brasileiro, que por meio de sua luta diária me proporcionou estudar em uma Universidade de excelência, de forma gratuita.

## RESUMO

Este estudo se enquadra na temática de mudanças climáticas, com ênfase em ondas de calor. Diversas pesquisas evidenciaram que esses fenômenos estão mais recorrentes e intensos em várias partes do mundo. Há um forte consenso que indica os trabalhadores rurais como o grupo populacional mais afetado por esse problema, pois executam suas atividades mais expostos ao calor ocupacional. Como desfecho, podem apresentar quadros de estresse térmico ou insolação, o que afeta a saúde e produtividade. Portanto, o objetivo dessa pesquisa foi avaliar os impactos das ondas de calor na saúde e produtividade dos trabalhadores rurais de Campo Bom/RS. A metodologia teve como base o programa “*High Occupational Temperature Health and Productivity Suppression*” (HOTHAPS), que dispõe de protocolos de pesquisa desenvolvidos para avaliar o calor ocupacional. Os dados atmosféricos foram obtidos, em maior parte, da estação meteorológica de Campo Bom/RS, gerida pelo Instituto Nacional de Meteorologia. Para identificar as ondas de calor, utilizou-se a técnica de percentil (percentis 90°, 95° e 97,5°). Isso foi feito com base nas temperaturas máximas e mínimas diárias dos últimos 30 anos (1993-2022). A regressão de Poisson foi usada para prever a ocorrência das ondas de calor com o passar dos anos. O nível de exposição foi estimado para janeiro e fevereiro de 2022, através do índice *Wet-Bulb Globe Temperature* (WBGT). A compatibilidade entre os valores de WBGT e ondas de calor foi avaliada por meio da correlação de Spearman e do teste t de Welch. Também, foram feitas entrevistas com 43 trabalhadores rurais de Campo Bom/RS para aplicar um formulário de pesquisa qualitativo. Como complemento, algumas respostas foram testadas por meio de regressão logística. Sobre os resultados, foram identificadas 32 ondas de calor (90°), 08 (95°) e 04 (97,5°). A regressão de Poisson mostrou que a passagem dos anos aumenta a probabilidade de novas ocorrências em 17,4% para o percentil 95° e em 4,3% para o 90°, o que elevará o número médio anual dos fenômenos no futuro. O WBGT demonstrou que o conforto térmico é pior no turno da tarde, inclusive com valores que ultrapassam os limites indicados para o trabalho. A correlação entre os valores de WBGT e ondas de calor foi positiva, com Rho de Spearman = 0,72 e p=0,001. O teste t de Welch revelou diferenças significativas nas pontuações médias do WBGT em dias com ondas de calor (M = 28,0, DP = 0,99) e sem elas (M = 24,1, DP = 1,62). Nas entrevistas, 41 trabalhadores (95,34%) destacaram sofrer perda de produtividade e 18 trabalhadores (41,86%) sentiram sintomas de estresse térmico. A regressão logística apontou que o principal fator associado ao estresse térmico foi o nível de esforço aplicado ao trabalho (OR=6,07, IC 95% [1,60, 23,0]), com até seis vezes mais chances de relatar o acometimento. Por fim, concluiu-se que há uma intensificação das ondas de calor em Campo Bom/RS e isso está causando prejuízos diretos aos trabalhadores rurais. A confirmação se deu pelos dados de WBGT, que estiveram por muitas vezes acima dos limites recomendados, e também pelo conjunto de relatos dos entrevistados, que revelou impactos sofridos na saúde e produtividade do trabalho.

**Palavras-chave:** Mudanças climáticas; Ondas de calor; Calor ocupacional; Estresse térmico; Produtividade.

## ABSTRACT

This study fits into the theme of climate change, with emphasis on heat waves. Several researches have shown that these phenomena are more recurrent and intense in various parts of the world. There is a strong consensus that indicates rural workers as the population group most affected by this problem, once they perform their activities more exposed to occupational heat. As an outcome, they may experience heat stress or insolation, which affects health and productivity. Therefore, the objective of this research was to evaluate the impacts of heat waves on health and productivity of rural workers in Campo Bom/RS. The methodology was based on the "High Occupational Temperature Health and Productivity Suppression" (HOTHAPS) program, which has research protocols developed to evaluate occupational heat. The atmospheric data were obtained, in the most part, from the Campo Bom/RS meteorological station, managed by the National Institute of Meteorology. To identify the heat waves, the percentile technique was used (percentiles 90°, 95° and 97,5°). It was done based on daily maximum and minimum temperatures for the last 30 years (1993-2022). Poisson regression was used to predict the occurrence of heat waves over the years. The exposure level was estimated for January and February of 2022 using the Wet-Bulb Globe Temperature (WBGT) index. The compatibility between WBGT values and heat waves was evaluated using Spearman's correlation and Welch's t-test. Also, interviews were carried out with 43 rural workers from Campo Bom/RS to apply a qualitative research form. As a complement, some answers were tested using logistic regression. About the results, 32 heat waves (90°), 08 (95°) and 04 (97,5°) were identified. Poisson regression showed that the passing of years increases the probability of new occurrences in 17,4% for the 95° percentile and 4,3% for the 90°, which will raise the average annual number of phenomena in the future. The WBGT showed that thermal comfort is worse in the afternoon, even with values that exceed the thresholds indicated for work. The correlation between WBGT values and heat waves was positive, with Spearman's  $Rho = 0,72$  and  $p = 0,001$ . Welch's t-test revealed significant differences in medium WBGT scores on days with heat waves ( $M = 28,0$ ,  $DP = 0,99$ ) and on days without them ( $M = 24,1$ ,  $DP = 1,62$ ). In the interviews, 41 workers (95,34%) reported suffering loss of productivity and 18 workers (41,86%) felt symptoms of thermal stress. Logistic regression pointed that the main factor associated with thermal stress was the level of effort applied to work ( $OR = 6,07$ ,  $IC\ 95\% [1,60, 23,0]$ ), with up to six times more chances of reporting the involvement. Finally, it was concluded that there is an intensification of heat waves in Campo Bom/RS and this is causing direct prejudices to rural workers. The confirmation was given by the WBGT data, which was above the recommended limits many times, and also by the set of reports of the interviewees, which revealed impacts suffered on health and work productivity.

**Keywords:** Climate change; Heat waves; Occupational heat; Thermal stress; Productivity.

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

°C – Grau Celsius

°F – Grau Fahrenheit

% – Porcentagem

5th – Percentil 5°

95th – Percentil 95°

ACGIH – American Conference of Governmental Industrial Hygienists

BDMEP – Banco de Dados Meteorológicos do INMET

EUA – Estados Unidos da América

HI – Heat Index

HOTHAPS – High Occupational Temperature Health and Productivity  
Suppression

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change

ISO – International Organization for Standardization

Kw – Quilowatt

NWS – National Weather Service

OMM – Organização Meteorológica Mundial

PNUMA – Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente

RIC – Risco de Impacto pelo Calor

RS – Rio Grande do Sul

TCLE – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

WBGT – Wet-Bulb Globe Temperature

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> – Dados climatológicos de Temperatura Média Compensada Mensal (°C), com base na Normal Climatológica do Brasil de 1981-2010, por Estação Meteorológica do INMET, para os municípios do Rio Grande do Sul. ....	20
<b>Tabela 2</b> – Valores do HI calculados com base nas variáveis de Temperatura Máxima Mensal (°C) e Umidade Relativa do Ar (%), obtidos através da Normal Climatológica do Brasil de 1981-2010, por Estação Meteorológica do INMET, para os seis municípios mais quentes do Rio Grande do Sul nos meses de Janeiro, Fevereiro e Dezembro. ....	22
<b>Tabela 3</b> – Classificação de conforto térmico do HI, de acordo com o <i>National Weather Service</i> (NWS). ....	22
<b>Tabela 4</b> – Classificação do Risco de Impacto pelo Calor (RIC). ....	43
<b>Tabela 5</b> – Percepção dos trabalhadores rurais de Campo Bom/RS sobre a exposição ao calor. ....	61
<b>Tabela 6</b> – Regressão Logística e estudo das variáveis do formulário de pesquisa aplicado com trabalhadores rurais de Campo Bom/RS. ....	66

## LISTA DE EQUAÇÕES

<b>Equação 1</b> – Fórmula do HI .....	21
<b>Equação 2</b> – Fórmula do WBGT. ....	34
<b>Equação 3</b> – Fórmula do RIC .....	43

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> – Mapa da regionalização climática do Rio Grande do Sul com base no zoneamento do conforto térmico humano. ....	24
<b>Figura 2</b> – Mapa de localização do município de Campo Bom no estado do Rio Grande do Sul. ....	25
<b>Figura 3</b> – Mapa Hipsométrico do município de Campo Bom/RS. ....	26
<b>Figura 4</b> – Horas de trabalho globais potenciais perdidas por setor, devido ao calor, entre os anos de 2000 e 2018. ....	32
<b>Figura 5</b> – Quantidade de dias por ano com temperaturas que excederam o percentil 90° da série histórica (1993-2022). ....	47
<b>Figura 6</b> – Quantidade de dias por ano com temperaturas que excederam o percentil 95° da série histórica (1993-2022). ....	49
<b>Figura 7</b> – Quantidade de dias por ano com temperaturas que excederam o percentil 97,5° da série histórica (1993-2022). ....	51
<b>Figura 8</b> – Valores médios de WBGT/hora entre janeiro e fevereiro de 2022 para o município de Campo Bom/RS. ....	54
<b>Figura 9</b> – Valores médios mensais de WBGT/hora para janeiro e fevereiro de 2022 no município de Campo Bom/RS. ....	56
<b>Figura 10</b> – Variação do WBGT médio diário em dias com (1) e sem (0) a ocorrência de ondas de calor. ....	59
<b>Figura 11</b> – Classificação final de RIC para os trabalhadores rurais entrevistados em Campo Bom/RS. ....	64
<b>Figura 12</b> – Nuvem de palavras sobre a experiência com mudanças climáticas dos trabalhadores rurais de Campo Bom/RS. ....	67
<b>Figura 13</b> – Nuvem de palavras sobre as observações gerais dos trabalhadores rurais de Campo Bom/RS sobre o tema de pesquisa. ....	69

**Figura 14** – Frutas que sofreram queimaduras solares em Campo Bom/RS.  
..... 71

## LISTA DE QUADROS

**Quadro 1** – Escala de WBGT com os valores limites para regime de trabalho e descanso, segundo a carga de trabalho exercida. .... 40

**Quadro 2** – Ocorrência de ondas de calor no município de Campo Bom/RS, identificadas a partir dos valores que excederam o percentil 90° da série histórica (1993-2022). .... 46

**Quadro 3** – Ocorrência de ondas de calor no município de Campo Bom/RS, identificadas a partir dos valores que excederam o percentil 95° da série histórica (1993-2022). .... 48

**Quadro 4** – Ocorrência de ondas de calor no município de Campo Bom/RS, identificadas a partir dos valores que excederam o percentil 97,5° da série histórica (1993-2022). .... 50

**Quadro 5** - Valores máximos e mínimos de WBGT horário calculados no período de janeiro e fevereiro de 2022, para o município de Campo Bom/RS.  
..... 57

**Quadro 6** – Árvore de palavras sobre a experiência com mudanças climáticas dos trabalhadores rurais de Campo Bom/RS. .... 68

**Quadro 7** – Árvore de palavras sobre as observações gerais dos trabalhadores rurais de Campo Bom/RS sobre o tema de pesquisa. .... 70

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	14
1.1	JUSTIFICATIVA .....	16
1.2	DEFINIÇÃO DO PROBLEMA E HIPÓTESE DA PESQUISA .....	19
1.3	OBJETIVOS .....	19
1.3.1	Objetivo Geral .....	19
1.3.2	Objetivos Específicos .....	19
<b>2</b>	<b>DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO</b> .....	20
2.1	CARACTERIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE CAMPO BOM/RS .....	24
<b>3</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO-METODOLÓGICO</b> .....	28
3.1	ONDAS DE CALOR .....	28
3.2	SAÚDE E PRODUTIVIDADE NO CALOR .....	30
3.2.1	Programa HOTHAPS .....	33
3.2.1.1	Instrumentos quantitativos .....	33
3.2.1.2	Instrumentos qualitativos .....	35
<b>4</b>	<b>PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS</b> .....	37
4.1	DEFINIÇÃO DE ONDAS DE CALOR .....	38
4.2	<i>WET-BULB GLOBE TEMPERATURE</i> (WBGT) .....	39
4.3	ETAPA DE CAMPO .....	41
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	45
5.1	OCORRÊNCIA DE ONDAS DE CALOR EM CAMPO BOM/RS .....	45
5.1.1	Percentil 90° .....	45
5.1.2	Percentil 95° .....	48
5.1.3	Percentil 97,5° .....	50
5.1.4	Avaliação geral .....	51
5.2	ESTIMATIVA GERAL DO ÍNDICE WBGT .....	53

5.2.1	WBGT e ondas de calor .....	58
5.3	ENTREVISTAS E APLICAÇÃO DOS FORMULÁRIOS DE PESQUISA .....	60
5.3.1	Análise da percepção dos trabalhadores rurais .....	61
5.3.2	Classificação do Risco de Impacto pelo Calor (RIC) .....	64
5.3.3	Análise estatística .....	65
5.3.4	Análise qualitativa da experiência com mudanças climáticas .....	67
6	<b>CONCLUSÕES</b> .....	73
7	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	76
	<b>APÊNDICE A – FORMULÁRIO DE PESQUISA PARA TRABALHADORES RURAIS</b> .....	81
	<b>APÊNDICE B – INFORMAÇÕES DO ESTUDO E TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE) PARA OS PARTICIPANTES ENTREVISTADOS NESSA PESQUISA</b> .....	85

## 1 INTRODUÇÃO

Atualmente, diferentes agentes – governantes, cientistas, organizações não governamentais, entre outros – tem cooperado por uma causa comum que pode afetar todas as espécies do planeta, que são as mudanças climáticas. Segundo o relatório especial divulgado pelo *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC), organização científica que atua no âmbito do *Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente* (PNUMA) e da *Organização Meteorológica Mundial* (OMM), é fundamental que os países reduzam pela metade as emissões de gases de efeito estufa até 2030 e cessem até 2040, para que possamos manter o aumento da temperatura média global dentro de 1,5°C, quando visto desde os níveis pré-industriais (IPCC, 2018). Em caso de falha, as temperaturas podem chegar aos 2°C de aquecimento até 2050, o que implicará em uma expansão das áreas de risco extremo à exposição ao calor, atingindo muitas regiões subtropicais, incluindo partes da América do Sul. Um possível aumento de 3°C na temperatura média global afetaria todo território brasileiro, deixando todas as pessoas em risco iminente das altas temperaturas, principalmente nos meses de verão (ANDREWS *et al.*, 2018).

Nos últimos anos, diversos estudos identificaram o aumento de fenômenos ligados ao aquecimento das temperaturas terrestres, como no caso das ondas de calor que, segundo Perkins-Kirkpatrick e Lewis (2020), se tornaram mais frequentes, intensas e prolongadas em várias partes do mundo. Adjunto a isso, os achados publicados no “*Lancet Countdown*”, que se trata de um relatório internacional elaborado em parceria por diversas instituições de pesquisa com intuito de avaliar os impactos causados pelas mudanças climáticas na saúde global, descrito em Watts *et al.*, (2020), mostram que entre os anos de 2000 e 2018 houve um aumento percentual de 53,7% na mortalidade relacionada ao calor para pessoas com 65 anos ou mais. Além disso, a estimativa calculada somente para o ano de 2018 foi que morreram cerca de 296.000 pessoas no mundo por conta do calor excessivo. Portanto, é evidente que o progressivo aumento da temperatura média do ar pode ser extremamente danoso à saúde humana.

De acordo com Andrews *et al.*, (2018), a temperatura central do corpo humano pode variar de 36,5°C a 37,5°C em condições normais, porém, quando há uma elevação anormal, entre 38°C e 39°C, o corpo entra em estresse térmico e a saúde pode ser comprometida. Em casos mais graves, quando a temperatura corporal ultrapassa os 40°C ocorre insolação, onde os danos podem ser maiores e levar até a morte. Dentro disso, cabe destacar que a atividade física tem um papel muito importante no aquecimento da temperatura corporal, principalmente quando somado a condições de alta umidade relativa do ar, conforme explicam Hyatt; Lemke; Kjellstrom (2010):

“Os músculos trabalham com cerca de 20% de eficiência, então para cada kW de trabalho feito, os músculos produzem 5 kW de calor. Se esse calor não for dissipado, ele permanecerá no corpo e a temperatura central do corpo aumentará. Embora alguma aclimatação fisiológica possa ocorrer para melhorar os mecanismos de perda de calor (aumento da vasodilatação periférica e aumento da sudorese), esse processo tem seus limites. Por exemplo, uma vez que a temperatura ambiente está acima de 34°C, as leis básicas da física nos dizem que não se pode mais perder calor por convecção ou radiação (na verdade, há ganho de calor quando a temperatura ambiente está acima de 37°C). Uma vez que a umidade relativa está acima de 85%, a perda de calor por evaporação da transpiração também cessa e, em vez disso, o suor escorre do corpo como resultado, não levando a energia térmica consigo. Não há outros mecanismos significativos de perda de calor além de se mudar para um ambiente mais frio ou reduzir o calor gerado dentro do corpo.” (HYATT; LEMKE; KJELLSTROM, 2010. p. 1- 2). [Livre tradução].

Além dos prejuízos à saúde, a exposição prolongada a altas temperaturas tem impactos diretos na capacidade de trabalho. Segundo Flouris *et al.*, (2018), estima-se que até 2030 sejam perdidos 70 milhões de anos de vida no trabalho devido à baixa da produtividade por calor ocupacional no mundo. Dentre os grupos mais vulneráveis estão os trabalhadores que exercem atividade física e não tem acesso a sistemas de aclimatação, o que gera calor e contribui para o aquecimento da temperatura corporal. Esse é o caso de muitos trabalhadores rurais que tem a necessidade de trabalhar ao ar livre ou em estufas e não conseguem arcar com os altos custos de tecnologias para reduzir os impactos da exposição ao calor. Esses efeitos combinados na saúde e produtividade tendem a aumentar a pobreza dos grupos que se encontram mais expostos, bem como a desigualdade social, principalmente em países de média e baixa renda.

No estado do Rio Grande do Sul (RS), cada vez mais tem se noticiado a ocorrência de ondas de calor. O município de Porto Alegre, capital do estado, teve um aumento médio no número de ondas de calor desde o início deste século (CARDIA, 2010). Isso corrobora com outro estudo que indica que desde 1973 os verões ficaram mais quentes em várias partes do mundo (KNUTSON; PLOSHAY, 2016). Adjunto a isso, soma-se o fato de que o estado é marcado por uma forte tradição econômica ligada à produção agrícola, com cerca de 400.000 estabelecimentos de agricultores familiares, que compõem grande parte da produção interna de alimentos básicos para a população (FEIX; LEUSIN JÚNIOR; AGRANONIK, 2017). Sendo assim, com base nas informações descritas em estudos prévios, é possível presumir que muitos trabalhadores rurais que vivem no estado do Rio Grande do Sul encontram-se potencialmente expostos aos efeitos maléficos provocados pela exposição ao calor, principalmente quando levada em consideração as tendências de aumento das temperaturas médias globais para cenários futuros, o que leva a uma intensificação dos fenômenos de ondas de calor.

O presente trabalho situa-se na intersecção entre calor, saúde e produtividade, com foco no impacto gerado pelas ondas de calor. Portanto, optou-se por elaborar um diagnóstico que evidencie o panorama atual da exposição ao calor sofrida pelos trabalhadores rurais no estado do Rio Grande do Sul. Para retratar esse cenário foi desenvolvido um estudo de caso no município de Campo Bom/RS, que está situado na região metropolitana de Porto Alegre e é considerado um dos municípios mais quentes do estado – informação que será mais bem especificada no segundo capítulo desta pesquisa.

## 1.1 JUSTIFICATIVA

Nos últimos anos é recorrente acompanharmos notícias de que os recordes de temperatura máxima foram quebrados em diversos municípios no estado do Rio Grande do Sul, assim como em várias outras regiões do mundo. Em alguns casos, esses picos de temperatura máxima estão associados à ocorrência de ondas de calor. Esses fenômenos se configuram por um período de dias consecutivos em que a temperatura do ar se mantém acima da média

prevista para o local, o que pode colocar em risco a saúde das pessoas e reduzir a produtividade no trabalho. Como visto no início deste capítulo, os trabalhadores rurais que executam suas atividades em ambientes não aclimatados estão entre os grupos mais afetados por esse problema.

Apesar de muitos estudos indicarem concisamente que as mudanças climáticas tendem a agravar a ocorrência das ondas de calor no futuro, o assunto ainda é pouco difundido no Brasil, e provavelmente menos ainda no estado do Rio Grande do Sul, que está situado na zona subtropical do planeta e é famoso por apresentar temperaturas muito baixas em relação ao restante do país, principalmente durante os meses de inverno. Ao analisar outros locais situados nessa mesma faixa latitudinal do globo terrestre, observa-se uma intensificação dos impactos causados pelas ondas de calor nos últimos anos, como por exemplo, em casos mais recentes, no hemisfério norte, a província da Colúmbia Britânica no Canadá chegou a registrar centenas de mortes súbitas durante a ocorrência de uma única onda de calor no verão de 2021 e também se podem destacar as dezenas de milhares de mortes contabilizadas por diversos países no continente europeu durante o verão de 2022, devido a uma série de ondas de calor que atingiram de forma recorrente a região.

Outro ponto a ser ressaltado é o fato de que muitas vezes os efeitos do calor sobre a saúde são negligenciados. Isso pode estar ligado a vários fatores, como o próprio desconhecimento de muitos profissionais da saúde sobre os desfechos clínicos ligados à exposição ao calor excessivo, que em muitos casos atua de forma subjacente ao aparecimento das doenças e, portanto, acaba por não aparecer com frequência nos prontuários como sendo a causa direta do acometimento. Por vezes, isso acaba por diminuir importância entre a relação de calor excessivo e problemas de saúde, o que também pode tornar a população mais vulnerável, na medida em que não se manifesta de forma precisa o perigo que o excesso de calor representa para a vida.

Como foi destacado anteriormente, o estado do Rio Grande do Sul conta com uma forte produção agrícola, que inclui diversos estabelecimentos de agricultura familiar. Muitos estudos ao redor do mundo constataram que esse grupo específico, os trabalhadores rurais e também o setor agrícola como um

todo, estão entre os que mais sofrem com a perda expressiva de produtividade em meio às ondas de calor, o que infere diretamente nas condições de vida da população, em diferentes escalas de análise. Portanto, torna-se evidente a necessidade de um diagnóstico/monitoramento dessa problemática no estado, para que se possam construir alternativas que melhorem a vida de todas as pessoas que atuam nesse setor da economia.

No contexto científico brasileiro, há uma dificuldade em encontrar estudos que indiquem um diagnóstico atual sobre esse problema que afeta cada vez mais pessoas ao redor do mundo. Ao delimitar o grupo de trabalhadores rurais como elemento chave da análise, observa-se uma grande escassez de trabalhos publicados. Nesse caso, evidencia-se a importância da produção de novas pesquisas que possam exercer um papel fundamental no diagnóstico e monitoramento dos impactos causados pelas ondas de calor na saúde e produtividade dos trabalhadores rurais, bem como que sirva de base para elaboração de estratégias de promoção da saúde. Isso também representa um passo essencial para a construção de uma sociedade mais resiliente e preparada para enfrentar os desafios das mudanças climáticas.

Tendo em vista as informações existentes sobre a temática, são contundentes os motivos para acreditar que os habitantes do Rio Grande do Sul já se encontram em risco iminente dos impactos gerados pelo excesso de calor nos meses de verão, mesmo que em maior ou menor grau. Por uma questão de viabilidade do trabalho, delimitou-se apenas a área mais propensa a sofrer com esses impactos no estado, que coincidiu com o município de Campo Bom/RS. Assim, espera-se que os resultados encontrados indiquem um panorama atual da condição em que os trabalhadores rurais são submetidos durante os fenômenos de ondas de calor.

Além disso, acredita-se que essa pesquisa tem o potencial de dar luz a uma temática que deve ser explorada com mais estudos, para que se possa construir uma amostragem representativa para o total da população do estado. Por fim, vale reforçar que ofertar melhores condições para os trabalhadores rurais do estado poderá promover o desenvolvimento econômico e o bem-estar de milhões de pessoas que atuam e dependem do setor agrícola.

## 1.2 DEFINIÇÃO DO PROBLEMA E HIPÓTESE DA PESQUISA

Tendo em vista que as ondas de calor tem sido um problema que atinge progressivamente as populações residentes em regiões subtropicais do planeta, convém questionar: Como o aumento das temperaturas tem impactado a saúde e a produtividade dos trabalhadores rurais no município de Campo Bom/RS?

Como hipótese, acredita-se que durante a estação de verão as ondas de calor possam estar causando impactos severos a alguns trabalhadores rurais, como estresse térmico regular e perda constante de produtividade, principalmente para aquelas pessoas que executam a maior parte de suas atividades ao ar livre ou em estufas não refrigeradas, o que as deixam expostas diretamente ao calor extremo. Como demonstrado em pesquisas anteriores, esse fato pode ocasionar/agravar problemas de saúde e gerar prejuízos econômicos significativos aos grupos mais vulneráveis.

## 1.3 OBJETIVOS

### 1.3.1 Objetivo Geral

- Avaliar o impacto das ondas de calor na saúde e produtividade dos trabalhadores rurais do município de Campo Bom/RS, com intuito de programar estratégias de mitigação que promovam a saúde e o desenvolvimento econômico das populações expostas.

### 1.3.2 Objetivos Específicos

- Identificar a ocorrência das ondas de calor nos últimos 30 anos;
- Estimar o nível de exposição ao calor que os trabalhadores rurais estiveram submetidos durante as ondas de calor identificadas;
- Analisar os possíveis impactos na saúde e produtividade sentidos pelos trabalhadores rurais, fruto da exposição prolongada ao calor.

## 2 DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

Antes de analisar o processo de delimitação da área de estudo, vale ressaltar que a escolha do local seguiu a premissa de que o trabalho pretende investigar os impactos das ondas de calor em áreas situadas na zona subtropical do planeta, como no caso do RS. Sendo assim, para identificar o município mais suscetível a sofrer com a exposição ao calor no estado, primeiramente, foram analisados os dados da Normal Climatológica do Brasil de 1981-2010 – disponível no portal do INMET –, que reúne diversas variáveis climatológicas que consideram os valores médios dos últimos 30 anos. Para isso, foram identificados apenas os municípios que possuíam estação meteorológica do INMET ativa. A primeira variável analisada foi a “*Temperatura Média Compensada Mensal (°C)*”, conforme mostra a **Tabela 1**:

**Tabela 1 – Dados climatológicos de Temperatura Média Compensada (°C), com base na Normal Climatológica do Brasil de 1981-2010, por Estação Meteorológica do INMET, para os municípios do Rio Grande do Sul.**

Estações Meteorológicas	Temperatura Média Compensada Mensal (°C)											
	Meses											
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Bagé	23,50	22,70	21,50	18,10	14,60	12,20	11,60	13,20	14,60	17,50	20,00	22,40
Bento Gonçalves	21,90	21,60	20,50	17,90	14,60	13,00	12,50	14,00	14,80	17,50	19,20	20,90
Bom Jesus	19,00	18,90	17,90	15,30	12,00	10,90	10,20	11,70	12,50	15,00	16,50	18,20
Cambará do Sul	18,60	18,40	18,00	15,50	11,80	11,50	10,40	11,80	12,30	14,70	16,20	17,60
Campo Bom	24,90	24,30	23,30	20,10	16,10	14,30	13,50	15,20	16,70	19,70	22,00	24,00
Caxias do Sul	21,20	21,00	19,90	17,30	14,10	12,70	12,10	13,40	14,20	16,70	18,40	20,00
Cruz Alta	23,60	22,80	21,80	19,00	15,50	13,70	12,90	14,80	15,90	18,80	21,10	23,30
Encruzilhada do Sul	22,50	21,90	21,10	18,10	14,80	12,40	11,70	13,30	14,30	17,10	19,30	21,50
Ibiruba	23,50	22,60	21,60	18,90	15,30	13,70	13,00	14,80	15,70	18,70	21,20	23,10
Iraí	25,40	24,80	23,80	20,40	16,30	15,30	14,50	16,50	18,20	21,00	23,00	24,80
Lagoa Vermelha	21,20	21,00	19,90	17,30	13,90	12,90	11,90	13,30	14,20	17,40	18,90	20,40
Passo Fundo	22,20	21,70	20,70	18,00	14,80	13,10	12,40	14,10	15,10	18,00	20,00	21,80
Pelotas	23,50	23,00	21,80	18,80	15,10	12,70	12,20	13,50	15,00	17,80	20,00	22,20
Porto Alegre	24,70	24,50	23,50	20,30	16,90	14,40	13,80	15,30	16,70	19,40	21,50	23,60
Rio Grande	23,40	23,20	22,50	19,30	15,80	13,10	12,50	13,70	15,00	17,70	19,80	22,10
Santa Maria	24,90	24,00	22,90	19,40	16,00	14,20	13,40	15,10	16,40	19,40	21,60	24,10
Santa Vitória do Palmar	22,50	22,10	21,00	17,90	14,40	11,70	10,90	12,00	13,30	16,10	18,40	20,70
Santana do Livramento	23,80	22,90	21,50	18,00	14,50	12,10	ND	12,50	14,00	17,50	20,00	22,20
São Luiz Gonzaga	26,00	25,00	24,00	20,90	17,30	15,80	14,70	16,70	18,00	20,90	23,10	25,50
Torres	23,40	23,60	23,30	20,90	17,90	15,40	14,30	15,20	16,50	18,80	20,50	22,40
Triunfo	24,60	24,10	23,10	20,10	16,60	14,40	14,00	15,40	16,70	19,30	21,50	23,50
Uruguaiana	25,80	24,20	23,10	19,50	15,90	13,40	12,60	14,50	16,40	19,40	22,10	24,50

\*ND = Não disponível

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

Com base nos dados expostos foram extraídas as dez maiores temperaturas médias mensais do estado, que ficaram concentradas em apenas seis municípios, são eles: Campo Bom; Iraí; Porto Alegre; Santa Maria; São Luiz Gonzaga e; Uruguaiana. Outro ponto relevante é que essas temperaturas foram analisadas somente para os meses de janeiro, fevereiro e dezembro, visto que a **Tabela 1** também mostra que eles são os mais quentes do ano no estado. Portanto, as análises seguintes são baseadas somente nos dados referentes aos respectivos meses.

Na sequência, optou-se por calcular o *Heat Index* (HI) para os seis municípios pré-selecionados a partir da **Tabela 1**. O HI foi desenvolvido pelo *National Weather Service* (NWS), departamento vinculado ao governo dos Estados Unidos da América (EUA), e é utilizado para alertar a população quando há risco iminente à saúde devido ao calor excessivo. Além disso, esse índice é utilizado para estimar o efeito do calor sobre o conforto térmico do corpo humano (HAWKINS; BROWN; FERRELL, 2017).

A fórmula utilizada para calcular o HI é descrita por Rothfus (1990), conforme expressa a **Equação 1**:

#### **Equação 1 – Fórmula do HI.**

$$\text{HI} = - 42,379 + 2,04901523 * T + 10,14333127 * RH - 0,22475541 * T * RH - 0,00683783 * T * T - 0,05481717 * RH * RH + 0,00122874 * T * T * RH + 0,0085282 * T * RH * RH - 0,00000199 * T * T * RH * RH$$

onde,  $T$  corresponde a temperatura do ar em graus Fahrenheit (°F) e  $RH$  a umidade relativa do ar em porcentagem (%), sendo que o resultado é expresso em graus Fahrenheit (°F).

Tendo em vista a **Equação 1**, selecionaram-se as variáveis de “*Temperatura Máxima Mensal (°C)*” e “*Umidade Relativa do Ar (%)*” para compor o cálculo do HI. A escolha da média de “temperatura máxima mensal” se deu por esta representar os maiores riscos à saúde e produtividade dos trabalhadores. Esse cálculo foi realizado pelo portal website do NWS, que dispõem de uma calculadora que conta com a conversão automática de graus Celsius (°C) para graus Fahrenheit (°F), o que possibilitou a inserção dos

valores de entrada para temperatura do ar em graus Celsius (°C). Os resultados obtidos podem ser consultados na **Tabela 2**:

**Tabela 2 – Valores do HI calculados com base nas variáveis de Temperatura Máxima Mensal (°C) e Umidade Relativa do Ar (%), obtidos através da Normal Climatológica do Brasil de 1981-2010, por Estação Meteorológica do INMET, para os seis municípios mais quentes do Rio Grande do Sul nos meses de Janeiro, Fevereiro e Dezembro.**

Estações Meteorológicas	Temperatura Máxima Mensal (°C)			Umidade Relativa do Ar (%)			Heat Index (°F)		
	Meses								
	Jan	Fev	Dez	Jan	Fev	Dez	Jan	Fev	Dez
Campo Bom	32,20	31,60	31,60	75,00	78,20	72,90	109	108	104
Iraí	32,30	31,80	31,80	70,70	74,30	68,90	107	107	103
Porto Alegre	30,50	30,20	29,50	72,90	74,80	70,90	99	98	93
Santa Maria	30,90	29,90	30,30	72,30	76,80	68,70	100	98	96
São Luiz Gonzaga	32,90	31,70	32,20	65,90	71,10	63,20	107	104	101
Uruguaiana	32,30	30,50	30,80	65,60	72,10	67,00	103	98	97

Fonte: Elaboração própria.

A interpretação dos dados expostos na **Tabela 2**, no que se refere ao HI, pode ser realizada através das classificações de conforto térmico definidas pelo NWS, conforme mostra a **Tabela 3**:

**Tabela 3 – Classificação de conforto térmico do HI, de acordo com o *National Weather Service* (NWS).**

Heat Index	Classificação	Conforto térmico
80°F - 90°F	Cuidado	Fadiga com possível exposição prolongada e/ou atividade física
90°F - 103°F	Cuidado Extremo	Insolação, câibras de calor ou exaustão por calor são possíveis com exposição prolongada e/ou atividade física
103°F - 124°F	Perigo	Prováveis câibras de calor ou exaustão por calor e possível insolação com exposição prolongada e/ou atividade física
125°F ou superior	Perigo Extremo	Insolação altamente provável

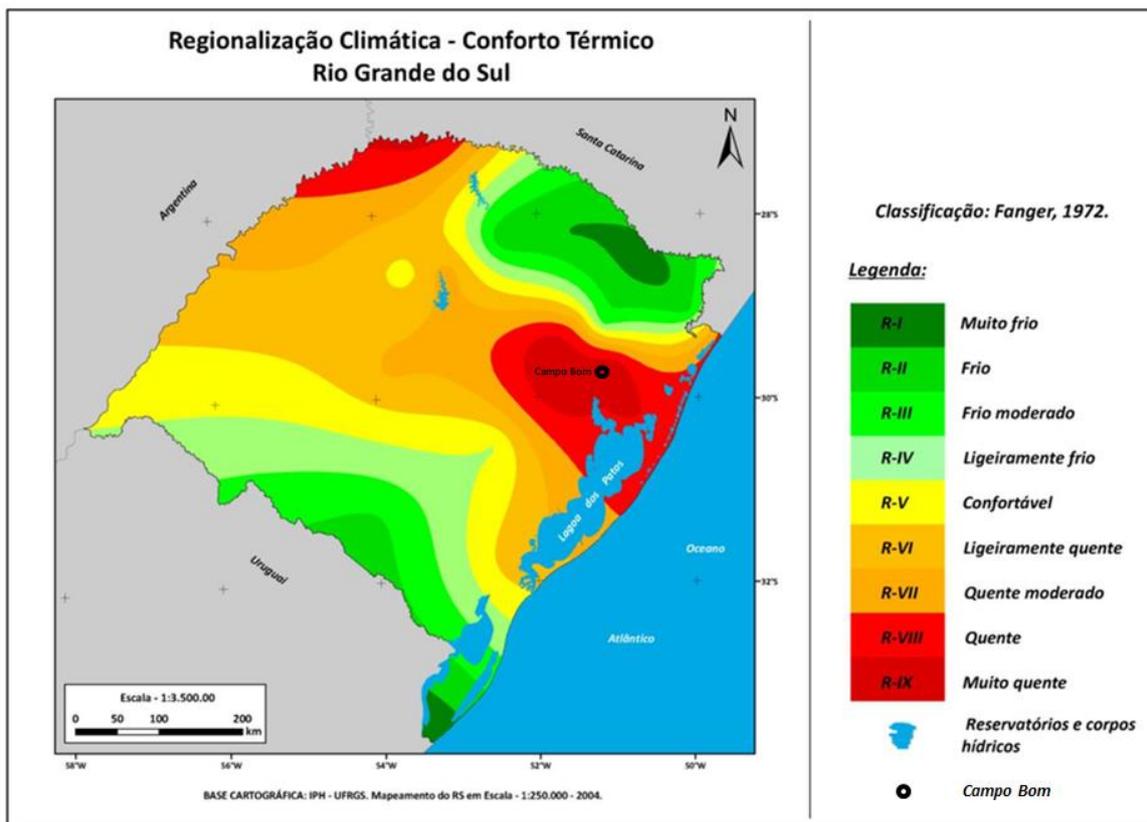
Fonte: National Weather Service (NWS).

Como é possível observar na **Tabela 2**, o município de Campo Bom/RS foi o que apresentou os maiores valores do HI em todos os meses avaliados. Além disso, ao analisar as classificações expostas na **Tabela 3**, identificou-se que o município foi o único que ficou durante os três meses (janeiro, fevereiro e dezembro) na classificação de “perigo”. Isso indica que os habitantes de Campo Bom/RS tem uma forte tendência a sofrer com o desconforto térmico nos meses de verão, fator que pode ser ainda mais agravado durante a ocorrência de uma onda de calor.

Com intuito de compor essa análise, buscou-se avaliar a tipologia climática do município identificado, através da proposta de regionalização climatológica desenvolvida por Rossato (2011, p. 201) para o estado do Rio Grande do Sul. Assim, foi possível identificar que Campo Bom/RS pertence à área classificada como “*Clima Subtropical III: úmido com variação longitudinal de temperaturas médias*”, em que há predominância de sistemas tropicais marítimos advindos do oceano Atlântico pela porção leste do estado. Esses sistemas são responsáveis por transportar um ar mais aquecido e úmido para dentro do continente, o que influencia para que a estação de verão seja marcada por altas temperaturas e umidade relativa do ar nessa área. Em comparação a outras regiões do estado, a grande concentração de umidade que avança sobre o continente garante a Campo Bom/RS maiores valores de “umidade relativa do ar” que em outros locais situados no interior do estado – que sofre maior influência de massas de ar continentais, portanto mais secas. Isso corrobora para que o HI de Campo Bom/RS seja mais expressivo, visto que uma temperatura e umidade do ar mais elevadas que o restante.

Adjunto a isso, com vista de validar os dados gerados e expostos na **Tabela 2**, foi realizado um comparativo com o estudo de zoneamento de conforto térmico do Rio Grande do Sul, proposto por Gobo; Galvani; Wollmann (2015), que subdivide as áreas do estado com base em dados climáticos e índices de sensação térmica. Na **Figura 1**, é possível verificar que o município de Campo Bom/RS, situado na porção leste do estado, coincide com uma das zonas mais quentes do Rio Grande do Sul, classificada pelos autores como “*Muito quente (R-IX)*”, conforme se pode verificar a seguir:

**Figura 1 – Mapa da regionalização climática do Rio Grande do Sul com base no zoneamento do conforto térmico humano.**



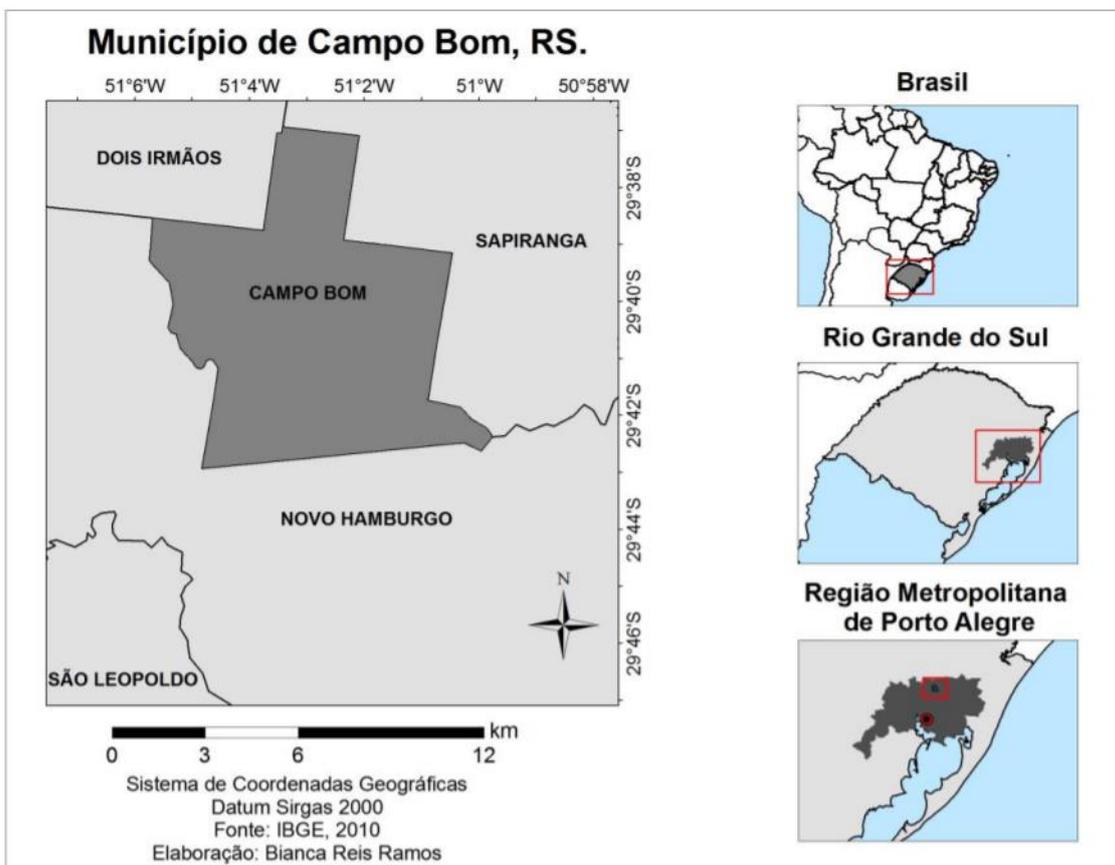
Fonte: Adaptado de Gobo; Galvani; Wollmann (2015).

Portanto, tendo em vista todos os dados que foram apresentados, fica evidente que o município de Campo Bom/RS foi o que mais apresentou as condições de suscetibilidade à exposição ao calor excessivo. Devido a isso, optou-se por definir a área desse município para a sequência dessa pesquisa.

## 2.1 CARACTERIZAÇÃO DO MUNICÍPIO DE CAMPO BOM/RS

O estudo será aplicado na área que corresponde ao município de Campo Bom no estado do Rio Grande do Sul (coordenadas geográficas 29°40'54" Sul - 51°03'25" Oeste). O local faz parte da Região Metropolitana de Porto Alegre e está situado a cerca de 50 quilômetros da capital do estado – que é o município de Porto Alegre. Os municípios limítrofes de Campo Bom/RS são Dois Irmãos, Sapiranga e Novo Hamburgo, conforme mostra a **Figura 2**:

**Figura 2 – Mapa de localização do município de Campo Bom no estado do Rio Grande do Sul.**

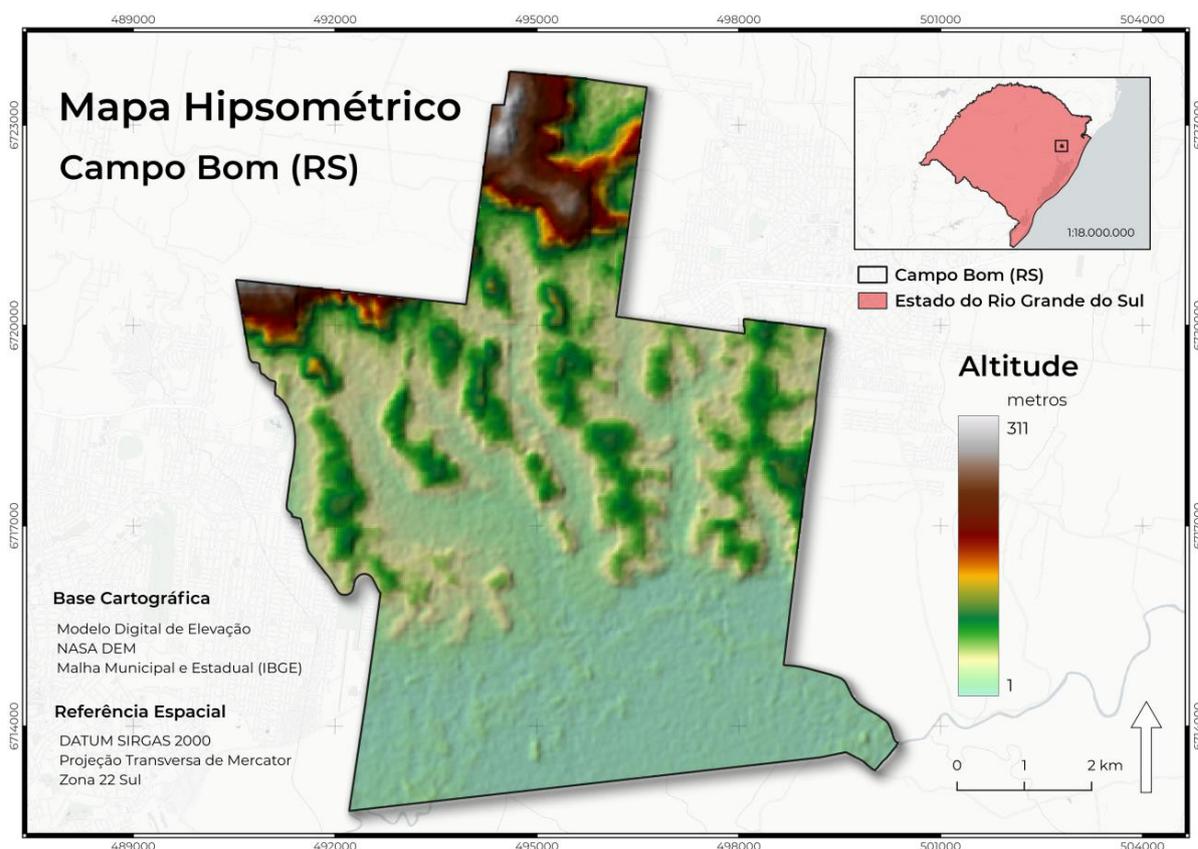


Fonte: Oliveira, 2018.

Segundo os dados do Censo Demográfico de 2010, realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o município de Campo Bom/RS tem uma área territorial de 60,579 km<sup>2</sup>, sendo 24,5 km<sup>2</sup> de área urbana e 35,5 km<sup>2</sup> de área rural, com uma população estimada de 69.981 habitantes (número ajustado para o ano de 2021, de acordo com o IBGE). Além disso, toda essa área se encontra dentro do bioma Mata Atlântica e o tipo climático predominante é o “subtropical úmido”, conforme foi caracterizado anteriormente.

Sobre a geomorfologia de Campo Bom/RS, destaca-se a amplitude altimétrica do relevo que varia de 1 a 311 metros acima do nível do mar, como é possível observar na **Figura 3**:

**Figura 3 – Mapa Hipsométrico do município de Campo Bom/RS.**



Fonte: Elaboração própria.

Através do mapa é possível observar que a porção centro-norte se encontra em uma área mais elevada que a centro-sul. Isso se deve ao fato de que a norte do município existe o Planalto Meridional, que corresponde à unidade geomorfológica com as altitudes mais elevadas do estado, com variação de 700 a 1389 metros. Já Campo Bom/RS se encontra na unidade geomorfológica denominada como Depressão Central, que representa uma área que se estende pelo centro e sudoeste do RS e é marcada por altitudes mais baixas em relação ao seu entorno (GUASSELLI *et al.*, 2006). Assim, é possível inferir que nas direções norte e noroeste do município tem-se um primeiro nível de elevação do relevo que representa a escarpa do planalto. Em alguns casos, essa constituição de relevo, onde uma área mais baixa é cercada por outras mais altas, pode obstruir a entrada de novas massas de ar, por conta de alterações locais de pressão atmosférica, de forma a intensificar as condições presentes de temperatura e umidade relativa do ar. Desta forma,

essas características podem favorecer a ocorrência de diversos fenômenos atmosféricos, como por exemplo, as ondas de calor.

Já no que tange o espaço agrário, segundo o Censo Agropecuário de 2017 que também foi realizado pelo IBGE, o município conta com 99 estabelecimentos agropecuários registrados, onde trabalham 257 pessoas. Dessa quantidade de trabalhadores, são 172 pessoas (66,92%) que possuem laços familiares com o(a) produtor(a) rural responsável, sendo 118 (68,60%) pertencentes ao sexo masculino e 54 (31,39%) ao feminino. As classes de idade que constam para os produtores responsáveis pelos estabelecimentos são variadas, todavia podem-se destacar as duas mais expressivas que são: 29 pessoas (29,29%) entre 55 e 65 anos e; 21 pessoas (21,21%) entre 65 e 75 anos. Sobre as características étnicas de quem dirige os estabelecimentos agropecuários, sobressai-se a branca, pela classificação adotada pelo IBGE, com um total de 93 pessoas (93,93%).

A totalidade da área estimada para esses estabelecimentos agropecuários chega a 1.710 hectares de terra, sendo 1.498 hectares (87,60%) destinados à condição legal de produtores individuais. No geral, o Censo indica que 54 (55,55%) dos estabelecimentos são classificados como agricultura familiar. Além disso, vale mencionar que apesar da atividade agrária não ser a preponderante, o município ainda figura como o maior produtor de mudas hortaliças do estado do Rio Grande do Sul.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO-METODOLÓGICO

#### 3.1 ONDAS DE CALOR

Na literatura científica há uma vasta diversidade de definições sobre o que caracteriza uma onda de calor. Entretanto, a maior parte delas baseia-se no aumento anômalo das temperaturas por uma sequência de dias consecutivos para um determinado local. Os parâmetros mais utilizados para delimitar essas ocorrências são o tempo de duração e a intensidade do fenômeno.

De acordo com Nairn e Fawcett (2015), o tempo de duração adotado de três dias ou mais com temperaturas elevadas é o ideal para avaliação do impacto das ondas de calor na saúde e produtividade humana, visto que muitos estudos mostram que essa é a média de dias que leva para a taxa de mortalidade aumentar consideravelmente durante a ocorrência de um mesmo fenômeno. Outros trabalhos de altíssima relevância para a temática também corroboram com essa lógica, como no caso do último relatório “*Lancet Countdown*”, descrito em Watts *et al.*, (2020), que também considera a margem de três dias ou mais como o ideal para avaliação dos impactos do calor na saúde humana.

No que tange a intensidade do fenômeno, existe uma enorme variação entre os trabalhos publicados. Segundo Perkins e Alexander (2013), muitos estudos optam por estabelecer limites do tipo percentil para medir valores anômalos dentro de um conjunto de dados, o que torna possível identificar os dias em que as temperaturas extrapolam o percentil pré-definido e, portanto, configuram a ocorrência de uma onda de calor. Para isso é necessário que o uso dessa técnica esteja atrelado à obtenção de um banco de dados, geralmente disposto no formato de série histórica, que segundo Latorre e Cardoso (2001) trata-se de um conjunto de valores obtidos previamente e dispostos em intervalos regulares de tempo, durante um período específico, para que esteja alinhado aos fins da pesquisa.

Outro ponto que merece destaque, conforme mostram Nairn e Fawcett (2015), é a importância de utilizar métricas que consideram tanto as temperaturas máximas quanto as mínimas diárias para avaliação dos impactos do calor na saúde e produtividade, visto que o período noturno – geralmente menos quente e associado às mínimas – atua muitas vezes de forma a atenuar ou agravar os efeitos do calor sobre o corpo humano, o que infere diretamente nos níveis de morbidade e mortalidade das populações expostas.

Em um estudo conduzido por Faye *et al.*, (2021), foram analisadas quinze definições distintas para ondas de calor com intuito de identificar a que melhor se aplicava para estimar os impactos do calor na taxa de mortalidade da cidade de Bandafassi, no Senegal. Como resultado, o estudo concluiu que os impactos foram mais bem compreendidos quando utilizados os parâmetros de três dias ou mais de duração para o fenômeno e temperaturas máximas e mínimas diárias que excedam o percentil 90° da série histórica.

Já na pesquisa de Yang *et al.*, (2019), que também testou quinze definições possíveis para avaliar a taxa de mortalidade em 31 cidades na China, foram demonstrados resultados semelhantes, porém sem considerar as temperaturas mínimas. O trabalho concluiu que a duração de três dias ou mais e o percentil mínimo de 92,5° para os valores de temperatura máxima foram os parâmetros que melhor responderam aos ajustes dos modelos aplicados para avaliação de impacto.

Para a definição de onda de calor do último relatório “*Lancet Countdown*”, descrito em Watts *et al.*, (2020), considerou-se o parâmetro de intensidade ajustado apenas para as temperaturas mínimas, o que se justifica pelo fato de que noites muito quentes dificultam a recuperação/revitalização das pessoas expostas ao calor excessivo durante o dia e acabam por potencializar os problemas de saúde. Nesse caso, a temperatura mínima deveria ser maior que o percentil 99° dos mínimos históricos da série de dados (1986-2008), por um período de três dias ou mais consecutivos, para então caracterizar-se como onda de calor.

Conforme salientam Perkins e Alexander (2013), por não haver uma definição única e universal para onda de calor, essa enorme diversidade de métricas acaba se justificando pela complexidade dos problemas associados ao calor excessivo, tais como: prejuízos à saúde humana e dos demais animais; perdas na produção agrícola; problemas ecossistêmicos, como por exemplo, os incêndios florestais; falhas nos setores de transporte e energia, de infraestrutura, entre outros. Essa variação de setores e grupos populacionais impactados faz com que os parâmetros utilizados para avaliar os problemas relacionados ao calor tenham que se adaptar a cada contexto analisado, o que por consequência os torna muito diversificados e dificulta sua reprodução em maiores escalas.

### 3.2 SAÚDE E PRODUTIVIDADE NO CALOR

Com o aumento progressivo do número de pessoas expostas às ondas de calor ao redor do mundo, muitos estudos têm focado em descrever os impactos gerados na saúde e produtividade das populações mais vulneráveis. Nos três últimos relatórios da “*Lancet Countdown*”, descritos em Watts *et al.*, (2018), Watts *et al.*, (2019) e Watts *et al.*, (2020), foram destacados alguns dos problemas de saúde mais comuns ocasionados ou agravados pelo calor excessivo, tais como: as doenças cardiovasculares, como no caso de insuficiência cardíaca pré-existente; as lesões renais agudas e/ou doenças renais crônicas, por conta da desidratação intensa em períodos muito quentes; as doenças crônicas respiratórias; a diabetes; os problemas cognitivos, como por exemplo a diminuição da atenção, causados pela disfunção do sistema nervoso central; a saúde mental, como aumento da ansiedade e até da violência; além do aumento das doenças transmitidas por vetores, como é o caso do mosquito *Aedes aegypti* que transmite doenças como a dengue, zika e chikungunya, por exemplo.

Outros dois problemas de saúde destacados foram o estresse térmico e a insolação, que são os mais comuns associados ao calor. De acordo com o estudo de Floss e Barros (2020), que se trata de uma revisão clínica para o manejo de pacientes afetados pelo calor, o acometimento por estresse térmico configura-se como uma doença leve a moderada e é relativamente mais

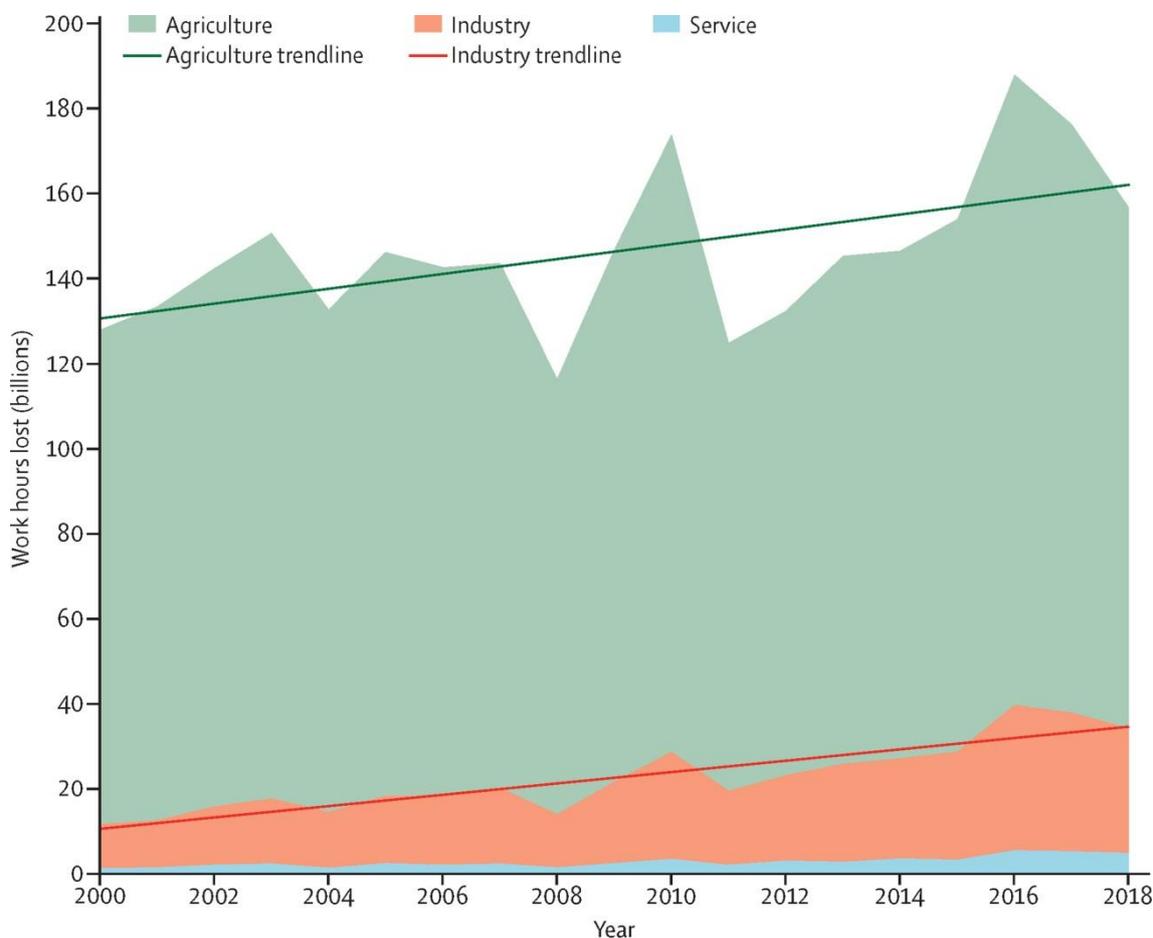
brando do que a insolação. Essa última ocorre quando a temperatura corporal fica  $\geq 40^{\circ}\text{C}$ , o que em alguns casos pode causar falha múltipla nos órgãos e levar a morte. Segundo Watts *et al.*, (2019), a perda da capacidade de trabalho é um dos primeiros sintomas sentidos pelo excesso de calor e, caso este seja negligenciado pode vir a evoluir para um quadro mais grave, o que inclui em primeiro estágio o estresse térmico e, posteriormente, a insolação.

Em uma pesquisa de revisão sistemática elaborada por Flouris *et al.*, (2018), onde foram avaliados 111 estudos, a maioria indicou que trabalhar em condições quentes (superiores a  $25^{\circ}\text{C}$ ) aumenta a probabilidade de sofrer estresse térmico, com efeitos prejudiciais a saúde e produtividade. Em 64 estudos, as pessoas que trabalharam nessas condições tiveram quatro vezes mais chance de sofrer estresse térmico durante ou no final de um turno de trabalho, com a temperatura corporal chegando em  $37,6^{\circ}\text{C}$  (Desvio Padrão: 0,4). Essa pesquisa ainda salienta que aproximadamente um terço da população mundial sofre de estresse térmico regular e a estimativa para 2100 é que metade da população mundial esteja exposta a essa condição de saúde, considerando as estratégias pré-existentes de mitigação das mudanças climáticas. Num geral, esse estudo incluiu dados de trabalhadores de 30 países, o que eleva os níveis de confiança e indica forte tendência das informações estarem representando a realidade de grande parte da população exposta.

A partir do trabalho de Watts *et al.*, (2019) também é possível identificar os setores da economia mais afetados pela intensificação das ondas de calor ao redor do mundo. Os resultados evidenciam que há um impacto progressivo no setor da agrícola, que chegou a registrar cerca de 133,6 bilhões de horas de trabalho perdidas considerando somente o ano de 2018. Outros setores como a indústria e os serviços também foram afetados entre os anos analisados, com fortes indicativos de que continuarão a sofrer perdas futuras, como mostra a

**Figura 4:**

**Figura 4 – Horas de trabalho globais potenciais perdidas por setor, devido ao calor, entre os anos de 2000 e 2018.**



Fonte: Watts *et al.*, (2019, p. 1842).

Em meio ao setor agrícola, diversos estudos como Watts *et al.*, (2018), Watts *et al.*, (2019) e Watts *et al.*, (2020), Flouris *et al.*, (2018) e Andrews *et al.*, (2018), convergem para definir que dentre os grupos mais afetados estão os trabalhadores rurais que executam suas atividades ao ar livre ou em estufas sem refrigeração, o que aumenta potencialmente o risco de estresse térmico e de redução da produtividade. Para aqueles indivíduos com idade superior aos 65 anos e/ou com problemas cardiovasculares pré-existent, ainda há um maior risco de morte por insolação.

Além disso, Kjellstrom, Holmer e Lemke (2009) salientam que em países de média e baixa renda os impactos socioeconômicos tendem a serem maiores, pois existem muitos trabalhadores rurais que necessitam manter sua

atividade para subsistência e não possuem condições de adotar medidas de adaptação, fato que pode ocasionar diversos problemas de saúde e gerar um conseqüente aumento substancial da pobreza e da desigualdade social nos respectivos países.

### 3.2.1 Programa HOTHAPS

Como alternativa para compreender e lidar com os efeitos que o aumento das temperaturas tem causado nos seres humanos, Kjellstrom *et al.*, (2009) desenvolveram um programa multicêntrico de pesquisa e prevenção à saúde que inclui dados de estudos de todas as partes do mundo, denominado como “*High Occupational Temperature Health and Productivity Suppression*” (HOTHAPS).

O programa HOTHAPS conta com uma série de protocolos de pesquisa que foram desenvolvidos e validados por especialistas para avaliar os impactos do calor na saúde e na supressão da produtividade no trabalho. Outro ponto investigado pelo programa refere-se à capacidade adaptativa dos trabalhadores frente ao calor ocupacional e às mudanças climáticas. Sabe-se que o agravamento dessa problemática pode desencadear muitos efeitos para a sociedade, tanto em curto, médio e longo prazo, também em diferentes escalas espaciais, como a local, regional e/ou global. Além disso, busca-se fornecer alternativas sólidas que possam melhorar a resiliência das populações expostas frente aos impactos progressivos do calor.

#### 3.2.1.1 Instrumentos quantitativos

Dentre os instrumentos de pesquisa quantitativos utilizados para estimar o nível de exposição ao calor que os trabalhadores são submetidos durante o trabalho, o HOTHAPS recomenda o uso do índice de estresse térmico “*Wet-Bulb Globe Temperature*” (WBGT), que é amplamente aceito e utilizado por instituições científicas e governamentais, também sendo o mais indicado pela *International Organization for Standardization* (ISO) para medições de saúde devido ao calor ocupacional.

Segundo Hyatt; Lemke; Kjellstrom (2010), o WBGT foi desenvolvido há algumas décadas pelo Exército dos EUA para estimar o risco de insolação grave nos soldados submetidos a treinamentos sob um calor excessivo. Para isso, uniram-se variáveis meteorológicas que juntas buscam simular a capacidade fisiológica que o corpo humano tem de responder ao calor, principalmente quando se encontra em meio a atividades físicas. A fórmula padrão do cálculo de WBGT para ambientes externos é descrita por Parsons (2003) e pode ser consultada na **Equação 2**:

### **Equação 2 – Fórmula do WBGT.**

$$\text{WBGT} = 0.7 * T_{nwb} + 0.2 * T_g + 0.1 * T_a$$

onde,  $T_{nwb}$  é a temperatura de bulbo úmido “natural”,  $T_g$  é a temperatura de globo e  $T_a$  é a temperatura ambiente.

De acordo com o estudo de Lemke e Kjellstrom (2012), a melhor forma para calcular o WBGT é pelo uso de aparelhos medidores desenvolvidos especialmente para essa finalidade. Entretanto, o alto custo desses equipamentos muitas vezes impede a geração desses dados. Por isso, foram descritos modelos que permitem o cálculo a partir de dados climáticos padrão, como a temperatura do ar, umidade relativa, radiação solar e a velocidade do vento. Desta forma, os autores decidiram investigar quais eram os melhores métodos alternativos de cálculo do WBGT disponíveis, tanto para ambientes externos quanto para ambientes internos. Como resultado, concluiu-se que o modelo desenvolvido por Liljegren *et al.*, (2008) foi o que melhor representou a realidade. Esse modelo permite substituir as variáveis de temperatura de bulbo úmido “natural” e temperatura de globo dos dados de entrada e acrescentar os valores de radiação solar, umidade relativa do ar e velocidade do vento. Isso possibilita simular um modelo físico termodinâmico de troca de calor entre massa e ambiente capaz de cumprir com o objetivo final do índice WBGT, que é avaliar os níveis de exposição ao calor que os seres humanos são submetidos.

### 3.2.1.2 Instrumentos qualitativos

Para compreender como a exposição ao calor afeta os trabalhadores, os especialistas do programa HOTHAPS elaboraram uma série de formulários de pesquisa para serem aplicados em estudos qualitativos, que podem ser acessados através da plataforma: [<https://climatechip.org/HothapsProtocol>]. O público-alvo a que se destinam esses formulários consiste principalmente em trabalhadores potencialmente afetados pelo calor e tomadores de decisão, como por exemplo, os representantes institucionais governamentais, sindicais e empresariais. Nesse sentido, as perguntas abordam questões variadas como tempo e rotina de trabalho, sintomas na saúde e prejuízos na produtividade observados/monitorados, métodos de prevenção adotados e até mesmo a compreensão sobre o contexto das mudanças climáticas.

Os protocolos de orientação metodológica elaborados pela equipe do programa HOTHAPS para a execução de pesquisas qualitativas sugerem que os formulários sejam aplicados em uma amostra de, no mínimo, dez pessoas para cada grupo de ocupação – trabalhadores, representantes coletivos, oficiais de saúde, etc. O tipo de amostragem indicado enquadra-se como não probabilístico intencional, isto é, quando não há probabilidade de aleatoriedade na amostra, pois ela é estabelecida com indivíduos previamente selecionados que são representativos para o fenômeno investigado. De acordo com Marotti *et al.*, (2008), essa técnica deve seguir critérios pré-estabelecidos a partir da análise de estudos prévios que justifiquem a escolha dos indivíduos, fator que pode levar a resultados mais fidedignos e representativos para a realidade estudada.

Em um estudo realizado por Venugopal *et al.*, (2016) com trabalhadores na Índia, foi aplicada uma versão adaptada do formulário desenvolvido pela equipe do programa HOTHAPS para as entrevistas com os trabalhadores. A pesquisa objetivou traçar um perfil da exposição ao calor em locais distintos, que incluíam quatro cidades indianas, durante dois períodos diferentes do ano, um mais quente e outro mais frio. No que se refere aos formulários, a saúde foi considerada afetada quando a pessoa entrevistada relatou ter sofrido pelo menos algum dos sintomas associados ao calor ocupacional. Já a

produtividade foi considerada prejudicada quando a pessoa relatou o não cumprimento das metas previstas, diminuição no tempo de trabalho ou redução de rendimentos por conta dos efeitos do calor. Foram entrevistados ao todo 442 trabalhadores indianos, que atuam em diversos setores da economia. Como resultado, o estudo mostra que dentre os trabalhadores da agricultura, 100% relataram ter sofrido algum impacto na saúde e 70% perceberam prejuízos na produtividade. Esses resultados foram combinados com medidas quantitativas de WBGT que também mostraram uma forte exposição ao calor ocupacional nos locais estudados, principalmente durante o período mais quente do ano.

Outra pesquisa que fez uso dos formulários do programa HOTHAPS foi realizada por Mathee, Oba e Rose (2010) na África do Sul, nas cidades de Joanesburgo e Uppington, durante o final do período de verão. As particularidades desse estudo foram o uso da técnica de grupos focais para as entrevistas com trabalhadores e também as entrevistas telefônicas com sete representantes de fazendas, onde muitos trabalhadores rurais executavam suas atividades, com intuito de obter informações adicionais sobre as condições de trabalho frente à exposição ao calor nesses espaços. Ao todo foram entrevistados 151 trabalhadores, dentre eles os trabalhadores rurais. Os resultados mostraram que muitos entrevistados relataram ter sentido efeitos prejudiciais na saúde, tanto aqueles ocasionados como doenças pré-existentes que foram agravadas pelo calor. No que tange à produtividade, também foram relatadas dificuldades causadas pelo desconforto em dias quentes. Sobre os representantes de fazendas, alguns relataram já ter tomado medidas preventivas como mudanças na jornada de trabalho e abrigo em locais refrigerados durante os horários mais quentes do dia.

Os estudos que utilizaram os formulários do programa HOTHAPS mostraram que esses instrumentos permitem uma maior compreensão acerca do contexto em que vivem as populações locais, bem como da realidade dos entrevistados e de seus representantes institucionais que regem as normas e regras nos ambientes de trabalho. De acordo com a equipe de especialistas do HOTHAPS, esse conjunto de informações é essencial para a elaboração de medidas de prevenção contra os danos causados pelo calor ocupacional.

#### 4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O presente trabalho consiste em um *estudo de caso* que foi realizado no município de Campo Bom/RS. A proposta fundamenta-se em estudos prévios que indicaram um aumento progressivo na frequência e intensidade dos fenômenos de ondas de calor, que pode vir a ter um impacto severo sobre a saúde e produtividade das populações mais vulneráveis à exposição prolongada ao calor excessivo. Dentre os grupos de maior risco estão os trabalhadores rurais que executam suas atividades ao ar livre ou em estufas sem refrigeração adequada e, portanto, foram definidos como público-alvo dessa pesquisa.

Como base metodológica, seguiram-se as orientações do programa HOTHAPS, que dispõe de um conjunto de instrumentos de pesquisa destinados a avaliação do calor ocupacional. Por conta do caráter interdisciplinar da proposta, a condução dessa pesquisa previu a utilização de uma abordagem mista, que inclui metodologias quantitativas e qualitativas, com intuito de possibilitar a melhor compreensão sobre os processos sociais e naturais decorrentes do fenômeno estudado – onda de calor. Nos próximos subcapítulos serão mais bem especificados os procedimentos metodológicos que foram adotados neste projeto.

Destaca-se que a obtenção dos dados atmosféricos utilizados ao longo desse estudo se deu através estação meteorológica de Campo Bom/RS, que é controlada pelo INMET. Todos os dados climáticos extraídos tiveram como base a Normal Climatológica do Brasil de 1981-2010 e os meteorológicos foram obtidos através do Banco de Dados Meteorológicos do INMET (BDMEP). Entretanto, vale ressaltar que o higrômetro da estação estava danificado e segundo o INMET não havia verba disponível para reparação, devido à corte de custos. Por conta disso, adicionalmente obtiveram-se informações de umidade relativa do ar de uma estação privada, porém situada no mesmo município – [modelo/hardware: Davis Vantage Pro2 Plus (wireless) – software: MeteoBridge Pro].

De forma geral, os dados obtidos foram analisados com suporte dos softwares IBM SPSS Statistics (versão 29) e NVivo (versão 14). O primeiro

contemplou todas as aplicações estatísticas dessa pesquisa e o segundo a etapa de avaliação dos discursos proferidos pelos trabalhadores entrevistados, por meio da frequência de palavras.

#### 4.1 DEFINIÇÃO DE ONDAS DE CALOR

Conforme salientado no capítulo anterior, não há uma definição única e universal para ondas de calor. Entretanto, estudos prévios indicaram que os principais parâmetros que devem ser levados em conta são o tempo de duração e a intensidade do fenômeno. Nesse sentido, optou-se por definir uma onda de calor como sendo um período consecutivo de três dias ou mais dias em que as temperaturas máximas e mínimas diárias excedam o percentil limite estabelecido com base na série histórica estruturada.

Desta forma, foi estruturada uma série histórica com todas as temperaturas máximas e mínimas diárias entre os anos de 1993 a 2022. Já os limites de percentis estabelecidos para compor as análises foram o 90°, 95° e 97,5°, com objetivo de medir a frequência e também a intensidade dos fenômenos. O percentil 90° da série histórica teve como valores de corte os 34,5°C para as temperaturas máximas e 21°C para mínimas. Já no 95° as máximas ficaram em 36,1°C e 22°C nas mínimas. Por fim, o percentil 97,5° teve como limite para máximas 37,3°C e mínimas 22,7°C. Sendo assim, somente foi considerado onda de calor quando houve extrapolação desses valores por três dias consecutivos ou mais.

Com objetivo de maximizar a análise desses dados também foi extraído da série histórica o total de dias por ano que excederam cada percentil, mesmo que não tenham configurado onda de calor. Através da execução de uma regressão linear simples buscou-se verificar se a variável passagem dos anos se relacionou com a variação do número de dias por ano acima de cada percentil, com intuito de averiguar se a quantidade de dias com temperaturas mais elevadas tem crescido ou diminuído com o tempo.

Para finalizar essa etapa pretendeu-se avaliar a frequência dos fenômenos identificados em relação à passagem dos anos. Foram aplicados

testes estatísticos para verificar a situação da amostra. O teste de Kolmogorov-Smirnov foi usado para verificação da distribuição dos dados e, posteriormente, a regressão de Poisson para prever a ocorrência de ondas de calor com o passar dos anos. Após isso, encaminhou-se a discussão dos resultados.

#### 4.2 WET-BULB GLOBE TEMPERATURE (WBGT)

O nível de exposição ao calor que a população esteve submetida durante as ondas de calor em Campo Bom/RS foi estimado pelo cálculo do índice de estresse térmico WBGT. Trata-se do índice mais indicado pelo programa HOTHAPS para a avaliação dos impactos fisiológicos do calor, principalmente quando o corpo se encontra em meio à atividade física, como é o caso dos trabalhadores rurais. Como facilitador, a plataforma HOTHAPS dispõe de algumas ferramentas de análise produzidas por especialistas e que podem ser acessadas de forma gratuita. Dentre elas, foi usada a calculadora automática que funciona por meio do programa Microsoft Excel e está previamente ajustada com os melhores modelos para calcular o WBGT em ambientes internos – indoor – e externos – outdoor –, a partir do uso de dados climatológicos padrão – conforme citados no capítulo anterior – como os extraídos do BDMEP.

Esses valores de WBGT foram computados para todos os horários de cada dia dentro dos meses de janeiro e fevereiro de 2022. A escolha desse período para o levantamento de dados deu-se por alguns fatores. Os meses de janeiro e fevereiro já haviam sido definidos como os mais quentes para o município estudado – **Capítulo 2 - Tabela 1** –, fato que também foi confirmado pela maior ocorrência de ondas de calor identificadas ao longo do trabalho. Já a definição do ano contou com alguns fatores. Primeiramente, foi o verão em que se realizaram as idas até Campo Bom/RS para entrevistar os trabalhadores rurais, o que permitiu uma melhor percepção do calor local. Junto a isso, muitos trabalhadores destacaram em suas falas a intensidade do calor sentido durante os meses mais quentes desse ano. Por fim, o ano de 2022 foi um dos que mais registrou ondas de calor, inclusive nos percentis

mais elevados (95° e 97,5°), sendo que o fenômeno mais duradouro apareceu nesse ano – 08 dias consecutivos nos percentis 90° e 95°.

Como o foco deste trabalho é avaliar o impacto da exposição ao calor na saúde e capacidade de trabalhar, optou-se por coletar dados de todos os horários do dia, diurno e noturno, tendo em vista que entender o calor à noite é fundamental para mensurar os seus efeitos sobre o corpo humano. Sendo assim, os valores foram obtidos da seguinte forma: WBGT outdoor das 07 às 19 horas e indoor das 20 às 06 horas. No que tange a equação, a grande diferença está em considerar ou não os valores de radiação solar.

Existem algumas formas de interpretar os valores de WBGT. Nesse caso, utilizou-se uma escala recomendada pelo programa HOTHAPS, desenvolvida pela *American Conference of Governmental Industrial Hygienists* (ACGIH), que foi extraída junto à calculadora do índice e pode ser consultada abaixo, através do **Quadro 1**:

<b>Quadro 1 – Escala de WBGT com os valores limites para regime de trabalho e descanso, segundo a carga de trabalho exercida.</b>			
<b>Regime de trabalho / Descanso (a cada hora trabalhada)</b>	<b>----- Carga de Trabalho -----</b>		
	<b>Leve</b>	<b>Moderada</b>	<b>Pesada</b>
Trabalho contínuo	30.0°C	26.7°C	25.0°C
75% de trabalho, 25% de descanso.	30.6°C	28.0°C	25.9°C
50% de trabalho, 50% de descanso.	31.4°C	29.4°C	27.9°C
25% de trabalho, 75% de descanso.	32.2°C	31.1°C	30.0°C

Fonte: Adaptado de ACGIH, 2013.

No que tange a interpretação da escala, os valores apresentados são os limites a serem considerados, ou seja, quando o WBGT ultrapassa o que está delimitado significa que o tempo de descanso deve aumentar 25% em relação ao tempo de atividade física exercida.

Para analisar os dados obtidos em Campo Bom/RS, calculou-se a média do WBGT para cada hora do dia, considerando todos os valores registrados naquele horário ao longo do período estudado. Adjunto a isso, filtraram-se no conjunto os percentis 95° e 5°, com vista a indicar os picos máximos e mínimos do índice para cada horário do dia. Esses mesmos procedimentos foram realizados por mês, incluindo um cálculo de média geral mensal, para que fosse possível comparar a variação dos dados entre janeiro e fevereiro de forma segmentada.

Em relação às ondas de calor identificadas na série histórica (1993-2022), buscou-se testar a associação com os valores de WBGT obtidos no mesmo período. Para isso, foi calculado o WBGT médio diário e usada uma lógica binária para distinguir dias com (1) e sem (0) a ocorrência de uma onda de calor. Essas duas variáveis foram avaliadas por meio da correlação de Spearman. Posteriormente, utilizou-se o teste t de Welch para delimitar a diferença de valores do WBGT em dias com e sem a presença de onda de calor. Por fim, vale mencionar que essa testagem foi feita somente para o percentil 90°, pois é o único que apresentou uma quantidade de eventos estatisticamente significativa para as análises.

#### 4.3 ETAPA DE CAMPO

A etapa de campo contou com entrevistas que foram realizadas com os trabalhadores rurais do município de Campo Bom/RS, no período de verão do ano de 2022, entre os meses de janeiro e março. Para chegar até o público-alvo do estudo foi estabelecida uma parceria com a Emater/RS-ASCAR, instituição oficial que trabalha junto aos agricultores familiares e se configura como a maior referência de extensão rural no estado do Rio Grande do Sul. Ao longo de todo período das entrevistas a equipe do escritório municipal de Campo Bom/RS da Emater/RS-ASCAR prestou suporte e intermediou as idas até as propriedades rurais que foram visitadas.

Como já existia um direcionamento quanto ao grupo entrevistado – trabalhadores rurais –, foi adotada a técnica de amostragem do tipo não probabilística intencional, onde os indivíduos selecionados foram definidos pela

sua representatividade para o fenômeno investigado. No total foram entrevistadas 43 pessoas. As características do grupo serão mais bem detalhadas no próximo capítulo.

O instrumento de pesquisa aplicado nas entrevistas foi um formulário adaptado do programa HOTHAPS, que é específico para a avaliação do calor ocupacional. As modificações foram apenas de caráter estrutural, não havendo mudanças no conteúdo original do material. O instrumento foi transformado em um formulário misto, isto é, aquele que inclui tanto perguntas abertas quanto fechadas. Além disso, vale ressaltar que o próprio programa recomenda adaptações dos instrumentos, para que se adequem aos diferentes contextos da pesquisa e população estudadas. A versão completa pode ser consultada no **APÊNDICE A**.

A estrutura do instrumento se encontra dividida em seis partes, são elas: (1) *Informações gerais sobre a pessoa entrevistada*; (2) *Questões sobre o tipo de trabalho*; (3) *Perguntas sobre a exposição ao calor no trabalho*; (4) *Perguntas sobre impactos do calor na saúde*; (5) *Perguntas sobre impactos nas atividades de trabalho e produtividade* e; (6) *Experiência de mudança climática, até o momento, e outras questões (por exemplo, exposição ao calor fora do trabalho)*. No total, o material possui 17 questões de múltipla escolha e 05 perguntas abertas – que são aquelas em que as respostas são impossíveis de delimitar, pois variam de acordo com a experiência de cada indivíduo.

Para as questões de múltipla escolha foram atribuídos valores distintos, que refletem o nível de exposição ao calor que os trabalhadores estão submetidos. Esse nível pode variar de acordo com vários fatores, como duração e horários da jornada de trabalho, características locais como a ventilação do espaço, estratégias de mitigação do calor que são utilizadas, como beber água no trabalho, por exemplo, entre outros. A partir dessa pontuação atribuída às questões foi possível construir a classificação do Risco de Impacto pelo Calor (RIC), que leva em conta a expressão em pontos obtida por cada indivíduo ao final das respostas. A **Tabela 4** mostra os critérios de interpretação para essa classificação:

**Tabela 4 – Classificação do Risco de Impacto pelo Calor (RIC).**

Pontos	Escala do RIC	Efeitos
14 - 19	Baixo	Os efeitos adversos da exposição ao calor são minimizados pelas estratégias adotadas no espaço de trabalho.
20 - 25	Moderado	É provável que a saúde e a produtividade sejam afetadas durante alguns dias de temperatura muito elevada.
26 - 32	Alto	Há uma vulnerabilidade ao calor que tende a provocar prejuízos recorrentes à saúde e a produtividade.
33 - 38	Muito alto	Existe um risco elevado devido à exposição intensa ao calor que pode levar a efeitos crônicos, como o desenvolvimento de doenças e a perda significativa de renda.

Fonte: Elaboração própria.

As pontuações estabelecidas para cada intersecção das escalas se basearam na fórmula expressa pela **Equação 3**:

### **Equação 3 – Fórmula do RIC.**

$$(\text{SCORE}_{\text{max}} - \text{SCORE}_{\text{min}}) / 4 = \text{N}^{\circ} \text{ de corte}$$

onde, *SCORE<sub>max</sub>* (38 pontos) trata-se da pontuação máxima do questionário, *SCORE<sub>min</sub>* (14 pontos) é a pontuação mínima que pode ser obtida e o numeral 4 é referente ao número de escalas em que se divide a classificação, o que resulta no número de corte (*N<sup>o</sup> de corte*), que é o que define os pontos de intersecção de cada escala.

Com base nas respostas de todos os entrevistados, utilizou-se a regressão logística para testar possíveis variáveis causadoras de estresse térmico nos trabalhadores rurais. Os fatores preditores selecionados para análise estatística foram: idade, tempo de trabalho, nível de esforço físico e tempo de exposição solar. Já para avaliar os discursos usou-se a técnica de frequência de palavras, o que possibilitou construir uma “nuvem de palavras” com as cem mais citadas e, também, uma “árvore de palavras” com as dez mais recorrentes.

Por fim, é importante ressaltar que este trabalho respeitou os preceitos éticos da pesquisa acadêmica com outros seres humanos. Por esse motivo, estruturou-se um documento que contém as informações gerais sobre o estudo, bem como o termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE) para ser assinado pelos entrevistados que concordaram em participar da pesquisa. Esse material encontra-se totalmente disponível no **APÊNDICE B**.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesse capítulo serão expostos os resultados construídos a partir da aplicação do conjunto de metodologias propostas para o estudo, bem como ocorrerá à respectiva discussão sobre os dados gerados. Para facilitar a sistematização das informações, o capítulo foi dividido em subcapítulos e tópicos, que estão alinhados aos objetivos salientados no **capítulo 2** deste trabalho.

Sendo assim, o primeiro subcapítulo remete a identificação das ondas de calor na série histórica (1993-2022), que ocorreu por meio do uso da técnica de percentil. Ao considerar os valores de percentis estabelecidos (90°, 95° e 97,5°), optou-se por subdividir em tópicos e examinar cada percentil de forma individual, com vista a facilitar o processo analítico. Posteriormente, se foi acrescido um tópico de avaliação geral a partir dos resultados encontrados.

Já o segundo subcapítulo aborda os dados obtidos pelo cálculo de WBGT, com objetivo de detalhar a exposição ao calor estimada pelo índice no período definido para essa etapa. O terceiro visa evidenciar as percepções do grupo de trabalhadores rurais estudados acerca dos impactos sentidos na saúde e produtividade, bem como expor a análise dos resultados que foram quantificados a partir das respostas dadas nas entrevistas durante a etapa de campo.

Por fim, cabe ressaltar que ao longo dos subcapítulos foi feita uma discussão acerca de estratégias que podem ser viabilizadas para mitigar os problemas relacionados ao calor excessivo nas populações mais expostas, com intuito de promover o cuidado às condições expressas nos resultados que serão demonstrados ao longo desse capítulo.

### 5.1 OCORRÊNCIA DE ONDAS DE CALOR EM CAMPO BOM/RS

#### 5.1.1 Percentil 90°

Primeiramente, a etapa inicial consistiu em uma análise dos valores que extrapolaram o percentil 90° da série histórica (1993-2022), o que possibilitou identificar as ondas de calor ocorridas nos últimos 30 anos no município de

Campo Bom/RS. Como resultado, foi possível encontrar um total de 32 ondas de calor para o período informado, cujas características estão dispostas no **Quadro 2**:

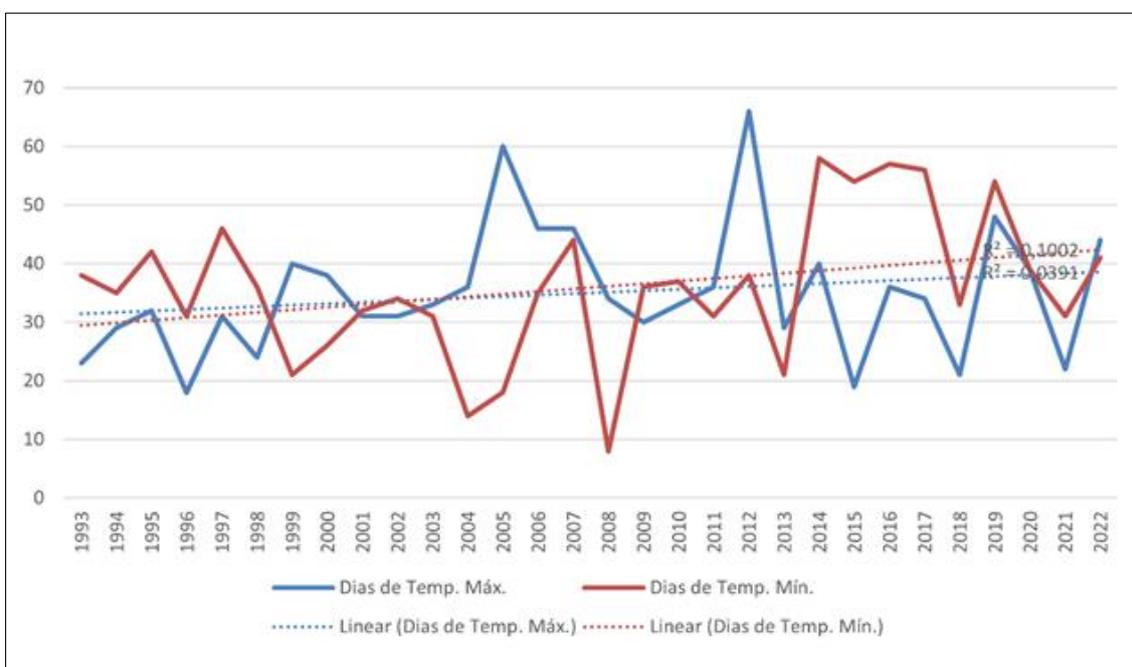
<b>Quadro 2 - Ocorrência de ondas de calor no município de Campo Bom/RS, identificadas a partir dos valores que excederam o percentil 90° da série histórica (1993-2022).</b>				
<b>Ano</b>	<b>Mês</b>	<b>Duração (dias)</b>	<b>Temp. Máxima mais elevada (°C)</b>	<b>Temp. Mínima mais elevada (°C)</b>
1994	Dezembro	3	40°C	23,4°C
1995	Novembro	4	39,2°C	21,9°C
1998	Março	5	37,8°C	23,5°C
1999	Janeiro	3	37°C	22,4°C
2002	Março	4	39,4°C	23°C
2002	Março	3	38,6°C	24,1°C
2003	Fevereiro	5	38,7°C	23,3°C
2003	Fevereiro	3	38,3°C	22,4°C
2006	Janeiro	6	41,5°C	26,1°C
2006	Dezembro	3	40,8°C	22,1°C
2007	Janeiro	3	37,6°C	24,5°C
2010	Fevereiro	7	39,8°C	25,8°C
2010	Fevereiro	3	36,7°C	22,8°C
2011	Janeiro	4	37,4°C	22,6°C
2012	Fevereiro	4	39,1°C	22,9°C
2012	Fevereiro	7	40,4°C	23°C
2012	Dezembro	3	38,3°C	25,6°C
2013	Dezembro	4	40,9°C	23,9°C
2014	Janeiro	3	38,9°C	26,2°C
2014	Janeiro	5	39,6°C	23,8°C
2014	Fevereiro	6	41°C	25,3°C
2014	Fevereiro	4	40,4°C	24,8°C
2015	Janeiro	3	36,8°C	23°C
2015	Janeiro	3	35,9°C	22,3°C
2016	Fevereiro	4	37,4°C	23,8°C
2017	Fevereiro	6	37,9°C	23,5°C
2019	Janeiro	5	39,3°C	24,4°C
2019	Dezembro	4	41°C	23,6°C
2020	Fevereiro	4	39°C	23,6°C
2022	Janeiro	3	41°C	23,6°C
2022	Janeiro	8	40,5°C	25,5°C
2022	Fevereiro	3	39°C	22°C

Fonte: Elaboração Própria.

A partir do **Quadro 2** é possível verificar que os principais meses para ocorrência dos fenômenos foram fevereiro e janeiro, com 12 e 11 ondas de calor identificadas, respectivamente. Já no que tange aos anos, a maior quantidade foi em 2014, com um total de 04 eventos, seguido pelos anos de 2022 e 2012, ambos com 03. A onda de calor mais duradoura foi registrada em janeiro de 2022, com um total de 08 dias consecutivos, sendo 40,5°C a temperatura máxima e 25,5°C a mínima, entre as mais elevadas que foram observadas durante esses dias. De forma geral, ao se considerar todos os eventos listados no quadro acima, a temperatura máxima mais elevada ocorreu em meio a uma onda de calor no mês de janeiro do ano de 2006, tendo atingido um total de 41,5°C. Já a temperatura mínima mais elevada ocorreu no ano de 2014, também no mês de janeiro, com um total de 26,2°C registrado.

Outra análise obtida a partir série histórica teve como base o total de dias em que as temperaturas máxima e mínima diárias excederam o limite estabelecido de percentil 90°. Os resultados constam expressos na **Figura 5**:

**Figura 5 – Quantidade de dias por ano com temperaturas que excederam o percentil 90° da série histórica (1993-2022).**



Fonte: Elaboração própria.

Nesse caso, utilizou-se uma regressão linear simples para testar se a passagem do tempo em anos previu significativamente a quantidade de dias com temperaturas máxima e mínima superiores ao percentil 90°. A regressão geral não foi estatisticamente significativa para as temperaturas máxima e mínima, com  $R^2 = 0,039$ ,  $F(1, 28) = 1,14$ ,  $p = 0,295$  e  $R^2 = 0,100$ ,  $F(1, 28) = 3,12$ ,  $p = 0,08$ , respectivamente, o que indicou pouca previsibilidade para uma tendência futura.

#### 5.1.2 Percentil 95°

O segundo tópico de análise compreende a avaliação das ondas de calor identificadas a partir dos valores que ultrapassaram o percentil 95° da série histórica. Ao todo, foram encontradas 08 ondas com esse parâmetro, como mostra o **Quadro 3**:

<b>Quadro 3 - Ocorrência de ondas de calor no município de Campo Bom/RS, identificadas a partir dos valores que excederam o percentil 95° da série histórica (1993-2022).</b>				
<b>Ano</b>	<b>Mês</b>	<b>Duração (dias)</b>	<b>Temp. Máxima mais elevada (°C)</b>	<b>Temp. Mínima mais elevada (°C)</b>
2010	Fevereiro	6	39,8°C	25,8°C
2012	Fevereiro	3	39,1°C	23°C
2014	Janeiro	5	39,6°C	23,8°C
2014	Fevereiro	5	41°C	25,3°C
2019	Janeiro	5	39,3°C	24,4°C
2019	Dezembro	3	41°C	22,6°C
2022	Janeiro	3	41°C	23,6°C
2022	Janeiro	8	40,5°C	25,5°C

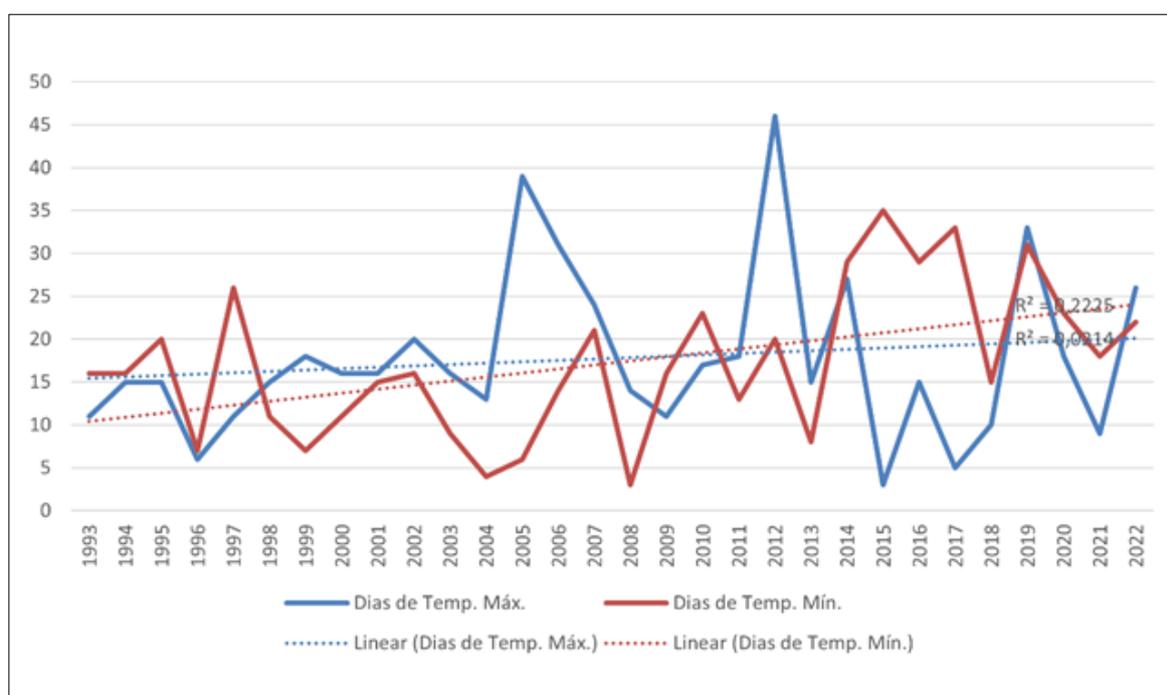
Fonte: Elaboração própria.

É possível observar que, desta vez, o mês de maior ocorrência foi janeiro, com um total de 04 eventos, seguido por fevereiro e dezembro que registraram 03 e 01, respectivamente. Para esse percentil, os anos de 2014, 2019 e 2022 foram os que tiveram mais registros, ambos com 02. Destaca-se o ano de 2022 por manter a mesma onda de calor que teve duração de 08 dias no percentil 90°, mesmo quando os valores foram ajustados para um percentil

maior. Nesse caso, os valores das temperaturas mais elevados seguem os mesmos que foram descritos no tópico anterior.

Em relação à análise do total de dias por ano que excederam o percentil 95°, podem-se observar os resultados obtidos no gráfico abaixo, através da **Figura 6**:

**Figura 6 – Quantidade de dias por ano com temperaturas que excederam o percentil 95° da série histórica (1993-2022).**



Fonte: Elaboração própria.

Desta vez, o modelo de regressão linear simples se mostrou estatisticamente significativo para as temperaturas mínimas  $R^2 = 0,222$ ,  $F(1, 28) = 8,01$ ,  $p = 0,009$ , mas não para temperaturas máximas  $R^2 = 0,021$ ,  $F(1, 28) = 0,61$ ,  $p = 0,440$ . Verificou-se que a passagem do tempo previu significativamente dias com temperaturas mínimas superiores ao percentil 95° ( $B = 0,468$ ,  $p = 0,009$ ), o que indicou um tempo estimado de aproximadamente 02 anos para que ocorra o aumento de 01 dia com temperatura mínima acima do percentil 95° em valores totais por ano.

### 5.1.3 Percentil 97,5°

O último parâmetro ajustado foi o percentil 97,5° da série histórica, em que constam somente as ondas de calor mais intensas encontradas no período estudado. Nesse caso, somente se mantiveram 04 ondas de calor, conforme pode ser visto no **Quadro 4**:

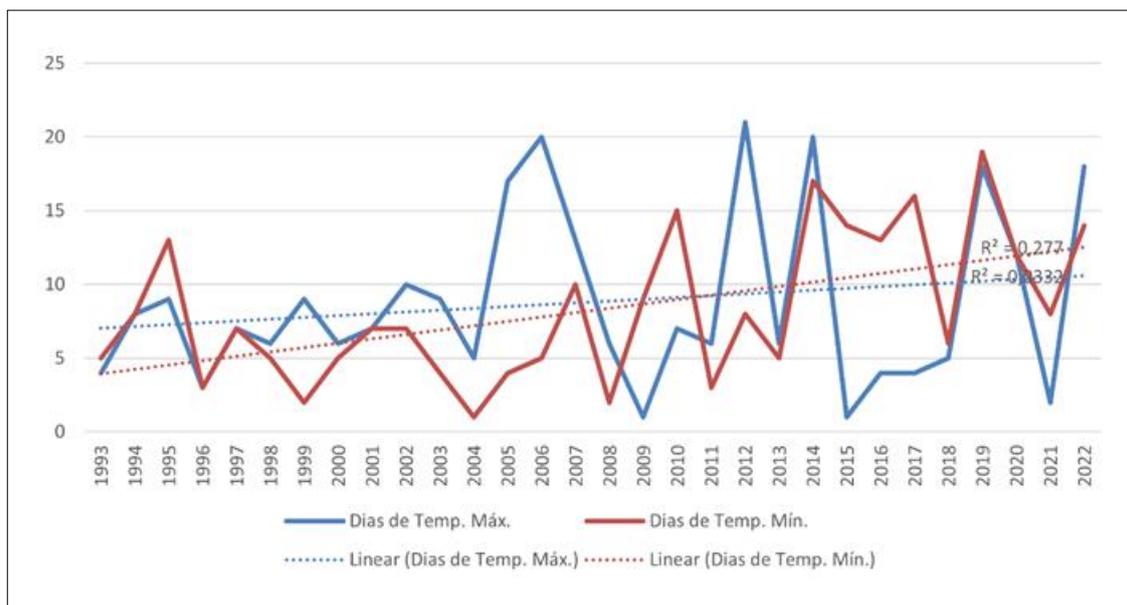
<b>Quadro 4 - Ocorrência de ondas de calor no município de Campo Bom/RS, identificadas a partir dos valores que excederam o percentil 97,5° da série histórica (1993-2022).</b>				
<b>Ano</b>	<b>Mês</b>	<b>Duração (dias)</b>	<b>Temp. Máxima mais elevada (°C)</b>	<b>Temp. Mínima mais elevada (°C)</b>
2010	Fevereiro	3	39,8°C	25,8°C
2014	Fevereiro	5	41°C	25,3°C
2019	Janeiro	4	39,3°C	24,4°C
2022	Janeiro	3	40,5°C	25,5°C

Fonte: Elaboração própria.

Os meses de ocorrência foram janeiro e fevereiro, ambos com 02 registros. Não houve nenhum ano que acumulou mais de uma onda de calor nesse percentil. O evento mais duradouro teve 05 dias consecutivos, tendo ocorrido em fevereiro de 2014. A temperatura mais alta registrada nesse período foi de 41°C, enquanto a mínima mais elevada foi de 25,3°C.

Também foram computados os dias por ano que extrapolaram o percentil 97,5°, como se pode consultar abaixo na **Figura 7**:

**Figura 7 – Quantidade de dias por ano com temperaturas que excederam o percentil 97,5º da série histórica (1993-2022).**



Fonte: Elaboração própria.

Assim como a análise anterior, o modelo de regressão geral foi estatisticamente significativo para as temperaturas mínimas  $R^2 = 0,277$ ,  $F(1, 28) = 10,7$ ,  $p = 0,003$ , e não significativo para as temperaturas máximas  $R^2 = 0,033$ ,  $f(1, 28) = 0,96$ ,  $p = 0,336$ . Desta forma, observou-se que a passagem do tempo previu dias com temperaturas mínimas excedendo o percentil 97,5º ( $b = 0,296$ ,  $p = 0,003$ ), sendo necessário um total de aproximadamente 03 anos e 04 meses para que haja o acréscimo de 01 dia por ano com temperaturas mínimas acima do percentil estabelecido.

#### 5.1.4 Avaliação geral

A partir das ondas de calor identificadas nos percentis propostos, objetivou-se averiguar se a passagem do tempo esteve associada ao número de ocorrências do fenômeno. Desta forma, examinaram-se os dados para testar se a variável dependente seguia uma distribuição de Poisson. Para isso foi utilizado o teste de Kolmogorov-Smirnov de uma amostra, que indicou haver uma distribuição de Poisson no percentil 90º (Kolmogorov-smirnov  $z = 0,123$ ,  $P = 1.000$ ) e no percentil 95º (Kolmogorov-smirnov  $z = .384$ ,  $p = 0,998$ ). Também se verificou a média de dados e a variação que foram 1,06 e 1,16,

respectivamente, no percentil 90<sup>o</sup>, indicando nenhuma preocupação com a superdispersão ou subdispersão, e média = 0,266 e variância = 0,409 no percentil 95<sup>o</sup>, com um qui-quadrado de Pearson = 0,812, indicando algum nível de subdispersão.

Finalmente, as duas regressões de Poisson foram executadas para prever o número de ondas de calor no percentil 90<sup>o</sup> e 95<sup>o</sup> com base na passagem do tempo nos últimos 30 anos. Nossos resultados mostraram que, para um aumento de unidade no ano, tivemos 1,043 vezes (95% C.I, 1.000 a 1,087) mais ondas de calor no percentil 90<sup>o</sup> ( $p = 0,048$ ) e 1,174 vezes (95% i.c, 1,037 a 1,329) no percentil 95<sup>o</sup> ( $p = 0,01$ ). Desta forma, ficou demonstrado estatisticamente que **o passar dos anos aumenta a probabilidade de mais incidências de ondas de calor, o que conseqüentemente elevará o número médio de ocorrências por ano**. Isso foi mais significativo para o percentil 95<sup>o</sup> (17,4%), em relação ao percentil 90<sup>o</sup> (4,3%), o que também expressa uma **tendência de intensificação dos fenômenos**.

Além disso, cabe salientar que não foi possível obter esse tipo de análise estatística para o percentil 97,5<sup>o</sup> por conta do baixo número de ondas de calor registradas. Entretanto, é possível verificar que todos os fenômenos identificados só aconteceram após o ano de 2010, na segunda metade da série histórica, o que também mostra uma expansão dos dias extremamente quentes nos últimos anos. Assim, todas as análises convergem para uma tendência clara de **aumento na quantidade e intensidade das ondas de calor para o futuro de Campo Bom/RS**, o que corrobora com estudos como de Perkins-Kirkpatrick e Lewis (2020), que apontam esses mesmos crescimentos para várias partes do mundo.

Outro ponto de convergência entre os dados gerados e a literatura, se trata do **aumento de dias mais quentes durante o período de verão**, como apontou o trabalho de Knutson & Ploshay (2016), que no mundo inteiro os verões tem ficado mais quentes desde o ano de 1973. Percebe-se que as **ondas de calor identificadas ficaram concentradas nos meses de janeiro, fevereiro e dezembro**, sendo que as mais intensas ficaram marcadas

principalmente nos dois primeiros, inclusive a que teve a maior duração, com o total de 08 dias em janeiro de 2022.

Essa tendência também pode ser observada quando se visualiza um aumento médio no número de dias por ano que excederam os limites estabelecidos pelos percentis. Apesar de alguns modelos não terem se mostrado significativos estatisticamente, é possível visualizar através das linhas de tendência que para todos houve um **acréscimo de dias com temperaturas máxima e mínima acima dos parâmetros ao longo da série histórica**, mesmo a passagem do tempo não tendo sido o fator principal a explicar isso em alguns casos. Acredita-se que esses resultados não significativos se devem ao baixo tamanho amostral relativo à variação dos dados, visto que as demais análises revelaram uma tendência de expansão nos dias com temperaturas mais elevadas para o futuro, principalmente no período de verão.

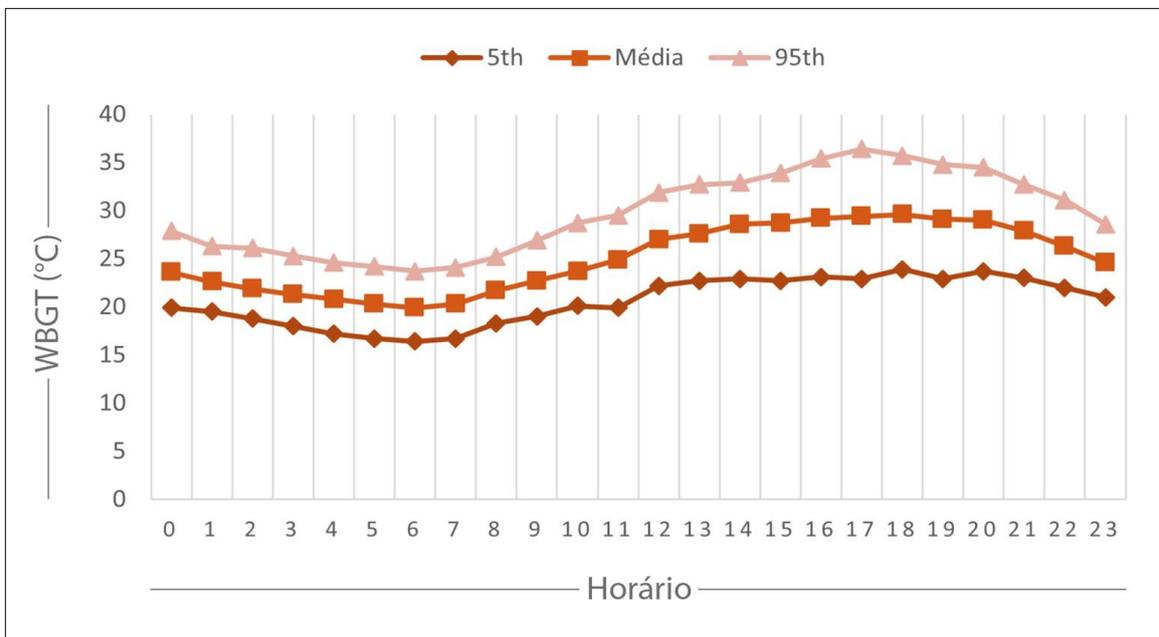
Por fim, nota-se que a **tendência de aumento do número e intensificação de eventos como ondas de calor**, apontadas por estudos como do IPCC (2018), **tem se mostrado coerente para o município de Campo Bom/RS**, tendo em vista que os verões ficaram, em média, mais quentes nos últimos 30 anos de analisados.

## 5.2 ESTIMATIVA GERAL DO ÍNDICE WBGT

A compreensão dos impactos do calor na saúde humana e na capacidade de trabalho são os objetivos dessa pesquisa. Sendo assim, utilizou-se o índice WBGT quantificar a exposição ao calor sofrida pela população de Campo Bom/RS nos dois meses mais quentes do ano de 2022 – janeiro e fevereiro.

A primeira análise obtida se trata de uma média do WBGT para cada horário do dia, onde também se buscou captar as médias por hora dos maiores e menores valores, através do cálculo de percentil 95° (95th) e percentil 5° (5th), respectivamente. Os resultados encontram-se expressos na **Figura 8**:

**Figura 8 – Valores médios de WBGT/hora entre janeiro e fevereiro de 2022 para o município de Campo Bom/RS.**



Fonte: Elaboração própria.

A **Figura 8** mostra alguns aspectos extremamente relevantes que devem ser destacados. Primeiramente, é possível verificar que a exposição ao calor foi mais intensa no período da tarde, com todos os valores da média entre 25°C e 30°C, que já são considerados acima do limite recomendado para trabalho contínuo em ambientes não aclimatados, também que deve haver momentos de intervalo recorrentes a cada hora de trabalho, que podem ser de 15 a 30 minutos por hora nessa faixa de valores do WBGT, de acordo com ACGIH (2013). Outro ponto que ganha destaque é o calor noturno, principalmente nas primeiras horas da noite, onde o índice se manteve tão elevado quanto no horário do meio-dia (12 horas), por volta dos 25°C. De acordo com Watts *et al.*, (2020), as temperaturas noturnas elevadas afetam diretamente a saúde e produtividade, visto que dificultam a revitalização fisiológica e, quando somadas a eventos de ondas de calor, podem ser extremamente danosas e colocar em risco a vida.

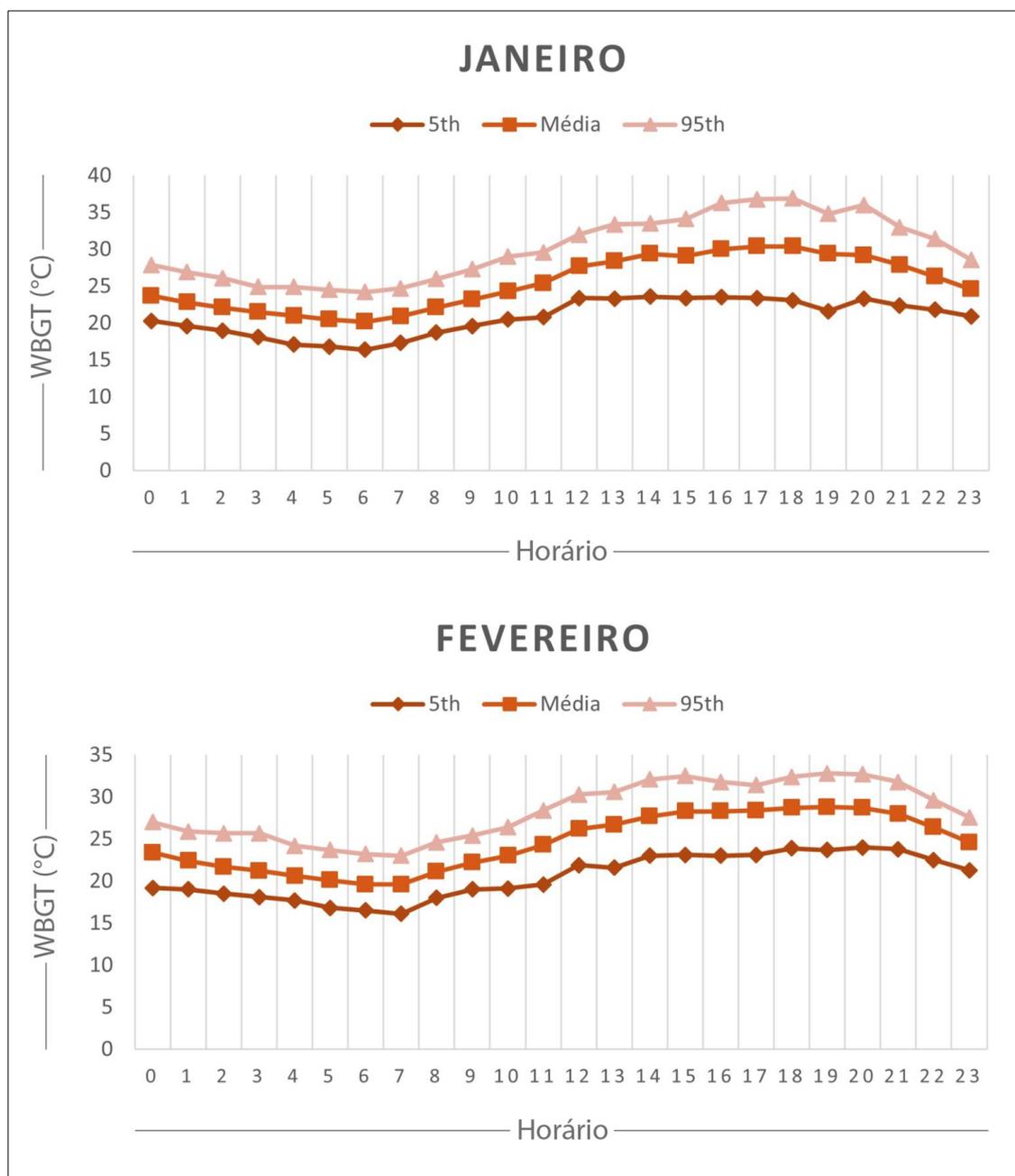
Ao observar as médias do WBGT percebe-se que o crescimento ininterrupto do índice teve início às 07 horas e durou até às 18 horas. Este último horário – 18 horas – foi o que concentrou os maiores valores ao longo

dos meses estudados. Quando analisadas somente as médias dos picos máximos do WBGT (95th), verificou-se que o horário com os valores mais expressivos foi às 17 horas, sendo que em média esses números ultrapassaram os 35°C. A ACGIH (2013) considera que para o WBGT acima de 32.2°C o regime de trabalho contínuo não deve exceder 15 minutos por hora, tanto para um nível de esforço leve quanto exaustivo, visto que existem riscos diretos à saúde dos trabalhadores. Sobre isso, diversos trabalhos como de Floss e Barros (2020) salientam que ao perceber sintomas de estresse térmico, que pode se manifestar de forma leve, como por exemplo, uma sensação de mal-estar, o trabalho deve ser imediatamente interrompido e o indivíduo procurar abrigo em uma área mais fria, onde possa remover os excessos de roupa e se hidratar corretamente. Para qualquer evolução do quadro clínico é recomendada a busca imediata do serviço de saúde mais próximo.

Todos os menores valores, em todas as análises (5th, média e 95th), ocorreram às 06 horas da manhã. Ao avaliar o período da manhã, se percebe que o WBGT médio esteve entre 20°C e 25°C, faixa da escala em que não há restrição em relação ao tempo de trabalho, o que torna o **início da manhã o melhor horário para realização de trabalhos contínuos**. Entretanto, quando considerados os valores máximos (95th), alguns dias excederam os 25°C pela manhã, principalmente próximo às 12 horas, o que demanda certo tempo de descanso a cada hora trabalhada (ACGIH, 2013).

Esse mesmo tipo de análise foi feito considerando os dois meses de forma separada, com intuito de aferir com mais precisão as estimativas obtidas nas médias gerais. Esses resultados podem ser observados na **Figura 9**:

**Figura 9 – Valores médios mensais de WBGT/hora para janeiro e fevereiro de 2022 no município de Campo Bom/RS.**



Fonte: Elaboração própria.

Ao comparar os gráficos da **Figura 9** verifica-se que para ambos os meses o comportamento do gráfico foi similar, marcados por manhãs de calor mais amenas, tardes com aumento substanciais e a primeira metade da noite ainda quente, com decaimento constante até o início da manhã. Fica evidente que no **mês de janeiro o calor foi mais intenso**, chegando a atingir valores

máximos (95th) acima de 35°C em quatro horários distintos – 16, 17, 18 e 20 horas –, enquanto no mês de fevereiro os valores mais altos estiveram sempre abaixo disso.

Outra forma de verificar isso é analisando o WBGT médio mensal, que considera todos os valores observados para cada dia e hora do respectivo mês. Com isso, observou-se que em janeiro a média geral do WBGT foi de 25,43°C, enquanto fevereiro ficou com 24,58°C, o que mostra que a exposição ao calor foi maior no primeiro mês. Esse fato também pode estar relacionado com a maior ocorrência de ondas de calor em janeiro, inclusive as mais intensas e duradouras de 2022.

O mesmo padrão também aparece quando se observam os maiores e menores valores do WBGT no período estudado, conforme mostra o **Quadro 5**:

Quadro 5 - Valores máximos e mínimos de WBGT horário calculados no período de janeiro e fevereiro de 2022, para o município de Campo Bom/RS.					
WBGT máximo (°C)			WBGT mínimo (°C)		
Data	Horário	Valor	Data	Horário	Valor
02/01/2022	16:00	39,5	15/02/2022	04:00	14,5
02/01/2022	17:00	40,2	15/02/2022	05:00	14,4
16/01/2022	18:00	39	15/02/2022	06:00	13,7
16/01/2022	19:00	38,9	15/02/2022	07:00	13,8
23/01/2022	14:00	39,2	15/02/2022	08:00	15,4

Fonte: Elaboração própria.

Os cinco maiores valores foram registrados no mês de janeiro, sendo que o pico máximo foi de 40,2°C. Todos os demais registros apontados no WBGT máximo estiveram muito próximos disso. Já os menores valores ficaram centrados em fevereiro, ao longo de um mesmo dia, o que reduz o espectro de análise do fenômeno. Entretanto, com base no que foi descrito anteriormente, fica evidente que **trabalhar nessas condições de calor extremo é adverso à saúde, mesmo quando o esforço físico for considerado leve**, pois eleva potencialmente os riscos de estresse térmico e insolação (ACGIH, 2013); (FLOSS; BARROS, 2020).

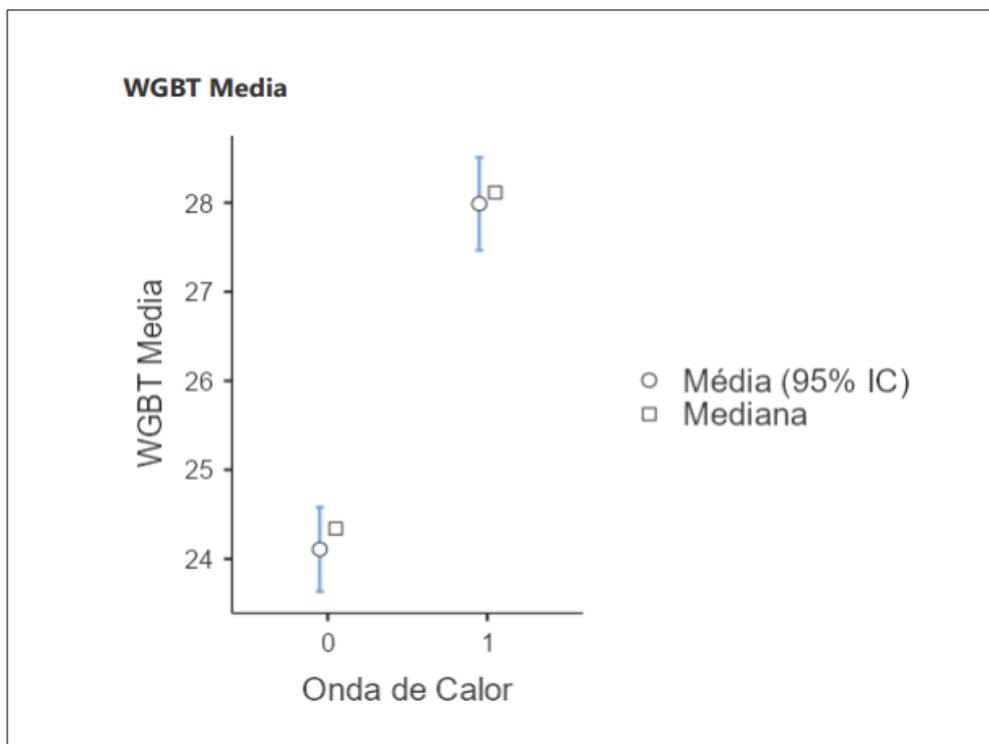
Por fim, vale ressaltar que todos os possíveis efeitos maléficos à saúde e produtividade que foram destacados estão mais propensos a serem sentidos pelos **trabalhadores rurais que não tem acesso a sistemas de aclimação em sua residência ou trabalho**, o que aumenta a exposição ao calor excessivo e os tornam mais vulneráveis em relação aos demais que possuem acesso. Isso pode agravar as condições de pobreza e desigualdade social, principalmente em países de média e baixa renda, como no caso do Brasil, visto que existe um maior contingente populacional que se encontra em situação de vulnerabilidade social, conforme descrito em Flouris *et al.*, (2018) e Kjellstrom, Holmer e Lemke (2009).

#### 5.2.1 WBGT e ondas de calor

Nessa etapa, buscou-se avaliar a relação entre os resultados do índice WBGT e a técnica de percentil utilizada para identificar as ondas de calor. Porém, nesse caso só foi possível testar o percentil 90° da série histórica, visto que os demais não tiveram um número suficiente, estatisticamente, de eventos diagnosticados.

Para alinhar as duas variáveis de comparação utilizaram-se o WBGT médio diário e números binários de 1 e 0 para definir dias com e sem onda de calor, respectivamente. Após isso, foi aplicada a correlação de Spearman para testar a associação entre as duas variáveis. Nossos resultados mostraram que os escores do WBGT médio diário e os dias com ondas de calor foram altamente correlacionados com o Rho de Spearman = 0,72 e  $p=0,001$ . Em seguida, o teste t de Welch foi realizado para comparar as diferenças nos valores do WBGT em dias com e dias sem ondas de calor. A **Figura 10** mostra os resultados dessas pontuações:

**Figura 10 – Variação do WBGT médio diário em dias com (1) e sem (0) a ocorrência de ondas de calor.**



Fonte: Elaboração Própria.

Houve uma diferença significativa nas pontuações médias do WBGT em dias com ondas de calor ( $M = 28,0$ ,  $DP = 0,99$ ) e sem elas ( $M = 24,1$ ,  $DP = 1,62$ ) com  $t(57) = -10,79$ ,  $p = .001$ , tendo o maior tamanho de efeito ( $D$  de Cohen =  $-2,88$ ). Esse teste revela que as metodologias utilizadas para avaliação do calor em Campo Bom/RS tiveram uma alta compatibilidade – Percentil 90° e WBGT –, ou seja, de fato **os dias em meio às ondas de calor foram os que apresentaram o maior desconforto térmico e possivelmente tiveram um maior impacto sobre a saúde e produtividade dos trabalhadores.**

Em uma sequência futura da avaliação do calor extremo no RS, é possível estabelecer um parâmetro que inclua dados referentes à mortalidade para todo o estado, conforme feito no município de São Paulo por De Moraes, Almendra e Barrozo (2022), que buscaram compreender a associação entre mortalidade e ondas de calor para definir um limiar de percentil que estivesse ligado ao maior risco de óbito. No caso desse trabalho, os percentis 95° e 97,5°

da série histórica, com duração de 03 a 04 dias do fenômeno, foram os que mais apresentaram relação com o aumento da taxa de mortalidade. Caso isso seja feito oportunizará detalhar os níveis de exposição ao calor, com diretrizes eficientes para os grupos da população, o que pode proporcionar um avanço muito significativo na adaptação contra eventos de calor extremo em âmbito regional.

### 5.3 ENTREVISTAS E APLICAÇÃO DOS FORMULÁRIOS DE PESQUISA

Nessa etapa do estudo foram realizadas entrevistas com um grupo de trabalhadores rurais de Campo Bom/RS, com intuito de coletar respostas a partir do formulário estruturado que foi adaptado para essa pesquisa – disponível no **APÊNDICE A**. O objetivo central do instrumento utilizado foi compreender como os trabalhadores percebem/sentem os efeitos do calor em sua saúde e capacidade de trabalhar. Todavia, algumas perguntas abertas permitiram que os entrevistados explanassem mais sobre a relação entre trabalho, calor e experiências com as mudanças climáticas.

Sobre o perfil dos participantes, a pesquisa contou com 43 entrevistados, sendo 32 pessoas do sexo masculino e 11 do feminino, a maioria se enquadram como produtores rurais pertencentes à agricultura familiar. A média de idade foi de 51,39 anos, com desvio padrão de 13,84. De forma geral, o trabalho rural no município é feito majoritariamente por pessoas que se declaram brancas e do sexo masculino, conforme informado previamente no subcapítulo 2.1, o que torna inviável uma análise quantitativa por etnia e gênero. A seguir serão detalhados e discutidos os resultados obtidos nessa etapa.

#### 5.3.1 Análise da percepção dos trabalhadores rurais

A primeira análise apresenta um panorama de respostas das principais questões de múltipla escolha do formulário. Com intuito de facilitar a observação dos dados coletados gerou-se a **Tabela 5**, como é possível verificar abaixo:

**Tabela 5 - Percepção dos trabalhadores rurais de Campo Bom/RS sobre a exposição ao calor.**

<b>Variável</b>	<b>Valor</b>
<b>Nível de esforço, n (%)</b>	
Leve	3 (6,97%)
Moderado	17 (39,53%)
Cansativo	20 (46,51%)
Exaustivo	3 (6,97%)
<b>Tempo de Trabalho, n (%)</b>	
0 a 4 horas	1 (2,32%)
4 a 6 horas	10 (23,25%)
6 a 8 horas	11 (25,58%)
>8 horas	21 (48,83%)
<b>Tempo de Trabalho sob o sol, n (%)</b>	
0 a 4 horas	13 (30,23%)
4 a 6 horas	17 (39,53%)
6 a 8 horas	7 (16,27%)
>8 horas	6 (13,95%)
<b>Estresse térmico no trabalho, n (%)</b>	
Sim	18 (41,86%)
Não	25 (58,13%)
<b>Buscou assistência médica, n (%)</b>	
Sim	7 (16,27%)
Não	36 (83,72%)
<b>Perda de produtividade no trabalho, n (%)</b>	
Sim	41 (95,34%)
Não	2 (4,65%)
<b>Redução de renda, n (%)</b>	
Sim	13 (30,23%)
Não	30 (69,76%)
<b>Planejamento para ondas de calor, n (%)</b>	
Sim	21 (48,83%)
Não	22 (51,16%)
<b>Aumento da exposição ao calor, n (%)</b>	
Sim	41 (95,34%)
Não	2 (4,65%)

Fonte: Elaboração própria.

A partir dos resultados na **Tabela 5**, ganha destaque **a perda de produtividade no trabalho**, que foi sentida por 41 trabalhadores (95,34%). Esse efeito do calor é amplamente conhecido no mundo e tende a aumentar ainda mais nos próximos anos por conta das mudanças climáticas e intensificação das ondas de calor (IPCC, 2018); (PERKINS-KIRKPATRICK e LEWIS, 2020).

O estudo de Andrews *et al.*, (2018) prevê que até 2090-99 os valores de WBGT podem subir em cerca de 3°C para exposição direta ao sol em diversas regiões subtropicais do planeta, o que impulsionaria ainda mais esses impactos no sul do Brasil. Outro ponto importante é que 13 trabalhadores (30,23%) relataram sofrer **diminuição da renda por conta do calor**. Esse número também deve se expandir com o passar dos anos e agravar condições de pobreza, desigualdade social e até o risco de morte, por conta da necessidade de manter o trabalho para subsistência (ANDREWS *et al.*, 2018); (FLOURIS *et al.*, 2018); (KJELLSTROM, HOLMER e LEMKE, 2009).

Observa-se também que 18 pessoas (41,86%) relataram terem sentido **sintomas de estresse térmico**, entretanto, somente 07 (16,27%) buscaram assistência médica por esses motivos, o que demonstra uma necessidade de aprofundar os conhecimentos sobre os impactos do calor na saúde. Entre essas pessoas que foram ao serviço de saúde, os diagnósticos recebidos foram de desidratação (2), câncer de pele (2), arritmia cardíaca (1), hipertensão arterial (1) e insolação (1). Já entre os sintomas observados por aqueles que afirmaram terem sido afetados pelo estresse térmico estão o cansaço excessivo, mal-estar, tontura, cefaleia, falta de apetite, câimbras, dores no corpo, insônia, falta de ar, sudorese excessiva e desmaio. De forma geral, todos os problemas de saúde listados acima podem ser associados à exposição prolongada ao calor (WATTS *et al.*, 2018); (WATTS *et al.*, 2019); (WATTS *et al.*, 2020).

No que tange o tipo de trabalho, destaca-se que a maioria classificou o nível de **esforço requerido como “cansativo”**, um total de 20 trabalhadores (46,51%), outros 17 (39,53%) incluíram-se como “moderado”. Isso pode estar relacionado com o fato de que 21 trabalhadores (48,83%) declararam **trabalhar**

**mais de 08 horas diárias.** O estudo de Flouris *et al.*, (2018) mostra que trabalhos intensos com WBGT >22°C e trabalhos moderados e leves com WBGT >25°C é um desencadeador de tensão ocupacional por calor, problema que está ligado à desidratação – e outros problemas de saúde –, sendo que trabalhar um único turno nessas condições pode elevar em média 14,5% a gravidade específica da urina. Em sua discussão final, ainda é acrescido que 15% dos trabalhadores que mantinham mais de 06 horas de trabalho por dia, com os valores de WBGT mencionadas acima, apresentavam quadros de doença renal ou lesão renal aguda. Assim, fica evidente que há uma **necessidade de adaptação da população de Campo Bom/RS quanto ao trabalho em condições quentes, com vistas a mitigar o impacto do calor**, considerando que para o período de verão o WBGT se mantém, em média, acima de 25°C no turno da tarde.

Um questionamento que foi feito aos entrevistados diz respeito ao planejamento com antecedência para enfrentar períodos de ondas de calor. No total, 21 trabalhadores (48,83%) afirmaram se planejar e 22 (51,16%) não planejam seu comportamento. Entre as estratégias mais utilizadas para adaptar-se ao calor estão: dias de trabalhos mais longos (com objetivo de não trabalhar nos horários mais quentes); começar mais cedo; divisão de turnos; mais tempo sob a sombra; reidratação ativa e; enxágua do corpo. Outras formas como utilização de equipamentos de ventilação/resfriamento são muito pouco usadas nos espaços de trabalho, intervalos regulares também não aparecem como uma realidade para muitos trabalhadores e aumentar a equipe para melhor distribuir o trabalho por pessoa não é comum. Cabe ressaltar que a ACGIH (2013) recomenda como estratégia central os intervalos regulares quando o WBGT ultrapassa os 25°C, podendo variar de 15 a 45 minutos a cada hora. Outro fator essencial que pode dissipar ou reter o calor interno é a vestimenta, entretanto, os trabalhadores manifestaram sempre utilizar roupas leves, com boa transpiração.

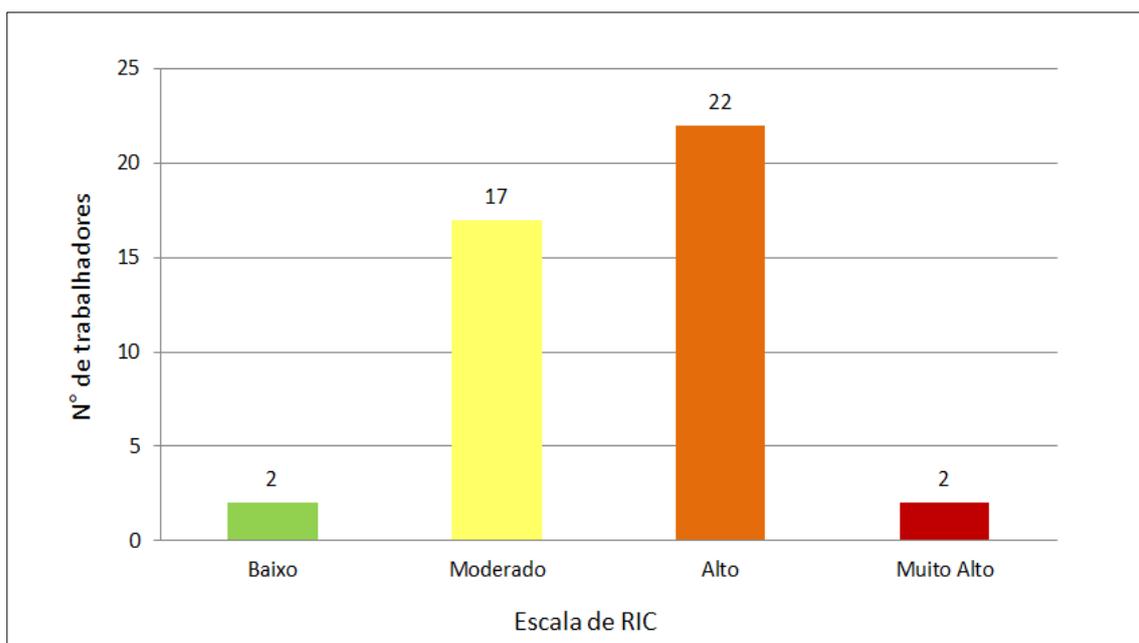
Por fim, foi investigada a experiência dos entrevistados com as mudanças climáticas. Questionou-se como percebiam a exposição ao calor nos últimos 20-30 anos, ao comparar com o presente. O resultado foi claro: 41 trabalhadores (95,34%) indicaram que percebem uma **maior exposição ao**

**calor nos últimos anos.** Essa percepção corrobora achados de diversos estudos, como de Vicedo-Cabrera *et al.*, (2021), que investigou a taxa adicional de mortalidade por calor no mundo diretamente causadas pelo aumento das temperaturas globais (+1°C em média), tendo como resultado um acréscimo de 37% (variação de 20,5% a 76,3% por continente) nas mortes totais, o que corresponde a dezenas e centenas de óbitos a mais por ano. Isso torna mais evidente a necessidade de produzir **novos estudos que considerem a relação calor-mortalidade para o RS.**

### 5.3.2 Classificação do Risco de Impacto pelo Calor (RIC)

Com objetivo de quantificar a exposição ao calor, a partir da percepção dos entrevistados, elaborou-se a classificação de Risco de Impacto pelo Calor (RIC), que levou em consideração um conjunto de valores atribuíveis para cada resposta de múltipla escolha do formulário aplicado. A interpretação de RIC varia de acordo com a pontuação final obtida nos formulários e está subdividida em escalas, que servem para mensuram o risco de cada indivíduo, são elas: baixo; moderado; alto e; muito alto. Os resultados gerais dessa classificação podem ser consultados na **Figura 11**:

**Figura 11 – Classificação final de RIC para os trabalhadores rurais entrevistados em Campo Bom/RS.**



Fonte: Elaboração própria.

A **Figura 11** mostra que **muitos trabalhadores rurais de Campo Bom/RS se encontram suscetíveis à exposição ao calor ocupacional**. A escala de RIC denominada como “alto” foi a que mais concentrou indivíduos (22 no total), o que indica uma maior vulnerabilidade, visto que nessa faixa são recorrentes as manifestações de estresse térmico e perda de produtividade no trabalho. Já na escala definida como “moderado”, que foi a segunda mais incidente (17 pessoas), extrai-se a informação de que a suscetibilidade aumenta em meio a eventos como ondas de calor, o que pode ocasionar prejuízos na saúde e capacidade de trabalhar dos indivíduos, caso estes não busquem os cuidados necessários para enfrentar os impactos dos fenômenos.

De forma geral, os resultados expressos estiveram em consonância com os dados de WBGT apresentados, visto que os valores gerados na análise mostram que em vários momentos do dia poderia haver uma exposição mais excessiva ao calor, sendo necessária a tomada de **ações para mitigação dos impactos na saúde e capacidade de trabalhar**. Destaca-se que somente 02 pessoas se enquadraram no RIC “baixo”, o que revela uma necessidade de qualificar o acesso e a disponibilização de informações para a conscientização dos trabalhadores mais afetados, com vistas a promover a saúde por meio do cuidado a eles, em Campo Bom/RS.

### 5.3.3 Análise estatística

Foi realizada uma regressão logística para testar a influência das variáveis selecionadas – tempo de trabalho, horas de trabalho sob o sol, níveis de esforço físico e idade – no acometimento de trabalhadores rurais por estresse térmico. Não houve preocupação com relação à multicolinearidade com tolerância, entre 0,68 e 0,98, e VIF, entre 1,02 e 1,46, e não se manifestaram *outliers* na amostra.

O modelo de regressão logística foi estatisticamente significativo,  $X^2(4, N = 43) = 17,6, p = 0,002$ , o que explicou 45,1% (Nagelkerke  $R^2$ ) da variância no estresse térmico e classificou corretamente 83,7% dos casos. Sendo assim, os participantes que relataram passar mais tempo trabalhando sob o sol tiveram três vezes mais chances de relatar estresse por calor (OR=3,12, IC 95% [1,25, 7,78]) e os que relataram maior esforço físico tiveram seis vezes

mais chances de relatar estresse por calor (OR=6,07, IC 95% [1,60, 23,0]). A idade e o tempo de trabalho não foram associados com o aumento da probabilidade de sofrer estresse térmico. Para melhor interpretação se pode consultar a **Tabela 6**:

**Tabela 6 – Regressão Logística e estudo das variáveis do formulário de pesquisa aplicado com trabalhadores rurais de Campo Bom/RS.**

<b>Preditor</b>	<b>Estimativa</b>	<b>SE</b>	<b>P</b>	<b>OR (95% IC)</b>
Exposição ao Sol	1.13	.465	.014	3.12 (1.24 – 7.78)
Exercício Físico	1.80	.679	.008	6.07 (1.60 – 23.0)
Tempo de Trabalho	-.877	.492	.075	0.41(0.15 – 1.09)
Idade	-.013	.028	.642	0.98 (0.93 – 1.04)

*Nota.* IC = Intervalo de Confiança.

Fonte: Elaboração própria.

Os resultados obtidos nessa análise convergem com os achados de Venugopal *et al.*, (2016) na Índia. Ambos os estudos sugerem que **o nível de esforço físico aplicado no trabalho** é o principal fator para o desencadeamento de problemas de saúde relacionados ao calor ocupacional, principalmente o estresse térmico. No que tange à **redução da produtividade**, esse fator também foi o mais significativo. Sobre a exposição solar, foi demonstrado que em áreas externas os níveis de calor experimentados pelos trabalhadores foram maiores nos meses mais quentes do ano, outro ponto que está de acordo com os dados gerados em Campo Bom/RS.

Ao associar as informações já expressas ao longo da pesquisa, observa-se que uma mudança de comportamento quanto ao trabalho pode ser muito benéfica aos trabalhadores de Campo Bom/RS, como por exemplo, **trabalhar pelo turno da manhã em atividades mais pesadas**, pois são estes horários que o WBGT costuma ser menor. Também, **evitar trabalhos muito intensos no turno da tarde**, principalmente nos horários próximos às 18 horas, que é quando os valores de WBGT costumam se elevar.

Para finalizar esse tópico, vale ressaltar que foi realizada uma análise de correlação entre os fatores “altitude” e “pontuação final” do formulário, com

intuito de averiguar **se há distinção no calor sentido pelos trabalhadores em diferentes espaços geográficos do município**. Como resultado, obteve-se um qui-quadrado de Pearson = 0.118, que não demonstra relação entre as duas variáveis.

#### 5.3.4 Análise qualitativa da experiência com as mudanças climáticas

Esse tópico visa analisar qualitativamente as informações obtidas na “Parte 6” do formulário aplicado – disponível no **APÊNDICE A** –, que trata sobre a experiência dos trabalhadores rurais com as mudanças climáticas e demais informações que envolvam calor, saúde e trabalho.

Sendo assim, a primeira questão avaliada foram as possíveis alterações percebidas nos últimos anos, quando comparado há décadas anteriores (20-30 anos atrás). Para isso, utilizou-se da frequência de palavras para elaborar uma “nuvem de palavras”, conforme mostra a **Figura 12**:

**Figura 12 – Nuvem de palavras sobre a experiência com mudanças climáticas dos trabalhadores rurais de Campo Bom/RS.**



Fonte: Elaboração própria.

Nessa imagem estão registradas as **100 maiores frequências de palavras** usadas pelos entrevistados, considerando possíveis generalizações no discurso. Com objetivo de dimensionar as mais utilizadas também foi produzida uma “árvore de palavras” com as dez principais recorrências, como se pode ver no **Quadro 6**:

**Quadro 6 – Árvore de palavras sobre a experiência com mudanças climáticas dos trabalhadores rurais de Campo Bom/RS.**

calor	alteração	agrícola	produção
		temperaturas	solares
	maior		
perdas		sensibilidade	elevadas

Fonte: Elaboração própria.

Percebe-se que a palavra “**calor**” teve predominância nos discursos (9,15%), seguida por “perdas” (4,02%) e “alteração” (3,65%). “Outras palavras que remetem à intensidade dos fenômenos surgiram nessa listagem, como por exemplo, “**maior**” e “**elevadas**”, que juntas somam 5,81% da frequência.

Muitas pessoas declararam perceber um aumento do calor nos últimos anos, o que acarreta **perdas na produção agrícola**, também atrelado à problemática da seca no RS. Isso também se manifesta pela elevação das temperaturas, outra afirmativa recorrente nos discursos. A sensibilidade a queimaduras solares também teve destaque, inclusive sendo vinculada a idades mais avançadas. Essas percepções estão de acordo com os dados apresentados pelos principais estudos sobre calor e mudanças climáticas,



excessivo. Outro ponto muito ressaltado foi o **fenômeno da seca como responsável por muitas perdas na produção agrícola durante o verão**. Outra estação do ano que surgiu nas observações foi o inverno, muitas vezes mencionado como menos frio no tempo atual.

No **Quadro 7** é possível observar as dez palavras mais recorrentes nos discursos de observações/comentários dos trabalhos:

**Quadro 7 – Árvore de palavras sobre as observações gerais dos trabalhadores rurais de Campo Bom/RS sobre o tema de pesquisa.**

calor	quente	verão	produção
		temperaturas	senti
2022	seca	ano	inverno

Fonte: Elaboração própria.

Ao observar a “árvore de palavras” verifica-se que a palavra “**calor**” seguiu como a mais comentada pelos entrevistados (2,99%), seguida do ano “2022” (2,13%), “quente” (1,92%), “seca” (1,92%) e “verão” (1,92%). Como o esperado, as menções estiveram muito relacionadas à temática proposta, o que indica que os entrevistados tinham conhecimento sobre os assuntos abordados nas entrevistas.

Sobre as perdas mencionadas, vários trabalhadores ressaltaram **impactos negativos diretos a cardumes de peixes**, que somam muitas mortes por calor ao ano, e ao **gado bovino**, que apresenta redução na

produção de leite, adoecimento e morte por calor. Apenas um trabalhador comentou ter percebido a diminuição de colmeias de abelhas. Já na agricultura, destaca-se o **impacto negativo do calor sobre as hortaliças**, principalmente a alface e o repolho, nos **cereais**, como o milho, e nas **frutas**, onde foi salientado o melão, a laranja e a tangerina como mais vulnerável a sofrer no período de verão. Na **Figura 14**, podem-se observar as frutas queimadas pela exposição solar, na imagem obtida pelo autor desta pesquisa, durante uma das entrevistas realizadas em Campo Bom/RS:

**Figura 14 – Frutas que sofreram queimaduras solares em Campo Bom/RS.**



Fonte: Autoria própria, em 29/03/2022, Campo Bom/RS.

Portanto, destacam-se como os impactos negativos do calor podem exceder o acometimento à saúde humana e afetar, inclusive, os meios de produção pelos quais nos dedicamos e dependemos para sobreviver. Os trabalhos de Flouris *et al.*, (2018), Watts *et al.*, (2018), Watts *et al.*, (2019), Watts *et al.*, (2020), Andrews *et al.*, (2018), Kjellstrom, Holmer e Lemke (2009), entre outros, apresentam dados consistentes sobre os **prejuízos à economia relacionados à intensificação do calor**, que são diversos e afetam muitos dos seus setores produtivos. Portanto, é necessário expandir os estudos sobre

essa problemática no RS, buscando novas ênfases que visem, não somente a saúde humana, mas também a preservação da produção agrícola e o melhor manejo dos animais, a fim de reduzir seu sofrimento, proteger às plantações e garantir o abastecimento de alimentos para a população humana, o que também beneficiará os trabalhadores rurais envolvidos, direta e indiretamente.

## 6 CONCLUSÕES

As mudanças climáticas tem tornado as ondas de calor mais recorrentes e intensas em diversas partes do mundo. Junto a isso, pode-se afirmar que há um crescente impacto sobre os setores de saúde e economia. Os estudos mais recentes sobre a temática demonstram concisamente que os trabalhadores submetidos ao calor ocupacional sofrem prejuízos diretos, que inclui acometimentos, perda de produtividade no trabalho e de renda. Os efeitos maléficos do calor são sentidos, em maior grau, pelas populações dos países de média e baixa renda, onde muitos trabalhadores não dispõem de sistemas de aclimatação eficientes e, muitas vezes, tem que trabalhar sem descanso para manter a subsistência. Nesse caso, há um forte consenso que indica os trabalhadores rurais como o grupo populacional mais afetado por esse problema, pois estes executam suas atividades, majoritariamente, ao ar livre, com maior exposição solar, ou em estufas sem refrigeração adequada, o que eleva a temperatura interna dos espaços.

Tendo em vista esse cenário, o presente estudo teve como objetivo avaliar os possíveis impactos ocasionados pelas ondas de calor no RS, principalmente no que tange a saúde e produtividade dos trabalhadores rurais. Para isso, foi delimitado o município mais propenso a sofrer com o calor excessivo no estado, que coincidiu com Campo Bom. Com isso, buscou-se identificar as ondas de calor ocorridas no município entre 1993 e 2022 (últimos 30 anos), estimar a exposição em meio à ocorrência dos fenômenos, analisar os possíveis impactos do calor ocupacional, bem como sugerir medidas de mitigação para os problemas diagnosticados.

Em relação às ondas de calor, ficou demonstrado que há uma tendência de aumento do número médio anual de ocorrências para Campo Bom/RS, sobretudo quando avaliados os fenômenos de maior intensidade (percentil 95° e 97,5°). Além disso, também se identificou uma elevação do número médio de dias por ano com temperaturas superiores aos percentis estipulados. Isso revela que futuramente deverá haver uma expansão dos problemas relacionados à exposição ao calor no município, fato que evidencia a necessidade e a importância de promover estratégias de adaptação climática.

Sobre as estimativas de exposição ao calor, ficou evidente que os maiores valores de WBGT apareceram pelo turno da tarde, com ênfase no horário próximo às 18 horas. Sendo assim, constatou-se que os trabalhos que requerem maior esforço físico devem ser evitados, quando possível, nos horários de final da tarde, dando preferência pelo turno da manhã. Outro ponto que merece destaque são os altos valores de WBGT registrados entre janeiro e fevereiro de 2022, muito acima dos limites recomendados para o trabalho contínuo. Já os dias marcados pela ocorrência de ondas de calor estiveram entre os piores para o conforto térmico, segundo as estimativas do WBGT, o que confirma a importância de adotar estratégias para mitigar a exposição sofrida ao longo desses períodos.

Já na etapa de campo, acredita-se que o formulário misto forneceu uma interpretação adequada acerca da percepção dos trabalhadores rurais sobre o calor. Ficou evidente que a perda de produtividade no trabalho é o efeito mais sentido pelo público-alvo. Os problemas de saúde, como o estresse térmico, já são realidade de parte dos trabalhadores. Sendo assim, para alguns dos entrevistados isso já recorre em perda direta de renda e bem-estar. É válido lembrar que há uma tendência progressiva de intensificação dos fenômenos, o que pode elevar ainda mais esses impactos para o futuro. Infelizmente, a amostragem não foi suficiente para estabelecer relações mais profundas e complexas sobre a exposição ao calor por sexo, etnia e faixa de renda.

A classificação de RIC mostrou que os entrevistados encontram-se vulneráveis ao calor ocupacional, visto que mais da metade obteve um risco “alto” de sofrer com a exposição. Isso se torna mais preocupante pelo fato de que 51,16% afirmaram não se planejar com antecedência para o enfrentamento de ondas de calor. Nesse sentido, podem ser elaboradas ações estratégicas que visem promover o conhecimento acerca de medidas que podem ser tomadas para evitar os impactos, o que pode mitigar os efeitos maléficos e gerar uma melhor adaptação para os fenômenos futuros.

Sendo assim, todos os dados apresentados ao longo dessa pesquisa convergem para a conclusão de que as ondas de calor afetam negativamente a saúde e produtividade dos trabalhadores rurais de Campo Bom/RS. Isso está

de acordo com a hipótese inicial do estudo. Adjunto a isso, sugere-se uma ampliação e aprofundamento das pesquisas sobre calor no estado do Rio Grande do Sul, com abordagem que inclua dados de mortalidade por calor e impactos em outras esferas, como o sofrimento dos animais, efeitos na produção do setor agropecuário, saúde mental das populações expostas, injustiça ambiental, entre outros.

Por fim, recomenda-se a elaboração de um plano institucional com estratégias que difundam as informações sobre calor, saúde e produtividade, com a finalidade de promover a saúde, o desenvolvimento econômico e o bem-estar para os trabalhadores rurais de todo o estado do Rio Grande do Sul.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ACGIH. 2013 TLVs ® and BEIs ® - Based on the Documentation of the Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents and Biological Exposure Indices. Cincinnati: **American Conference of Governmental Industrial Hygienists**; 2013.
2. ANDREWS, O. *et al.* Implications for workability and survivability in populations exposed to extreme heat under climate change: a modelling study. **The Lancet Planetary Health**, v. 2, n. 12, p. e540-e547, 2018.
3. CARDIA, V. C. de. **Climatologia das ondas de calor em Porto Alegre-RS: 1961 a 2010**. Monografia (Graduação em Geografia) - Departamento de Geografia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, p. 72. 2010.
4. DE MORAES, S. L.; ALMENDRA, R.; BARROZO, L. V. Impact of heat waves and cold spells on cause-specific mortality in the city of São Paulo, Brazil. **International Journal of Hygiene and Environmental Health**, v. 239, p. 113861, 2022.
5. FAYE, M. *et al.* Impact of different heat wave definitions on daily mortality in Bandafassi, Senegal. **PloS one**, v. 16, n. 4, p. e0249199, 2021.
6. FEIX, R. D.; LEUSIN JÚNIOR, S.; AGRANONIK; C. **Painel do agronegócio no Rio Grande do Sul — 2017**. Porto Alegre: FEE, 2017.
7. FLOSS, M.; BARROS, E. F. Estresse por calor na Atenção Primária à Saúde: uma revisão clínica. **Revista Brasileira de Medicina de Família e Comunidade**, v. 15, n. 42, p. 1948-1948, 2020.

8. FLOURIS, A. D. *et al.* Workers' health and productivity under occupational heat strain: a systematic review and meta-analysis. **The Lancet Planetary Health**, v. 2, n. 12, p. e521-e531, 2018.
9. GOBO, J. P. A.; GALVANI, E.; WOLLMANN, C. A. Regionalização bioclimática do Rio Grande do Sul: um estudo do conforto térmico humano em escala climática regional e sub-regional. **Ciência e Natura**, v. 37, n. 3, p. 471-489, 2015.
10. GUASSELLI, L. A. *et al.* Macrozoneamento do estado do Rio Grande do Sul. **Pesquisas em Geociências**. Porto Alegre, RS. v. 33, n. 1, p. 3-11, 2006.
11. HAWKINS, M. D.; BROWN, V.; FERRELL, J. Assessment of NOAA National Weather Service methods to warn for extreme heat events. **Weather, climate, and society**, v. 9, n. 1, p. 5-13, 2017.
12. HYATT, O. M.; LEMKE, B.; KJELLSTROM, T. Regional maps of occupational heat exposure: past, present, and potential future. **Global health action**, v. 3, n. 1, p. 5715, 2010.
13. IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change. **Global warming of 1.5 °C**. October 8, 2018. Disponível em: <<https://report.ipcc.ch/sr15/>>.
14. KJELLSTROM, T. *et al.* The 'Hothaps' programme for assessing climate change impacts on occupational health and productivity: an invitation to carry out field studies. **Global health action**, v. 2, n. 1, p. 2082, 2009.
15. KJELLSTROM, T.; HOLMER, I.; LEMKE, B. Workplace heat stress, health and productivity—an increasing challenge for low and middle-income countries during climate change. **Global health action**, v. 2, n. 1, p. 2047, 2009.

16. KNUTSON, T. R.; PLOSHAY, J. J. Detection of anthropogenic influence on a summertime heat stress index. **Climatic Change**, v. 138, n. 1-2, p. 25-39, 2016.
17. LATORRE, M. R. D. O.; CARDOSO, M. R. A. Análise de séries temporais em epidemiologia: uma introdução sobre os aspectos metodológicos. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, v. 4, n. 3, p. 145-152, 2001.
18. LEMKE, B.; KJELLSTROM, T. Calculating workplace WBGT from meteorological data: a tool for climate change assessment. **Industrial Health**, v. 50, n. 4, p. 267-278, 2012.
19. LILJEGREN, J. C. *et al.* Modeling the wet bulb globe temperature using standard meteorological measurements. **Journal of occupational and environmental hygiene**, v. 5, n. 10, p. 645-655, 2008.
20. MAROTTI, J. *et al.* Amostragem em pesquisa clínica: tamanho da amostra. **Revista de Odontologia da Universidade Cidade de São Paulo**, v. 20, n. 2, p. 186-194, 2008.
21. MATHEE, A.; OBA, J.; ROSE, A. Climate change impacts on working people (the HOTHAPS initiative): findings of the South African pilot study. **Global health action**, v. 3, n. 1, p. 5612, 2010.
22. NAIRN, J. R.; FAWCETT, R. JB. The excess heat factor: a metric for heatwave intensity and its use in classifying heatwave severity. **International journal of environmental research and public health**, v. 12, n. 1, p. 227-253, 2015.
23. OLIVEIRA, R. B. de. **A Organização da indústria calçadista na economia do Vale dos Sinos: estudo de caso no município de Campo Bom (1990-2015)**. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, p. 157. 2018.

24. PARSONS, K. Human thermal environment. The effects of hot, moderate and cold temperatures on human health, comfort and performance. 2nd ed. NY: **CRC Press**. 2003.
25. PERKINS, S. E.; ALEXANDER, L. V. On the measurement of heat waves. **Journal of climate**, v. 26, n. 13, p. 4500-4517, 2013.
26. PERKINS-KIRKPATRICK, S. E.; LEWIS, S. C. Increasing trends in regional heatwaves. **Nature communications**, v. 11, n. 1, p. 1-8, 2020.
27. ROSSATO, M. S. **Os climas do Rio Grande do Sul: variabilidade, tendências e tipologia**. Tese (Doutorado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, p. 253. 2011.
28. ROTHFUSZ, L. P. NWS Southern Region Headquarters. The heat index equation (or, more than you ever wanted to know about heat index). **Fort Worth, Texas: National Oceanic and Atmospheric Administration, National Weather Service, Office of Meteorology**, v. 9023, 1990.
29. VENUGOPAL, V. *et al.* Occupational heat stress profiles in selected workplaces in India. **International journal of environmental research and public health**, v. 13, n. 1, p. 89, 2016.
30. VICEDO-CABRERA, A. M. *et al.* The burden of heat-related mortality attributable to recent human-induced climate change. **Nature climate change**, v. 11, n. 6, p. 492-500, 2021.
31. YANG, J. *et al.* Heatwave and mortality in 31 major Chinese cities: definition, vulnerability and implications. **Science of The Total Environment**, v. 649, p. 695-702, 2019.
32. WATTS, N. *et al.* The 2020 report of The Lancet Countdown on health and climate change: responding to converging crises. **The Lancet**, 2020.

33. WATTS, N. *et al.* The 2019 report of The Lancet Countdown on health and climate change: ensuring that the health of a child born today is not defined by a changing climate. **The Lancet**, v. 394, n. 10211, p. 1836-1878, 2019.
  
34. WATTS, N. *et al.* The Lancet Countdown on health and climate change: from 25 years of inaction to a global transformation for public health. **The Lancet**, v. 391, n. 10120, p. 581-630, 2018.

## APÊNDICE A – FORMULÁRIO DE PESQUISA PARA OS TRABALHADORES RURAIS

### Formulário de pesquisa para trabalhadores rurais

A numeração que consta ao lado de algumas opções de resposta estão associadas à pontuação que cada entrevistado alcançará ao final da pesquisa. Esses pontos irão auxiliar na interpretação do *Risco de Impacto pelo Calor* (RIC).

#### Parte 1. Informações gerais sobre a pessoa entrevistada:

Entrevistado: \_\_\_\_\_

Idade: \_\_\_\_\_

Função: \_\_\_\_\_

Contato telefônico: \_\_\_\_\_

Localização: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_\_\_

Entrevistador: \_\_\_\_\_

#### Parte 2. Questões sobre o tipo de trabalho:

Como você classificaria o nível de esforço requerido pelo seu trabalho:

Leve - 1     Moderado - 2     Cansativo - 3     Exaustivo - 4

Quantas horas por dia você costuma trabalhar?

De 0h a 4h - 1                       De 4h a 6h - 2

De 6h a 8h - 3                       Mais de 8h - 4

Você trabalha em horários diferentes em épocas diferentes do ano?

*Pergunta aberta.*

**Parte 3.** Perguntas sobre a exposição ao calor no trabalho:

A exposição ao calor é um problema durante a estação quente?

*Sim*     *Não*

Se sim, como você foi afetado(a)? (assinale todas as opções em que você se enquadra).

- Cansaço / Insônia - 1*
- Dores no corpo / Mal-estar / Tontura - 1*
- Queda de produtividade - 1*
- Problemas de saúde - 1*

*Outro:* \_\_\_\_\_

Você lembra quando foi à última vez que isso ocorreu?

*Pergunta aberta.*

Que roupa costuma usar para trabalhar?

- Roupa leve - com boa transpiração - 1*
- Roupa pesada - com pouca transpiração - 2*

Você trabalha sob a luz direta do sol durante o dia?

*Sim*     *Não*

Em caso afirmativo, por quanto tempo?

- De 0h a 4h - 1*       *De 4h a 6h - 2*
- De 6h a 8h - 3*       *mais de 8 h - 4*

O local onde você trabalha é bem ventilado ou possui ar condicionado?

*Sim - 1*     *Não - 2*

Você bebe água no trabalho?

*Sim - 1*     *Não - 2*

Há água suficiente disponível sempre que você precisa?

*Sim* - 1       *Não* - 2

Como você limita a exposição ao calor, quando necessário? (assinale todos os meios que você utiliza)

*Aumentar a equipe durante o verão*

*Dias de trabalho mais longos*

*Começa mais cedo*

*Turnos divididos*

*Intervalos regulares*

*Ar condicionado*

*Ventilação*

*Reidratação ativa*

*Mais tempo na sombra*

*Outro:* \_\_\_\_\_

**Parte 4.** Perguntas sobre impactos do calor na saúde:

Você conhece os sintomas de estresse por calor? (descrever os sintomas caso o entrevistado não conheça)

*Sim*       *Não*

Você já teve esses sintomas no trabalho?

*Não* - 2       *Sim* - 4

Se você não está se sentindo bem por causa da exaustão pelo calor, como você lida com isso?

*Pergunta aberta.*

**Parte 5.** Perguntas sobre impactos nas atividades de trabalho e produtividade:

Durante a estação quente, a exposição ao calor reduz sua produção de trabalho diário ou por hora?

Não - 2       Sim - 4

Isso afeta sua renda?

Não - 1       Sim - 2

Para uma onda de calor que durará 3 dias, você planeja o seu comportamento com antecedência?

Sim - 1       Não - 2

E se uma onda de calor estiver prevista para durar mais de uma semana?

Sim - 1       Não - 2

**Parte 6.** Experiência de mudança climática, até o momento, e outras questões (por exemplo, exposição ao calor fora do trabalho):

Você notou alguma tendência de maior exposição ao calor durante os últimos anos em comparação com 20-30 anos atrás (supondo que você estivesse por perto)?

*Pergunta aberta.*

Algum outro comentário sobre calor, trabalho, saúde e produtividade?

*Pergunta aberta.*

## **APÊNDICE B – INFORMAÇÕES DO ESTUDO E TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE) PARA OS PARTICIPANTES ENTREVISTADOS NESSA PESQUISA**

**Informações sobre o estudo e termo de consentimento para os participantes:**

### **AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS DAS ONDAS DE CALOR NA SAÚDE E PRODUTIVIDADE DOS TRABALHADORES RURAIS:**

#### **MUNICÍPIO DE CAMPO BOM – RIO GRANDE DO SUL, BRASIL.**

*Esse estudo corresponde a um projeto de mestrado acadêmico vinculado ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul e pode, posteriormente, ser publicado em periódicos científicos e/ou apresentado em eventos científicos.*

#### **Objetivos do estudo:**

O estudo faz parte de um projeto de pesquisa que analisará o efeito do calor na saúde e na capacidade das pessoas de trabalhar. O impacto das altas temperaturas nos trabalhadores que vivem em regiões subtropicais (como no caso de Campo Bom/RS) ainda é pouco compreendido, portanto, esperamos contribuir para esse conjunto de conhecimentos. Estamos interessados em identificar o estresse causado pelo calor no trabalho e quaisquer efeitos sobre a saúde que isso venha a ter, bem como entender o papel das *ondas de calor* no nível de exposição ao calor que os trabalhadores estão submetidos.

#### **Atividades:**

O estudo envolve a coleta de dados climáticos padrão (temperatura, umidade, radiação solar e velocidade do vento) da estação meteorológica do município de Campo Bom/RS, que está sob a gestão do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Esses dados serão utilizados para calcular o índice de estresse térmico *Wet-Bulb Globe Temperature (WBGT)*, que é um dos mais indicados mundialmente para estimar a capacidade fisiológica que o corpo humano tem de responder ao calor, principalmente quando se está exercendo

atividades físicas. O programa de trabalho também envolve entrevistas pessoais para aplicação de um questionário com trabalhadores rurais expostos ao calor e membros de entidades representativas. Cada entrevista levará de 10 a 15 minutos e é totalmente voluntária. Algumas perguntas serão de *múltipla escolha* (o/a entrevistado/a seleciona uma opção) e outras serão *abertas* (entrevistados/as podem falar a vontade sobre o que for perguntado). Isso nos permitirá elaborar um diagnóstico mais preciso sobre os impactos do calor no trabalho, pois iremos unir as experiências dos trabalhadores e os dados estatísticos.

**Participação:**

A participação, conforme mencionado acima, é totalmente voluntária e os participantes podem optar por desistir a qualquer momento. Se os participantes se retirarem, quaisquer notas ou registros com as informações deles serão excluídas. A recusa em participar não prejudicará as relações existentes entre os participantes e as instituições ou pessoas envolvidas.

**Uso da informação:**

A confidencialidade é uma das nossas principais prioridades. As informações coletadas de quaisquer participantes não serão disponibilizadas para outros participantes. O nome dos participantes não será utilizado na produção ou publicação deste trabalho. O nome das organizações só será exposto caso haja concordância por parte delas. Iremos nos comprometer a tratar os dados obtidos com respeito e precisão, sempre com total veracidade. As informações de identificação pessoal serão destruídas na conclusão do projeto.

**Questões ou dúvidas:**

Se você tiver alguma dúvida, pergunta ou preocupação sobre a pesquisa, sinta-se à vontade para contatar o pesquisador Miguel Pocharski Garcia, no número de telefone (51) 99105-7163 ou através do e-mail [pocharski\\_garcia@hotmail.com](mailto:pocharski_garcia@hotmail.com).

**AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS DAS ONDAS DE CALOR NA SAÚDE E  
PRODUTIVIDADE DOS TRABALHADORES RURAIS:**

**MUNICÍPIO DE CAMPO BOM – RIO GRANDE DO SUL, BRASIL.**

**FORMULÁRIO DE CONSENTIMENTO PARA PARTICIPANTES**

Eu li a Folha de Informações sobre este projeto e entendi do que se trata. Todas as minhas perguntas foram respondidas de forma satisfatória. Eu entendo que estou livre para solicitar mais informações a qualquer momento.

**Tenho conhecimento que:**

1. Minha participação no projeto é totalmente voluntária;
2. Estou livre para me retirar do projeto a qualquer momento, sem qualquer desvantagem;
3. Depois de finalizada a dissertação de mestrado ou publicado os dados da pesquisa em algum periódico científico (dados sem identificação pessoal), não poderei realizar qualquer cobrança ou exigência para com os pesquisadores;
3. As informações de identificação pessoal [questionário] serão destruídas na conclusão do projeto, mas quaisquer dados brutos dos quais os resultados do projeto dependam serão retidos em armazenamento seguro por pelo menos cinco anos;
4. Este projeto envolve uma técnica de questionamento. A linha geral das perguntas inclui a exposição ao calor em seu local de trabalho. Caso a linha de questionamento se desenvolver de tal forma que me sinta hesitante ou incomodado, posso me recusar a responder a qualquer pergunta específica e/ou posso me retirar do projeto sem qualquer desvantagem de qualquer tipo.

Eu concordo em participar deste projeto:

---

Assinatura do Participante e Data