



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESASTRES NATURAIS

Cintia Luciane de Quadros Fagundes

**CLIMATOLOGIA E PROJEÇÕES DE ONDAS DE CALOR NAS CAPITAIS DO SUL
DO BRASIL**

FLORIANÓPOLIS

2019

Cintia Luciane de Quadros Fagundes

**CLIMATOLOGIA E PROJEÇÕES DE ONDAS DE CALOR NAS CAPITALS DO SUL
DO BRASIL**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Desastres Naturais da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do título de Mestre em Desastres Naturais.

Orientador: Prof. Dr. Renato Ramos da Silva

Florianópolis

2019

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Fagundes, Cintia Luciane de Quadros
Climatologia e projeções das ondas de calor nas capitais
do sul do Brasil / Cintia Luciane de Quadros Fagundes ;
orientador, Renato Ramos da Silva, 2019.
52 p.

Dissertação (mestrado profissional) - Universidade
Federal de Santa Catarina, Centro de Filosofia e Ciências
Humanas, Programa de Pós-Graduação em Desastres Naturais,
Florianópolis, 2019.

Inclui referências.

1. Desastres Naturais. 2. Desastres Naturais. 3. Ondas
de calor. 4. Temperatura Máxima. 5. Mudanças climáticas. I.
Silva, Renato Ramos da. II. Universidade Federal de Santa
Catarina. Programa de Pós-Graduação em Desastres Naturais.
III. Título.

Cintia Luciane de Quadros Fagundes

**CLIMATOLOGIA E PROJEÇÕES DE ONDAS DE CALOR NAS CAPITAIS DO SUL
DO BRASIL**

O presente trabalho em nível de mestrado foi avaliado e aprovado por banca
examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof. Renato Ramos Silva, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Wendel Rondinelli Gomes Farias, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Rosandro Boligon Minuzzi, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina

Certificamos que esta é a **versão original e final** do trabalho de conclusão que foi
julgado adequado para obtenção do título de mestre em Desastres Naturais.

Prof. Dra. Janete Josina de Abreu
Coordenadora do Programa

Prof. Dr. Renato Ramos da Silva
Orientador

Florianópolis, 22 de março de 2019.

Este trabalho é dedicado aos meus pais, Plácido e Marlene Fagundes, e ao meu amado filho, Gian Gabriel.

AGRADECIMENTOS

Ao Deus da minha salvação, fortaleza eterna, meu amparo em todos os momentos.

Aos meus amados Pais, Plácido e Marlene Fagundes, pelo exemplo de integridade, dedicação e amor incondicional. Estes que sempre me ensinaram a buscar com todas as forças a Sabedoria dos céus, minha gratidão eterna!

Ao meu filho querido, Gian Gabriel, que soube ser carinho e compreensão neste tempo e a motivação para sempre evoluir.

Aos meus irmãos Jhonatan, Pablo e Jean e cunhadas amadas Karina, Bruna e Sâmela, incentivadores constantes e apoio em todos os momentos. Vocês moram em meu coração!

Aos meus doces sobrinhos, Rebecca, Lucas e Emanuel que me fazem querer ser e confiar num futuro melhor.

Ao meu amigo e companheiro, Paulo Victor da Silva, pelo seu tempo, paciência, incentivo, dedicação, trabalho de apoio e amor, o qual me fez querer continuar e evoluir.

Aos meus colegas de mestrado, em especial Fabiane Acordes, Felipe Poyer, Francisco Portela e Rinaldo Vicente pelo incentivo, troca de experiência e apoio. Como fui feliz em ter colegas como vocês!

Meu mais profundo agradecimento ao meu Orientador, Dr. Renato Ramos da Silva, pelo incentivo, dedicação, paciência e tanta sabedoria em suas palavras. Quando muitas vezes pensei em desistir, me fez olhar o caminho percorrido e seguir até o fim. Minha gratidão!

A coordenadora Dra. Janete Abreu pela sua disposição, colaboração e atenção dedicada a mim neste período.

A todos eu agradeço! Muito obrigada!

Levantai os olhos e observai as alturas: Quem criou tudo isso? Foi aquele que coloca em marcha cada estrela do seu incontável exército celestial, e a todas chama pelo nome. O seu poder é incalculável; inextinguível a sua força, e, por isso, nenhum desses corpos celestes deixa de atender prontamente. (Isaías 40:26)

RESUMO

O presente estudo avalia a ocorrência de ondas de calor para as capitais do sul do Brasil (Curitiba-PR, Florianópolis-SC e Porto Alegre-RS). Foram usados dados de temperatura máxima diária proveniente das estações meteorológicas do INMET para o período entre 1961 e 2018 e dados do modelo do Hadley Centre para o período entre 2091 e 2100. A análise estatística da identificação dos casos de ondas de calor foi efetuada por dois métodos. No primeiro método foi calculado através da média da temperatura máxima da série histórica para todo o período de dados (1961-2018), identificando os dias que ultrapassam 5° C desta média diária. No segundo método foi identificado através da estimativa do percentil de 95% da temperatura máxima da série histórica, identificando os valores acima deste percentil. Para ambos os métodos foram considerados a persistência das temperaturas, acima destes limiares, de no mínimo três dias consecutivos, entre os meses de dezembro a março, identificando assim uma onda de calor. Identificadas as ondas de calor, foram quantificadas e comparadas as ocorrências simultâneas nas três capitais, bem como analisadas as frequências através das décadas e a intensidade das mesmas. Os resultados obtidos mostram que houve um aumento de número de ondas de calor para todas as capitais na última década correspondente ao período entre 2010 e 2018. Esta tendência deve persistir para o período entre 2091 e 2100, conforme projeções do modelo climático do Hadley Centre, nas capitais do sul do Brasil. Estas ondas deverão ser mais intensas, duradouras e frequentes, com eventos extremos simultâneos nas três capitais do sul do Brasil.

Palavras-chave: Temperatura máxima. Mudanças climáticas. Altas temperaturas. Eventos extremos.

ABSTRACT

The present study evaluates the occurrence of heat waves to the capitals of southern Brazil (Curitiba-PR, Florianópolis-SC and Porto Alegre-RS). Maximum daily temperature data from INMET weather stations for the period 1961 to 2018 and Hadley Center model data for the period 2091 to 2100 were used. Statistical analysis of the identification of heat wave cases was performed by two methods. In the first method it was calculated by averaging the maximum temperature of the historical series for the entire data period (1961-2018), identifying days that exceed 5 ° C of this daily average. In the second method was identified by estimating the 95% percentile of the maximum temperature of the historical series, identifying the values above this percentile. For both methods we considered the persistence of temperatures above these thresholds for at least three consecutive days between December and March, thus identifying a heat wave. Identifying the heat waves, the simultaneous occurrences were quantified and compared in the three capitals, as well as the frequencies through the decades and their intensity. The results show that there has been an increase in the number of heat waves for all capitals in the last decade corresponding to the period between 2010 and 2018. This trend should persist for the period between 2091 and 2100, as projected by the Hadley Center climate model. in the capitals of southern Brazil. These waves should be more intense, lasting and frequent, with simultaneous extreme events in the three capitals of southern Brazil.

Keywords: Maximum temperature. Climate change. High temperatures. Extreme events.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de temperaturas extremas	23
Figura 2: Mapa do local de estudo, Curitiba - PR.	25
Figura 3: Mapa do local de estudo, Florianópolis - SC.....	26
Figura 4: Mapa do local de estudo, Porto Alegre - RS	27
Figura 5: Climatologia entre 1948-2018 da Temperatura Máxima Média, da Região do Sul do Brasil	29
Figura 6: Dados históricos da temperatura máxima para Curitiba - PR, período de 1961 a 2018, média e percentil 95%.	30
Figura 7: Calendário climático da temperatura máxima para Curitiba - PR.....	31
Figura 8: Dados históricos da temperatura máxima para Florianópolis - SC, período de 1961 a 2018, média e percentil 95%.	33
Figura 9 - Calendário climático da temperatura máxima para Florianópolis - SC.....	34
Figura 10 - Dados históricos da temperatura máxima para Porto Alegre - RS, período de 1961 a 2018, média e percentil 95%.	35
Figura 11 - Calendário climático da temperatura máxima para Porto Alegre - RS.....	36
Figura 12 - Cenário climático, modelo climático Hadley Centre, temperatura máxima para Curitiba - PR, período de 2091 a 2099, média e percentil 95%.....	37
Figura 13- Curva da distribuição normal comparativa entre a frequência das temperaturas máximas diárias dos dados históricos (1961 a 2018) e do modelo climático do Hadley Centre (2091 a 2099), cidade de Curitiba/PR.	39
Figura 14 - Cenário climático, modelo climático do Hadley Centre, temperatura máxima, Florianópolis - SC, período de 2091 a 2099, média e percentil 95%.....	40
Figura 15 - Curva de distribuição normal comparativa entre a frequência das temperaturas máximas diárias dos dados históricos (1961 a 2018) e do modelo climático do Hadley Centre (2091 a 2099), cidade de Florianópolis/SC.	41
Figura 16 – Cenário climático, modelo climático Hadley Centre, temperatura máxima, Porto Alegre – RS, período de 2091 a 2099, média e percentil 95%.	42

Figura 17 - Curva da distribuição normal comparativa entre a frequência das temperaturas máximas diárias dos dados históricos (1961 a 2018) e do modelo climático do Hadley Centre (2091 a 2099), cidade de Porto Alegre/RS.....	43
Figura 18 - Mapa da temperatura máxima média, período entre 2091 e 2099, Região Sul do Brasil a partir dos campos do modelo climático do Hadley Centre.....	44
Figura 19 - Temperatura máxima observada na estação meteorológica de Florianópolis, em janeiro de 2019, comparada com a média climatológica de 1961-2018 e do percentil de 95%.	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Definição de Onda de Calor em diversos países	17
Tabela 2: Definição de Índice de Ondas de Calor para os Estados Unidos	18
Tabela 3: Eventos de Ondas de Calor e Fatalidades	19
Tabela 4: Número de Ondas de Calor Temperatura Máxima Média + 5°C, dados extraídos das estações do INMET	32
Tabela 5- Número de Ondas de Calor Percentil 95% da Temperatura Máxima, dados extraídos das estações do INMET	32
Tabela 6: Número de Ondas de Calor Temperatura Máxima Média + 5°C, dados obtidos do modelo climático do Hadley Centre.....	38
Tabela 7: Número de Ondas de Calor Percentil 95% da Temperatura Máxima, dados obtidos do modelo climático do Hadley Centre.....	38

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AR5 – Quinto Relatório de Avaliação

BBC – British Broadcasting Corporation

CMIP5 – Coupled Model Intercomparison Project Phase 5 (Projeto de Intercomparação de Modelos Acoplados Fase 5)

COBRADE – Codificação e Classificação Brasileira de Desastres

EM-DAT – Emergency Events Database

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e estatística

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas)

KNMI - Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituto

NCAR – National Center for Atmospheric Research

NCEP – National Center for Environmental Prediction

NOAA – National Oceanic and Atmospheric Administration

NWS – National Weather Service

ONU – Organização das Nações Unidas

PNUMA – Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente

RCP – Representative Concentration Pathway

WCRP – World Climate Research

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	JUSTIFICATIVA	16
1.2	OBJETIVOS.....	20
1.2.1	Objetivo Geral	20
1.2.2	Objetivos Específicos	20
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	20
3	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	24
4	RESULTADOS	30
5	CONCLUSÃO E DISCUSSÃO FINAL	44
	REFERÊNCIAS	48

1 INTRODUÇÃO

No ano de 2018 o hemisfério norte sofreu com intensas ondas de calor. Diversos países foram atingidos e temperaturas máximas recorde foram registradas, sem precedentes na história da Europa.

A última crise climática na região do estado da Califórnia se baseia em anos de seca e ondas de calor recorde. Atualmente estima-se que 157 milhões de pessoas a mais foram expostas a eventos de ondas de calor em 2017 comparadas com o ano 2000 (Ramanathan & Victor, 2018).

O Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas [Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC] elaborou uma série de estudos e modelos matemáticos mostrando que a mudança climática é uma realidade, e a temperatura média da atmosfera vem aumentando, favorecendo o aumento da frequência de eventos extremos e mudanças nos padrões de precipitação, temperaturas e ventos (Mulugetta et al., 2014).

Neste cenário com temperaturas subindo, com o padrão de distribuição de precipitação mudando e com o nível do mar aumentando, os especialistas preveem o aumento da frequência de eventos extremos (Austyn; Jonathan, 2018).

A caracterização das ondas de calor e seus índices, é muito peculiar, pois cada país e região apresentam características e resiliência distintas, e com o constante aumento das temperaturas globais, possível revisão destes indicadores será necessária.

Assim, o foco desta pesquisa foi a análise das ocorrências de ondas de calor nas capitais da Região Sul do Brasil, Curitiba, Florianópolis e Porto Alegre. Região esta que apresenta clima subtropical e tem apresentado aumento sucessivo da temperatura local (Bitencourt et al., 2016).

O diagnóstico das ocorrências de ondas de calor nestas capitais será de grande valia para o desenvolvimento de estudos que visem a mitigação de danos materiais, econômicos, ambientais, de saúde e perdas de vidas humanas.

Através dos dados das ocorrências deste tipo de evento extremo a proposição de soluções para o uso do solo e planejamento urbano (Lemonsu et al. 2015), podem trazer benefícios às cidades, por meio de conforto térmico, ambiental e com eficiência energética.

1.1 JUSTIFICATIVA

Diante do cenário mundial de enfrentamento da crise hídrica, desastres naturais, derretimento das geleiras, e aquecimento global, é relevante o desenvolvimento de pesquisas sobre as mudanças climáticas e os eventos meteorológicos extremos.

O possível impacto das ondas de calor sobre as áreas urbanizadas, bem como os riscos para a biodiversidade terrestre tem dimensão crescente, trazendo a urgência de estudos neste contexto e como isto poderá influenciar os eventos meteorológicos extremos.

O aumento de doenças tropicais, como malária e dengue sinalizam as modificações ocorridas na natureza e como estas atingem a humanidade. Lugares antes livres da ocorrência de furacões passaram a sofrer com a intensificação de ventos, ciclones, tornados e tempestades.

É válido trazer à luz da ciência as correlações entre tais alterações no clima global e os desastres naturais, de origem meteorológica, como as áreas urbanas altamente adensadas têm sofrido os impactos destes eventos, cada vez mais intensificados com as mudanças climáticas.

Entre os eventos meteorológicos extremos, as ondas de calor são consideradas os eventos mais letais conforme o *National Weather Service* (NWS), intensificados pelas mudanças climáticas, em frequência e severidade (Robinson, 2002).

As ondas de calor têm apresentado frequências maiores nas últimas décadas e o período de recorrência que era de 20 anos tem acontecido entre 10 anos (Marengo (2010).

Ondas de calor são definidas de várias maneiras. A Tabela01 apresenta alguns critérios de definição destas ondas de calor. A Tabela 02 apresenta os critérios avaliados para a região dos Estados Unidos.

Sem uma definição unânime entre os diversos países sobre as ondas de calor, o Brasil adota os índices segundo a Classificação e Codificação Brasileira de Desastres (COBRADE), que caracteriza um período prolongado de tempo excessivamente quente e desconfortável, onde as temperaturas ficam acima de um valor normal esperado para aquela região em determinado período do ano, definido como a temperatura máxima média extrapolados 5°C, por um período mínimo de 3 dias consecutivos.

Tabela 1: Definição de Onda de Calor em diversos países

Países	Número de dias	Temperatura	Fonte
Portugal	6	Tmax média + 5° C	Instituto Português do Mar e da Atmosfera
Holanda	5	Acima de 25°C	Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituto
Brasil	3	Tmax média + 5° C	Federal, 2012
Dinamarca	3	Tmax média acima de 28°C	Instituto de Meteorologia Dinamarquesa
Austrália	5 3	Acima de 35°C Acima de 40°C	Australian Government Bureau of Meteorology
Inglaterra e País de Gales	Tdiurna máx ou T limiar da região	T noturna mín acima do	Met Office
Suécia	5	Acima de 25°C	Swedish Meteorological and Hydrological Institute
EUA	Mais de 2	Excessivamente quente	National Oceanic and Atmospheric Administration
	Nordeste	3 32,2°C	
	Califórnia	3 37,8°C	

Fonte: Autor.

Tabela 2: Definição de Índice de Ondas de Calor para os Estados Unidos

Variável	Definição	Nº de dias	Referência
Temperatura média diária	>95th percentil	2+	Anderson; Bell (2011)
Temperatura média diária	>90th percentil	2+	Anderson; Bell (2011)
Temperatura média diária	>98th percentil	2+	Anderson; Bell (2011)
Temperatura média diária	>99th percentil	2+	Anderson; Bell (2011)
Temperatura diária mínima	>95th percentil	2+	Anderson; Bell (2011)
Temperatura diária máxima	>95th percentil	2+	Anderson; Bell (2011)
Temperatura diária máxima	>95th percentil	3+	Este estudo
Temperatura diária máxima	T _{média} + 5°C	3+	COBRADE
Temperatura diária máxima	T1: >81st percentil T2: >97.5th percentil	Diária, >T1; 3+ , >T2; Média T _{max} >T1 para todo período	Meehl; Tebaldi (2004 e Peng et al. (2011)
Temperatura diária máxima aparente	>85th percentil	1 dia	Steadman (1984)
Temperatura diária máxima aparente	>90th percentil	1 dia	Steadman (1984)
Temperatura diária máxima aparente	>95th percentil	1 dia	Steadman (1984)
Temperatura diária máxima	>35 °C	1 dia	Tan et al. (2007)
Temperatura mínima e máxima	T _{min} >26.7 °C T _{max} >40.6 °C	≥1 limiar 2+	Robinson (2002)
Índice diário máximo	>26.7 °C	1 dia	National Weather Service, Steadman (1979)
Índice diário máximo	>32 °C	1 dia	National Weather Service, Steadman (1979)
Índice diário máximo	>40.6 °C	1 dia	National Weather Service, Steadman (1979)
Índice diário máximo	>54.4 °C	1 dia	National Weather Service, Steadman (1979)

Fonte: Smith et al. (2014).

Para melhorar o entendimento dos mecanismos envolvidos nos eventos meteorológicos extremos e as possíveis influências das mudanças climáticas, sejam elas por ação do homem ou não, há que se desenvolverem estudos, projetos e pesquisas que possibilitem a previsão dos desastres ou a mitigação dos mesmos,

pois estas ondas de calor estão entre os eventos climáticos mais mortíferos ocorridos em solo Europeu (Russo et al., 2015).

No Brasil, as ondas de calor tem ocorrido com frequência (Bitencourt et al., 2016). A ocorrência destas ondas de calor vem trazendo danos e riscos à população (Tabela 03). Portanto, para melhor entendimento deste fenômeno, este estudo se propõe a avaliar a ocorrência destes eventos nas capitais da região sul do Brasil, Curitiba, Florianópolis e Porto Alegre, correlacionando os possíveis cenários e o impacto deste fenômeno nesta região.

Tabela 3: Eventos de Ondas de Calor e Fatalidades

Evento	Informações	Fatalidades
Argentina	01/1972	100
Austrália	27/01/2009 - 08/02/2009	347
Bélgica	06/2006 - 07/2006	940
Brasil	12/1968	113
Brasil	02/2010	32
Portugal	08/2003	2696
Grécia	20/07/1987– 31/07/1987	1000
Índia	26/05/1998	2541
Croácia	07/2003	788
EUA	07/1995	670
EUA	30/06/2012– 19/07/2012	123
Hungria	07/2007	500
Suíça	07/2003	1039
Alemanha	08/2003	9355
França	01/08/2003– 20/08/2003	19490
Espanha	01/08/2003– 11/08/2003	15090
Itália	16/07/2003– 15/08/2003	20089
Japão	19/07/2010– 25/07/2010	170
Holanda	15/07/2006– 23/07/2006	1000
Paquistão	18/06/2015– 24/06/2015	1229

Fonte: EM-DAT.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

O presente estudo tem como objetivo identificar e analisar a ocorrência das ondas de calor nas capitais da região sul do Brasil.

1.2.2 Objetivos Específicos

- a) Identificar os eventos de ondas de calor nas cidades de Curitiba, Florianópolis e Porto Alegre nos últimos anos;
- b) Definir índices para determinação de ondas de calor nos locais especificados;
- c) Analisar e avaliar a ocorrência das ondas de calor;
- d) Identificar eventos de ondas de calor nos cenários de clima futuros;

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Há muitas incertezas, entre a comunidade científica, entre a correlação dos eventos meteorológicos extremos e as mudanças climáticas. Porém algumas pesquisas indicam a relação entre alguns fenômenos, pontuais, e as alterações climáticas, cabendo descobrir a possibilidade de previsão e as causas, sejam elas humanas ou não (King et al. (2016).

Os cientistas do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), da Organização das Nações Unidas (ONU), divulgaram no Quinto Relatório de Avaliação (AR5), que caso as emissões de gases do efeito estufa continuem crescendo às atuais taxas, ao longo dos próximos anos, a temperatura do planeta pode aumentar até 4,8 graus Celsius, neste século, resultando na elevação de até 82 centímetros no nível do mar e causar danos na maior parte das regiões costeiras do globo (IPCC (2013).

Diante deste cenário mundial e com a intensificação dos desastres naturais no Brasil foi promulgada a Lei nº 12.608, de 10 de abril de 2012, que instituiu a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil, reforçando a necessidade de integrar

as políticas de ordenamento territorial, desenvolvimento urbano, saúde, meio ambiente, mudanças climáticas, gestão de recursos hídricos, geologia, infraestrutura, educação, ciência e tecnologia e às demais políticas setoriais conforme preconiza o parágrafo único do Art. 3º, da referida lei Brasil (2012). Desta forma, a lei permitiu integrar as políticas públicas para ações de prevenção, mitigação, preparação, resposta e recuperação frente à vulnerabilidade da comunidade e risco de desastres.

Estas políticas permitem, quando aplicadas, mitigar os possíveis danos deste aumento na temperatura global, pois teríamos riscos de grandes mudanças para ecossistemas que cobrem 40% da área terrestre do mundo, até um quinto da população mundial afetada por enchentes, aumento da intensidade de furacões, aumento substancial de mortes humanas devido a má nutrição, doenças infecciosas, ondas de calor, enchentes e estiagens.

Entre os eventos climáticos o mais mortífero, em solo europeu, dos últimos 100 anos foi a onda de calor ocorrida no ano de 2003, segundo o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (Meehl; Tebaldi (2004).

Não há uma definição universal para ondas de calor, porém os impactos são notáveis, em cada evento, sobre a mortalidade humana, ecossistemas e economias (Meehl; Tebaldi, 2004).

Para o Instituto de Meteorologia Dinamarquesa, ondas de calor são considerados eventos que apresentam período superior a 3 dias com temperatura máxima média acima de 28° C, para uma extensão maior que 50% do país.

Na Holanda, Bélgica e Luxemburgo consideram se que para ser identificado como onda de calor são necessários ao menos um período de 5 dias consecutivos, acima de 25°C, dentre estes, pelo menos 3 dias devem apresentar temperatura máxima excedente de 30°C.

Na Inglaterra o MET Office, instituto de meteorologia inglês, utiliza a temperatura máxima diurna e a temperatura noturna mínima acima do limiar para a região como parâmetros para definição de uma onda de calor.

Na Suécia o conceito de ondas de calor é definido a partir de 5 dias consecutivos de temperaturas acima de 25° C, segundo o Swedish Meteorological and Hydrological Institute.

Na Austrália estes eventos são caracterizados por períodos apresentando 5 dias consecutivos com temperaturas acima de 35°C ou 3 dias seguidos com temperaturas acima de 40°C (Australian Government Bureau of Meteorology).

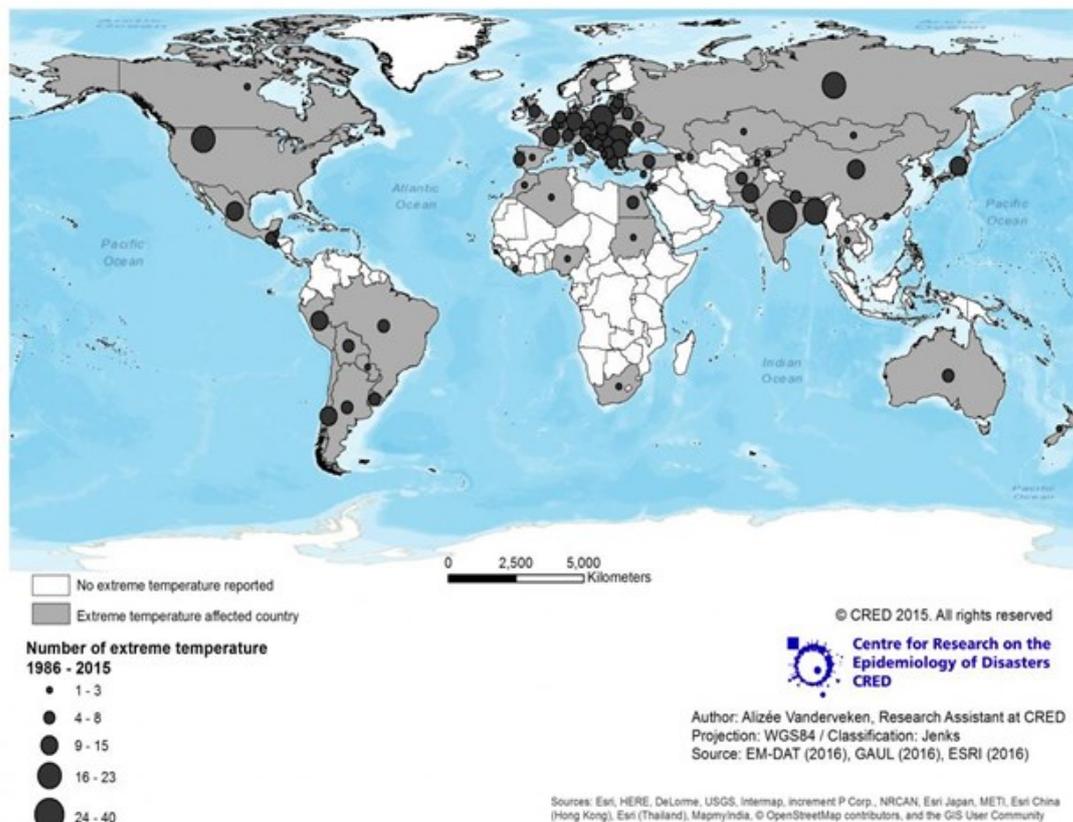
Mais de 2 dias excessivamente quentes seriam considerados como uma onda de calor nos Estados Unidos da América, segundo a *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA) Para a região nordeste é considerado um período de 3 dias acima de 32,2°C, enquanto que na Califórnia é considerado 3 dias seguidos acima de 37,8°C para caracterizar como uma onda de calor.

No Brasil a Instrução Normativa nº 01, de 24 de agosto de 2012 (Federal (2012) que estabelece procedimentos e critérios para a decretação de situação de emergência ou estado de calamidade pública pelos Municípios, Estados e pelo Distrito Federal, e para o reconhecimento federal das situações de anormalidade decretadas pelos entes federativos, no Anexo I, define ondas de calor como sendo “um período prolongado de tempo excessivamente quente e desconfortável, onde as temperaturas ficam acima de um valor normal esperado para aquela região em determinado período do ano. Geralmente é adotado um período mínimo de três dias com temperaturas 5°C acima dos valores máximos médios”.

Segundo o site do Centro de Pesquisa sobre Epidemiologia de Desastres (CRED), EM-DAT (Base de dados internacional de catástrofes), os dados contabilizaram aproximadamente 88.434 vítimas fatais, no período compreendido entre 1966 ao ano 2015.

Dentre estas ocorrências, a distribuição é observada em todos os continentes conforme demonstra o mapa da Figura 01.

Figura 1: Mapa de temperaturas extremas.



Fonte: EM-DAT (2016)

As cidades europeias foram construídas de forma a barrar a invasão de outros países. No caso de guerras, conseqüentemente, o ar urbano não pode fluir para qualquer lugar. Enquanto as cidades europeias funcionam como “fortalezas”, blocos, a formação das cidades americanas tem o benefício de permitir que o ar circule, esfriando as superfícies. Então após o episódio de 2003 a Europa se adaptou e apesar da onda de calor de 2013 ter sido tão quente quanto a ocorrida no ano de 2003, foi menos mortal devido a melhoria nos planos de emergência (Allen, 2016).

Assim, pensar o planejamento urbano é essencial na prevenção do risco das cidades diante de inundações, deslizamentos, bem como das ondas de calor, servindo seus instrumentos para orientar o desenvolvimento urbano (Assis 2005).

Segundo Lynch (1981) o desenho urbano é:

“...a arte de criar possibilidades para o uso, gerenciamento e forma de assentamento ou de suas partes significantes. Ele lida com padrões no tempo e no espaço, tendo sua justificativa na experiência cotidiana humana destes padrões. Não lida exclusivamente com coisas grandes, mas também com políticas para coisas menores – como bancos, árvores ou o sentar em pórticos e entradas – quaisquer aspectos que afetem o performance do assentamento. O “*City Design*” se preocupa com objetos, atividades humanas, instituições de gerenciamentos e processos de transformação.”

Estas ondas de calor causam, além das mortes, perdas econômicas significativas em todos os territórios atingidos por estes eventos (e.g. ondas de calor Austrália – U\$10 milhões/ ondas de calor Europa 2003 13 bilhões). Causam ainda danos no sistema de energia e água, transporte, agricultura, indústria, saúde, flora e fauna.

Os cenários futuros preveem que as temperaturas médias deverão subir, conseqüentemente, a frequência dos eventos extremos deverão aumentar (IPCC, 2013), trazendo conseqüências à economia, saúde, meio ambiente, com incêndios mais frequentes e secas pelas próximas décadas.

Avaliação dos modelos climáticos para o Brasil mostram que pode aumentar a frequência e intensidade de ondas de calor e, conseqüentemente o número de mortes (Id et al. (2019) motivo para que sejam desenvolvidas pesquisas e tecnologias para minimizar os impactos causados por estes cenários previstos.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para a execução deste trabalho foram utilizados os dados de temperatura máxima (Tmax), observadas pelas estações meteorológicas convencionais do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), localizadas nos municípios de Curitiba (PR), Florianópolis (SC) e Porto Alegre (RS), pois são as cidades com maiores densidades populacionais da região sul (Figuras 02, 03 e 04).

Curitiba é a capital do estado do Paraná, situada no Primeiro Planalto Paranaense ou Planalto de Curitiba. Possui altitude de 945m, área de 434,967 km², localizada na latitude 25°25'48" Sul e longitude 49° 16'15" Oeste (Figura 02). A

pluviosidade é de 1500 mm/ano, clima subtropical e população de 1.851.215 habitantes, segundo o IBGE/2010.

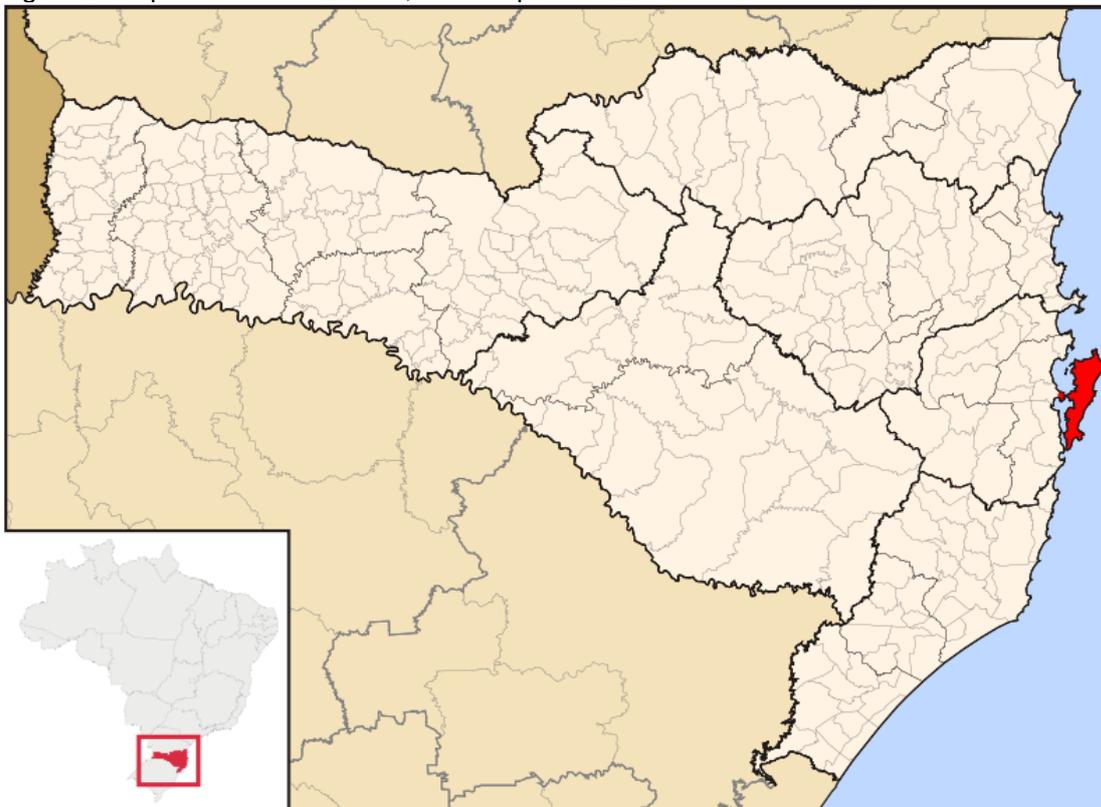
Figura 2: Mapa do local de estudo, Curitiba - PR.



Fonte: IBGE

A cidade de Florianópolis é a capital do estado de Santa Catarina, formada por uma área continental e parte insular, banhada pelo oceano Atlântico. Possui altitude de 3m e área de 436,5 km². A cidade está localizada na latitude 27°35'48" Sul, longitude 48°32'57" Oeste (Figura 03), e apresenta pluviosidade de 1500mm/ano, clima subtropical e população de 421.240 habitantes (IBGE/2010) distribuídos na área continental e insular.

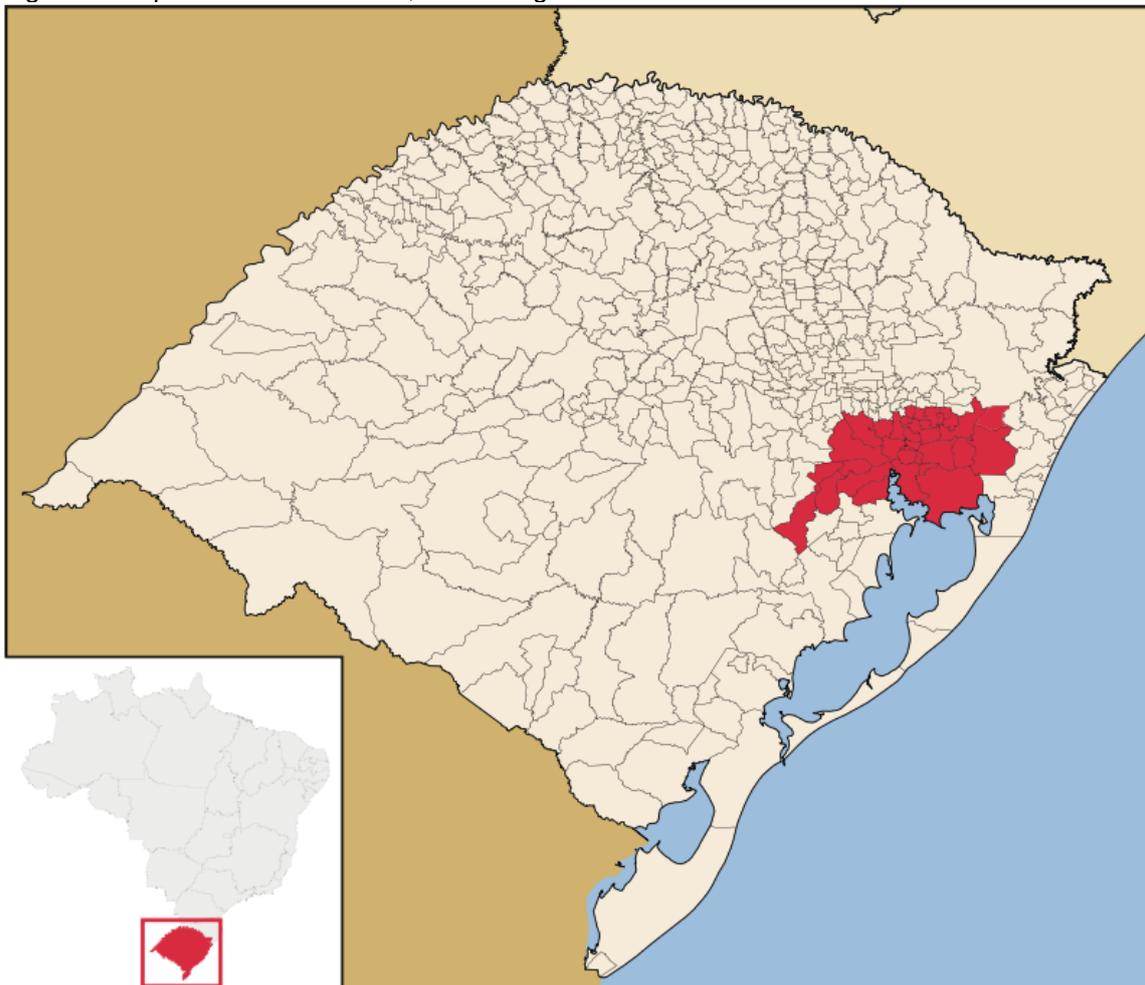
Figura 3: Mapa do local de estudo, Florianópolis - SC



Fonte: IBGE

A capital do estado do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, possui altitude de 10 m e área de 496,682 km². A cidade está localizada na latitude 30°01'59" Sul e longitude 51°13'48" Oeste (Figura 04). A pluviosidade local é de 1397 mm/ano, tendo características de clima subtropical (<https://pt.climate-data.org/location/3845/>). A população local estimada é de 1.409.351 habitantes (IBGE/2010).

Figura 4: Mapa do local de estudo, Porto Alegre - RS



Fonte: IBGE.

Este estudo tem por finalidade avaliar a ocorrência de ondas de calor nas cidades de Curitiba, Florianópolis e Porto Alegre, capitais dos estados da região sul do Brasil, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, respectivamente. Visando aprimorar as ferramentas para o planejamento urbano e mitigar os danos decorrentes das ondas de calor na região sul do Brasil.

A série de dados contempla o período de 01 de janeiro de 1961 a 31 de dezembro de 2018, totalizando 21.185 (vinte e um mil cento e oitenta e cinco) dias de observação correspondendo a 57 anos de dados. Alguns períodos não estavam

disponíveis nestes bancos de dados. Por exemplo, os dados da estação de Florianópolis não possuem informações completas dos anos de 1968, 1980, 1981 e 1982. Estes dados foram ignorados nas estimativas dos casos de ondas de calor. Os períodos com falta de dados não foram preenchidos, porém tais falhas não afetam as análises devido a longa série de dados históricos representados.

A análise estatística da identificação dos casos de ondas de calor foi efetuada por dois métodos:

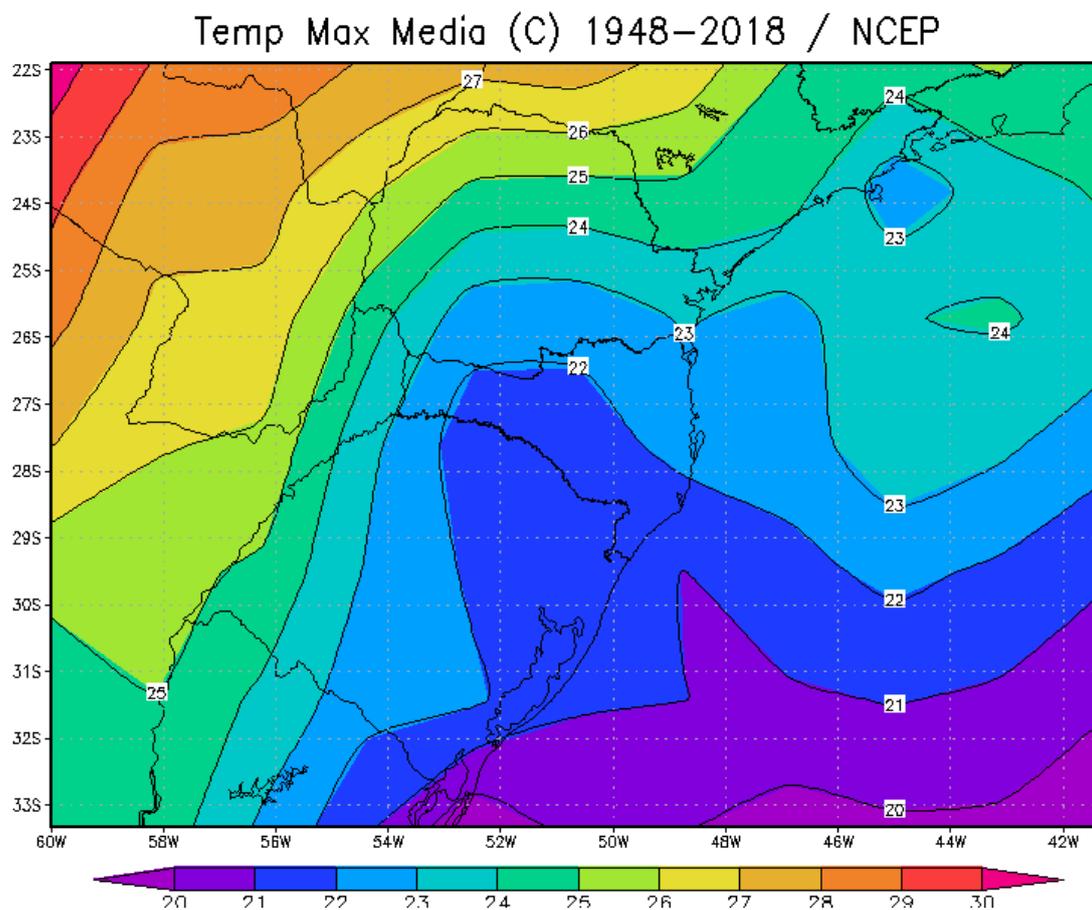
- (1) Cálculo da média da $T_{\text{máx}}$ da série histórica para todo o período de dados (i.e. 1961-2018), identificando os dias que ultrapassam 5°C , conforme o definido pelo COBRADE, para caracterização de uma onda de calor o período deve ser no mínimo 3 dias;
- (2) Cálculo do percentil de 95% da $T_{\text{máx}}$ da série histórica, identificando os valores acima e a persistência de no mínimo 3 dias consecutivos.

Identificadas as ondas de calor, foram quantificadas e comparadas as ocorrências simultâneas nas três capitais, bem como analisadas as frequências através das décadas e a intensidade das mesmas. O número de ondas de calor foi analisado para os meses verão que correspondem ao período de Dezembro a Março de cada ano.

Além disto, foram construídas as curvas da distribuição normal para avaliar e comparar a frequência dos dados obtidos e os resultados extraídos do modelo climático do Hadley Centre e a mudança climática para cada uma das cidades em estudo.

A Figura 05 representa a temperatura máxima climatológica obtida a partir do banco de dados de reanálises do *National Center for Environmental Prediction* (NCEP/NCAR) (Kalnay et al. (1996). Os campos representam a climatologia entre os anos 1948 a 2018 a partir de dados diários, para a região sul do Brasil, mostrando que existe uma homogeneidade entre os municípios escolhidos para estudo comparados com as regiões continentais localizadas á oeste do domínio.

Figura 5: Climatologia entre 1948-2018 da Temperatura Máxima Média, da Região do Sul do Brasil



Fonte: <https://www.esrl.noaa.gov/>

Os cenários climáticos de ondas de calor foram obtidos através de dados do modelo climático do Hadley Centre (Met Office) do projeto CMIP5. Este modelo foi escolhido pois tem mostrado bom desempenho para a representação do clima global (Fonseca et al. (2012)). Foi escolhido o cenário RCP8.5 do período entre 2091 a 2100 para as três cidades escolhidas com objetivo de avaliar possíveis ondas de calor no futuro. Estes dados estão disponíveis no banco de dados do World Climate Research Program (WCRP) disponível em (<https://esgf-node.llnl.gov/search/cmip5/>).

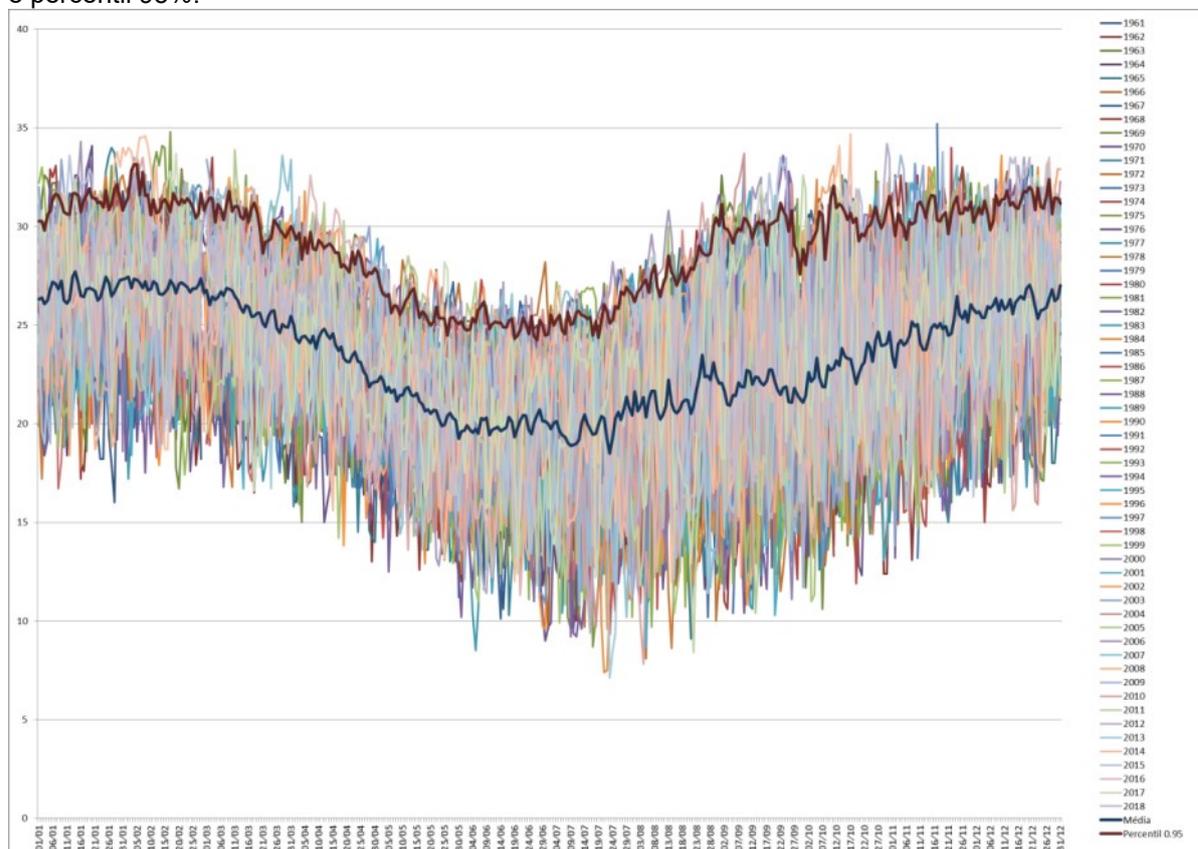
4 RESULTADOS

A seguir são apresentados os dados climáticos e os resultados da análise dos casos de ondas de calor observadas no período entre 1961 e 2018 e para a década entre 2091-2100 para os três municípios escolhidos.

A Figura 06 apresenta as séries temporais para a temperatura máxima para a cidade de Curitiba. Além da série temporal para os anos entre 1961 e 2018 apresenta também a média climatológica e o percentil de 95%. A temperatura máxima no período foi de 35,2^o C ocorrida em 17 de novembro de 1985.

A Figura 07 apresenta um calendário climatológico correspondente a temperatura média máxima para cada dia do ano deste período considerado (i.e. 1961 a 2018). Este calendário permite avaliar diariamente se uma temperatura máxima medida esteve acima ou abaixo da temperatura máxima local. Estes dados mostram que a temperatura máxima média mais alta é de 27,7^oC e ocorre no dia 14 de janeiro.

Figura 6: Dados históricos da temperatura máxima para Curitiba - PR, período de 1961 a 2018, média e percentil 95%.



Fonte: Autor

Figura 7: Calendário climático da temperatura máxima para Curitiba - PR

Janeiro			Fevereiro			Março			Abril			Maio			Junho			Julho			Agosto			Setembro			Outubro			Novembro			Dezembro		
1	26,3		1	27,4	1	26,8	1	25,0	1	22,2	1	19,7	1	20,0	1	21,6	1	22,1	1	21,4	1	23,4	1	25,6											
2	26,4		2	27,4	2	26,0	2	24,3	2	22,4	2	19,9	2	19,7	2	20,6	2	21,7	2	22,6	2	22,9	2	25,7											
3	26,1		3	26,9	3	26,4	3	24,1	3	22,2	3	19,7	3	20,0	3	20,9	3	21,0	3	22,1	3	24,0	3	25,4											
4	26,3		4	27,4	4	26,3	4	24,4	4	21,6	4	19,6	4	20,1	4	21,3	4	20,9	4	22,3	4	24,3	4	25,4											
5	26,8		5	27,3	5	26,4	5	24,5	5	21,9	5	19,7	5	19,6	5	20,3	5	21,4	5	23,3	5	24,0	5	26,0											
6	27,2		6	27,2	6	26,7	6	24,3	6	21,6	6	19,5	6	19,4	6	21,3	6	21,4	6	22,4	6	24,1	6	25,8											
7	27,1		7	26,9	7	26,5	7	24,1	7	21,7	7	20,3	7	19,3	7	21,7	7	22,1	7	21,9	7	24,5	7	26,0											
8	26,8		8	27,2	8	26,9	8	24,4	8	21,1	8	20,2	8	19,0	8	21,7	8	21,9	8	21,9	8	25,2	8	26,4											
9	27,3		9	26,8	9	26,8	9	23,8	9	21,4	9	20,3	9	18,9	9	20,7	9	21,9	9	23,0	9	24,9	9	25,7											
10	26,3		10	26,8	10	26,7	10	24,3	10	21,4	10	19,4	10	18,9	10	20,2	10	22,7	10	22,7	10	25,0	10	26,3											
11	26,1		11	27,2	11	26,5	11	24,7	11	21,8	11	19,7	11	19,0	11	20,4	11	22,6	11	22,8	11	24,1	11	25,8											
12	26,3		12	27,1	12	26,2	12	24,8	12	21,9	12	19,8	12	19,2	12	20,9	12	22,0	12	23,2	12	23,7	12	25,9											
13	27,5		13	26,6	13	25,9	13	24,5	13	21,5	13	19,9	13	20,0	13	22,2	13	22,4	13	23,0	13	23,7	13	26,3											
14	27,7		14	26,5	14	25,6	14	24,3	14	21,4	14	19,6	14	20,5	14	21,0	14	22,4	14	23,8	14	24,3	14	25,6											
15	27,2		15	26,6	15	26,0	15	24,6	15	21,6	15	19,7	15	20,0	15	20,7	15	22,1	15	23,4	15	24,9	15	26,1											
16	26,5		16	26,9	16	25,9	16	24,0	16	21,1	16	19,8	16	19,7	16	20,5	16	22,0	16	23,3	16	25,0	16	26,3											
17	26,5		17	27,3	17	25,4	17	23,7	17	21,0	17	20,3	17	19,5	17	20,7	17	22,2	17	23,3	17	24,9	17	26,5											
18	26,8		18	27,0	18	25,5	18	23,9	18	20,7	18	20,1	18	19,5	18	21,1	18	22,7	18	22,7	18	25,1	18	26,3											
19	26,9		19	26,6	19	25,6	19	23,3	19	20,7	19	19,3	19	19,9	19	21,2	19	22,7	19	22,0	19	24,8	19	26,8											
20	26,8		20	27,1	20	25,6	20	23,2	20	20,5	20	19,8	20	20,4	20	21,2	20	22,2	20	22,5	20	24,9	20	27,0											
21	26,7		21	27,2	21	25,1	21	23,1	21	20,7	21	20,1	21	20,3	21	20,5	21	21,7	21	22,9	21	24,5	21	26,6											
22	26,2		22	27,0	22	24,9	22	23,5	22	20,7	22	20,4	22	19,2	22	20,9	22	21,5	22	23,1	22	24,6	22	25,9											
23	26,4		23	26,9	23	25,5	23	23,6	23	20,2	23	20,4	23	18,5	23	21,8	23	21,8	23	24,1	23	25,2	23	25,3											
24	26,9		24	26,7	24	25,7	24	23,2	24	19,9	24	19,7	24	19,3	24	22,3	24	21,9	24	23,8	24	26,5	24	25,7											
25	27,5		25	26,8	25	25,7	25	23,1	25	20,0	25	19,5	25	20,2	25	23,5	25	21,1	25	23,2	25	25,5	25	25,8											
26	27,1		26	26,9	26	24,9	26	22,6	26	20,4	26	20,1	26	20,6	26	22,4	26	21,1	26	24,2	26	25,3	26	25,9											
27	26,5		27	27,0	27	24,6	27	22,5	27	20,5	27	20,4	27	20,2	27	22,4	27	21,8	27	24,7	27	25,7	27	26,3											
28	26,7		28	27,4	28	25,0	28	21,9	28	20,3	28	20,7	28	20,8	28	22,2	28	21,5	28	24,0	28	25,2	28	26,8											
29	27,0		29	24,9	29	24,9	29	22,1	29	20,2	29	20,1	29	21,4	29	23,1	29	21,3	29	24,0	29	26,0	29	26,2											
30	27,3		30	24,9	30	24,9	30	22,1	30	19,3	30	20,1	30	20,8	30	22,4	30	21,1	30	24,1	30	25,8	30	26,4											
31	27,3		31	25,5	31	25,5	31	22,1	31	19,6	31	20,1	31	20,4	31	22,0	31	21,1	31	24,6	31	25,8	31	27,0											

Fonte: Autor.

Análise do número de casos por década baseado no método que considera uma anomalia de 5^oC a partir da média mostra que houve um aumento na última década, atingindo um total de 08 casos entre 2010 e 2018 (Tabela 04).

Por outro lado, a análise do número de casos considerando valores acima do percentil de 95% mostra que houve um aumento maior de casos, tendo ocorrido um total de 11 casos na última década (Tabela 05).

Tabela 4: Número de Ondas de Calor Temperatura Máxima Média + 5^oC, dados extraídos das estações do INMET

Década	60	70	80	90	2000	2010	Total
Curitiba	1	5	0	1	2	8	17
Florianópolis	0	0	0	0	0	2	2
Porto Alegre	4	4	4	2	3	11	28
Total de Ondas de Calor							47

Fonte: Autor.

Tabela 5- Número de Ondas de Calor Percentil 95% da Temperatura Máxima, dados extraídos das estações do INMET

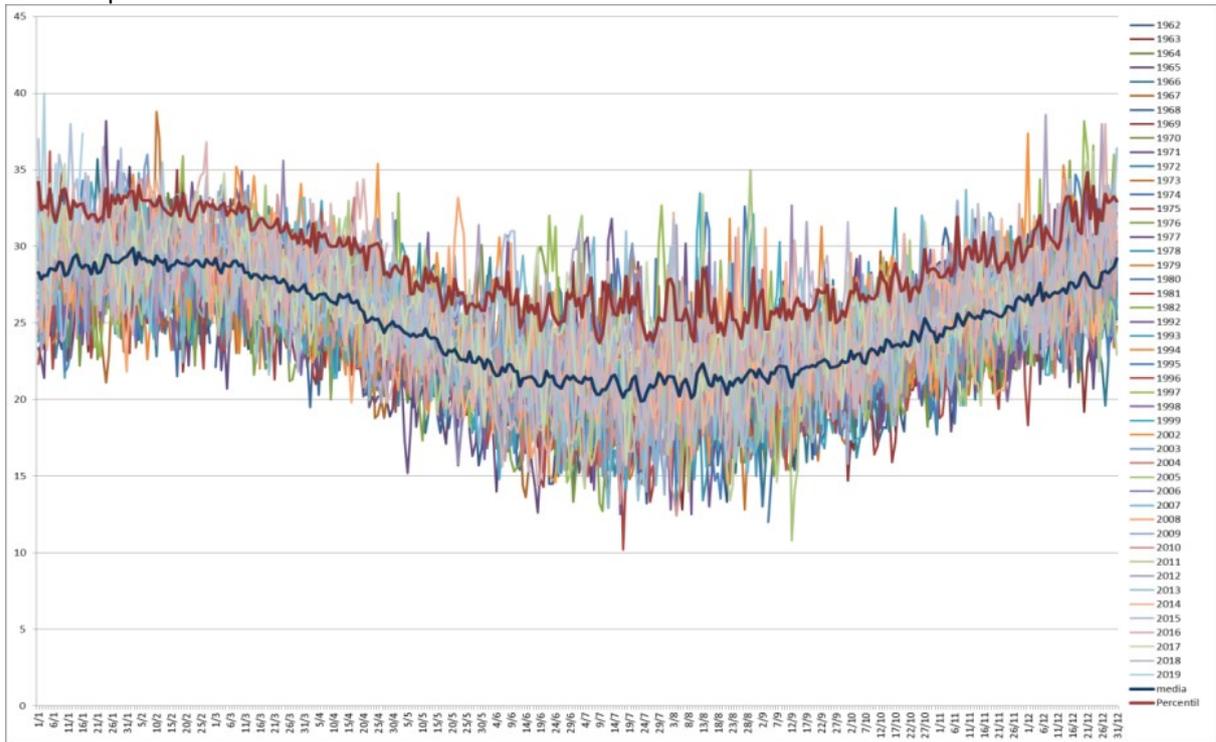
Década	60	70	80	90	2000	2010	Total
Curitiba	1	9	1	1	7	11	30
Florianópolis	0	0	0	1	2	4	7
Porto Alegre	3	2	4	3	1	10	23
Total de Ondas de Calor							60

Fonte: Autor.

A Figura 8 apresenta as séries temporais para a temperatura máxima para a cidade de Florianópolis. Além da série temporal para os anos entre 1961 e 2018 apresenta também a média climatológica e o percentil de 95%. A temperatura máxima ocorrida no período foi de 38,8^oC, no dia 10 de fevereiro de 1973.

A Figura 9 apresenta um calendário climatológico correspondente a temperatura média máxima para cada dia do ano deste período considerado (i.e. 1961 a 2018). Estes dados mostram que a temperatura máxima média mais alta de 29,90^oC ocorre no dia 02 de fevereiro. No dia 03 de janeiro de 2019 foi registrada a temperatura de 40^oC, na cidade de Florianópolis, considerada a maior temperatura da história na capital catarinense.

Figura 8: Dados históricos da temperatura máxima para Florianópolis - SC, período de 1961 a 2018, média e percentil 95%.



Fonte: Autor.

Figura 9 - Calendário climático da temperatura máxima para Florianópolis - SC

Janeiro		Fevereiro		Março		Abril		Maio		Junho		Julho		Agosto		Setembro		Outubro		Novembro		Dezembro	
1	28,3	1	29,6	1	29,2	1	27,0	1	24,8	1	22,6	1	21,3	1	21,5	1	22,0	1	22,5	1	24,3	1	26,8
2	27,8	2	29,9	2	28,6	2	26,9	2	24,8	2	22,5	2	21,1	2	21,5	2	21,5	2	23,2	2	24,1	2	26,2
3	28,1	3	28,8	3	28,2	3	26,5	3	24,6	3	21,9	3	21,1	3	21,5	3	21,3	3	22,6	3	24,7	3	26,7
4	28,1	4	29,6	4	28,9	4	26,6	4	24,4	4	21,5	4	21,5	4	20,9	4	21,1	4	22,9	4	24,7	4	26,8
5	28,5	5	29,2	5	28,7	5	26,8	5	24,3	5	21,6	5	21,3	5	20,2	5	21,8	5	23,0	5	24,6	5	27,6
6	28,5	6	29,2	6	28,7	6	26,9	6	24,1	6	22,1	6	21,4	6	21,0	6	21,7	6	22,5	6	24,8	6	26,5
7	28,4	7	29,0	7	29,0	7	26,9	7	24,3	7	21,8	7	20,7	7	21,3	7	22,1	7	22,4	7	25,6	7	27,0
8	29,0	8	29,0	8	29,0	8	26,6	8	24,1	8	22,3	8	20,3	8	20,8	8	22,2	8	23,1	8	25,2	8	26,7
9	28,9	9	28,8	9	28,7	9	26,4	9	24,2	9	22,3	9	20,3	9	20,1	9	22,1	9	23,3	9	24,8	9	26,9
10	28,1	10	29,4	10	28,8	10	26,3	10	24,2	10	21,8	10	20,7	10	20,3	10	22,1	10	23,2	10	25,3	10	27,0
11	28,2	11	29,1	11	28,3	11	26,2	11	24,6	11	21,8	11	20,6	11	21,7	11	21,4	11	22,9	11	25,7	11	26,9
12	28,7	12	29,0	12	28,3	12	26,9	12	24,2	12	20,9	12	21,0	12	22,0	12	20,8	12	23,4	12	25,4	12	27,1
13	29,3	13	29,1	13	27,9	13	26,6	13	24,0	13	21,4	13	21,5	13	22,3	13	21,6	13	23,1	13	25,3	13	27,3
14	29,4	14	28,4	14	28,2	14	26,7	14	24,1	14	21,4	14	21,6	14	21,5	14	21,6	14	23,9	14	25,5	14	26,9
15	28,8	15	28,8	15	28,1	15	26,9	15	24,0	15	21,5	15	21,2	15	21,0	15	22,0	15	23,8	15	25,3	15	27,7
16	28,6	16	28,8	16	28,0	16	26,3	16	23,4	16	21,5	16	20,6	16	20,9	16	22,1	16	23,4	16	25,8	16	27,6
17	28,8	17	29,1	17	27,8	17	26,3	17	23,0	17	21,3	17	20,1	17	21,6	17	22,1	17	23,6	17	25,7	17	27,3
18	28,7	18	28,9	18	28,1	18	26,5	18	22,9	18	20,9	18	20,6	18	21,2	18	22,1	18	23,6	18	25,8	18	27,4
19	28,2	19	28,8	19	27,9	19	25,9	19	23,2	19	20,9	19	20,7	19	21,5	19	22,2	19	23,4	19	25,6	19	28,0
20	29,0	20	28,9	20	27,9	20	25,7	20	23,1	20	21,1	20	21,4	20	21,0	20	22,1	20	23,7	20	25,6	20	28,3
21	28,3	21	28,7	21	28,0	21	25,0	21	23,3	21	21,9	21	21,5	21	20,3	21	22,4	21	23,5	21	25,4	21	28,0
22	28,3	22	28,9	22	27,6	22	25,2	22	22,8	22	21,5	22	20,6	22	21,2	22	22,5	22	23,6	22	25,4	22	27,5
23	28,8	23	29,1	23	27,6	23	25,4	23	22,6	23	21,5	23	19,9	23	20,9	23	22,6	23	24,4	23	25,6	23	27,4
24	29,5	24	29,0	24	27,8	24	25,2	24	22,6	24	21,0	24	19,9	24	21,3	24	22,5	24	24,2	24	26,1	24	27,3
25	29,4	25	28,8	25	27,5	25	25,3	25	22,5	25	20,9	25	20,5	25	21,4	25	22,1	25	23,8	25	26,0	25	27,3
26	28,9	26	28,7	26	27,0	26	24,8	26	23,1	26	20,7	26	21,0	26	21,1	26	22,1	26	24,5	26	25,8	26	28,3
27	29,0	27	29,2	27	27,4	27	24,4	27	22,5	27	21,2	27	20,8	27	21,4	27	22,1	27	25,3	27	26,5	27	28,4
28	28,9	28	28,9	28	27,2	28	24,7	28	22,4	28	21,5	28	21,0	28	21,7	28	22,2	28	24,9	28	26,7	28	28,2
29	29,1	29	27,1	29	24,9	29	24,9	29	22,8	29	21,3	29	21,7	29	21,9	29	22,5	29	24,5	29	26,5	29	28,5
30	29,3	30	27,3	30	25,1	30	25,1	30	22,5	30	21,5	30	21,5	30	21,8	30	22,4	30	24,4	30	26,4	30	28,7
31	29,3	31	27,5	31	27,5	31	27,5	31	22,0	31	21,0	31	21,0	31	21,4	31	22,4	31	23,7	31	26,4	31	29,2

Fonte: Autor.

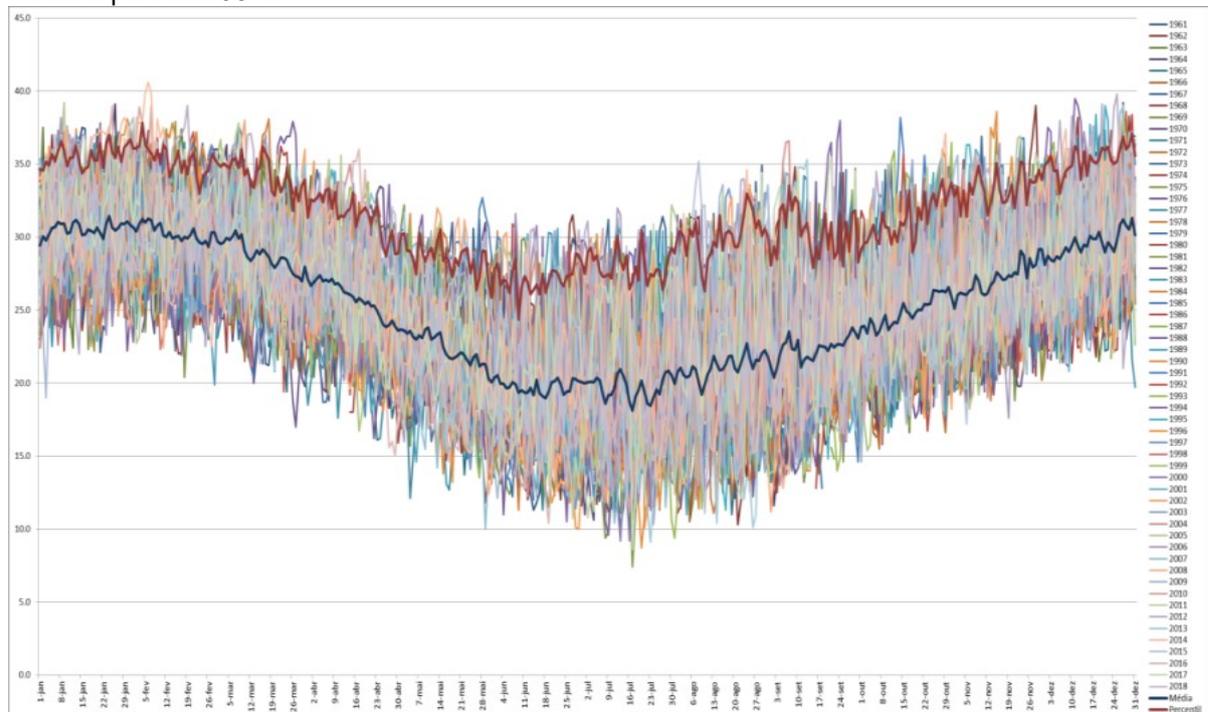
Análise do número de casos por década baseado no método que considera uma anomalia de 5^oC a partir da média mostra que houve um aumento na última década, atingindo um total de 02 casos entre 2010 e 2018 (Tabela 04).

Por outro lado, a análise do número de casos considerando valores acima do percentil de 95% mostra que houve um aumento maior de casos, tendo ocorrido um total de 4 casos na última década, conforme Tabela 05.

A Figura 10 apresenta as séries temporais para a temperatura máxima para a cidade de Porto Alegre. Além da série temporal para os anos entre 1961 e 2018 apresenta também a média climatológica e o percentil de 95%. A temperatura máxima ocorrida no período foi de 40,6^oC, no dia 6 de fevereiro de 2014.

A Figura 11 apresenta um calendário climatológico correspondente a temperatura média máxima para cada dia do ano deste período considerado (i.e. 1961 a 2018). Estes dados mostram que a temperatura máxima média mais alta de 31,4^oC ocorre no dia 24 de janeiro.

Figura 10 - Dados históricos da temperatura máxima para Porto Alegre - RS, período de 1961 a 2018, média e percentil 95%.



Fonte: Autor

Figura 11 - Calendário climático da temperatura máxima para Porto Alegre - RS

	Janeiro																															Fevereiro																															Março																															Abril																															Maio																															Junho																															Julho																															Agosto																															Setembro																															Outubro																															Novembro																															Dezembro																														
1	29,4	1	29,7	1	26,7	1	23,7	1	20,4	1	20,0	1	20,8	1	21,1	1	23,8	1	25,1	1	28,1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
2	30,0	2	29,5	2	26,9	2	23,6	2	20,5	2	20,0	2	21,0	2	20,4	2	23,9	2	26,0	2	28,7																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
3	29,8	3	29,6	3	27,1	3	23,4	3	20,0	3	20,1	3	20,5	3	21,0	3	23,4	3	26,2	3	28,5																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
4	30,2	4	30,0	4	27,4	4	23,6	4	19,9	4	20,0	4	20,4	4	22,0	4	24,4	4	26,1	4	28,3																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
5	30,6	5	29,8	5	27,0	5	23,2	5	19,6	5	20,4	5	20,5	5	22,6	5	24,0	5	26,0	5	28,7																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
6	30,7	6	30,0	6	27,1	6	23,0	6	19,7	6	20,2	6	21,2	6	22,8	6	23,3	6	26,3	6	28,5																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
7	31,0	7	30,5	7	26,9	7	23,3	7	20,0	7	19,3	7	20,9	7	23,5	7	23,5	7	26,4	7	28,9																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
8	30,9	8	29,9	8	27,1	8	23,1	8	19,9	8	18,6	8	20,1	8	22,3	8	24,1	8	27,4	8	29,3																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
9	30,9	9	30,2	9	26,8	9	23,7	9	19,3	9	19,2	9	19,2	9	22,3	9	24,6	9	27,0	9	29,0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
10	30,2	10	29,0	10	26,8	10	23,8	10	19,5	10	19,2	10	19,9	10	23,0	10	23,6	10	26,2	10	29,4																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
11	30,3	11	28,6	11	26,6	11	23,0	11	19,3	11	19,6	11	20,6	11	21,1	11	24,0	11	26,0	11	30,0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
12	31,0	12	28,4	12	26,2	12	23,1	12	19,4	12	20,6	12	21,0	12	21,6	12	24,2	12	26,2	12	29,4																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
13	31,2	13	28,6	13	26,1	13	23,3	13	19,7	13	20,9	13	21,9	13	21,8	13	24,1	13	26,7	13	28,9																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
14	30,9	14	29,1	14	26,1	14	23,5	14	19,2	14	20,5	14	21,3	14	21,6	14	24,7	14	26,9	14	29,5																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
15	30,2	15	28,8	15	25,9	15	22,4	15	20,2	15	19,9	15	20,9	15	21,5	15	25,5	15	27,6	15	29,4																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
16	30,2	16	29,1	16	25,5	16	22,0	16	19,3	16	18,7	16	20,9	16	22,0	16	24,9	16	27,4	16	30,1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
17	30,5	17	28,9	17	25,8	17	21,7	17	19,1	17	18,1	17	21,3	17	22,6	17	24,8	17	27,1	17	29,9																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
18	30,4	18	28,7	18	25,6	18	21,7	18	18,9	18	19,1	18	21,8	18	22,5	18	24,4	18	27,1	18	29,9																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
19	30,3	19	28,2	19	25,4	19	21,8	19	19,4	19	19,5	19	21,9	19	22,5	19	24,8	19	27,4	19	30,4																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
20	30,7	20	27,9	20	25,6	20	21,9	20	20,1	20	20,1	20	21,0	20	22,2	20	25,0	20	27,3	20	29,6																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
21	30,3	21	28,2	21	25,3	21	22,1	21	20,1	21	19,4	21	20,7	21	22,7	21	25,0	21	27,6	21	29,0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
22	29,9	22	28,6	22	25,3	22	21,9	22	20,3	22	18,6	22	21,4	22	22,4	22	25,4	22	27,4	22	29,6																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
23	30,9	23	28,6	23	25,0	23	21,6	23	19,9	23	18,4	23	22,0	23	22,7	23	25,4	23	29,1	23	29,4																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
24	31,4	24	28,4	24	24,5	24	21,2	24	19,2	24	19,0	24	22,7	24	22,7	24	25,4	24	28,8	24	29,0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
25	30,6	25	27,9	25	24,0	25	21,8	25	19,4	25	19,5	25	21,7	25	22,6	25	26,4	25	27,2	25	29,8																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
26	30,4	26	27,5	26	23,8	26	22,0	26	19,4	26	19,2	26	21,0	26	23,0	26	26,3	26	28,5	26	30,9																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
27	30,6	27	27,3	27	24,0	27	21,2	27	20,3	27	20,2	27	21,6	27	23,3	27	26,3	27	27,9	27	31,2																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
28	30,9	28	27,2	28	24,3	28	21,3	28	20,3	28	20,7	28	21,5	28	23,8	28	26,3	28	28,1	28	30,8																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
29	30,9	29	27,0	29	23,9	29	21,3	29	20,1	29	20,8	29	22,0	29	23,5	29	26,2	29	29,2	29	30,5																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
30	31,1	30	28,0	30	23,6	30	20,3	30	20,1	30	20,5	30	22,2	30	23,1	30	26,6	30	29,2	30	31,3																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
31	30,8	31	27,1	31	20,1	31	20,1	31	19,9	31	19,9	31	21,8	31	25,9	31	29,1	31	30,1	31	30,1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															

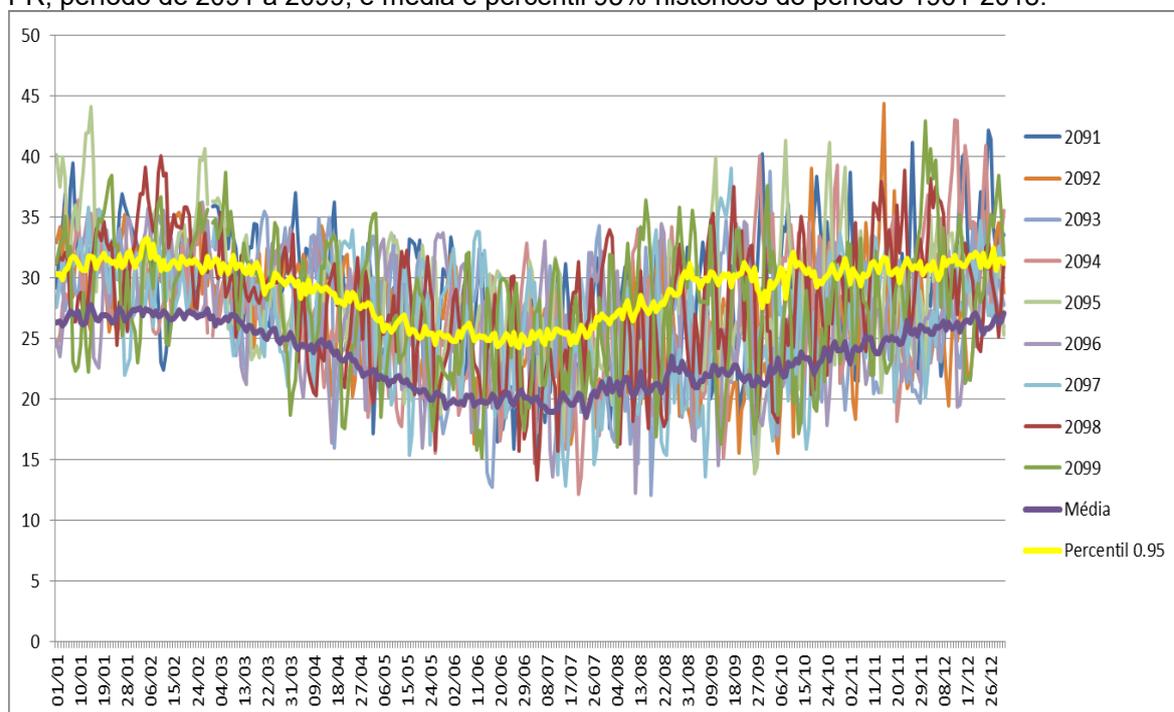
Fonte: Autor.

Análise do número de casos por década baseado no método que considera uma anomalia de 5^oC a partir da média mostra que houve um aumento na última década, atingindo um total de 11 casos entre 2010 e 2018 (Tabela 04).

Por outro lado, a análise do número de casos considerando valores acima do percentil de 95% mostra que houve um aumento maior de casos, tendo ocorrido um total de 10 casos na última década, conforme Tabela 05.

Os cenários climáticos de ondas de calor foram obtidos através de dados do modelo climático do Hadley Centre (Met Office) do projeto CMIP5, utilizando o cenário RCP8.5 do período entre 2091 a 2100 para as três cidades escolhidas. A Figura 12 apresenta as séries temporais para a temperatura máxima para a cidade de Curitiba. Além da série temporal para os anos entre 2091 e 2099 apresenta também a média climatológica do período 1961-2018 e o percentil de 95%. Os resultados do modelo mostram um cenário de temperaturas máximas que deverá ficar acima da climatologia atual na maior parte do tempo.

Figura 12 - Cenário climático, modelo climático Hadley Centre, temperatura máxima para Curitiba - PR, período de 2091 a 2099, e média e percentil 95% históricos do período 1961-2018.



Fonte: Autor.

Análise do número de casos para a cidade de Curitiba, na última década do século, baseada no método que considera uma anomalia de 5^oC a partir da média mostra que pode haver um aumento dos eventos de ondas de calor, atingindo um total de 33 casos entre 2091 e 2099, conforme a Tabela 06.

Por outro lado, a análise do número de casos considerando valores acima do percentil de 95% mostra que pode haver um aumento maior de casos atingindo um total de 34 casos nesta última década (Tabela 07).

Tabela 6: Número de Ondas de Calor Temperatura Máxima Média + 5^oC, dados obtidos do modelo climático do Hadley Centre

Ano	2091	2092	2093	2094	2095	2096	2097	2098	2099	Total
Curitiba	6	6	7	3	8	3	3	3	7	33
Florianópolis	6	2	2	3	5	2	2	2	7	20
Porto Alegre	1	1	3	3	3	2	2	5	1	13
Total de Ondas de Calor										66

Fonte: Autor.

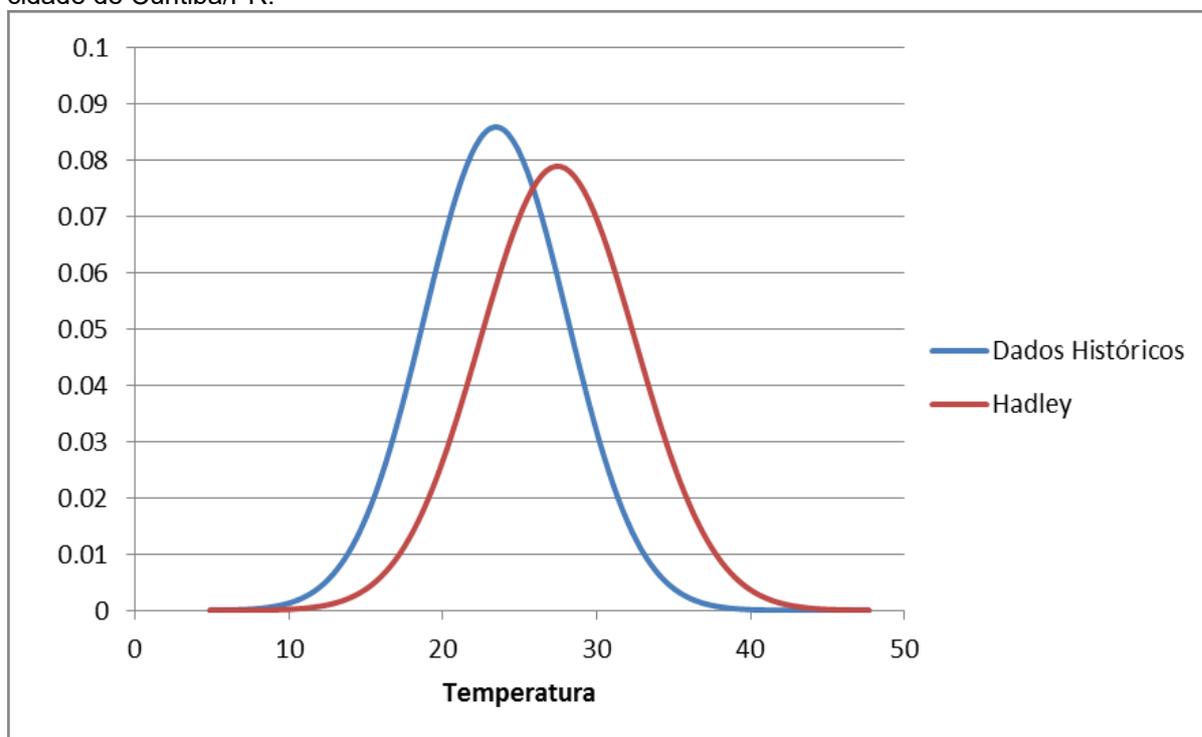
Tabela 7: Número de Ondas de Calor Percentil 95% da Temperatura Máxima, dados obtidos do modelo climático do Hadley Centre

Ano	2091	2092	2093	2094	2095	2096	2097	2098	2099	Total
Curitiba	6	7	6	4	7	4	4	3	7	34
Florianópolis	7	7	4	3	8	5	4	2	7	34
Porto Alegre	1	1	3	3	3	3	1	4	1	14
Total de Ondas de Calor										82

Fonte: Autor.

Foram desenvolvidas as curvas de distribuição normal os histogramas para o município de Curitiba, com a série temporal referente aos anos 1961 a 2018 e comparado com o período entre 2091 e 2099 (Figura 13). No histograma da climatologia a maior temperatura encontrada foi de 35,20^oC, enquanto que a temperatura mais frequente registrada foi de 24,4^oC. Na é apresentado também o histograma do período referente aos anos entre 2091 e 2099, onde a temperatura com maior frequência estimada é de 27,89^oC, e a temperatura mais alta seria de 44,3^oC, segundo o modelo do Hadley Centre para o cenário climático. Os resultados mostram que poderá ocorrer um aumento das temperaturas máximas.

Figura 13- Curva da distribuição normal comparativa entre a frequência das temperaturas máximas diárias dos dados históricos (1961 a 2018) e do modelo climático do Hadley Centre (2091 a 2099), cidade de Curitiba/PR.



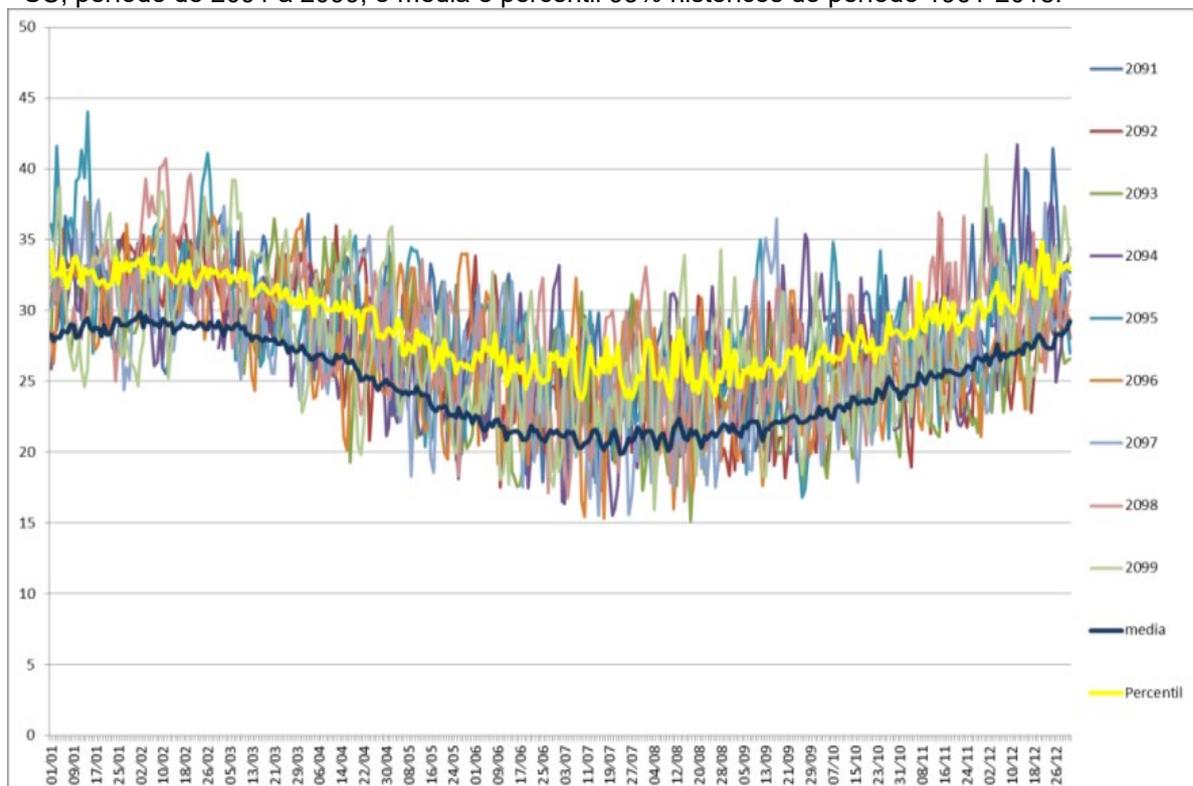
Fonte: Autor.

A Figura 14 apresenta as séries temporais para a temperatura máxima para a cidade de Florianópolis. Além da série temporal para os anos entre 2091 e 2099 apresenta também a média climatológica e o percentil de 95%. Os resultados mostram que as temperaturas máximas devem ficar acima da média climatológica atual.

Análise do número de casos para a cidade de Florianópolis, na última década do século, baseada no método que considera uma anomalia de 5°C a partir da média mostra que poderá haver um aumento dos eventos de ondas de calor, atingindo um total de 20 casos entre 2091 e 2099, conforme a Tabela 06.

Por outro lado, a análise do número de casos considerando valores acima do percentil de 95% mostra que poderá haver um aumento maior de casos, podendo ocorrer um total de 34 casos na última década do século XXI.

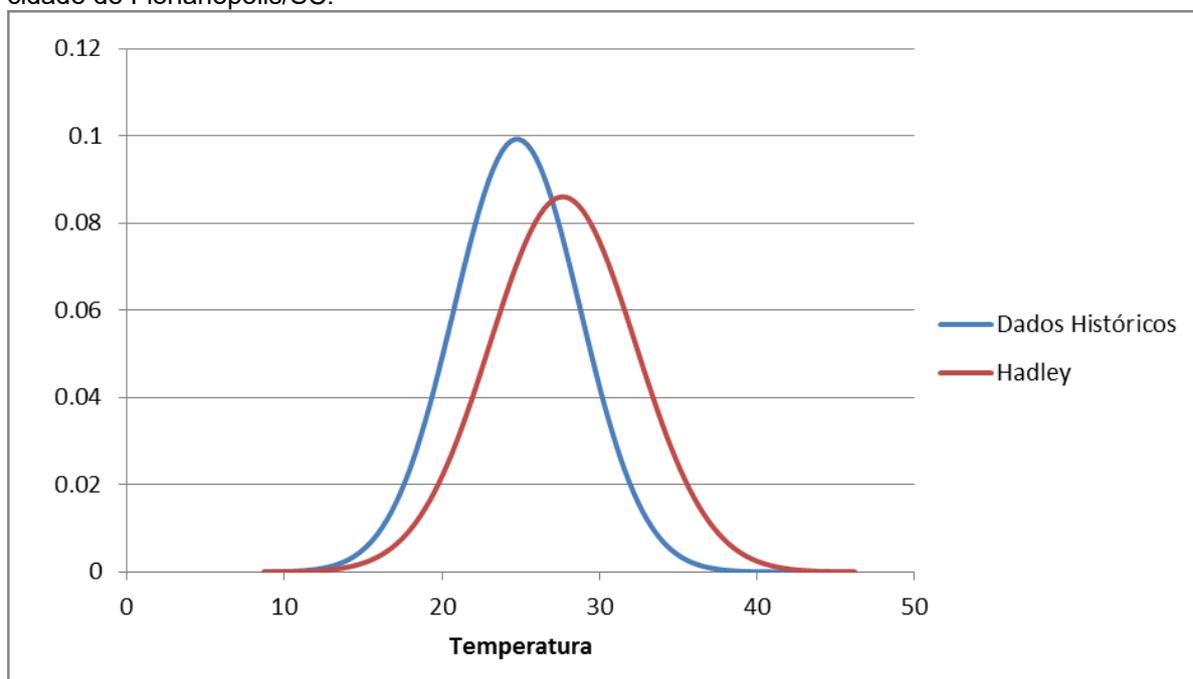
Figura 14 - Cenário climático, modelo climático do Hadley Centre, temperatura máxima, Florianópolis - SC, período de 2091 a 2099, e média e percentil 95% históricos do período 1961-2018.



Fonte: Autor.

Foram desenvolvidos os histogramas para o município de Florianópolis, com a série temporal referente aos anos 1961 a 2018, conforme a Figura 15 e comparados com os cenários para 2091 a 2100. No histograma a maior temperatura encontrada foi de 39°C, enquanto que a temperatura mais frequente registrada foi de 24°C no período observado. Na Figura é apresentado o histograma do período referente aos anos entre 2091 e 2099, onde a temperatura com maior frequência estimada é de 27,66°C, e a temperatura mais alta seria de 42,16°C, segundo o modelo do Hadley Centre para o cenário climático.

Figura 15 - Curva de distribuição normal comparativa entre a frequência das temperaturas máximas diárias dos dados históricos (1961 a 2018) e do modelo climático do Hadley Centre (2091 a 2099), cidade de Florianópolis/SC.



Fonte: Autor.

A Figura 16 apresenta as séries temporais para a temperatura máxima para a cidade de Porto Alegre. Além da série temporal para os anos entre 2091 e 2099 apresenta também a média climatológica atual e o percentil de 95%.

Análise do número de casos para a cidade de Porto Alegre, na última década do século, baseada no método que considera uma anomalia de 5°C a partir da média mostra que poderá ocorrer um total de 13 casos de ondas de calor entre 2091 e 2099, conforme a Tabela 06.

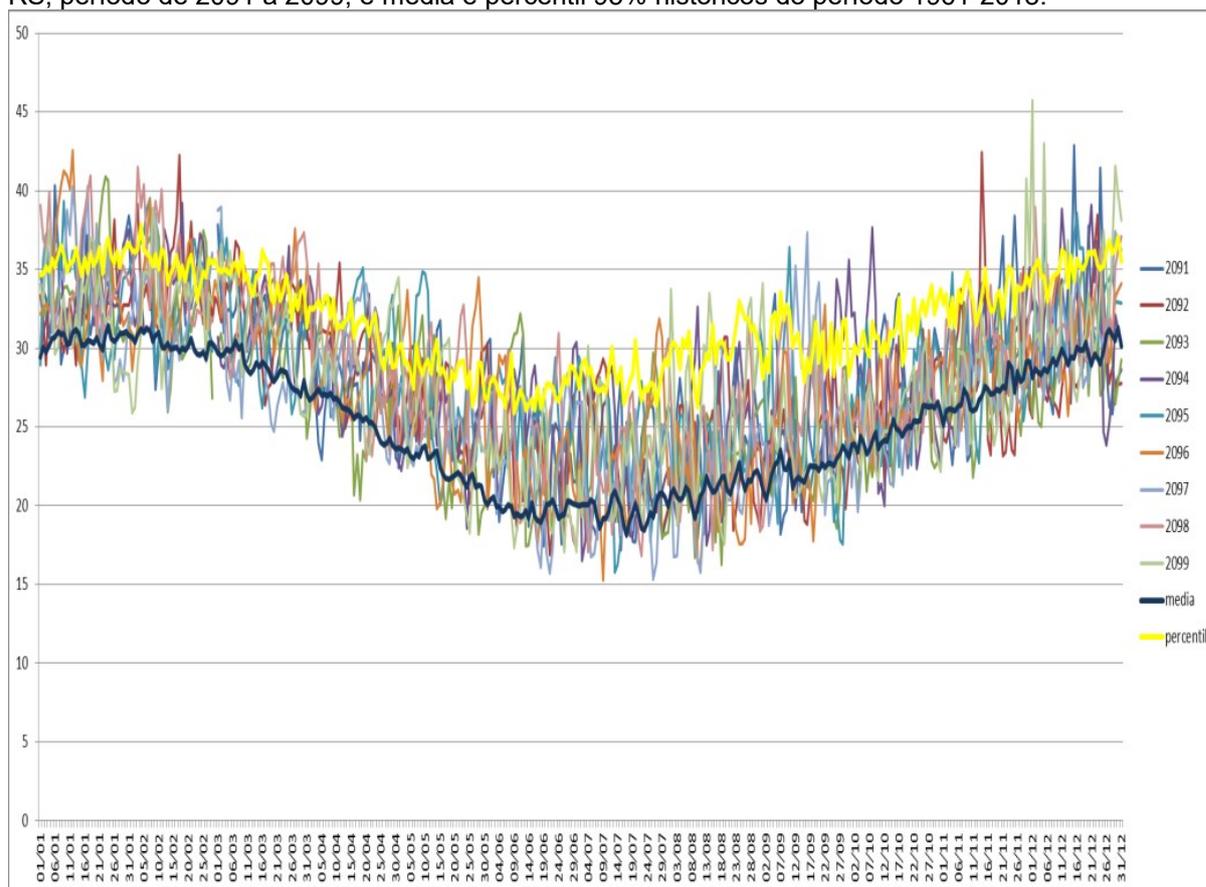
Por outro lado, a análise do número de casos considerando valores acima do percentil de 95% mostra que pode ocorrer um total de 14 casos na última década do século XXI, (Tabela 07).

Estes resultados mostram que para Porto Alegre, também deve ocorrer um aumento de temperatura e número de ondas de calor, porém menor do que em Curitiba e Florianópolis. No entanto, estas ondas de calor podem tornar-se mais intensas e duradouras. Além disto, estes resultados estão de acordo com os

cenários dos modelos climáticos que apontam para um cenário de aquecimento menor na região do extremo sul do Brasil.

Além da projeção do aquecimento destas cidades nota-se que poderão ocorrer ondas de calor em todos os anos da última década do século XXI (Tabela 6, 7).

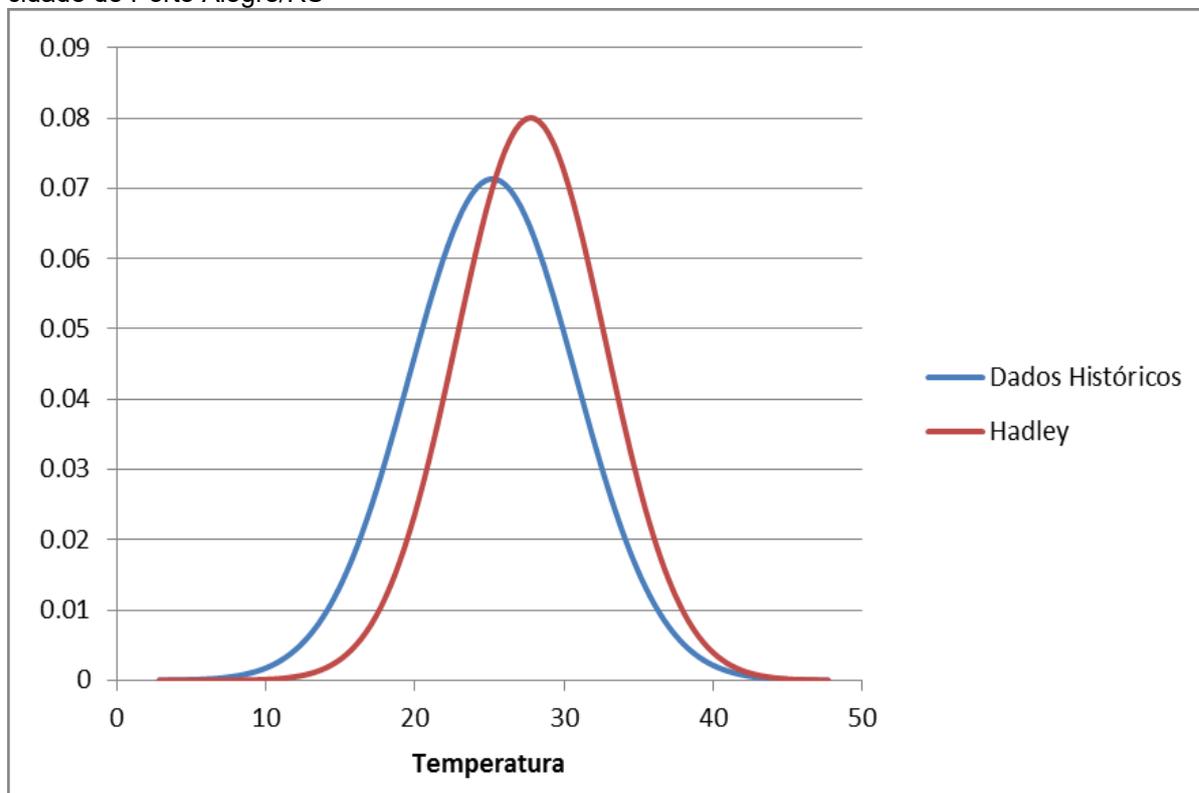
Figura 16 – Cenário climático, modelo climático Hadley Centre, temperatura máxima, Porto Alegre – RS, período de 2091 a 2099, e média e percentil 95% históricos do período 1961-2018.



Fonte: Autor.

Foram desenvolvidas as curvas de distribuição normal comparativas entre a frequência das temperaturas máximas dos dados históricos, compreendidos entre os anos de 1961 e 2018, e a frequência dos dados obtidos do modelo climático do Hadley Centre (2091 a 2099) para o município de Porto Alegre, conforme a Figura 17. Na curva da distribuição normal a maior temperatura encontrada foi de 40,6°C, enquanto que a temperatura mais frequente registrada foi de 27,2°C. Para o período referente aos anos entre 2091 e 2099, onde a temperatura com maior frequência estimada é de 27,03°C, e a temperatura mais alta seria de 45,72°C, segundo o modelo do Hadley Centre para o cenário climático. Estes resultados mostram de poderá ocorrer um aumento das temperaturas máximas e médias.

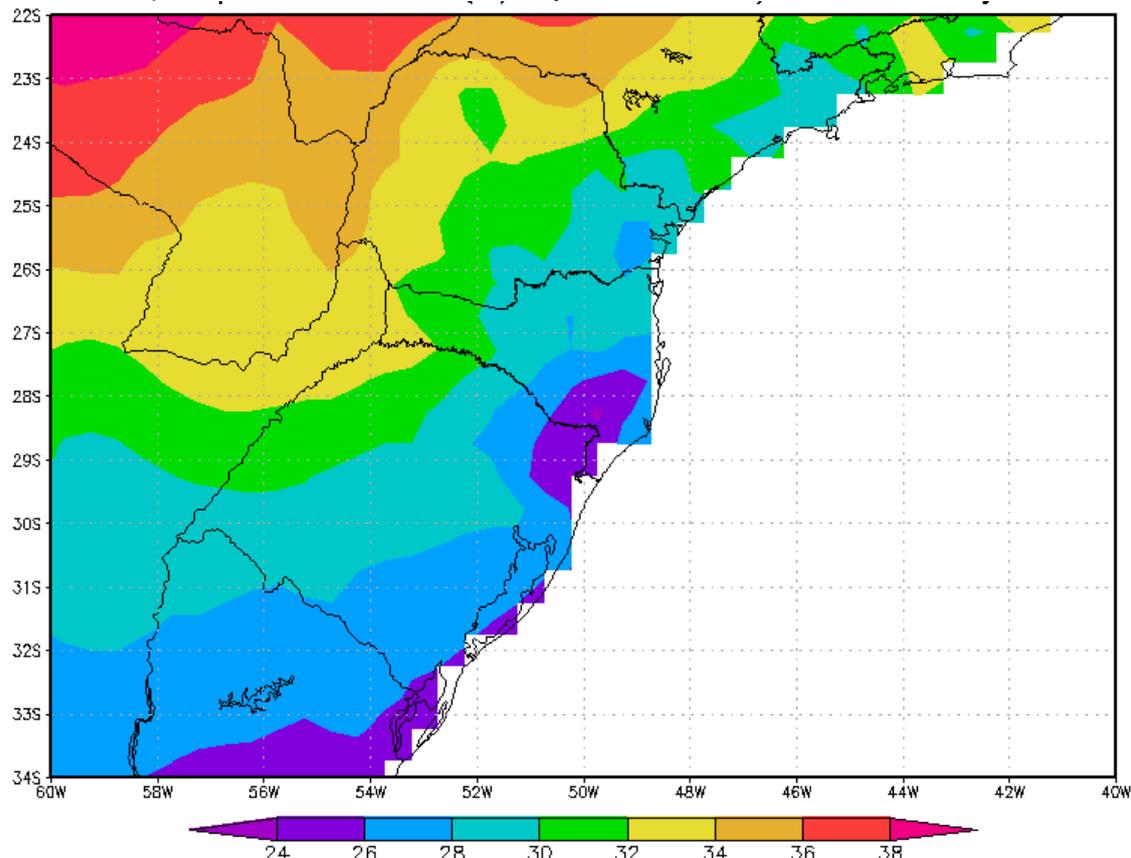
Figura 17 - Curva da distribuição normal comparativa entre a frequência das temperaturas máximas diárias dos dados históricos (1961 a 2018) e do modelo climático do Hadley Centre (2091 a 2099), cidade de Porto Alegre/RS



Fonte: Autor.

Os cenários para as três capitais foram obtidas a partir dos dados do modelo Hadley Centre. A Figura 18 apresenta uma média da temperatura máxima para o período entre 2091 a 2100 baseados no cenário RCP8.5.

Figura 18 - Mapa da temperatura máxima média, período entre 2091 e 2099, Região Sul do Brasil a partir dos campos do modelo climático do Hadley Centre.



Fonte: Hadley Centre.

5 CONCLUSÃO E DISCUSSÃO FINAL

Ondas de calor têm ocorrido em todo o globo. Suas definições podem ocorrer de várias maneiras. Neste estudo aplicamos dois métodos para avaliar a ocorrência nas três capitais dos estados do sul do Brasil. Os resultados mostraram que as ondas de calor têm ficado mais frequentes na última década e poderão aumentar e ocorrer em todos os anos do final do século.

No presente estudo usamos como parâmetro a temperatura máxima diária. Outros índices podem ser usados através de outras variáveis como a temperatura média e temperatura mínima. Outros índices de confortabilidade pode incluir também a umidade relativa. Além disto, usamos como parâmetro uma ocorrência consecutiva maior do que três dias. Outros estudos propõem diferentes números de dias consecutivos, conforme a NOAA e o Departamento de Meteorologia do Governo Australiano (Tabela 2, 3).

Os diferentes métodos utilizados neste estudo apresentam diferentes resultados. Enquanto para a temperatura máxima média extrapolada em 5^oC foram encontradas um total de 47 ondas de calor para as três cidades deste estudo, para o percentil de 95% da temperatura máxima foram registradas 60 ondas de calor, no período compreendido entre 1961 e 2018.

Para o modelo climático do Hadley Centre, através da temperatura máxima média mais 5^oC os resultados mostram que pode ocorrer um total de 66 ondas de calor, e pelo percentil de 95% da temperatura máxima 82 ondas de calor, no período entre 2091 e 2099.

Com relação aos cenários, foram usados os resultados do modelo Hadley Centre que tem mostrado bom desempenho na representação do clima global. Outros modelos e outros cenários poderão ser explorados para permitir uma maior representatividade das possíveis mudanças climáticas.

Nos registros passados apenas uma onda de calor ocorreu de forma simultânea para os três municípios, no ano de 2014, com influência de 20 dias na região. Na cidade de Florianópolis esta onda de calor durou apenas 4 dias.

Para o período compreendido entre 2091 e 2099 são previstas 10 ondas de calor simultâneas entre as cidades de Curitiba, Florianópolis e Porto Alegre.

A cidade com maior número de ondas de calor no cenário climático, entre 2091 e 2099, é Curitiba, com eventos mais intensos e de maior duração.

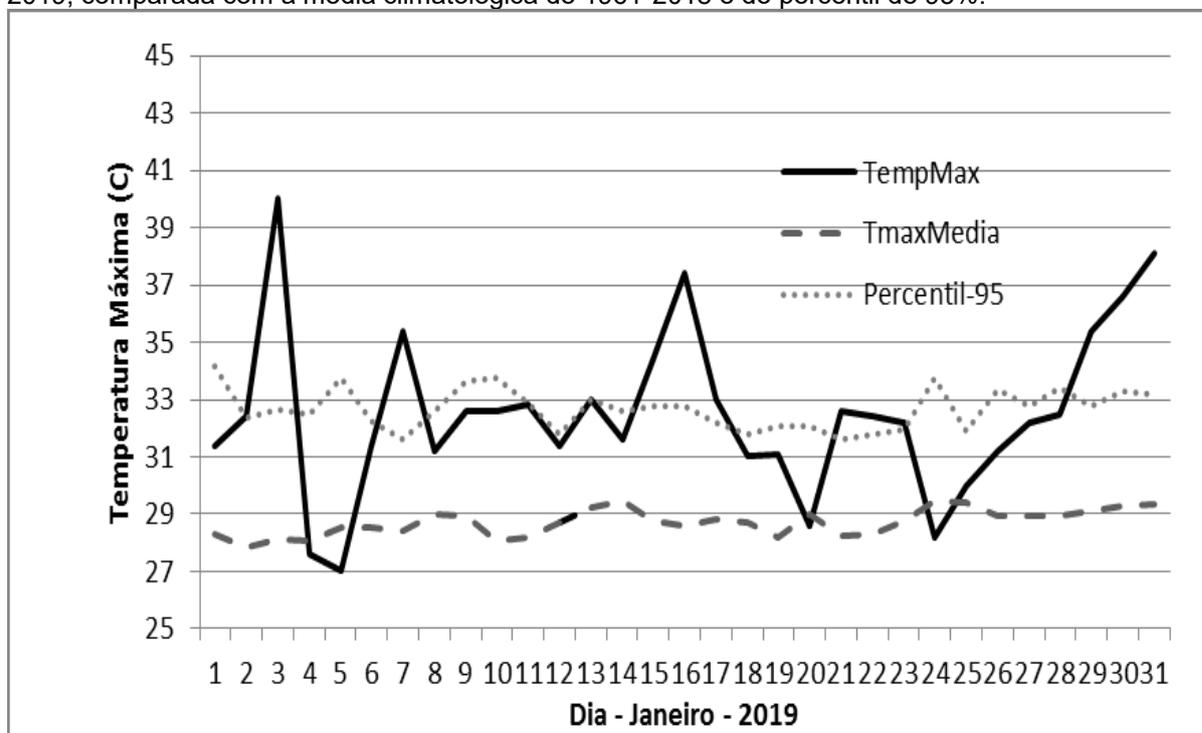
O município de Florianópolis apresentou um número muito maior de ondas de calor, comparando os dados históricos (1961-2018) e o cenário climático (2091-2099), de 4 eventos na série histórica e 34 para o modelo climático.

O município de Porto Alegre apresentou um número menor, na comparação, entre a série histórica (1961-2018) e o modelo climático para o período de 2091 a 2099, com 23 e 14 ondas de calor, respectivamente.

A metodologia proposta neste estudo permite uma rápida análise da ocorrência de uma onda de calor nas três localidades de estudo. Por exemplo, no mês de

Janeiro de 2019 na cidade de Florianópolis nota-se que as temperaturas máximas têm ficado acima da média climatológica na maior parte do tempo (Figura 19).

Figura 19 - Temperatura máxima observada na estação meteorológica de Florianópolis, em janeiro de 2019, comparada com a média climatológica de 1961-2018 e do percentil de 95%.



Fonte: Autor.

Diante dos cenários apresentados, nos modelos climáticos, comparados aos dados das séries históricas, nas cidades de Curitiba, Florianópolis e Porto Alegre, faz-se necessário o planejamento a médio e longo prazo para contemplar as diversas áreas de trabalho correlacionadas à mitigação das consequências das ondas de calor.

As políticas públicas na saúde, assistência social, mudanças climáticas, eficiência energética, transportes, planejamento urbano e defesa civil devem estar alinhados para atender as demandas provenientes das emergências destes eventos de ondas de calor.

O plano de contingência deve conter entre outras medidas o seguinte:

- A preparação do sistema de saúde pública e assistência social para os cuidados adequados nas respostas ao mal súbito das populações vulneráveis;
- O treinamento dos bombeiros e desenvolvimento de técnicas para extinção de incêndios e atendimentos emergenciais;

- O treinamento da comunidade para preparação e prevenção para atendimentos de primeiros socorros e extinção do foco de incêndios;
- O desenvolvimento de sistemas de alerta dos eventos de ondas de calor;
- Preparação da imprensa para divulgação adequada dos dados e alertas emitidos;
- O desenvolvimento das medidas estruturais das cidades e ambientes construídos que incentivem a maior projeção de áreas de sombra e espaços verdes nos grandes centros urbanos, promovendo maior conforto térmico e ambiental (Bustos, 2001);
- Políticas públicas de incentivo à redução de emissões de gases poluentes na atmosfera, por indústrias ou veículos de transportes.

Portanto essas ações poderão atenuar os efeitos das ondas calor nas populações mais vulneráveis a estes eventos extremos.

REFERÊNCIAS

ALLEN, D. M.; A. B. D. W. Attributing human mortality during extreme heat waves to anthropogenic climate change. **Environmental Research Letters**, v. 11, n. 7, p. 74006, 2016. IOP Publishing. Disponível em: <<http://stacks.iop.org/1748-9326/11/i=7/a=074006>>.

ANDERSON, G. B.; BELL, M. L. Heat Waves in the United States : Mortality Risk during Heat Waves and Effect Modification by Heat Wave Characteristics in 43 U . S . Communities. **Environmental Health Perspectives**, , n. 2, p. 210–218, 2011.

ASSIS, E. S. DE. A Abordagem do Clima Urbano e Aplicações no Planejamento da Cidade: Reflexões sobre uma Trajetória. **Revista de Urbanismo e Arquitetura**, p. 92–101, 2005.

AUSTYN, A. B.; S. G.; JONATHAN, G. S. S. Heatwave plan for England. **Public Health England**, p. 43, 2018.

BITENCOURT, D. P.; FUENTES, M. V.; MAIA, P. A.; AMORIM, F. T. Frequência , Duração , Abrangência Espacial e Intensidade das Ondas de Calor no Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, p. 506–517, 2016.

BRASIL. Política Nacional de Proteção e Defesa Civil - PNPDEC. , p. 2100–2125, 2012.

FEDERAL, D. Ministério da integração nacional instrução normativa nº 01, de 24 de agosto de 2012. , 2012.

FONSECA, I.; CAVALCANTI, A.; SHIMIZU, M. H. Climate Fields over South America and Variability of SACZ and PSA in HadGEM2-ES. **American Journal of Climate Change**, v. 2012, n. September, p. 132–144, 2012.

ID, Q. Z.; LI, S.; COELHO, M. S. Z. S.; et al. The association between heatwaves and risk of hospitalization in Brazil: A nationwide time series study between 2000 and 2015. **Journal PLOS Medicine**, p. 1–16, 2019.

IPCC. **IPCC Fifth Assessment Report (AR5) - The physical science basis**. 2013.

KALNAY, E.; KANAMITSU, M.; KISTLER, R.; et al. The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v. 77, n. 3, p. 437–471, 1996.

KING, A. D.; BLACK, M. T.; MIN, S.-K.; et al. Emergence of heat extremes

attributable to anthropogenic influences. **Geophysical Research Letters**, p. n/a-n/a, 2016. Disponível em: <<http://doi.wiley.com/10.1002/2015GL067448>>. .

LEMONSU, A.; VIGUIÉ, V.; DANIEL, M.; MASSON, V. Vulnerability to heat waves: Impact of urban expansion scenarios on urban heat island and heat stress in Paris (France). **Urban Climate**, 2015.

MARENGO, J. A. Mudanças climáticas, condições meteorológicas extremas e eventos climáticos no Brasil. **Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável**, p. 04–19, 2010.

MEEHL, G. A.; TEBALDI, C. More Intense , More Frequent , and Longer Lasting Heat Waves in the 21st Century. **Science**, v. 305, n. August, 2004.

MULUGETTA, Y.; HERTWICH, E.; RIAHI, K.; GIBON, T.; NEUHOFF, K. Climate Change 2014: Mitigation of climate change. **IPCC Fifth Assessment Report**, p. 527–532, 2014.

PENG, R. D.; BOBB, J. F.; TEBALDI, C.; et al. Toward a Quantitative Estimate of Future Heat Wave Mortality under Global Climate Change. **Environ Health Perspect**, v. 119, n. 5, p. 701–706, 2011.

RAMANATHAN, V.; VICTOR, D. G. Global warming will happen faster than we think. **Nature International Journal of Science**, p. 6–8, 2018.

ROBINSON, P. J. On the Definition of a Heat Wave. **Journal of Applied Meteorology**, v. 40, n. 4, p. 762–775, 2002.

RUSSO, S.; MARCHESE, A. F.; SILLMANN, J.; et al. heat wave Top ten European heatwaves since 1950 and their occurrence in the coming decades. , 2015. IOP Publishing.

SMITH, T. T.; ZAITCHIK, B. F.; GOHLKE, J. M. Heat waves in the United States: definitions, patterns and trends. **Climate Change**, v. 118, p. 811–825, 2014.

STEADMAN, R. G. Assessment of sultriness.2. Effects of wind, extra radiation and barometric pressure on apparent temperature. **Journal of Applied Meteorology**, p. 874–885, 1979.

STEADMAN, R. G. A Universal Scale of Apparent Temperature. **Journal of**

Climate and applied meteorology, p. 1674–1687, 1984.

TAN, J.; ZHENG, Y.; SONG, G. Heat wave impacts on mortality in Shanghai, 1998 and 2003. **Internacional Journal of Biometerology**, , n. February, 2007.