

Climatologia Geográfica

conceitos – métodos - experimentos

Charlei Aparecido da Silva

Organizador

EDITORA TOTALBOOKS

CONSELHO EDITORIAL MULTIDISCIPLINAR

Dr^a Adriana Dorfman
Dr. Alfa Oumar Diallo
Dr^a Ana Maria Colling
Dr. Antonio Moreno Jiménez
Dr. Bruno de Souza Lima
Dr. Celso Augusto Nunes da Conceição
Dr. Charlei Aparecido da Silva
Dr^a Cintia Santos Diallo
Dr^a. Cristina Vargas Cademartori
Dr. Eduardo Salinas Chavez
Dr. Edvaldo César Moretti
Dr^a Edvania Gomes de Assis Silva
Dr^a Elisabeth Ritter
Dr. Eliseu José Weber
Dr. Emerson Galvani
Dr. Fabio de Oliveira Sanches
Dr^a Gilca Lucena Kortmann
Dr. Gustavo Daniel Buzai
Dr. Henrich Hasenack
Dr. Henri Luiz Fuchs
Dr. Henrique Carlos de Oliveira Castro
Dr^a Irene Santos Garcia
Dr. Javier Garcia López
Dr. Jefferson Cardia Simões
Dr. Jose Luis Gurria Gascón
Dr. Paulo José Moraes Monteiro e Teixeira Germano
Dr. Paulo Roberto Fitz
Dr. Roberto Verdum
Dr. Rodrigo Stumpf Gonzáles
Dr. Rogério Gomes da Silva
Dr^a Valéria Silveira Brisolara
Dr. Vinícius Gadis Ribeiro



EDITORA TOTALBOOKS®

Av. Willy Eugênio Fleck, 1500/337 – CEP 91150-180 – Porto Alegre - RS

www.totalbooks.com.br

Copyright © Charlei Aparecido da Silva (org.)

Capa: Bruno de Souza Lima e Charlei Aparecido da Silva

Projeto gráfico e editoração: Charlei Aparecido da Silva e Paulo Roberto Fitz

Revisão: TOTALBOOKS

2022

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)**

Climatologia geográfica [livro eletrônico] : conceitos, métodos, experimentos / organização Charlei Aparecido da Silva. -- Porto Alegre, RS : TotalBooks, 2022. -- (Coleção PPGG-UFGD)

PDF

Vários autores.

Bibliografia.

ISBN 978-65-88393-27-7

1. Climatologia 2. Climatologia – Brasil 3. Mudanças climáticas I. Silva, Charlei Aparecido da. II. Série.

22-99714

CDD-551.69

Índices para catálogo sistemático:

1. Climatologia geográfica : Ciências da terra 551.69

Eliete Marques da Silva - Bibliotecária - CRB-8/9380

Todos os direitos reservados para o autor.

EDITORA TOTALBOOKS® EIRELI

www.totalbooks.com.br

contato@totalbooks.com.br

Não é permitida a reprodução total ou parcial desta obra, por quaisquer meios, sem a prévia autorização por escrito dos autores.

Os autores são responsáveis pelos conteúdos apresentados (textos, figuras, tabelas etc.) e assumem total responsabilidade pública e jurídica sobre os mesmos.

AS PRIMEIRAS LEMBRANÇAS

Há duas formas de compreendermos o clima e o tempo, por meio do empírico e/ou pela ciência, hoje tenho clareza disso; sei também que as duas visões são de fundamental importância; não podemos suprimir uma em razão da outra, elas são e devem ser complementares. É fato que todos os indivíduos carregam consigo um entendimento sobre o clima e o tempo, essencialmente em função dos fazeres e afazeres da vida, do cotidiano. No meu caso minhas primeiras lembranças sobre o clima e o tempo são afetivas, me remetem a duas falas, de duas mulheres, de minha avó e de minha mãe. Reproduzirei aqui suas falas, quase posso escutar suas vozes ao escrever:

“Essa é melhor para se beber, é água da chuva.”
Vó Maria, mãe de minha mãe.

“Vai sair? Leve uma blusa! Vai chover, os paturis estão passando, vai esfriar.”
Dona Helena, minha mãe.

No caso da ciência, meu entendimento sobre o clima e o tempo ocorreu na universidade, quando da realização de minhas iniciações científicas; foram quatro ao longo da graduação, todas orientadas pelo professor João Afonso Zavattini, inicialmente financiadas pelo CNPq e, depois, pela FAPESP. Na ocasião, a dimensão do conhecimento acerca do clima e do tempo se deu por meio da compreensão da ideia do ritmo na Climatologia Geográfica e na observação de uma longa série de dados de chuva, isso visando correlacionar dois fenômenos: a poluição das águas dos mananciais da bacia do rio Corumbataí e a ocorrência de chuvas. Um exercício por demais geográfico e instigante, fundamental na minha formação, na minha alfabetização em climatologia, o que subsidiou a elaboração de minha dissertação de mestrado.

Ao olhar esse pretérito, antevero seu significado para o século XXI, isso frente aos debates e desafios que envolvem as questões climáticas em todas as suas nuances, temas e escalas para a sociedade. Muitos são os desafios para esse século que se apresenta e, talvez a aproximação dessas duas formas de conhecimento, o desvelar da imbricada relação clima-sociedade, a convergência entre o empírico-ciência, e a tomada de consciência sobre essas duas linguagens permita o trilhar e a proposição de ações com brevidade e de maior significância. Os avanços que virão no campo da Climatologia Geográfica brasileira, aqueles que se colocarão como importantes nas próximas décadas, virão dessa aproximação, da inclusão de temas e estudos nos quais as pessoas, as vulnerabilidades socioambientais sejam ainda mais protagonistas, penso que será, portanto, uma Climatologia ainda mais Geográfica.

A COLETÂNEA

Aos leitores e leitoras esclareço: não constará nessa apresentação um resumo dos textos ou mesmo quaisquer informações dos autores. Cada capítulo tem um resumo e um abstract, uma capa de abertura. Isso foi pensado para instigar e facilitar quando da pesquisa pelos temas abordados, e, nas páginas finais do livro, estão presentes informações detalhadas sobre os autores e autoras.

Essa coletânea, “Climatologia Geográfica: conceitos-métodos-experimentos”, em certa medida, resulta de um trabalho conjunto, um esforço dedicado à divulgação do conhecimento científico produzido por pesquisadores(as), por grupos de pesquisa brasileiros, que tem como objetivo e foco o estudo da Climatologia Geográfica no Brasil. Ela soma-se a outras duas já publicadas, a saber: “Concepções e ensaios da Climatologia Geográfica”^{*}, publicada no ano de 2012, e “Experimentos em Climatologia Geográfica”[†], de 2014. A primeira coletânea talvez seja o primeiro e-book da área e está disponível para download, a segunda foi impressa, não havendo versões digitais – infelizmente.

No diálogo profícuo foram selecionados dez textos, esses oriundos de pesquisas desenvolvidas em programas de pós-graduação em Geografia, atrelados a teses e dissertações defendidas ou em andamento. Os textos, assim, se configuram e materializam o trabalho desenvolvido em laboratórios de pesquisa, demonstrando, de alguma maneira, a relação posta entre orientandos e orientadores, e, em alguns casos, a importância da colaboração de terceiros na execução da pesquisa.

Os dez textos abrangem, assim, estudos da Climatologia Geográfica concebidos em todas as regiões brasileiras: cinco deles na região Sudeste; dois na Centro-Oeste; as regiões Sul, Nordeste e Norte comparecem representadas por um estudo, respectivamente, em cada uma delas. No final do livro, antes das informações sobre os(as) autores(as), é apresentado um cartograma no qual essa rica espacialidade se faz presente. Ao todo são nove laboratórios e programas de pós-graduação envolvidos. Agradeço ao professor e amigo Rafael Brugnolli Medeiros por me auxiliar na produção do cartograma.

O(A) leitor(a) ao ler os capítulos terá oportunidade de se deparar com conceitos e metodologias que abordam temas importantes para a Geografia, para a Climatologia Geográfica; esses dão conta de explicar e discutir o clima e o tempo a partir de vulnerabilidades socioespaciais, da abstração numérica e da íntima relação do clima com a sociedade. Poderá ser observada a importância do empírico e da inquirição na construção do conhecimento que alicerça a Climatologia Geográfica presente nos textos, condição a qual, reitero, de grande significado para esse momento.

^{*} SILVA, C. A.; FIALHO, E. S. (org.). Concepções e ensaios da Climatologia Geográfica. 1. ed. Dourados (MS): Editora da UFGD, v. 1, 2012, 402 p.

[†] SILVA, C. A.; FIALHO, E. S. (org.); STEINKE, E. T. (org.). Experimentos em Climatologia Geográfica. 1. ed. Dourados (MS): Editora da UFGD, v. 1, 2014, 391 p.

OS AGRADECIMENTOS

Início os agradecimentos registrando o gentil e generoso prefácio escrito pelo professor João Lima Sant’Anna Neto. Grato, *João*, essencialmente por acreditar nos meus projetos, em minhas ideias. Acredito que aquilo que pensamos só se realiza quando outros acreditam, e, neste sentido, estendo meus agradecimentos aos autores e autoras que escreveram os capítulos, os textos desta coletânea. Todos(as) colocaram aqui horas de trabalho dedicadas à pesquisa no campo da Climatologia Geográfica brasileira. Foi um privilégio organizar essa coletânea, tenham certeza.

Tenho que registrar, a coletânea foi idealizada no segundo semestre de 2021, no auge da pandemia COVID-19, as revisões e a editoração se deram durante o ano de 2022. Perdas se fizeram presente, muitos foram acometidos pela doença, incluindo alguns dos autores e autoras dos capítulos e seus familiares. O senso de responsabilidade, a generosidade, por escreverem e contribuírem com o livro em um momento tão difícil não pode ser esquecido; dá ao livro um significado ainda maior. O livro foi pensado, idealizado e executado frente a muitas adversidades, em um cenário de negação da ciência e no obscurantismo da negação – esse tempo, esse momento da história do Brasil, não pode ser esquecido jamais.

Meus agradecimentos à CAPES pelo fomento, oriundo do programa PROAP/CAPES. O financiamento para divulgação da pesquisa brasileira é tão importante quanto aquele necessário para sua execução. Agradeço também à instituição em que trabalho, a Universidade Federal da Grande Dourados, e ao Programa de Pós-graduação em Geografia, por me permitirem o exercício da docência e da pesquisa há mais de uma década. À TotalBooks pelo cuidado dedicado na editoração do livro e sua publicação.

Termino:

“Dia a dia, com forças que iam minguando, a miséria escalavrava mais a cara sórdida, e mais fortemente os feria com a sua garra desapiedada. Só talvez por um milagre iam aguentando tanta fome, tanta sede, tanto sol.”*

...e a isso complemento:

*Foram necessários quatro invernos
para enfim o florescer da primavera,
com ela veio o grito reprimido, e como ecoou esperança.
Primaveras sempre trazem consigo
tempos melhores.*

30 de outubro de 2022.
Charlei Aparecido da Silva.
Organizador.

* Trecho do romance “O Quinze” de Raquel de Queiroz, um romance sobre a força do povo nordestino frente às adversidades, as quais nem sempre são só climáticas. (QUEIROZ, Rachel de. O quinze. São Paulo: Siciliano, 1993, 149 p.).

O tempo e o clima se constituem, cada vez mais, como assuntos relevantes que a realidade tem nos confrontado e a ciência nos oferecido como grandes desafios da humanidade, neste primeiro quartel do século XXI.

Pensar a complexidade do clima neste tempo histórico em que vivemos, significa um árduo esforço teórico, metodológico e técnico, que todos os estudiosos que ousam tomá-lo como tema principal de suas pesquisas, precisam se debruçar e terem a coragem de inovar e propor perspectivas de análise que efetivamente possam contemplar, à altura, tamanho desafio.

Nas últimas décadas, o campo da Climatologia Geográfica vem se desenvolvendo de forma extraordinária. Tanto as novas perspectivas teóricas quanto a incorporação de novas tecnologias e linguagens matemáticas, têm elevado de forma significativa a linguagem do discurso e a qualidade da incorporação e manuseio das ferramentas geocartográficas.

Além disto, o aumento do número de cursos de Geografia e de universidades públicas, associado ao fato de que, agora, a imensa maioria dos docentes e pesquisadores da área de Climatologia nos cursos de graduação e pós-graduação em Geografia ser geógrafo, propiciou um aumento significativo de laboratórios, grupos de pesquisa e intercâmbio, o que tem propiciado uma melhoria incontestada, tanto da quantidade, como da qualidade da produção científica.

E é neste contexto que o geógrafo e amigo Charlei Aparecido da Silva organizou a presente obra “Climatologia Geográfica: conceitos-métodos-experimentos”. E não poderia ter sido outro, dada a sua capacidade de dialogar com as diversas “climatologias”, com todos os seus temas, e com pesquisadores de todas as regiões brasileiras.

Esta excelente coletânea nos brinda com a recente produção intelectual da climatologia geográfica brasileira, abordando diferentes temas como clima urbano, clima e saúde, clima regional, clima e turismo. Também nos oferece distintas ordens escalares, desde as escalas locais, até as regionais, incluindo perspectivas vinculadas a efeitos das mudanças climáticas.

Outro aspecto relevante contido nesta obra é a diversidade de métodos e o tratamento plural do clima, tanto como fenômeno físico quanto como construção social, ou, ainda, como linguagem que se utiliza de novas ferramentas tecnológicas e domínios matemáticos.

Trata-se, assim, de uma contribuição significativa à Climatologia Geográfica brasileira, organizada e tendo como autores colegas e pesquisadores experientes e com bagagem intelectual que dão consistência, pluralidade temática e singularidade a esta obra.

Que a leitura deste livro seja inspiradora e que suscite o debate acadêmico de alto nível.

*João Lima Sant’Anna Neto.
Porto, inverno de 2022.*

APRESENTAÇÃO.....	4
PREFÁCIO.....	7
A GEOGRAFIA E A FACE DA VULNERABILIDADE SOCIAL EM CUIABÁ-MT: QUEM SÃO E ONDE ESTÃO OS MAIS VULNERÁVEIS ÀS MUDANÇAS CLIMÁTICAS? <i>Aristóteles Teobaldo Neto</i> <i>Margarete Cristiane de Costa Trindade Amorim</i>	10
CLASSIFICAÇÃO DE USOS DA TERRA PARA DEFINIÇÃO DE ZONAS CLIMÁTICAS LOCAIS DA ÁREA URBANA NO DISTRITO FEDERAL – BRASIL <i>Mamedes Luiz Melo</i> <i>Wallace Vieira da Silva</i> <i>Ercília Torres Steinke</i> <i>Rafael Rodrigues da Franca</i> <i>Valdir Adilson Steinke</i>	33
CONDIÇÕES HIDROCLIMÁTICAS COMO FATORES DE RISCO DAS INTERNAÇÕES POR DIARREIA AGUDA EM MANAUS-AM <i>Marcela Beleza de Castro</i> <i>João Cândido André da Silva Neto</i> <i>Natasha Cíntia Regina Aleixo</i>	51
OS IMPACTOS DOS EVENTOS EXTREMOS DE CHUVA NO MUNICÍPIO DE PETRÓPOLIS-RJ: UM ESTUDO SOCIOAMBIENTAL SOBRE OS EVENTOS DE JANEIRO DE 2007 <i>Camila de Moraes Gomes Tavares</i> <i>Cássia de Castro Martins Ferreira</i>	72
EVENTOS OU EPISÓDIOS EXTREMOS DE PLUVIOSIDADE EM JUIZ DE FORA-MG: UMA INVESTIGAÇÃO A PARTIR DOS MESES PADRÃO <i>Thiago Alves de Oliveira</i> <i>Fabio Sanches</i> <i>Cássia de Castro Martins Ferreira</i>	92
A OCORRÊNCIA DE ILHA DE CALOR EM TAUBATÉ-SP <i>Guilherme Luis Barduco</i> <i>Emerson Galvani</i>	111
O CAMPO TÉRMICO EM SITUAÇÕES SAZONAIS DE PRIMAVERA E VERÃO EM CIDADE LITORÂNEA: ESTUDO DE CASO NO SETOR NORDESTE DE VITÓRIA-ES <i>Maria Luisa Monks de Paula</i> <i>Edson Soares Fialho</i>	126

ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DOS TIPOS DE TEMPO PARA TURISMO DE SOL E PRAIA NO LITORAL DO RIO GRANDE DO SUL <i>Ricardo Brandolt</i> <i>Erika Collischonn</i>	147
PADRÃO HABITUAL E EXCEPCIONAL DAS CHUVAS NA REGIÃO AGRESTE DA BORBOREMA <i>Gabriel de Paiva Cavalcante</i> <i>Marcelo de Oliveira Moura</i> <i>Daisy Beserra Lucena</i>	164
MODELOS MATEMÁTICOS E O PREENCHIMENTO DE FALHAS: A AVALIAÇÃO DE DENSIDADE DA REDE PLUVIAL DA REGIÃO CENTRO-SUL DE MATO GROSSO DO SUL <i>Lorrane Barbosa Alves</i> <i>Charlei Aparecido da Silva</i>	184
SOBRE OS AUTORES	199
ÍNDICE REMISSIVO	205

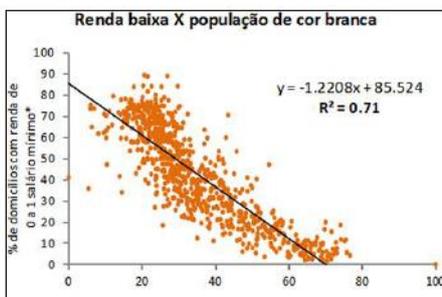
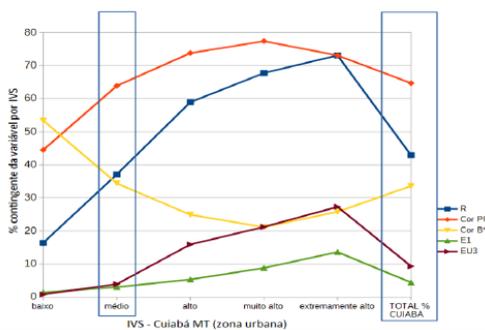
A GEOGRAFIA E A FACE DA VULNERABILIDADE SOCIAL EM CUIABÁ-MT: QUEM SÃO E ONDE ESTÃO OS MAIS VULNERÁVEIS ÀS MUDANÇAS CLIMÁTICAS?

Aristóteles Teobaldo Neto

Margarete Cristiane de Costa Trindade Amorim

RESUMO

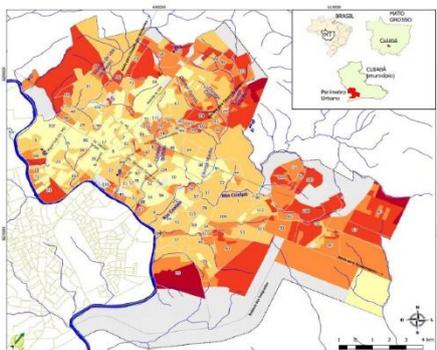
As mudanças climáticas têm provocado eventos extremos cada vez mais letais. Em uma sociedade desigual, os mais vulneráveis sofrem os danos mais severos. O objetivo deste trabalho foi diagnosticar a vulnerabilidade social em Cuiabá-MT, baseada nos dados do Censo Demográfico (2010) e na aplicação de técnicas estatísticas de Análise Fatorial. Concluiu-se que os pobres e negros são os mais vulneráveis, mas dentro desse grupo, as mulheres, as crianças e os idosos representam a face mais extrema da vulnerabilidade social que é maior na periferia e às margens de córregos e rios urbanos. A metodologia empregada pode ser aplicada em todas as cidades brasileiras.



GEOGRAPHY AND THE FACE OF SOCIAL VULNERABILITY IN CUIABÁ-MT: WHO AND WHERE ARE THE MOST VULNERABLE TO CLIMATE CHANGE?

ABSTRACT

Climate change has led to increasingly lethal extreme events. In an unequal society, the most vulnerable suffer the most severe damage. The aim of this paper was to diagnose social vulnerability in Cuiabá-MT, based on data from the Demographic Census (2010) and on the application of Factor Analysis, a statistical technique. It was concluded that the poor and black people are the most vulnerable, but within this group, women, children and the elderly represent the extreme face of social vulnerability, which is greater in the periphery and on the banks of urban streams and rivers. The methodology used can be applied in all Brazilian cities.



INTRODUÇÃO

Cresem, em todo o mundo, as preocupações com as mudanças climáticas que têm provocado desastres e eventos extremos cada vez mais letais. Considerando-se os atingidos, no Brasil, a maioria dos ditos desastres naturais está relacionada ao clima, conforme se descrevem os tipos e percentuais de atingidos: estiagem e seca (51%), enxurradas (21%), inundação (12%), vendavais (7%), granizo (4%), movimento de massa (1,8%), erosão (1%). Estiagem e seca são os que mais atingem a população, mas os mais letais são as enxurradas, inundações e movimentos de massa (UFSC, 2013).

Portanto, a ciência do risco pressupõe o conhecimento dos sistemas naturais que representam a ameaça, bem como do sistema social, que está suscetível ao dano.

Veyret (2015) admite que o risco, objeto social, define-se como a percepção do perigo, da catástrofe possível. Ele existe apenas em relação a um indivíduo e a um grupo social.

Cunha e Leal (2012) admitem que o Risco (R) é resultado da interação complexa entre a Perigosidade (ou Perigo) e a Vulnerabilidade ($R = P \times V$)*. A *Perigosidade* ou *Perigo* é um termo da língua portuguesa, definido por Julião *et al.* (2009, p. 21) como a “probabilidade de ocorrência de um processo ou acção [sic] (natural, tecnológico ou misto) com potencial destruidor (ou para provocar

danos) com uma determinada severidade, numa dada área e num dado período de tempo”. Em outros idiomas, o conceito Perigosidade corresponde a *Hazard* (inglês), *Álea* (francês) ou *Ameñaza* (espanhol).

Por muito tempo as abordagens clássicas negligenciaram a dimensão social do risco, que só vinha a ser (mal) conhecida após uma catástrofe. Mendes *et al.* (2011, p. 95) afirmam que “historicamente, o conceito de vulnerabilidade social emergiu como uma crítica explícita aos paradigmas dominantes e convencionais de análise dos desastres”.

Pela tendência de aglomeração de pessoas, os espaços urbanos aumentam o risco, mas muitos fatores que dependem do modelo desigual de produção do espaço tornam a equação do risco um tanto complexa, mas não impossível de ser estimada. Wisner *et al.* (2003) consideraram que há uma causa estrutural, há fatores e processos econômicos e políticos que intensificam o efeito destrutivo dos perigos, pelas vulnerabilidades que produzem. Esses processos determinam a distribuição desigual de recursos e oportunidades entre os diferentes grupos sociais. Assim, o acesso a recursos como terra, água, moradia, renda, educação, informação etc. não está disponível de forma equitativa a todos os grupos sociais. A exposição das pessoas ao risco difere de acordo com a classe (caracterizada por variáveis como renda, local de moradia e modo de vida), bem como com o perfil social (gênero, etnia, faixa etária, deficiência física ou mental, *status* de imigração, e assim por diante).

* R = Risco. P = Perigo. V = Vulnerabilidade.

Para entender os desastres, devemos conhecer não apenas os tipos de riscos que podem afetar as pessoas, mas também os diferentes níveis de vulnerabilidade de diferentes grupos sociais. Essa vulnerabilidade é determinada não por forças naturais, mas pelos sistemas sociais e de poder. Isso precisa ser entendido no contexto dos sistemas políticos e econômicos que operam nas escalas nacionais e até internacionais (Wisner *et al.*, 2003, p. 7, tradução nossa).

Cutter e Emrich (2006, p. 103) compreendem a vulnerabilidade social como produto das desigualdades sociais, que sujeitam a população às perdas causadas por ameaças (e perigos) de qualquer natureza. Como produto dos processos dinâmicos geradores da vulnerabilidade, o problema se coloca de forma complexa, problemática e multidimensional.

Em países ditos subdesenvolvidos, onde as desigualdades sociais são agravadas, esse diagnóstico torna-se mais relevante, pois o desconhecimento da realidade social pode levar à subestimação das perdas, conforme apontam Cutter *et al.* (2003, p. 243, tradução nossa):

As vulnerabilidades, socialmente produzidas, são amplamente ignoradas, principalmente devido à dificuldade em quantificá-las, o que também explica por que as perdas sociais normalmente estão ausentes nos relatórios de estimativas de custos e perdas pós-desastre.

Hummel, Cutter e Emrich (2013) identificaram a falta de indicadores que retratem a vulnerabilidade social no Brasil na escala intermunicipal. Com o objetivo de oferecer uma contribuição que cobrisse esta

lacuna, aplicaram o método *Social Vulnerability Index - SoVI*[®] aos municípios de todo o território brasileiro, baseado nos dados do Censo Demográfico 2010 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão), Ministério da Saúde (2011) e Ministério da Assistência e Previdência Social (2010). Concluíram que a maioria dos municípios brasileiros apresenta níveis médios de vulnerabilidade. De maneira geral, as regiões Norte e Nordeste concentram os municípios mais vulneráveis, e as regiões Sul e Sudeste, os municípios com menor vulnerabilidade social.

Apesar desta relevante e inédita contribuição, ela se limita à escala do município. Porém, em função das grandes desigualdades socioespaciais que caracterizam a geografia latino-americana, pode haver significativas variações de vulnerabilidades sociais dentro de um mesmo município.

Se, por um lado, não se vislumbra um projeto de um novo modelo de desenvolvimento econômico e social que, ao menos, cesse a produção de vulnerabilidades; por outro, os organismos intergovernamentais do atual sistema desejam, ao menos, ter algum controle ou monitoramento. Nesse contexto, a ONU tem demandado dos países membros medidas de aumento da resiliência das comunidades e redução dos riscos e vulnerabilidades (UNITED NATIONS, 2015).

O Brasil não dispõe de um indicador de vulnerabilidade social em escala de detalhe que represente as desigualdades intraurbanas

existentes, apesar de a maior parte da população (84,9%) viver nas cidades (IBGE, 2010), e de ter a história da urbanização marcada pelas desigualdades.

Assim, esta pesquisa se justifica, por oferecer uma proposta que visa ocupar um espaço nessa lacuna. Para tanto, foi realizado um estudo de caso em Cuiabá-MT demonstrando a potencialidade da metodologia alcançar os resultados desejados, se empregada em qualquer município do país, usando a mesma base de dados. Para tanto, foram definidos como objetivos: desenvolver uma metodologia para avaliação espaço-temporal da vulnerabilidade social nos espaços urbanos do Brasil; aplicar a metodologia no espaço urbano de Cuiabá - Mato Grosso (Brasil) e discutir os principais resultados.

Com população estimada em 623 mil habitantes (IBGE, 2021), em posição geocêntrica na América do Sul, na latitude 15° Sul e longitude 56° Oeste, a uma distância de mais de 1.300 quilômetros do litoral, Cuiabá tem suas características climáticas marcadas pela continentalidade. Do ponto de vista da umidade, tem-se um período mais seco (maio a setembro) e um período chuvoso (novembro a março). Com relação às temperaturas, destaca-se a atuação da FPA* quando alcança o estado, geralmente em episódios nos meses de junho e julho. Ela provoca o fenômeno da “friagem” que dura poucos dias e provoca forte queda nas temperaturas. É importante destacar que a cidade possui elevadas temperaturas em praticamente todos os

meses do ano, mas são nos meses de setembro e outubro que se verificam os dias mais quentes, quando as temperaturas máximas podem atingir 42 °C. Neste período, a situação do desconforto térmico é agravada pela baixa umidade. Os ventos fracos que predominam com índices médios de 1,5 m/s (5,4 km/h) são ineficientes para amenizar o desconforto térmico (MAITELLI, 2005).

METODOLOGIA

A distribuição desigual de recursos e oportunidades pode ser avaliada a partir de alguns indicadores sociais. O Censo Demográfico é o maior banco de dados universal com cobertura nacional e disponibilidade de dados ao nível do setor censitário. A diversidade de variáveis relacionadas à vulnerabilidade social poderia ser diretamente observada, porém as análises tornar-se-iam demasiadamente redundantes e exaustivas, além da dificuldade de identificar, enfim, se existem e quais seriam as variáveis (ou dimensões) mais relevantes.

A técnica estatística de Análises Fatoriais é um recurso que torna os dados observados mais facilmente interpretáveis. Pestana e Gagueiro (2014) admitem que o objetivo principal da Análise Fatorial é permitir a redução de um conjunto de variáveis correlacionadas entre si, em um pequeno número de fatores (ou também chamado de componentes) que as resumem, facilitando a sua interpretação e permitindo a sua representação em um espaço dimensional.

* Frente Polar Atlântica.

Com o maior interesse das ciências em geral, voltados para o tema muitos pesquisadores se dedicaram a desenvolver indicadores baseados em análises estatísticas que possibilitam análises mais complexas, porém, com mais poder explicativo acerca dos diferentes fatores de vulnerabilidade social. Entre eles, um dos mais referenciados é o *Social Vulnerability Index - SoVI*^{**} de Cutter *et al.* (2003). Destacam-se também as aplicações de Almeida (2010), Freitas e Cunha (2013), Hummel *et al.* (2013), Nayak *et al.* (2018) e Zucherato (2018). Com base no conhecimento e critérios utilizados por esses pesquisadores, foi feita uma adaptação para o estudo de caso em questão, onde foram selecionadas 37 variáveis indicativas de desvantagens sociais, distribuídas em 10 categorias da vulnerabilidade social: densidade demográfica,

cor/etnia, faixa etária, pobreza, habitação, saneamento básico, estrutura urbana, gênero, educação e saúde (Quadro 1).

As etapas de construção do Índice de Vulnerabilidade Social em Cuiabá-MT estão descritas nas 7 (sete) etapas a seguir:

1. Ponderação, relativização em percentuais e moderação das variáveis na lógica de que, quanto maiores os valores, maior a vulnerabilidade social.
2. Execução da Análise Fatorial no software IBM-SPSS[®] (Statistical Package for the Social Science), que gera automaticamente um valor (*score fatorial*) para cada setor censitário, em cada fator extraído, conforme a equação 1:

$$IVS (F1, F2, F3 e F4) = (Z1*CV) + (Z2*CV) + (Z3*CV) + \dots + (Z12*CV) \quad (1)$$

Onde:

IVS – Índice de Vulnerabilidade Social. É o índice numérico gerado no processo de Análise Fatorial para cada setor censitário, em cada fator extraído.

Z – Refere-se ao valor estandardizado de cada uma das 12 variáveis representativas utilizadas.

Z (1 a 12) = $X_i - X / DP$.

X_i – Contingente de determinada variável por setor censitário (Z_1 a Z_{12}).

X – Média de determinada variável, considerando-se o recorte utilizado (zona urbana).

DP – Desvio padrão de determinada variável, considerando-se o recorte utilizado (zona urbana).

CV – Carga por Variável na matriz de coeficiente de *score* por fator (valores extraídos na Análise Fatorial – Tabela 1[†]).

* “Trata-se de uma avaliação quantitativa das características que influenciam a vulnerabilidade social aos riscos e facilita a comparação entre unidades geográficas [...] Os perfis socioeconômicos são gerados a partir da informação dos censos e submetidos a um procedimento estatístico para reduzir o número de variáveis a um conjunto menor de fatores que descrevem a vulnerabilidade.” (CUTTER *et al.*, 2003 *apud* CUTTER, 2011).

† Conforme a Tabela 1, os valores considerados foram de 26,1% (fator 1), 17,8% (fator 2), 15,9% (fator 3), 12,5% (fator 4) e 9,2% (fator 5).

Quadro 1 - Categorias e variáveis aplicáveis na elaboração do Índice de Vulnerabilidade Social para setores urbanos de municípios brasileiros.

Categorias	Fundamentação	Variáveis que contribuem para aumentar a vulnerabilidade (IBGE, 2010)	Fonte
1. Estrutura familiar	Famílias com grande número de dependentes ou com apenas um responsável, frequentemente têm limitados recursos financeiros para cuidar de todos os membros dependentes. Isso afeta a resiliência e a recuperação dos perigos.	1. Domicílios com 7 ou mais moradores	Blaikie <i>et al.</i> (1994), Morrow (1999), Heinz Center for Science, Economics, and the Environment (2000), Puente (1999).
2. Cor/etnia	Barreiras culturais e relacionadas ao idioma afetam o acesso a financiamentos pós-desastre. No Brasil, pessoas de cor preta, parda e indígena estão incluídas em políticas públicas afirmativas para correção da desigualdade social.	2. Pessoas de cor preta, parda e indígena	Pulido (2000), Peacock, Morrow, and Gladwin (1997, 2000), Bolin with Stanford (1998), Bolin (1993). Brasil (Lei 12711 de 2012), Daflon <i>et al.</i> (2013).
3. Faixa etária	Os idosos e crianças são os grupos etários que apresentam maior dificuldade de mobilidade diante de um perigo. Além disso, tendem a apresentar quadro de saúde mais debilitado. Os idosos, provavelmente em função de morbididades pré-existentes, são mais propensos a serem afetados por doenças associadas a eventos extremos de calor. O isolamento social é outro fator que aumenta a vulnerabilidade do idoso.	3. Pessoas de 0 a 18 anos* 4. Pessoas de 60 anos ou mais de idade** 5. Idosos responsáveis por domicílio (mais de 60 anos)	Cutter, Mitchell, and Scott (2000), O'Brien and Mileti (1992), Hewitt (1997), Ngo (2001), NAYAK <i>et al.</i> (2018).
4. Pobreza	Trata da habilidade para lidar com perdas e aumentar a resiliência diante de perigos. A disponibilidade de alta renda permite que a comunidade absorva e se recupere de impactos mais rapidamente devido à rede de proteção como seguros, seguridade social e programas de benefícios. O contrário, as condições de baixa renda impedem a adequação da estrutura domiciliar com equipamentos de redução do calor, tais como espaços verdes, piscina, ar-condicionado, etc.	6. Domicílios com rendimento mensal domiciliar per capita de 0 a 1 salário mínimo (SM)	Cutter, Mitchell, and Scott (2000), Burton, Kates, and White (1993), Blaikie <i>et al.</i> (1994), Peacock, Morrow, and Gladwin (1997, 2000), Hewitt (1997), Puente (1999), Platt (1999), NAYAK <i>et al.</i> (2018).
5. Habitação e condições de moradia	O valor, a qualidade e a densidade das habitações determinam maiores ou menores perdas e condições de recuperação. O tipo de material construtivo interfere no conforto térmico. Paredes grossas de alvenaria tendem a garantir mais conforto térmico que paredes finas com outros tipos de revestimentos. A condição de ocupação também permite inferir acerca da vulnerabilidade. Geralmente, os proprietários são aqueles que dispõem de recursos financeiros para ter sua própria habitação e garantir seguro residencial contra perigos. Por isso, a condição de não propriedade do imóvel tende a aumentar a vulnerabilidade.	7. Total de domicílios particulares improvisados 8. Domicílios próprios em aquisição 9. Domicílios cedidos por empregador 10. Domicílios cedidos de outra forma 11. Domicílios em outra condição de ocupação (não são próprios, alugados, nem cedidos) 12. Domicílios sem energia elétrica 13. Domicílios com moradia semiadequada 14. Domicílios com moradia inadequada 15. Domicílios em Aglomerados Subnormais AGSN (IBGE)	Heinz Center for Science, Economics, and the Environment (2000), Cutter, Mitchell, and Scott (2000), Morrow (1999) and Bolin and Stanford (1991).
6. Saneamento básico	Segundo a Pesquisa Nacional de Saneamento (IBGE, 2008), pouco menos da metade dos municípios brasileiros não tinham serviços de esgotamento sanitário por rede coletora (o apropriado) e metade destinava os resíduos sólidos a lixões a céu aberto (inadequado). A ausência de Saneamento Básico (disponibilidade dos serviços de tratamento da água, esgoto e coleta de lixo) acarreta poluição dos recursos hídricos e do solo que afeta a saúde da população, principalmente aumento da mortalidade infantil. Assim, considera-se que a deficiência em Saneamento Básico contribui com o aumento da vulnerabilidade social.	16. Domicílios SEM abastecimento de água da rede geral 17. Domicílios com banheiro de uso exclusivo dos moradores ou sanitário SEM esgotamento sanitário via rede geral de esgoto pluvial ou fossa séptica 18. Domicílios particulares permanentes sem banheiro de uso exclusivo dos moradores e nem sanitário 19. Domicílios com lixo não coletado	Pesquisa Nacional de Saneamento, PNSB (IBGE e Ministério das Cidades, 2008).
7. Estrutura urbana	A qualidade da infraestrutura urbana pode ser avaliada a partir das características da circulação (existência de identificação de logradouro, iluminação pública, pavimentação, calçada, meio fio, bueiro e rampa para cadeirante) e do meio ambiente (arborização, esgoto a céu aberto e lixo acumulado nas ruas). A ausência dos atributos de circulação causa dificuldade de mobilidade que pode prejudicar tanto a fuga como o atendimento de serviços de saneamento básico, como coleta de lixo. A ausência da arborização (vegetação) sugere ambientes mais quentes e de maior intensidade das Ilhas de Calor Urbana. A existência de lixo acumulado nos logradouros e esgoto a céu aberto são fortes indicativos do aumento da vulnerabilidade.	20. Domicílios sem Identificação de Logradouros (na rua) 21. Domicílios sem Iluminação Pública (na rua) 22. Domicílios sem Pavimentação (na rua) 23. Domicílios sem Calçada (na rua) 24. Domicílios sem Meio fio Guia (na rua) 25. Domicílios sem Bueiro/boca de lobo (na rua) 26. Domicílios sem Rampa para cadeirante (na calçada) 27. Domicílios sem Arborização (na calçada) 28. Esgoto a Céu Aberto 29. Lixo acumulado nos logradouros	Censo Demográfico 2010 (IBGE).
8. Gênero	Mulheres podem ter mais dificuldades de recuperação pós-desastre do que os homens, devido ao emprego em setores específicos, baixos salários e mais responsabilidade de cuidados com a família; portanto, o gênero aumenta a vulnerabilidade.	30. Domicílios com moradoras do sexo feminino 31. Pessoas responsáveis do sexo feminino 32. Crianças responsáveis pelo domicílio, do sexo feminino 33. Adolescentes responsáveis pelo domicílio, do sexo feminino 34. Idosas responsáveis por domicílios particulares	Blaikie <i>et al.</i> (1994), Enarson e Morrow (1998), Enarson e Scanlon (1999), Morrow e Phillips (1999), Fothergill (1996), Peacock, Morrow, e Gladwin (1997, 2000), Hewitt (1997), e Cutter (1996).
9. Educação	A educação está relacionada ao status socioeconômico. Quanto maior o nível educacional, maior o ganho em expectativa de vida. Baixos níveis de educação limitam a habilidade para entender avisos de advertência e alarmes, bem como o acesso à informação para recuperação. A disponibilidade de estabelecimento de ensino reduz a vulnerabilidade, na medida em que facilita o acesso à educação.	35. Pessoas NÃO alfabetizadas com 7 ou mais anos de idade 36. Déficit de estabelecimentos de ensino (CNEFE/IBGE, 2010)	Heinz Center for Science, Economics, and the Environment (2000).
10. Saúde	Prestadores de serviços de saúde, incluindo médicos, lares de idosos e os hospitais são importantes fontes de alívio pós-eventos catastróficos. A falta de proximidade de serviços médicos prolongará a assistência e recuperação diante de desastres. A variável de ausência de estabelecimentos de saúde foi usada como indicador de maior vulnerabilidade.	37. Déficit de estabelecimentos de saúde (CNEFE/IBGE, 2010)	Heinz Center for Science, Economics, and the Environment (2000), Morrow (1999), e Hewitt (1997).

Fonte: Adaptado de Cutter, Boruff and Shirley (2001); Heinz Center for Science, Economics and the Environment (2002). Censo Demográfico e Cadastro Nacional de Endereços para Fins Estatísticos/CNEFE do IBGE (2010) e Pesquisa Nacional de Saneamento Básico do IBGE e Ministério das Cidades (2008).

*Estatuto da Criança e do Adolescente - LEI Nº 8.069, DE 13 DE JULHO DE 1990. ** Estatuto do Idoso. LEI Nº 10.741, DE 1º DE OUTUBRO DE 2003.

Tabela 1 - Total de variância explicada na segunda Análise Fatorial com 12 variáveis. Cuiabá-MT (setores urbanos, 2010).

Fatores	Cargas fatoriais iniciais			Fatores extraídos (carga fatorial a partir de 0,97)			Fatores extraídos rotacionados		
	Total	% da variância	% da variância acumulada	Total	% da variância	% da variância acumulada	Total	% da variância	% da variância acumulada
1	4,82	40,15	40,15	4,82	40,15	40,15	3,14	26,16	26,16
2	1,73	14,46	54,60	1,73	14,46	54,60	2,13	17,79	43,94
3	1,45	12,08	66,68	1,45	12,08	66,68	1,91	15,94	59,88
4	0,97	8,12	74,80	0,97	8,12	74,80	1,50	12,50	72,38
5	0,82	6,81	81,61	0,82	6,81	81,61	1,11	9,23	81,61
6	0,64	5,33	86,94						
7	0,50	4,19	91,13						
8	0,34	2,83	93,96						
9	0,29	2,39	96,35						
10	0,20	1,64	97,99						
11	0,16	1,35	99,34						
12	0,08	0,66	100,00						

Fonte: elaborado pelos autores a partir de dados do Censo Demográfico IBGE, 2010.

Método de extração dos fatores principais: Análises de Componentes Principais, realizadas no software de estatística *IBM SPSS*.

3. Adequabilidade dos dados: índice *Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adquacy (KMO)* acima de 0,5; limiar de 0,8 para avaliação de redundâncias nas análises de multicolinearidade; aplicação da técnica de *Análise de Componentes Principais*; carga fatorial acima de 0,9 e variância acumulada acima de 60%; aplicação da rotação de fatores *Varimax*; exclusão das variáveis com baixos valores de comunalidades (igual ou abaixo de 0,7) (HAIR *et al.*, 2006; PESTANA e

GAGUEIRO, 2014; FIGUEIREDO FILHO e SILVA JÚNIOR, 2010).

4. Após a exclusão das variáveis em desacordo com os requisitos estabelecidos, realiza-se nova análise fatorial e verificam-se se os parâmetros são aceitáveis.

5. Interpretação dos fatores resultantes, identificando as variáveis determinantes da vulnerabilidade em cada fator, bem como a porcentagem de variância explicada.

6. Ponderação e geração do IVSU: ao final, em cada setor censitário, os *scores fatoriais* de cada fator extraído são ponderados pela porcentagem de variância explicada e têm os valores somados, resultando num único *score* que corresponde ao IVS.
7. Integração das bases: no SIG QGIS, essa base alfanumérica foi integrada à base gráfica (*shp*) por meio do código de setor censitário, atributo comum entre as duas bases de dados; nesse SIG foi aplicada a técnica *natural breaks* para a formação de grupos de setores homogêneos, divididos em índices que variaram de “muito baixo”, “baixo”, “médio”, “alto”, “muito alto” e “extremamente alto” IVS, resultando nos mapa-índice de cada fator extraído, bem como no mapa-índice da vulnerabilidade social da área urbana de Cuiabá, Mato Grosso, Brasil.

RESULTADOS

Os fatores determinantes da vulnerabilidade social na zona urbana de Cuiabá

A aplicação da técnica estatística reduziu de 37 para 12 variáveis representativas, destacadas em negrito no Quadro 1 (2, 3, 4, 6, 14, 17, 19, 22, 29, 31, 33 e 35). A razão casos/variáveis foi de 64,6 (775 setores censitários/12 variáveis). O KMO foi de 0,806, considerado *bom*. Também foram identificados 8 casos de colinearidades acima de 0,8 que indicam redundância.

Estatisticamente, é recomendável eliminar todas as variáveis com forte correlação, mas o pesquisador deve considerar outros aspectos como relevância da variável para o contexto da vulnerabilidade. A segunda análise fatorial, com base nessas 12 variáveis, resultou em KMO de 0,792.

Quanto ao número de fatores necessários para descrever os dados, Pestana e Gagueiro (2014) admitem que esse dado pode ser obtido a partir dos dados observados na tabela de variância explicada (Tabela 1). Para número de variáveis menor ou igual a 30, a recomendação é usar o critério de *Kaiser*, pelo qual são escolhidos os fatores cujos valores próprios tenham variância explicada superior a 1 (*initial eigenvalues* >1). Considerando-se essa recomendação, e observando-se os resultados, foram retidos os 4 primeiros fatores cujas cargas fatoriais estão acima de 0,97 e a soma acumulada explica 74,8% da variabilidade total.

Na Tabela 2 são apresentadas as cargas de cada fator em cada variável, conforme a rotação *varimax*. A ordem dos fatores indica uma importância hierárquica. De acordo com Pestana e Gagueiro (2014, p. 518),

as Componentes Principais são calculadas por ordem decrescente de importância, isto é, a primeira explica a máxima variância dos dados, a segunda a máxima variância seguinte ainda não explicada pela primeira, e assim sucessivamente. A última componente será a que menos contribui para a explicação da variância total dos dados.

Do ponto de vista estatístico, a interpretação da matriz de fatores

rotacionados (Tabela 2) é feita observando-se em qual ou quais variáveis sua carga é maior. Do ponto de vista geográfico, essa interpretação permite identificar quais são os principais fatores que explicam a vulnerabilidade social. Em ordem de relevância, o **fator 1**, que explica 40,15% da variância, está relacionado à vulnerabilidade em função da pobreza, contingente de pessoas de cor preta/parda e déficit

educacional. O **fator 2**, que explica 14,46% da variância, está relacionado à vulnerabilidade em função da **baixa expectativa de vida** e do **contingente de crianças**. O **fator 3**, que explica 12,08% da variância, está relacionado à vulnerabilidade em função da precariedade de **moradia** e **saneamento básico**. Enfim, o **fator 4**, que explica 8,12% da variância, está relacionado à vulnerabilidade em função do **gênero feminino**.

Tabela 2 - Matriz de componentes (fatores) rotacionados na segunda Análise Fatorial com 12 variáveis em Cuiabá-MT (setores urbanos, 2010)*.

VARIÁVEIS	1	2	3	4
R - Domicílios com rendimento mensal domiciliar per capita de até 1 salário mínimo (SM)	0,90	0,33	0,07	0,03
C - Pessoas de cor preta, parda e indígena	0,89	0,17	-0,03	0,04
E1 - Pessoas NÃO alfabetizadas com 7 ou mais anos de idade	0,81	0,16	0,29	-0,01
I1 - Pessoas de 0 a 18 anos*	0,68	0,64	0,09	-0,00
EU3 - Domicílios sem Pavimentação (na rua)	0,51	0,63	0,17	-0,05
SB2 - Domicílios com banheiro de uso exclusivo dos moradores ou sanitário SEM esgotamento sanitário via rede geral de esgoto pluvial ou fossa séptica	0,20	0,57	0,25	-0,12
SB4 - Domicílios com lixo não coletado	0,15	0,12	0,91	-0,05
EU10 - Lixo acumulado nos logradouros	0,12	0,11	0,02	0,03
H9 - Domicílios com moradia inadequada	0,06	0,03	0,94	-0,01
G2 - Pessoas responsáveis do sexo feminino	0,02	-0,28	-0,08	0,83
G4 - Adolescentes responsáveis pelo domicílio, do sexo feminino	0,02	0,20	0,02	0,88
I2 - Pessoas de 60 anos ou mais de idade**	-0,26	-0,84	0,04	-0,03
PERCENTUAL DE EXPLICAÇÃO (%):	40,15	14,46	12,08	8,12
TOTAL	74,79%			

Fonte: elaborado pelos autores a partir de dados do Censo Demográfico IBGE, 2010.

Método de rotação: *Varimax* com normalização *Kaiser*.

* Rotação convergida em 6 iterações. Análises estatísticas realizadas no software de estatística IBM SPSS.

Schmidtlein *et al.* (2008) apresentaram 3 possibilidades para o cálculo final do índice

de vulnerabilidade social: 1) Soma simples dos *scores*; 2) uso do fator 1, porque é o que

melhor explica a variabilidade geral dos dados; ou 3) soma ponderada pela carga de variância explicada em cada fator.

Pelos resultados muito discrepantes da carga de variância entre os quatro fatores extraídos (40%, 14,4%, 12% e 8%), considera-se que as melhores opções estariam entre o

uso do fator 1, ou o uso da soma ponderada pela carga diferenciada de variância entre os fatores.

Feita a última opção, foi gerado um Índice de Vulnerabilidade Social (IVS) por setor censitário, ponderado pela carga diferenciada de cada fator, conforme a equação 2:

$$IVS = IVf1*(Var f1=26,15\%) + IVf2*(Var f2=17,78\%) + IVf3*(Var f3=15,93\%) + IVf4*(Var f4=12,49\%) \quad (2)$$

Onde:

IVS = Índice de Vulnerabilidade Social

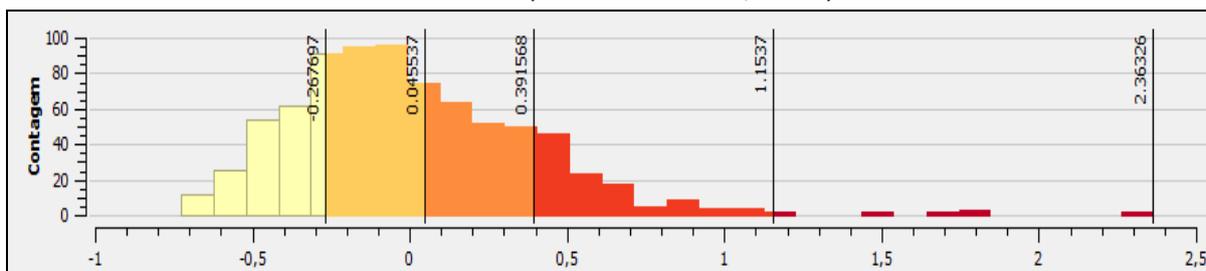
IVf1 = Índice de Vulnerabilidade do fator (1, 2, 3 e 4)

Var f = Variância do fator

O resultado variou de -0,73 (setor de menor IVS) a 2,36 (setor de maior IVS), distribuídos em cinco grupos conforme a técnica de “quebras naturais”. O gráfico da Figura 1 apresenta o histograma da

distribuição de setores por nível de vulnerabilidade: 1 (-0,7 a -0,26); 2 (-0,26 a 0,04); 3 (0,04 a 0,39); 4 (0,39 a 1,15) e 5 (1,15 a 2,36).

Figura 1 - Histograma da distribuição de setores por classe de vulnerabilidade social: Cuiabá-MT (setores urbanos, 2010).



Fonte: Elaborado pelos autores a partir de Análises Fatoriais sobre variáveis do Censo Demográfico, IBGE, 2010.

Fator 1 – A vulnerabilidade em função da pobreza, contingente de pessoas preta/parda e déficit educacional

Considerando-se que as desigualdades sociais determinam o nível de variação do Índice de Vulnerabilidade Social (IVS), uma forma de “medir” a dimensão dessa desigualdade é comparar a ocorrência

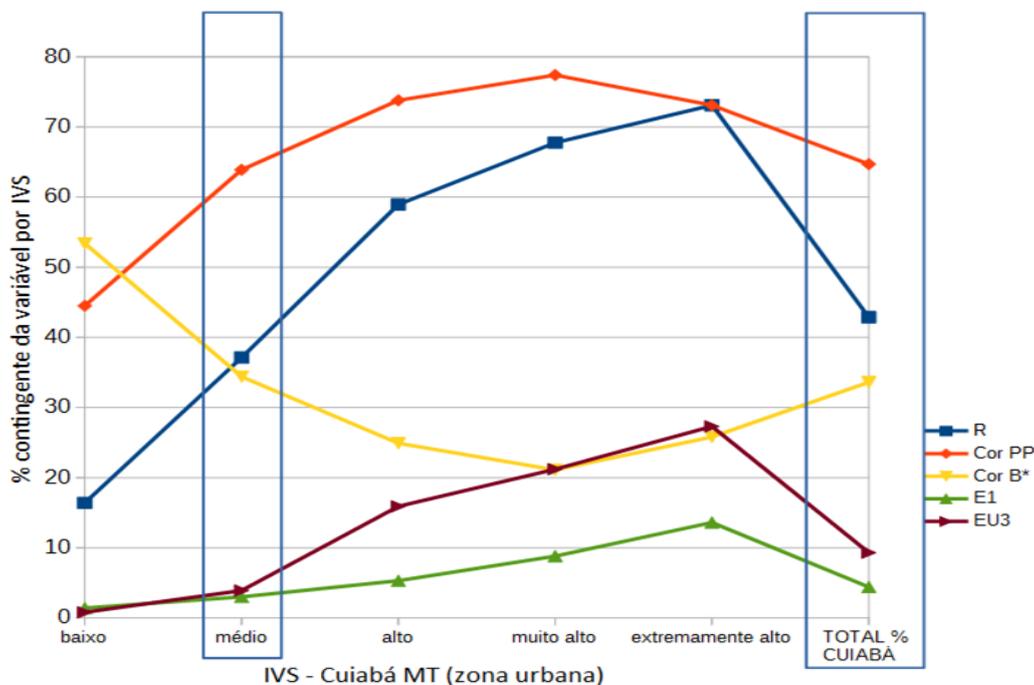
relativa (%) das variáveis em cada estrato de vulnerabilidade com a ocorrência relativa (%) das variáveis para a totalidade da cidade de Cuiabá. Quanto maior a distância, maior a desigualdade. O gráfico da Figura 2 apresenta o contingente percentual de cinco variáveis para a totalidade dos setores urbanos (coluna

Total Cuiabá) e separado por níveis de vulnerabilidade social (demais colunas).

Quando os setores urbanos são agregados por níveis de vulnerabilidade social, constata-se que as ocorrências das variáveis indicativas de desvantagens sociais são mais elevadas nos setores de ‘alto’, ‘muito alto’ e

‘extremamente alto’ IVS, comparadas às ocorrências das mesmas variáveis no total da cidade. O contrário acontece quando se compara o contingente da população de cor branca (Cor B*). A ocorrência nos setores mais vulneráveis (maior IVS) é sempre inferior que o total da cidade.

Figura 2 - Ocorrência (%) das variáveis determinantes no Fator 1, por IVS, comparada com a ocorrência das variáveis para a totalidade da cidade de Cuiabá MT.



Variáveis e autovalor no Fator 1

R - Renda mensal domiciliar per capita de 0 a 1 salário mínimo

Cor B* - Cor Branca (não usada na Análise Fatorial)

Cor PP - Cor Preta e Parda

E1 - População com 7 ou mais anos de idade NÃO alfabetizada

EU3 - Domicílios sem pavimentação na rua

Fonte: elaborado pelos autores a partir de dados do Censo Demográfico do IBGE, 2010.

Nos setores de “baixo” IVS, apenas 16,4% dos domicílios possuem renda de 0 a 1 salário mínimo per capita mensal, 44,5% da população são de cor preta/parda e outros

53,4% são de cor branca. Apenas 1,4% da população não é alfabetizada e menos de 1% dos domicílios não conta com rua pavimentada.

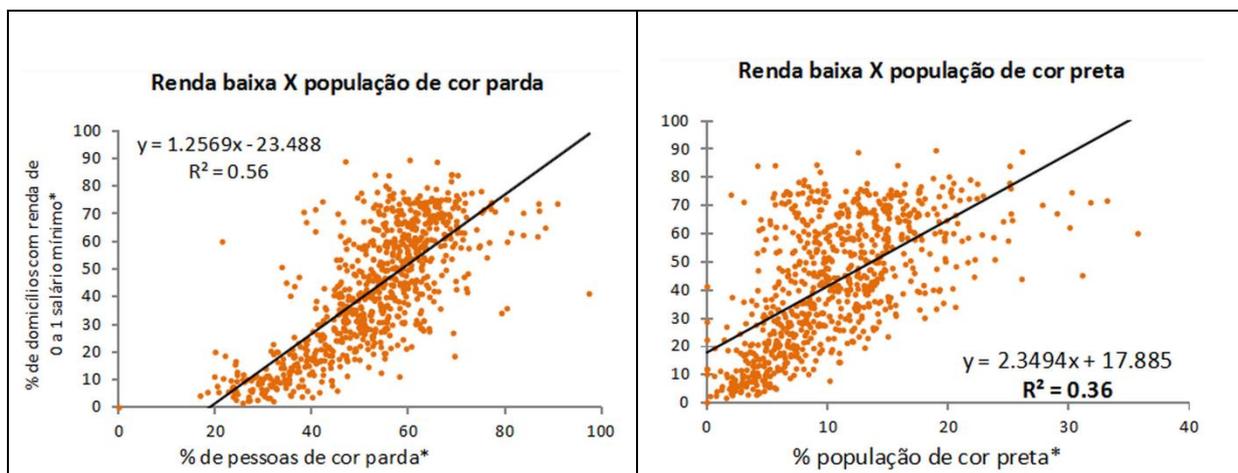
Nos setores de “extremamente alto” IVS, 73,1% dos domicílios possuem renda de 0 a 1 salário mínimo per capita mensal, 73,1% da população são de cor preta/parda e apenas 25,8% são de cor branca. Mais de 13% da população não é alfabetizada e quase 1/3 dos domicílios não conta com rua pavimentada.

As duas curvas que representam a população branca e a população de cor preta/parda no gráfico da Figura 2, quantificam a tendência de aumento da população branca conforme melhoram as condições socioespaciais. Por outro lado, constatou-se uma tendência de aumentar o contingente de população de cor negra (preta/parda) conforme pioram as condições sociais com aumento do percentual de

domicílios com deficiência de renda (R), aumento do déficit educacional (E1) e da precariedade de estrutura urbana (EU3).

Ao correlacionar a população de cor preta e parda com a ocorrência de domicílios com renda *per capita* mensal de 0 a 1 salário mínimo, o coeficiente de determinação (r^2) demonstrou que 36% da variável “pessoas da cor preta” e 56% da variável “pessoas de cor parda” são explicados pela variável “domicílios com baixa renda (0 a 1 salário mínimo)”. Além disso, os gráficos mostram uma clara tendência de maior ocorrência de população de cor parda e preta, conforme aumenta a ocorrência de domicílios de baixa renda (Figura 3).

Figura 3 - Correlação entre renda baixa e população de cor parda e preta na área urbana de Cuiabá-MT.



Fonte: IBGE, Censo Demográfico 2010 (percentuais por setor censitário).
Organizado por Teobaldo Neto, 2019.

No outro extremo, o coeficiente de determinação (r^2) demonstrou que 71% da variável de pessoas da cor branca é explicada pela variável de domicílios com “renda de 0 a

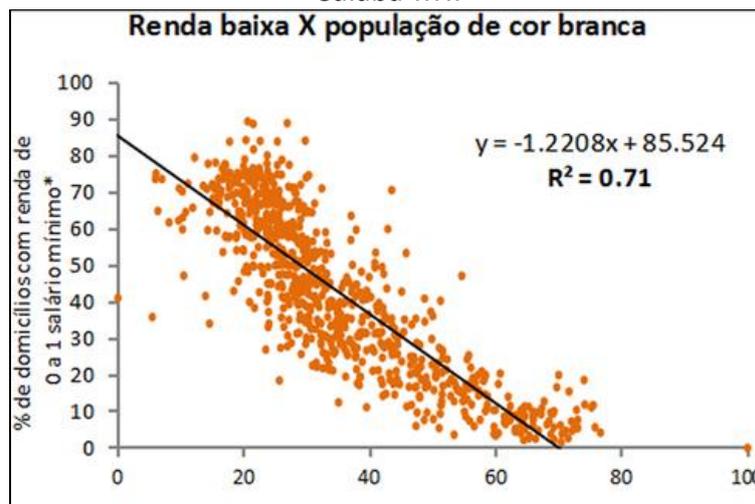
1 salário mínimo”. O gráfico da Figura 4 mostra uma clara tendência decrescente de população de cor branca, quanto maior é a ocorrência de domicílios de baixa renda.

Os dados revelam a sequela de um processo histórico de uma sociedade de raiz escravocrata. No final do século XIX havia uma demanda internacional do capitalismo pela difusão do trabalho assalariado e, portanto, pelo combate à mão de obra escrava, como condição para o desenvolvimento econômico e social do Brasil, em consonância com a nova fase ditada pelo modelo de produção capitalista. Esta pressão desencadeou um processo de mudanças que levaria à abolição da escravatura. Entretanto, previamente

foram criadas condições de manutenção daquela estrutura social.

A Lei de Terras de 1850 transformou a terra em mercadoria, possibilitando a regularização e legalização dos títulos de sesmarias e os grilos de terras, sejam quais fossem suas dimensões. Além disso, determinou que a única forma de acesso à terra seria por meio da compra e venda, com previsão de punição para qualquer um que ocupasse uma terra sem cumprir estes requisitos (OLIVEIRA e FARIA, 2009).

Figura 4 - Correlação entre renda baixa e população de cor branca na área urbana de Cuiabá-MT.



Fonte: IBGE, Censo Demográfico 2010 (percentuais por setor censitário).
Organizado por Teobaldo Neto, 2019.

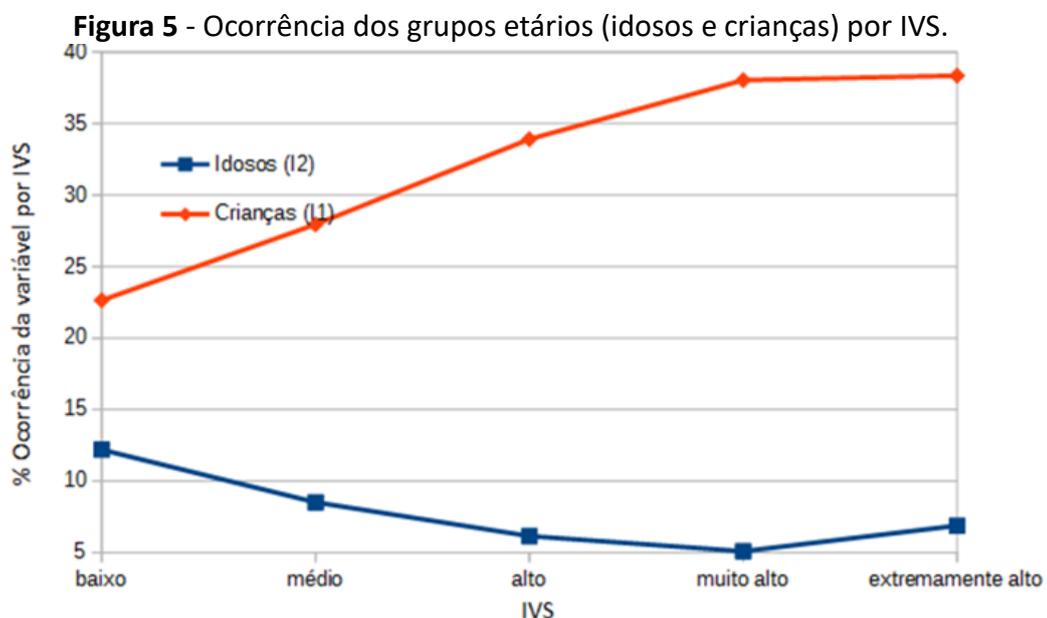
Dessa forma, os negros africanos escravizados estariam automaticamente excluídos do acesso à terra enquanto meio de subsistência. Se antes de 1888 a situação do negro africano era dada pela escravidão, no presente século esse povo é submetido a novas formas de desvantagens sociais que os colocam em condição de vulnerabilidade social.

Fator 2 – A vulnerabilidade em função da faixa etária (crianças e expectativa de vida)

O gráfico da Figura 5 apresenta os percentuais, por grupo de IVS, das variáveis determinantes no fator 2, evidenciando que, quanto maiores os índices de vulnerabilidade social (IVS), tanto maior é a tendência ao aumento da ocorrência de crianças e redução de idosos.

A variável “idosos” (I2), conforme se observa na Tabela 2, foi a única a figurar com elevada carga fatorial negativa nos fatores 1 e 2. O sinal negativo é uma indicação de redução da vulnerabilidade social, contrariando a lógica estabelecida na literatura, em que o grupo etário de idosos está entre os grupos mais vulneráveis. Essa condição ambígua mereceu aprofundamento no tema para melhor compreensão.

A menor ocorrência de idosos coincide com os setores onde predominam os domicílios de menor renda e maior vulnerabilidade social, cujas condições precárias refletem diretamente na redução da expectativa de vida explicando, por isso, a menor ocorrência de idosos.



Fonte: elaborado pelos autores a partir de dados do Censo Demográfico do IBGE, 2010.

Essa análise é corroborada pelas pesquisas de Alencar (2010). A pesquisadora investigou a relação entre desigualdades sociais e mortalidade da população idosa na área urbana de Cuiabá. Ela demonstrou que, quanto mais precária a condição de vida, tanto maior será o risco de morte. Nos bairros mais ricos e desenvolvidos socioeconomicamente foram verificadas as menores taxas de mortalidade por doenças circulatórias e respiratórias e maiores taxas de mortalidade por neoplasias da mama, dos brônquios e dos

pulmões. Isso se explica pelo fator do envelhecimento populacional, que provoca alterações na morbimortalidade e traz aumento importante de agravos crônicos de saúde, entre eles, as neoplasias (tumor benigno ou maligno). Por outro lado, nos bairros menos desenvolvidos socioeconomicamente e com piores condições sociais, são verificadas maiores taxas de mortalidade relacionadas a doenças circulatórias e respiratórias e neoplasia maligna de próstata.

O que Alencar (2010) evidencia é que os fatores relacionados com as características socioeconômicas e demográficas da população podem estar associados à ocorrência de tais doenças de maneira mais forte que o processo de envelhecimento em si, especialmente ao se considerar como precoces os óbitos entre 60 e 69 anos por doenças com possibilidade de prevenção e acompanhamento pelos serviços básicos de saúde. Estes óbitos são mais frequentes nos setores de maior vulnerabilidade social, que correspondem aos setores de piores condições socioeconômicas (ALENCAR, 2010). Isso explica porque a maior ocorrência de idosos é um indicativo de maior expectativa de vida.

Fator 3 – A vulnerabilidade em função das condições precárias de moradia e saneamento básico

Os serviços de saneamento básico estão relacionados ao tratamento e abastecimento de água, esgotamento sanitário (coleta e tratamento), resíduos sólidos (coleta e tratamento).

No Brasil, um dos maiores problemas ainda é o tratamento de esgoto e resíduos sólidos. No caso dos resíduos sólidos, apenas 27,7% são destinados a aterro sanitário, 22,5% são destinados a aterro controlado e 50,8% são destinados para vazadouro a céu aberto (IBGE/PNSB,2008). Nem todos os domicílios têm coleta regular.

Com relação ao atendimento por esgoto, o índice médio é de 59,7% nas áreas urbanas. Porém, nem todo esgoto coletado é tratado. O índice médio de tratamento do

esgoto no Brasil é de 44,9%. No Centro Oeste, o índice é de 52,6% (BRASIL/SNIS, 2018).

Conforme pode ser observado no gráfico da Figura 6, os setores de baixo IVS tem índice de atendimento por rede de esgoto e coleta de lixo próximo de 100%; entretanto, nos setores de extrema vulnerabilidade social, este índice é de apenas 10% para atendimento por rede de esgoto, e de quase 50% para domicílios não atendidos por coleta de lixo. Nestes casos, o destino certo são os cursos d'água ou terrenos baldios, agravando o quadro de extrema vulnerabilidade social.

O contingente de domicílios classificados como *moradia inadequada, sem coleta de lixo e sem esgotamento sanitário* salta de 1,2%, 4,9% e 42,2%, respectivamente, no grupo de *muito alto IVS* para 43,3%, 53,4% e 90,4%, respectivamente, no grupo de extremamente alto IVS, conforme mostra o gráfico da Figura 6. Essa grande discrepância marca uma profunda desigualdade nas características socioespaciais entre os setores dos estratos mais elevados da vulnerabilidade social, o que levou a reclassificar o IVS, atribuindo a condição extrema ao estrato mais elevado da vulnerabilidade, e calibrando os demais a partir deste.

Fator 4 – A vulnerabilidade em função do gênero feminino

Algumas estatísticas possibilitam dimensionar as diferenças que colocam a mulher em desvantagem, com relação ao homem, justificando a ocorrência do gênero feminino como indicador de vulnerabilidade.

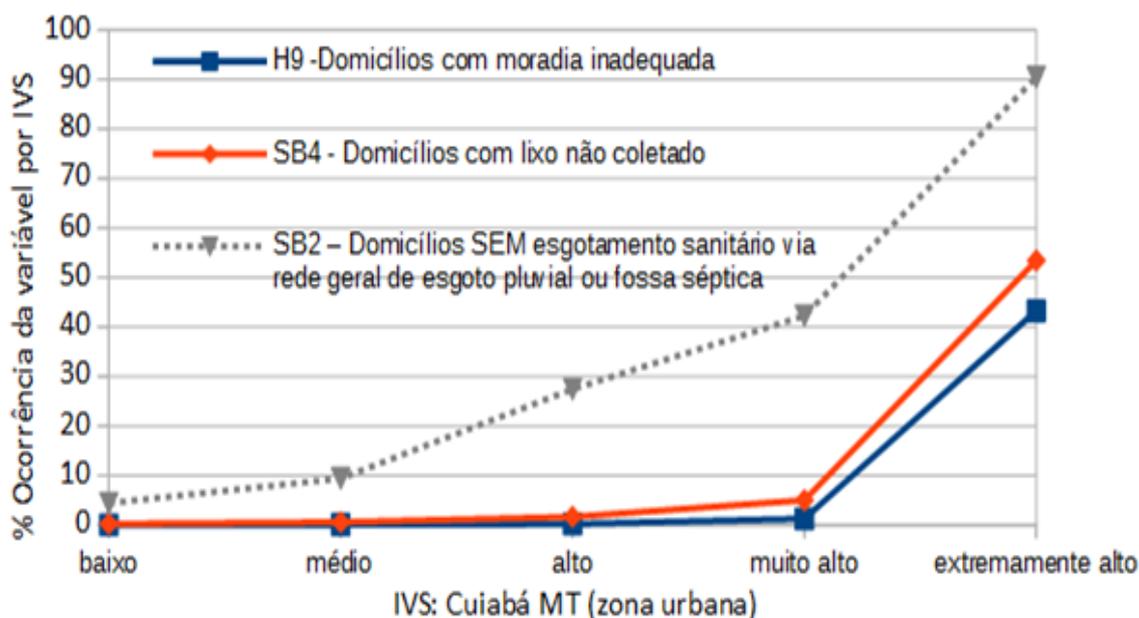
Sobre o mercado de trabalho, os dados da Pesquisa Nacional de Amostra por Domicílios Contínua (PNAD C, IBGE 2017) revelam que as mulheres não usufruem das mesmas condições que os homens em diversos aspectos, como, rendimento, formalização e disponibilidade de horas para trabalhar. A participação das mulheres supera a de homens em algumas profissões culturalmente identificadas como “femininas” e associadas a menores salários como empregados domésticos, magistério,

enfermarias e assistência social (SARAIVA *et al.*, 2018).

Outro estudo de Estatísticas de Gênero da PNAD Contínua 2012 – 2016, divulgado pelo IBGE, conclui que:

As mulheres trabalham, em média, três horas por semana a mais do que os homens, combinando trabalhos remunerados, afazeres domésticos e cuidados de pessoas. Mesmo assim, e ainda contando com um nível educacional mais alto, elas ganham, em média, 76,5% do rendimento dos homens (PERET, 2018).

Figura 6 - Ocorrência (%) das variáveis determinantes no fator 3, por IVS.



Fonte: elaborado pelos autores a partir de dados do Censo Demográfico do IBGE, 2010.

O cuidado de pessoas, geralmente filhos, remete a algumas estatísticas que elucidam essa dimensão de desvantagem para o gênero feminino. De acordo com Censo Escolar 2012 (MEC), encomendado pelo Conselho Nacional de Justiça, cerca de “5,5 milhões de crianças não têm o nome do pai na certidão de nascimento.” (FARIELLO, 2015).

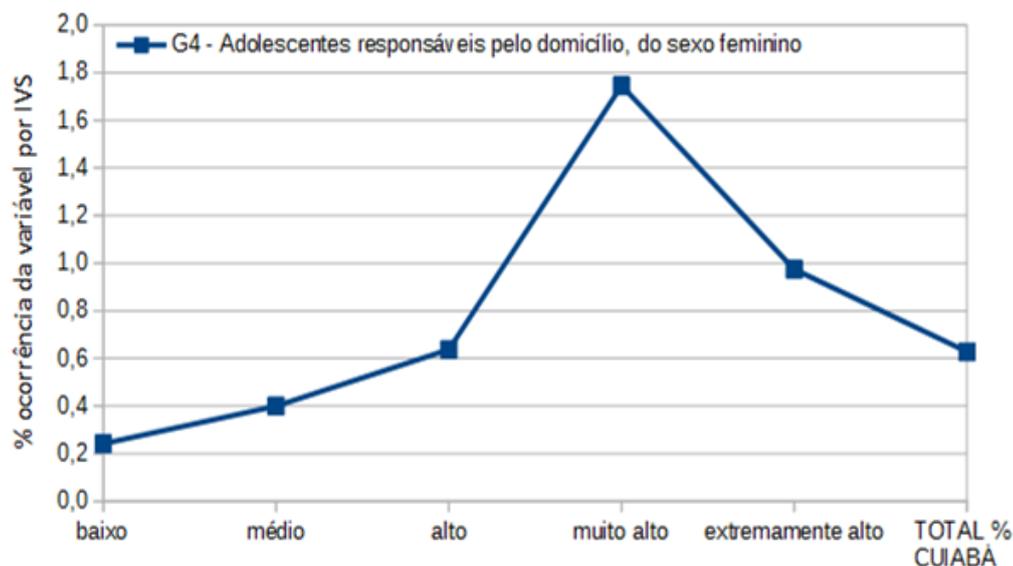
A Fundação Perseu Abramo, em pesquisa realizada em 2001, representativa do território brasileiro, revelou que 43% das mulheres declararam ter sofrido um certo tipo de violência por parte de algum homem e 11% já foram espancadas pelo menos uma vez na vida. Baseados nos dados amostrais, considerando-se os 12 meses anteriores ao da

pesquisa (outubro, 2001), estimou-se que uma mulher é espancada a cada 15 segundos no Brasil (VENTURI e RECAMÁN, 2004).

A variação, por vezes drástica, destes dados quando discriminados por região, renda e cor, corroboram o pressuposto de Cunha (2014) quanto à necessidade de analisar as relações de gênero na ordem patriarcal, “dentro e a partir das desigualdades de classe, raça e sexualidade, sem hierarquizá-las, já que estas são também eixos estruturantes da sociedade e encontram-se amarradas umas às outras.” (CUNHA, 2014, p. 149).

Neste contexto, é possível reconhecer diferentes estratos de vulnerabilidade dentro do gênero feminino, conforme o grupo social que a mulher se encontra, ela será mais ou menos vulnerável. Em Cuiabá, a ocorrência da variável (adolescentes responsáveis pelo domicílio, do sexo feminino) estruturante do fator 4, que explica 8% da vulnerabilidade total, tende a ser cada vez maior quanto maior o IVS do setor. Nos estratos de alto, muito alto e extremamente alto, sua ocorrência é maior do que a média da cidade, conforme é apresentado pelo gráfico da Figura 7.

Figura 7 - Percentual de adolescentes responsáveis pelo domicílio, por estrato de vulnerabilidade.



Fonte: Censo Demográfico, IBGE, 2010.

O Quadro 2 apresenta a síntese das características predominantes em cada estrato da vulnerabilidade social e o mapa da Figura 8 apresenta como ela varia no espaço urbano de Cuiabá-MT.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando-se que a vulnerabilidade social é produto

de uma escolha política por um modelo de desenvolvimento social e urbano contraditório, uma vez que, ao mesmo tempo em que produz riquezas restritas a uma pequena elite, também produz pobreza, miséria, riscos e vulnerabilidades; entende-se que qualquer discussão acerca desse tema deva sempre ter isso em perspectiva.

Em países ditos subdesenvolvidos, as desigualdades tendem a ser ainda mais graves.

O Brasil é um caso clássico dessa contradição e apresenta grandes abismos sociais, de tal forma que seja possível ter, em uma mesma cidade, bairros com padrões de vida de países ricos e outros bairros com padrões de vida de países pobres. Conforme apontou Santos (1993), trata-se de um problema estrutural que existe em todas as cidades, com diferença apenas no grau e intensidade. Geralmente, quanto maiores as cidades, maiores os problemas.

Os riscos e vulnerabilidades são derivações desse problema estrutural e, portanto, também se manifestarão de forma desigual no espaço. Fatores de perigosidade em geral, especialmente aqueles relacionados às mudanças climáticas, tem produzido eventos extremos cada vez mais letais. Em função disso, a Organização das Nações Unidas, interessada em ter algum controle e monitoramento, tem pressionado países membros a desenvolver estudos e produzir conhecimentos dedicados à redução dos desastres, riscos e vulnerabilidades.

Essa proposta tem o objetivo de compor um conjunto de indicadores da ciência do risco e da vulnerabilidade. Sua maior contribuição é cobrir uma lacuna que está relacionada à falta de um indicador na escala de maior detalhe possível (setor censitário), disponível para todo o território nacional. O IVS proposto está associado a pelo menos três dos 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas: 1) erradicação da pobreza; 10) redução das desigualdades; e 13) ação contra a mudança global do clima. São objetivos

comprometidos com a redução dos riscos e vulnerabilidades e aumento da resiliência das comunidades. A maior parte dos indicadores disponibilizam as médias por município. Isso esconde as grandes desigualdades que marcam a história da urbanização brasileira.

No estudo em questão, a metodologia respondeu quem são, quantos são e onde estão os mais vulneráveis. Pode-se discutir o que são causas e o que são consequências, mas as técnicas estatísticas empregadas revelaram que os principais fatores explicativos da vulnerabilidade social na cidade de Cuiabá são as populações de cor preta/parda com deficiência de renda, de educação, vivendo em habitações e espaços urbanos precários, com deficiência de saneamento básico, com baixa expectativa de vida, e elevado contingente de crianças, onde é muito provável encontrar mulheres jovens responsáveis pelo domicílio.

Portanto, o que se conclui é que os grupos mais suscetíveis às perdas mais severas em decorrência de mudanças climáticas e eventos extremos são os pobres e negros. Entretanto, dentro desse grupo ainda é possível destacar as crianças, as mulheres e os idosos que representam a face mais extrema da vulnerabilidade social. A geografia dessa vulnerabilidade está definida de forma predominante na periferia, ao longo da Avenida dos Trabalhadores e nas margens de córregos e rios urbanos, e constituem em torno de 42% da população que vive em setores (alto, muito alto e extremamente alto IVS – Figura 8), marcados pela elevada vulnerabilidade.

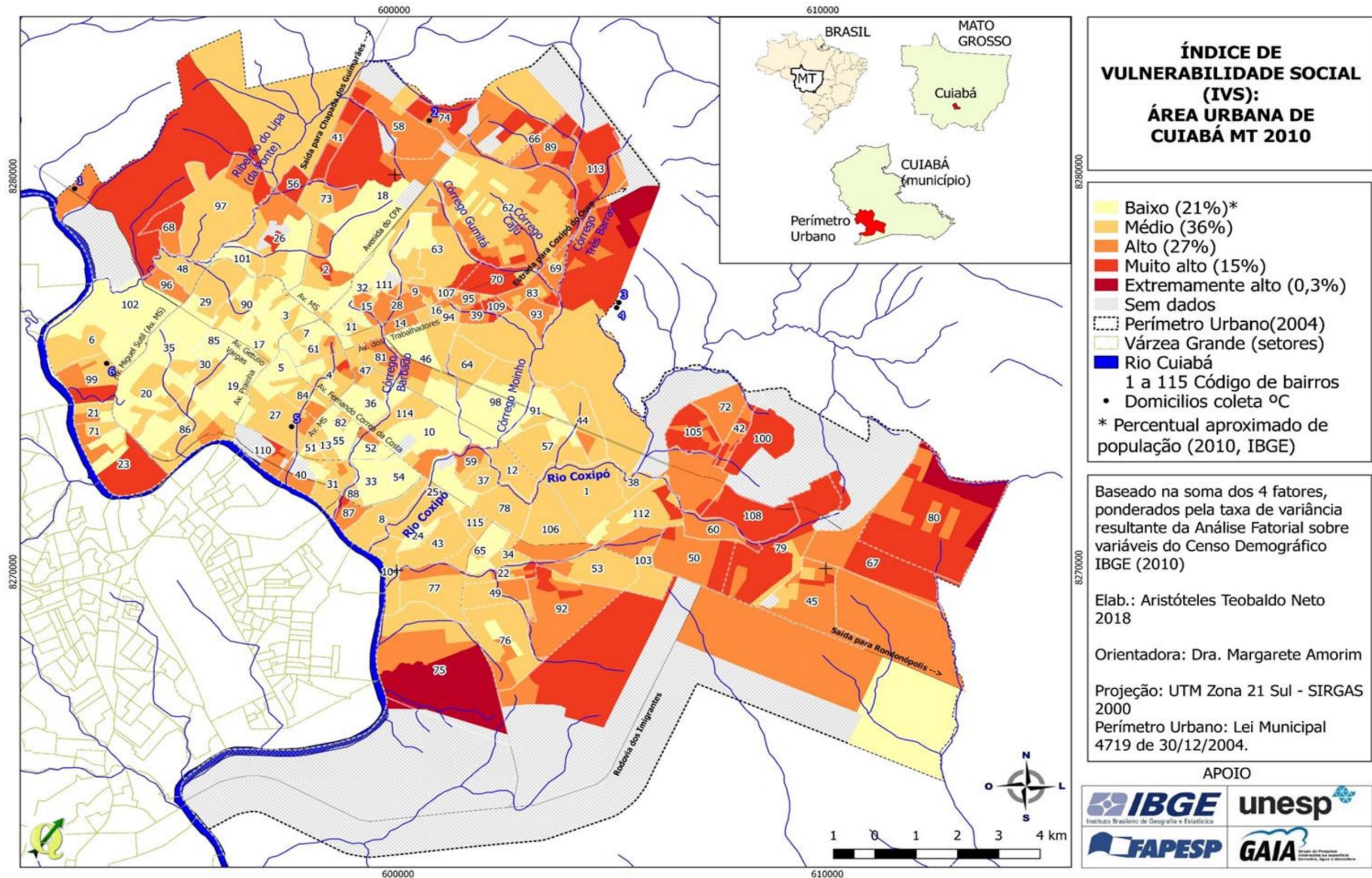
Quadro 2 - Características predominantes em cada grupo de Vulnerabilidade Social: Cuiabá-MT (setores urbanos, 2010).

Baixo	<p><u>Renda, Cor e Educação:</u> Rara ou inexistente ocorrência de domicílios sem renda e/ou com renda baixa (até 1 salário mínimo mensal <i>per capita</i>). Rara ou inexistente ocorrência de pessoas de cor preta e/ou parda, e pessoas com fortes carências educacionais. Predomínio de população de cor branca com alta renda.</p> <p><u>Crianças e expectativa de vida:</u> Menor frequência de crianças e jovens (23%) e maior expectativa de vida (12% de idosos).</p> <p><u>Moradia e Saneamento Básico:</u> Rara ou nula ocorrência de precárias estruturas urbanas na forma de ruas e calçadas não pavimentadas e falta de meio fio. Boa estrutura de saneamento básico com rara ou nula ocorrência de domicílios não atendidos por estrutura de esgotamento sanitário e serviços de coleta de lixo. Rara ou nula ocorrência de moradias inadequadas e improvisadas.</p> <p><u>Gênero Feminino:</u> Pouca ocorrência de mulher jovem responsável pelo domicílio.</p>
Médio	<p><u>Renda, Cor e Educação:</u> Média* ocorrência de domicílios sem renda e/ou com renda baixa (até 1 salário mínimo mensal <i>per capita</i>). Média* ocorrência de pessoas de cor preta e/ou parda, e pessoas com fortes carências educacionais.</p> <p><u>Crianças e expectativa de vida:</u> Média* frequência de crianças e jovens (28%) e média expectativa de vida (8,5% de idosos).</p> <p><u>Moradia e Saneamento Básico:</u> Rara ocorrência (bem abaixo dos totais da área urbana) de precárias estruturas urbanas na forma de ruas e calçadas não pavimentadas e falta de meio fio. Razoável estrutura de saneamento básico com rara ocorrência de domicílios não atendidos por estrutura de esgotamento sanitário e serviços de coleta de lixo. Rara ocorrência de moradias inadequadas e improvisadas.</p> <p><u>Gênero Feminino:</u> Média ocorrência de mulher jovem responsável pelo domicílio.</p>
Alto	<p><u>Renda, Cor e Educação:</u> Alta ocorrência de domicílios sem renda e/ou com renda baixa (até 1 salário mínimo mensal <i>per capita</i>). Alta ocorrência de pessoas de cor preta e/ou parda, e pessoas com fortes carências educacionais.</p> <p><u>Crianças e expectativa de vida:</u> Elevada frequência de crianças e jovens (34%) e baixa expectativa de vida (6% de idosos).</p> <p><u>Moradia e Saneamento Básico:</u> Alta ocorrência de precárias estruturas urbanas na forma de ruas e calçadas não pavimentadas e falta de meio fio. Alto déficit de saneamento básico, com 1/3 de domicílios não atendidos por estrutura de esgotamento sanitário. Baixa ocorrência de domicílios não atendidos por serviços de coleta de lixo. Baixa ocorrência de moradias inadequadas e improvisadas, com material construtivo improvisado, tais como madeiras e metálicos reaproveitados, vulneráveis intempéries climáticas e agravantes do conforto térmico. Sem ar-condicionado e estrutura de conforto térmico, como piscinas. Muitas habitações localizadas em áreas impróprias, como margens de rios.</p> <p><u>Gênero Feminino:</u> Alta ocorrência de mulher jovem responsável pelo domicílio.</p>
Muito Alto	<p><u>Renda, Cor e Educação:</u> Muito alta ocorrência de domicílios sem renda e/ou com renda baixa (até 1 salário mínimo mensal <i>per capita</i>). Muito alta ocorrência de pessoas de cor preta e/ou parda, e pessoas com fortes carências educacionais.</p> <p><u>Crianças e expectativa de vida:</u> Elevadíssima frequência de crianças e jovens (38%) e muito baixa expectativa de vida (5% de idosos).</p> <p><u>Moradia e Saneamento Básico:</u> Muito alta ocorrência de precárias estruturas urbanas na forma de ruas e calçadas não pavimentadas e falta de meio fio. Muito alto déficit de saneamento básico, com 42% de domicílios não atendidos por estrutura de esgotamento sanitário. Razoável ocorrência (5%) de domicílios não atendidos por serviços de coleta de lixo. Alta ocorrência de moradias inadequadas (muito superior à média para a área urbana), com material construtivo improvisado, tais como madeiras e metálicos reaproveitados, vulneráveis intempéries climáticas e agravantes do conforto térmico. Sem ar-condicionado e estrutura de conforto térmico, como piscinas. Muitas habitações localizadas em áreas impróprias, como margens de rios.</p> <p><u>Gênero Feminino:</u> Muito alta ocorrência de mulher jovem responsável pelo domicílio.</p>
Extremamente Alto	<p><u>Renda, Cor e Educação:</u> Extremamente alta ocorrência de domicílios sem renda e/ou com renda baixa (até 1 salário mínimo mensal <i>per capita</i>). Extremamente alta ocorrência de pessoas de cor preta e/ou parda, e pessoas com fortes carências educacionais.</p> <p><u>Crianças e expectativa de vida:</u> Elevadíssima frequência de crianças e jovens (38%) e muito baixa expectativa de vida (7% de idosos).</p> <p><u>Moradia e Saneamento Básico:</u> Extremamente alta ocorrência de precárias estruturas urbanas na forma de ruas e calçadas não pavimentadas e falta de meio fio. Extremamente alta ocorrência de precárias estruturas de saneamento básico, com 90% de domicílios não atendidos por estrutura de esgotamento sanitário. Extremamente alta ocorrência de domicílios (53%) sem coleta de lixo. Extremamente alta ocorrência de moradias inadequadas (43%), com material construtivo improvisado, tais como madeiras e metálicos reaproveitados, vulneráveis intempéries climáticas e agravantes do conforto térmico. Sem ar-condicionado e estrutura de conforto térmico, como piscinas. Muitas habitações localizadas em áreas impróprias, como margens de rios.</p> <p><u>Gênero Feminino:</u> Muito alta ocorrência de mulher jovem responsável pelo domicílio.</p>

* Média = Índices medianos, proporcionais aos totais da área urbana.

Fonte: Censo Demográfico 2010 (IBGE). Adaptado por Aristóteles Teobaldo Neto, baseado nos exercícios de Análises Fatoriais.

Figura 8 - Mapa Índice da Vulnerabilidade Social: área urbana de Cuiabá-MT.



Do ponto de vista da metodologia, os resultados permitiram concluir que: 1 – é possível ser aplicada em áreas urbanas de qualquer município do território brasileiro, favorecendo análises comparativas; 2 – é possível integrar dados de outras fontes locais (prefeituras municipais e estado), visando ao enriquecimento do IVS; 3 – a integração da base alfanumérica com a gráfica, em ambiente SIG, permite a leitura dos resultados a partir da linguagem cartográfica, favorecendo a comparação entre os setores censitários; 4 – favorece a identificação dos setores de maiores demandas de investimento público; 5 – permite avaliar os efeitos das políticas públicas e do planejamento, por meio da avaliação temporal da evolução dos índices de vulnerabilidade social.

A principal limitação da metodologia empregada está na dependência do banco de dados. As variáveis possíveis de serem utilizadas não são aquelas supostamente suficientes para explicar o fenômeno, conforme o pesquisador; mas aquelas disponíveis. Considera-se que a realização de novos testes incluindo mais variáveis relacionadas à educação, saúde, status socioeconômico (emprego), gênero (homossexuais), além da inclusão de novas categorias como segurança, população com necessidades especiais e mobilidade urbana, dentre outras, torna-se necessária para que o índice seja mais completo e próximo da realidade.

Entretanto, o avanço nesta direção depende da disponibilidade de dados que geralmente são geridos pelo Estado que nem sempre atende à demanda da pesquisa nos

aspectos de tema, escala e periodicidade de coleta. Temas como “Deficiência” (portadores de necessidades especiais), “Orfandade materna”, “Migração” e “Trabalho”, por exemplo, são coletados pelo IBGE, porém, de forma amostral, não sendo possível usar na escala do universo (todos os setores).

Apesar dessas limitações, o banco de dados do Censo Demográfico do IBGE atualmente é o mais completo e diverso disponível na escala do setor censitário para todo o território brasileiro, o que possibilita a geração de um índice para todo o território nacional, em escala de detalhe, ainda não disponível.

REFERÊNCIAS

ACSELRAD, H. Vulnerabilidade ambiental, processos e relações. *In: II Encontro Nacional de Produtores e Usuários de Informações sociais, econômicas e territoriais*. Rio de Janeiro. Comunicação. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 2006. Disponível *online* em: <http://www.nuredam.com.br/files/divulgacao/artigos/Vulnerabilidade%20Ambientais%20Processos%20Relacionadas%20a%20Educa%27%27es%20Henri%20Acsehrad.pdf>. Acesso em: 6 mar. 2018.

ALMEIDA, Lutiane Queiroz de. **Vulnerabilidades socioambientais de Rios urbanos:** bacia hidrográfica do rio Maranguapinho, região metropolitana de Fortaleza, Ceará 2010. 278 f. Tese (Doutorado em Geociências e Ciências Exatas). Universidade Estadual Paulista. Campus de Rio Claro. Rio Claro SP. Disponível *online* em: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/104309?show=full>. Acesso em: 6 mar. 2019.

ALMEIDA, Lutiane Queiroz de.; WELLE, Torsten.; BIRKMANN, Jörn. Disaster risk indicators in Brazil: A proposal based on the

world risk index. *In: International Journal of Disaster Risk Reduction*. Volume 17, 2016, Pages 251-272, ISSN 2212-4209. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2016.04.007>. Acesso em: 6 mar. 2019.

CUNHA, Lúcio. LEAL, Cátia. Natureza e sociedade no estudo dos riscos naturais. Exemplos de aplicação ao ordenamento do território no município de Torres Novas (Portugal). *In: As novas geografias dos países de língua portuguesa. Paisagens territórios e políticas no Brasil e em Portugal*. Geografia em Movimento. S. Paulo, 2012, p. 47-66. DOI: 10.13140/RG.2.1.2900.8729.

CUNHA, Lúcio. MENDES, José. TAVARES, Alexandre. FREIRIA, Susana. **Construção de modelos de avaliação de vulnerabilidade social a riscos naturais e tecnológicos: o desafio das escalas**. 2011. DOI: 10.14195/978-989-26-0244-8_71.

CUNHA, Lúcio. Vulnerabilidade: a face menos visível do estudo dos riscos naturais. *In: Riscos naturais, antrópicos e mistos*. Homenagem ao Professor Fernando Rebelo. Coimbra, 2013, p. 153-165. DOI 10.13140/RG.2.1.4735.8802.

CUTTER, S. L.; BORUFF, J.; SHIRLEY, W. Social vulnerability to environmental hazards. *In: Social Science Quarterly*, v. 84, n. 2, p. 242-261, 2003. DOI: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/1540-6237.8402002>.

CUTTER, S. L. The vulnerability of Science and the Science of vulnerability. **Annals of the Association of American Geographers**, v. 93, n. 1. 2003. Disponível *on line* em: <https://doi.org/10.1111/1540-6237.8402002>. Acesso em: 6 mar. 2018.

CUTTER, S. L. Vulnerability to environmental hazards. **Progress in Human Geography**, v. 20, n. 4, p. 529-539, 1996. DOI: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/030913259602000407>.

CUTTER, Susan.; EMRICH, Chris. Moral Hazard, Social Catastrophe: The Changing Face of Vulnerability Along the Hurricane Coasts.

Annals of **The American Academy of Political and Social Science** - ANN AMER ACAD POLIT SOC SCI. 604. 2006. DOI: 102-112. 10.1177/0002716205285515.

FARIELLO, Luiza de Carvalho. Programa Pai Presente completa cinco anos e se consolida no país. 2015. Agência CNJ de Notícias. Conselho Nacional de Justiça (CNJ). Disponível em: <http://www.cnj.jus.br/noticias/cnj/80089-programa-pai-presente-completa-cinco-anos-e-se-consolida-no-pais>. Acesso em: 16 nov. 2016.

FIGUEIREDO FILHO, Dalson Brito; SILVA JUNIOR, José Alexandre da. **Visão além do alcance: uma introdução à análise fatorial**. Campinas: Opin. Pública, v. 16, n. 1, p. 160-185, June 2010.

FREITAS, Maria Isabel Castreghini.; CUNHA, Lúcio. Cartografia da vulnerabilidade socioambiental: convergências e divergências a partir de algumas experiências em Portugal e no Brasil. *In: urbe*, Rev. Bras. Gest. Urbana [online]. 2013, vol. 5, n. 1, p. 15-31. ISSN 2175-3369. <http://dx.doi.org/10.7213/urbe.7783>.

GUIVANT, Julia S. **A trajetória das análises de risco: da periferia ao centro da na teoria social**. Revista Brasileira de Informações Bibliográficas. n. 46, 1998, p. 3-38. Disponível *on line* em: https://www.researchgate.net/publication/228362682_A_trajetoria_das_analises_de_risco_da_periferia_ao_centro_da_teoriasocial. Acesso em: 6 mar. 2019.

HAIR, Jr.; BLACK, W. C; BABIN, B. J; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L. **Multivariate Data Analysis**. 6. ed. Upper Saddle River, NJ: Pearson Prentice Hall, 2006.

HUMMELL, Beatriz.; CUTTER, Susan.; EMRICH, Chris. **Social Vulnerability to Natural Hazards in Brazil**. International Journal of Disaster Risk Science. 2016. DOI: 10.1007/s13753-016-0090-9.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Base de informações do Censo Demográfico 2010: Resultados do Universo**

por setor censitário. Rio de Janeiro, 2011. Disponível *online* em: <http://censo2010.ibge.gov.br/resultados>. Acesso em: 6 out. 2014.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Sinopse do Censo Demográfico 2010**. Mato Grosso. Disponível em: <http://www.censo2010.ibge.gov.br/sinopse/index.php?uf=51&dados=6>. Acesso em: 6 mar. 2019.

JULIÃO, R. P.; NERY, F.; RIBEIRO, J. L.; BRANCO, M. C.; ZÊZERE, J. L. **Guia metodológico para a produção de cartografia municipal de risco e para a criação de sistemas de informação geográfica (sig) de base municipal**. Autoridade Nacional de Protecção Civil. Setembro 2009. 92 p. Portugal. DOI: http://dx.doi.org/10.14195/978-972-8330-23-1_4.

LUPTON, Deborah. **Risk**. London: Routledge, 1999.

MENDES, José Manuel. CUNHA, Lúcio. TAVARES, Alexandre Oliveira. FREIRIA, Susana. A vulnerabilidade social aos perigos naturais e tecnológicos em Portugal. *In: Revista Crítica de Ciências Sociais [online]*, 93 | 2011. Disponível em: <http://rccs.revues.org/90>; DOI: 10.4000/rccs.90. Acesso em: mar 2017.

NAYAK, S. G.; SHRESTHA, S.; KINNEY, P. L.; ROSS, Z.; SHERIDAN, S. C.; PANTEA, C. I.; HSU, W. H.; MUSCATIELLO, N. H.; WANG, S. A. **Development of a heat vulnerability index for New York State**. Disponível em: Public Health. 2018. 127 – 137p. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.puhe.2017.09.006>.

PERET, Eduardo. **Mulher estuda mais, trabalha mais e ganha menos do que o homem**. *In: Agência IBGE Notícias*. 7 mar. 2018.

Disponível em: <https://agenciade-noticias.ibge.gov.br/agencianoticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/20234-mulher-estuda-mais-trabalha-mais-e-ganhamenos-do-que-o-homem>. Acesso em: 19 jun. 2022.

PESTANA, M. H.; GAGEIRO, J. N. **Análise de dados para ciências sociais: A Complementaridade do SPSS (6a)**. Lisboa: Edições Sílabo Ltda., 2014.

UNITED NATIONS, Department of Economic and Social Affairs, Population Division. **World Urbanization Prospects: The 2014 Revision**, (ST/ESA/SER.A/366). 2015. 517 p. Disponível *online* em: <https://esa.un.org/unpd/wup/Publications/Files/WUP2014-Report.pdf>. Acesso em: 4 maio 2017.

Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres. **Atlas Brasileiro de Desastres Naturais: 1991 a 2012 / Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres**. 2. ed. rev. ampl. Volume Brasil. Florianópolis, 2013.

WISNER, Ben; BLAIKIE, Piers.; CANNON, Terry.; DAVIS, Ian. **At Risk: Natural hazards, people's vulnerability and disasters**. 2. ed. Londres: Routledge, 2003.

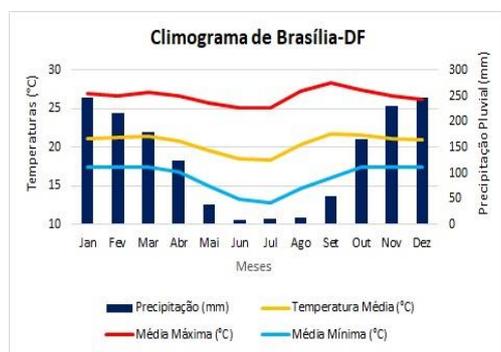
ZUCHERATO, Bruno. **Cartografia da Vulnerabilidade Socioambiental no Brasil e Portugal: Estudo comparativo entre Campos do Jordão e a Guarda**. 2018. 378 f. Tese (Doutorado em Geografia em cotutela entre Universidade de Coimbra e Unesp/Rio Claro). Instituto de Geociências e Ciências Exatas do Campus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. Faculdade de Letras da Universidade de Coimbra. Brasil/Portugal, 2018.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao apoio institucional do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), na forma de licença para capacitação; à Fundação de Amparo à Pesquisa no Estado de São Paulo (FAPESP) pela bolsa concedida, através do Processo número 2016 / 03599-9 e ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da UNESP/Presidente Prudente.

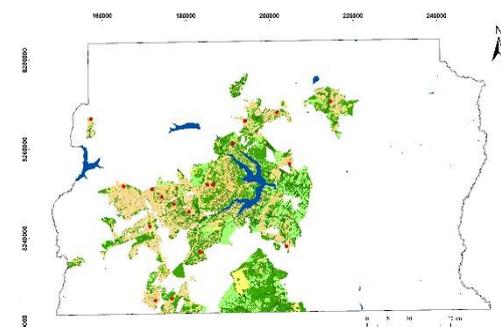
CLASSIFICAÇÃO DE USOS DA TERRA PARA DEFINIÇÃO DE ZONAS CLIMÁTICAS LOCAIS DA ÁREA URBANA NO DISTRITO FEDERAL – BRASIL

*Mamedes Luiz Melo
Wallace Vieira da Silva
Ercília Torres Steinke
Rafael Rodrigues da Franca
Valdir Adilson Steinke*



RESUMO

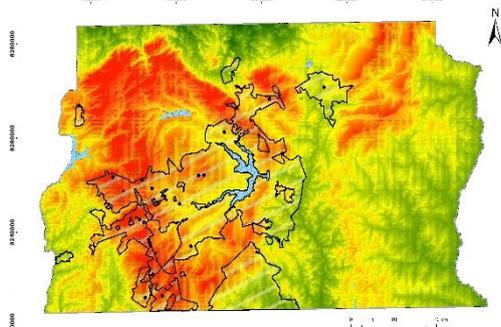
Investigar os padrões de distribuição geográfica da temperatura do ar e da umidade relativa do ar em áreas urbanas é relevante, pois o processo de urbanização altera as superfícies e a atmosfera adjacente. Para tanto, definem-se as zonas climáticas locais (ZCLs), tendo, como procedimento inicial, a classificação dos usos/coberturas da terra. O presente texto apresenta os resultados dessa classificação para, posteriormente, subsidiar a definição de zonas climáticas locais para a área urbana do Distrito Federal – Brasil.



CLASSIFICATION OF LAND USE FOR DEFINITION OF LOCAL CLIMATE ZONES IN THE URBAN AREA IN THE FEDERAL DISTRICT - BRAZIL

ABSTRACT

Studying the patterns of geographic distribution of air temperature and relative humidity in urban areas is relevant because the urbanization process modifies the surfaces and the adjacent atmosphere. For this purpose, the Local Climatic Zones (LCZs) were defined, having, as an initial procedure, the classification of land uses/covers. The present text presents the results of this classification to subsequently subsidize the definition of Local Climatic Zones (LCZs) for the urban area of the Federal District – Brazil.



INTRODUÇÃO

Alguns fatores climáticos são percebidos pela sociedade de modo muito peculiar, pois implicam em uma série de sensações diárias, como o calor, a falta ou excesso de chuvas, ou umidade, ventos fortes, entre outros. Estas percepções de tempo meteorológico, invariavelmente são associadas e confundidas com aspectos climáticos, uma vez que carregam, na sua gênese, a sensibilidade individual dos níveis de conforto ambiental, em uma escala diária.

As recentes discussões relacionadas aos aspectos climáticos, em todo o mundo, aliadas aos desastres naturais que vêm ocorrendo em várias partes do planeta, nas últimas décadas, têm proporcionado um crescente interesse por parte dos pesquisadores a fim de elaborar explicações e apontar soluções para os problemas advindos da relação clima/sociedade.

Neste sentido, é nas cidades que se observa grande parte dos impactos climáticos; mas, por outro lado, segundo Monteiro e Mendonça (2013), a interferência urbana particulariza os estados atmosféricos sobre as cidades. Aspectos estruturais, como o conforto térmico das edificações, ou possíveis enfermidades desencadeadas pelas variações de fenômenos climáticos, devem estar embasados em observações de curto, médio e longo prazo, pois, assim como as análises momentâneas podem ser relevantes para ações emergenciais, as séries de longo prazo, amplamente utilizadas na literatura climatológica, são essenciais para o

entendimento das dinâmicas temporais e espaciais visando subsidiar o planejamento socioambiental dos territórios.

Segundo Barbosa e Amorim (2021), as primeiras preocupações com a temática dos climas nas cidades surgiram antes da Revolução Industrial. O mais antigo indício sobre o clima urbano pode ser encontrado em Londres, no século XVII, com John Evelyn que, em 1661, publicou o livro *Fumifugium*, obra pioneira sobre a poluição atmosférica nas cidades.

A partir de então, a expansão demográfica acelerada em áreas urbanas, levou a um processo de ocupação predominantemente desordenada do território, o que desencadeou muitos desafios atuais para a gestão de áreas urbanas, e problemas para a população no que tange à saúde e qualidade de vida.

O resultado do impacto do crescimento das cidades na atmosfera adjacente, de acordo com Landsberg (1956), é a modificação, em escala local, de sua condição climática. Essa modificação pode se expressar pelo aumento de ondas de calor. Portanto, também é uma preocupação para a questão da saúde pública (JOHNSON e WILSON, 2009) e para o consumo de energia (OHASHI *et al.*, 2007).

Outra consequência, devido às alterações na temperatura do ar no meio urbano, são as chamadas ilhas de calor, que se destacam entre os impactos no clima urbano (AMORIM, 2019). Este fenômeno provém da elevação das temperaturas médias nos centros urbanos e também, em parte, da área

industrial. Isso acontece, principalmente, devido às diferenças de irradiação de calor entre as regiões construídas, as regiões com solo exposto, e aquelas com mais vegetação.

Stewart (2011) questionou o método de avaliação tradicional dos estudos de ilha de calor, colocando em dúvida uma significativa parcela de trabalhos já publicados. As suas considerações indicaram que os trabalhos poderiam ser aprimorados com um novo sistema de classificação, proposto por Stewart e Oke (2012), conhecido como Zonas Climáticas Locais (ZCL).

Stewart e Oke (2012), ao observar um aumento significativo na produção de trabalhos científicos sobre ilhas de calor, propuseram este novo sistema de classificação no intuito de padronizar um procedimento metodológico capaz de subsidiar as pesquisas e que pudesse ser usado em qualquer região do planeta.

Apresentaram, assim, um sistema de classificação da “paisagem urbana” baseando-se no clima de “paisagens urbanas e rurais”. O sistema compreende uma categorização de 17 Zonas Climáticas Locais, sendo 15 (quinze) definidas pela morfologia de superfície e cobertura de solo, e duas pelo uso do solo e material de construção componentes deste uso. São exemplos de aplicação deste procedimento, os trabalhos de Feng e Myint (2016) e Monteiro (2018).

Em seu trabalho de apresentação dessa nova proposta, Stewart e Oke (2012) ressaltaram seu nível apropriado de simplicidade e incentivaram usuários a testarem as ZCLs de campo “urbanos” e

“rurais”, e aos sítios de campo de clima urbano em regiões em todo o mundo. Partindo dessa premissa, e tendo em conta a lacuna de estudos sobre clima urbano no Distrito Federal (DF), este texto apresenta os resultados da definição dos usos para a posterior delimitação das ZCLs.

O DF, por ser uma unidade da federação mais recente e possuir como indutor a construção de uma nova cidade, não permaneceu incólume aos processos que ocorreram de forma similar às demais áreas urbanas brasileiras no final do século XX e início do século XXI. Ressalta-se, ainda, que, no DF, o adensamento demográfico ocorreu nos núcleos urbanos periféricos ao traçado urbano central, conhecido como Plano Piloto, o qual, amparado pelo tombamento do patrimônio mundial, mantém regras muito restritas de ocupação. No período compreendido entre 2010 e 2019, de acordo com os dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o crescimento estimado da população ocorreu na ordem de 16% (IBGE, 2019).

Com relação ao clima e ao tempo, a percepção que os habitantes do DF possuem é diferente entre aqueles das zonas urbanas e das rurais, seja quanto ao calor ou ao frio, aos ventos fortes ou fracos, a falta ou ao excesso de chuva, etc., e isso pode confundir o real aspecto climático da região, pois, individualmente, cada pessoa possui uma sensibilidade própria em relação ao conforto ambiental (STEINKE *et al.* 2010).

Associa-se a isso a atividade humana no meio urbano do DF que, com a

impermeabilização do solo, a retirada da cobertura vegetal, e adensamentos urbanos surgidos de forma irregular, pode influenciar o campo térmico urbano e alterar os parâmetros climáticos.

Diante deste cenário, justifica-se uma investigação mais aprofundada sobre a relação entre clima e áreas urbanas do DF, uma vez que seus habitantes são acometidos de problemas advindos das condições do tempo atmosférico, tanto no período seco, quanto no período chuvoso. De acordo com Steinke e Barros (2015), o DF, incluindo Brasília, já vem apresentando, desde sua inauguração, inúmeros transtornos de origem climática que têm afetado diretamente a população.

Dessa forma, o presente texto apresenta a classificação dos usos/coberturas da terra para subsidiar a definição de zonas climáticas locais para a área urbana do Distrito Federal.

CLIMA E CIDADE

Monteiro (1976) afirma que a cidade é considerada um grande modificador dos climas em função de vários elementos tais como: veículos em circulação, presença de indústrias, edifícios, asfalto e supressão de áreas verdes. Conseqüentemente, mudanças podem ser identificadas na temperatura do ar e na precipitação. As condições climáticas das cidades, entendidas como clima urbano, são, assim, oriundas das alterações da paisagem natural e da sua substituição por ambientes construídos (MONTEIRO e MENDONÇA, 2013). Sobre isso, Monteiro (1990) destaca que

Todo o histórico da evolução dos estudos de “Clima Urbano”, nascido da comparação com o contraste oferecido com o “campo” circundante evidencia o caráter fundamental da cidade como espaço localizado de uma contínua, cumulativa e acentuada “derivação antrópica” do ambiente. Isso já seria razão suficiente para que ela viesse a implicar em uma série de alterações sobre a atmosfera – até mesmo em sua própria composição química – tanto “sobre ela” e até mesmo com “exportação” para o ambiente circundante. (MONTEIRO, 1990, p. 9).

A Organização Meteorológica Mundial (WMO, 1976) define clima urbano como a mudança das condições meteorológicas, referentes à combinação das ações humanas e áreas construídas. As cidades alteram substancialmente o balanço energético e o balanço hídrico criando ambientes climáticos, na maioria das vezes, inconvenientes ao pleno desempenho das funções urbanas.

Essas alterações nas áreas acabam por gerar mudanças no comportamento da atmosfera sobre a cidade, como problemas relacionados ao escoamento de águas superficiais, deterioração da qualidade do ar e alterações no campo térmico, com efeitos que comprometem a qualidade ambiental cidadina.

Assim, Monteiro (1976) afirma que a cidade gera um clima próprio resultante da interferência de todos os fatores que se processam sobre a camada limite urbana e que agem no sentido de alterar o clima em escala local. Seus efeitos mais diretos são percebidos pela população por meio de manifestações ligadas ao conforto térmico, à qualidade do ar, aos impactos pluviais e a

outras manifestações capazes de desorganizar a vida da cidade e de deteriorar a qualidade de vida de seus habitantes.

Yiannakou e Salata (2017) concluíram que a relação entre a forma urbana e o efeito combinado das alterações climáticas e ilhas de calor ainda é uma questão em aberto na literatura, bem como no ordenamento de território. Cidades compactas, por exemplo, são geralmente aceitas como formas sustentáveis de desenvolvimento urbano, pois permitem a aplicação de uma estratégia de desenvolvimento sustentável mais ampla, uma vez que promovem menor pressão sobre os recursos naturais e enfrentam menos problemas comuns das grandes cidades, como tráfego intenso, congestionamento, longas distâncias e falta de espaços abertos.

A combinação de crescimento da população, taxas sem precedentes de urbanização e mudanças climáticas, de acordo com McEvoy (2019), está levando a desafios e resiliências complexas para governos e sociedades de todo o mundo, uma vez que a perspectiva é de que a população mundial ultrapasse os nove bilhões de habitantes em 2050.

Feng e Myint (2016) confirmam a importância de que temperaturas de superfície elevadas, em paisagens urbanas, trazem uma variedade de problemas e um exagerado desconforto térmico. Este estudo concentrou-se em características distintas de cobertura do solo e edifícios, no centro de Pequim, China, explorando a relação entre a Temperatura de Superfície Terrestre (LST) de objetos de construção e os padrões de

cobertura do solo em suas áreas vizinhas.

Jamei *et al.* (2015) constataram que o aumento da temperatura do ar urbano e o aumento dos riscos de eventos da onda de calor são sérias preocupações de saúde pública. Eles resumiram e revisaram os últimos estudos sobre o efeito das estratégias mais promissoras (geometria urbana e arborização urbana) sobre conforto térmico.

Não só a ocupação irregular do solo traz consequências, mas também o tipo de material construído é muito importante numa avaliação sobre clima urbano, pois gera desconforto ao ser humano e dispendiosos custos em energia elétrica.

Mello *et al.* (2009) desenvolveram um trabalho na cidade de Presidente Prudente-SP, em que foram medidas a temperatura do ar e a umidade do ar, a partir de aparelhos fixados nas habitações. Como resultado, demonstrouse que a temperatura média da cidade aumentou cerca de 2,5 °C nos 30 anos anteriores ao estudo, e a diferença entre a área urbana e rural, em cerca de 10 °C.

O principal problema estava relacionado às residências populares, que, além de apresentarem áreas construídas muito pequenas, são densamente ocupadas. Além da produção de calor, estas áreas são o principal foco de doenças do aparelho respiratório.

Stewart e Oke (2009) demonstraram uma nova abordagem para a classificação do clima urbano usando uma versão protótipo de “zonas climáticas locais” (ZCL) e testaram estas zonas utilizando locais de campo “urbano” e “rural” na cidade de Nagano, no

Japão. Os autores acreditam que o novo sistema fornece uma interpretação mais útil da paisagem para climatologistas urbanos. Com mais refinamento, o sistema ZCL pode melhorar a consistência e precisão em relatórios de clima urbano.

Diante deste cenário de pesquisas e recomendações é que Stewart e Oke (2012) construíram esse novo sistema de classificação com o intuito de buscar outro olhar sobre os climas urbanos e oferecer alternativas aos pesquisadores.

As Zonas Climáticas Locais (ZCL) se estendem horizontalmente por centenas de metros a dezenas de quilômetros e têm, por definição, regiões com materiais, estruturas, cobertura de superfícies uniformes e atividades humanas semelhantes.

Cada Zona Climática Local é caracterizada de acordo com um determinado regime de temperatura sobre superfícies secas, com atmosfera calma, noites claras, em áreas com relevo suave, e devem possuir um diâmetro mínimo de 400 a 1.000 m (ou seja, um raio de 200 a 500 m) (STEWART e OKE, 2012).

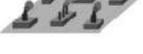
O sistema compreende a classificação de 17 Zonas Climáticas Locais (ZCL) (figuras 1 e 2), sendo que quinze são definidas pela morfologia de superfície e cobertura de solo, e duas são determinadas pelo uso do solo e material de construção componentes deste uso; assim, o conjunto padrão é setorizado em dois: as tipologias de construção e as tipologias de cobertura de solo. Como um aprofundamento mais específico quanto ao uso do solo e a morfologia e geometria urbana,

as classificações das ZCLs complementam a tradicional diferenciação entre urbano e rural. Stewart (2011) explica que as ZCLs apresentam um detalhamento de parâmetros que influenciam no clima urbano e que caracterizam as propriedades do local, o que possibilita uma análise mais apropriada à magnitude da ilha de calor por meio da distribuição da temperatura entre estas diferentes classificações.

Essa metodologia está sendo utilizada em diversos estudos de clima urbano, tais como o de Collischonn e Mattos (2011), que teve por objetivo identificar e mapear potenciais zonas climáticas no espaço urbano de Pelotas, por meio do uso de observação em campo e de ferramentas do geoprocessamento, como também, de levantamento de dados do comportamento térmico: temperatura, umidade, velocidade e direção do vento e cobertura do céu em 96 diferentes pontos de coleta de dados no ano de 2011. Os resultados apontaram para uma classificação prévia de ambientes climáticos potenciais, posteriormente identificados e individualizados sobre uma imagem do satélite Ikonos de 2009.

Alexander e Mills (2014) realizaram um mapeamento das ZCLs para estudar as ilhas de calor em Dublin, Irlanda, com o objetivo de criar uma campanha de observação das condições ideais por meio de dados meteorológicos. A pesquisa permitiu observar uma padronização e a magnitude das ilhas de calor decorrentes do tipo de ZCL.

Figura 1 - Definições sintetizadas das Zonas Climáticas Locais: Tipologias da Construção.

Tipologia da Construção	Descrição
1. Maciço de edifícios altos 	Densa mistura de edifícios altos. Poucas ou nenhuma árvore. Cobertura do solo é principalmente pavimentada. Materiais de construção de concreto, aço, pedra e vidro.
2. Maciço de edifícios médios 	Mistura densa de edifícios médios (3-9 pavimentos). Poucas ou nenhuma árvore. Cobertura do solo é principalmente pavimentada. Materiais de construção de pedras, tijolos, ladrilhos e concreto.
3. Maciço de edifícios baixos 	Densa mistura de prédios baixos (1-3 pavimentos). Poucas ou nenhuma árvore. Cobertura do solo principalmente pavimentada. Materiais de construção de pedras, tijolos, ladrilhos e concreto.
4. Espaço aberto com edifícios altos 	Arranjo aberto de edifícios altos. Abundância de cobertura de solo permeável (plantas baixas, árvores dispersas). Materiais de construção de concreto, aço, pedra e vidro.
5. Espaço aberto com edifícios médios 	Arranjo aberto de edifícios médios (3-9 pavimentos). Abundância de cobertura de solo permeável (plantas baixas, árvores dispersas). Materiais de construção de concreto, aço, pedra e vidro.
6. Espaço aberto com edifícios baixos 	Arranjo aberto de edifícios baixos (1-3 pavimentos). Abundância de cobertura de solo permeável (plantas baixas, árvores dispersas). Materiais de construção de madeira, tijolos, pedras, telhas e concreto.
7. Adensamento de Edifícios baixos leves 	Densa mistura de edifícios baixos. Poucas ou nenhuma árvore. A cobertura de solo expostos. Materiais de construção leves (por exemplo, madeira, palha, metal ondulado).
8. Grandes edifícios baixos, galpões 	Arranjo aberto de grandes edifícios baixos (1-3 pavimentos). Poucas ou nenhuma árvore. Cobertura do solo principalmente pavimentada. Materiais de construção de aço, concreto, metal e pedra.
9. Escassamente construído 	Arranjo com pequenos ou médios edifícios em um ambiente natural. Abundância de cobertura de solo permeável (plantas baixas, árvores dispersas).
10. Indústria pesada 	Estruturas industriais de baixa gabarito e de médio alcance (torres, tanques, pilhas). Poucas ou nenhuma árvore. A cobertura de solo é principalmente pavimentada. Materiais de construção de metais, aço e concreto.

Fonte: Stewart e Oke, 2012.

Figura 2 - Definições sintetizadas das Zonas Climáticas Locais: Tipologias de Cobertura de Solo.

Tipologias de Cobertura de Solo	Descrição
A. Árvores adensadas 	Paisagem fortemente arborizada de árvores decíduas e/ou de folhas perenes. A cobertura do solo é principalmente permeável (plantas baixas). A função da zona é floresta natural, cultivo de árvores ou parque urbano.
B. Árvores dispersas 	Paisagem levemente arborizada de árvores de folha caduca e/ou de folhas perenes. A cobertura do solo é principalmente permeável (plantas baixas). A função da zona é floresta natural, cultivo de árvores ou parque urbano.
C. Arbustos 	Arranjo aberto de arbustos e árvores curtas e lenhosas. A cobertura do solo é principalmente permeável (solo exposto ou areia). A função da zona é arvoredo natural ou agricultura.
D. Gramíneas / Forrações 	Paisagem com gramíneas, forrações ou culturas herbáceas. Poucas ou nenhuma árvore. Função de zona é pastagem natural, agricultura ou parque urbano.
E. Pavimentação / Pedra exposta 	Paisagem com pedra exposta ou cobertura pavimentada. Poucas ou nenhuma árvore ou planta. A função da zona é o deserto natural (rocha) ou o transporte urbano.
F. Solo exposto / Areia 	Paisagem com solo exposto ou areia. Poucas ou nenhuma árvore ou planta. A função da zona é deserto ou agricultura natural.
G. Água 	Corpos de água grandes e abertos, como mares e lagos, ou pequenos corpos, como rios, reservatórios e lagoas.

Fonte: adaptado de Stewart e Oke, 2012.

Bechtel *et al.* (2015) realizaram uma descrição das cidades com base no esquema de Zona Climática Local (LCZ), que classifica as paisagens naturais e urbanas em categorias com base nas propriedades de superfície relevantes para o clima. Essa classificação, realizada por meio de sensoriamento remoto, serve para desenvolver o Banco de Dados Urbano Mundial e Ferramentas de Portal de Acesso (WUDAPT), para reunir e divulgar informações de maneira consistente para áreas urbanas em todo o mundo.

Monteiro (2018) mostrou a eficiência dessa nova metodologia em uma pesquisa que teve como objetivo analisar o comportamento das Zonas Climáticas Locais caracterizadas em um recorte espacial do município de Campinas – SP, além de averiguar quais os parâmetros de classificação que gerariam maiores interferências aos dados climáticos coletados em uma área de abrangência de 200 metros de raio.

Hidalgo *et al.* (2019) realizaram um trabalho de comparação dos resultados de mapas de Zonas Climáticas Locais (ZCLs), gerados por observações de satélites, na abordagem de cima para baixo (*top-down*), conforme os procedimentos estabelecidos pelo projeto WUDAPT, com mapas gerados a partir de bancos de dados administrativos das cidades de Nantes, Toulouse e Paris na França, aplicando uma abordagem de baixo para cima (*bottom-up*). Os resultados mostraram que o uso de banco de dados administrativos, com alta resolução espacial, permite identificar com mais precisão as ZCLs.

Para o DF, Silva (2020) analisou a contribuição da vegetação intraurbana na Temperatura Fisiológica Equivalente de diferentes Zonas Climáticas Locais (ZCLs) de três Regiões Administrativas (RAs) do Distrito Federal (DF). Os resultados reforçaram e comprovaram o papel das árvores como um recurso para reduzir o calor extremo no contexto urbano, destacando a importância de compreender o clima local no suporte à implementação de estratégias de arborização urbana.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A área de estudo dessa investigação trata da área urbana do Distrito Federal (Figura 3 - com a área urbana destacada em amarelo). O DF está localizado entre os paralelos de 15°30' e 16°03' de latitude sul e os meridianos de 47°25' e 48°12' de longitude oeste, na Região Centro-Oeste, ocupando o centro do Brasil e o centro-leste do estado de Goiás. Com uma área de 5.783 km², representa 0,06% da área do território nacional. A área urbana está distribuída entre as 33 Regiões Administrativas (RAs) do DF, cujos limites físicos determinam a jurisdição da ação do governo para descentralizar a administração e coordenar os serviços públicos.

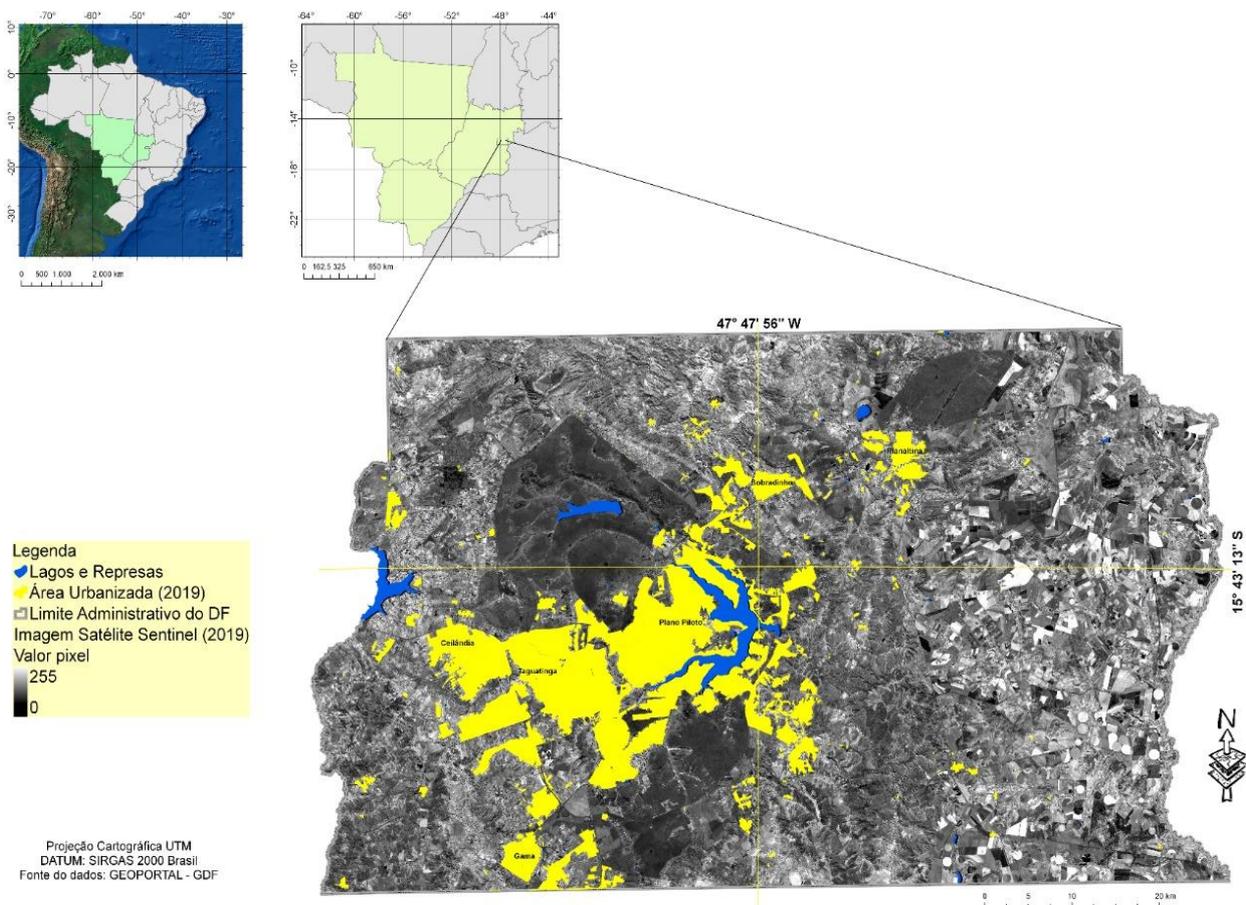
O meio natural do DF pode ser resumido da seguinte forma: o relevo caracteriza-se por topografia plana a plana ondulada, constituindo-se nos divisores de água das bacias hidrográficas da região.

A região é drenada por cursos d'água pertencentes a três das mais importantes bacias hidrográficas brasileiras.

Situa-se na região do Cerrado e apresenta diferentes tipos de vegetação, tais

como: Cerradão, Cerrado Típico, Campo Cerrado, Campo Sujo e Campo Limpo. As Matas Ciliares, Veredas e Campos Rupestres encontram-se nas regiões mais elevadas topograficamente.

Figura 3 - Localização Geográfica do Distrito Federal com destaque para a área urbana.



Fonte: Elaborado por Melo, 2020.

Os sistemas de circulação atmosférica que atuam no Centro-Oeste, associados à posição geográfica do DF, permitem observar, na região, uma forte sazonalidade pluvial anual. Entre os meses de maio a setembro, registra-se pouquíssima chuva, sendo as principais características desse período: intensa insolação, pouca nebulosidade, forte evaporação, baixos teores de umidade no ar e

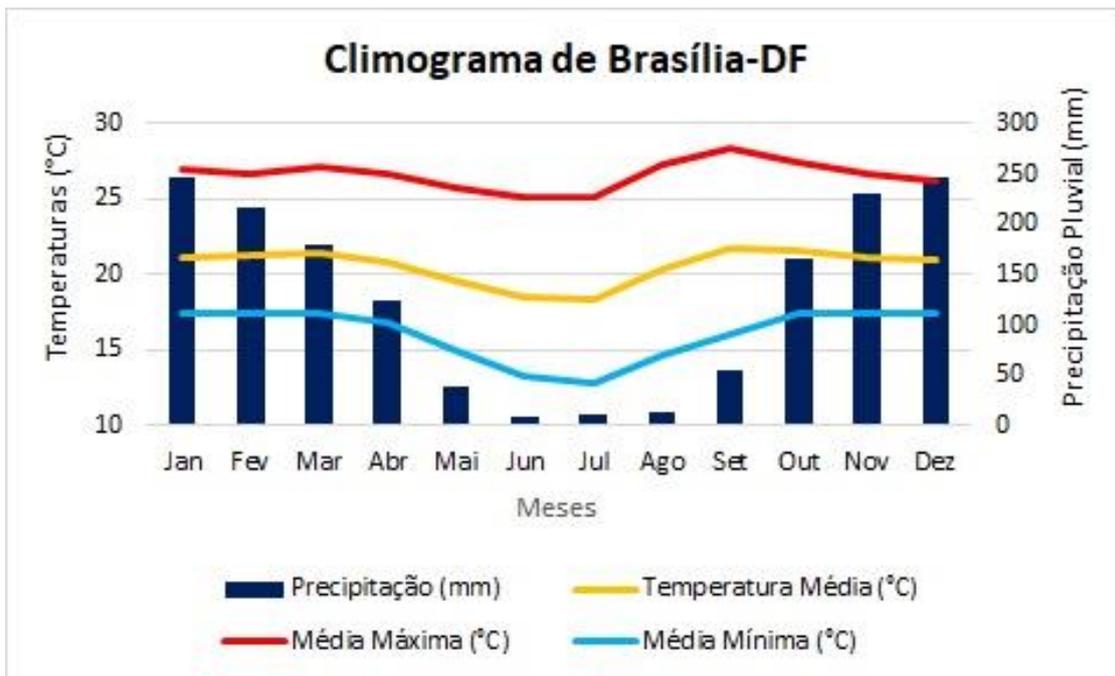
grande amplitude térmica (máximas elevadas e mínimas reduzidas).

Já entre os meses de outubro a abril ocorre o período chuvoso. Nesse período, a insolação se reduz, a nebulosidade aumenta, diminui a evaporação, os teores de umidade do ar aumentam, a pluviosidade se intensifica e a amplitude térmica moderadamente reduz-

se. Na Figura 4 é possível observar o climograma que representa o comportamento médio da temperatura do ar e da precipitação

ao longo de um ano em Brasília, no DF, segundo as Normais Climatológicas (INMET 1992).

Figura 4 - Variação anual da temperatura do ar (média, máxima e mínima) e da precipitação na estação Brasília.



Fonte: INMET, 1992; elaborado por Franca, 2020.

Existem, assim, dois semestres pluviometricamente distintos: um seco e um chuvoso. Dentro do período mais seco, os meses de julho e agosto são os que apresentam os mais baixos volumes de chuva no DF. Já no período mais chuvoso, o mês de maior pluviosidade é dezembro. Com relação às temperaturas, pode-se afirmar que permanecem elevadas na primavera e no verão, enquanto o inverno, embora sujeito a máximas diárias elevadas, apresenta temperaturas amenas e frias que ocorrem em

função da latitude, da altitude, e da maior participação da massa polar atlântica (STEINKE e BARROS, 2015).

Com a premissa de atingir os objetivos previstos para a investigação proposta, algumas etapas de trabalho foram empreendidas, as quais estão sintetizadas no fluxograma apresentado na Figura 5. Ressalta-se que o presente texto enfatiza as etapas de classificação dos usos da terra no DF, classificação dos tipos de cobertura do solo, e classificação das tipologias de construção.

Figura 5 - Fluxograma dos procedimentos metodológicos.



Fonte: Elaborado por Melo, 2020.

Com base nas diretrizes para classes de coberturas do solo, foi elaborada a construção de duas classificações da área urbana do DF, seguindo as classificações propostas de Stewart e Oke (2012).

- a) O mapa da classificação de tipologia da cobertura do solo foi produzido por meio da reclassificação dos dados de cobertura do solo de 2019, classificados com imagens Sentinel 2, pela Companhia de Planejamento do Distrito Federal (Codeplan) e disponibilizados no Geoportal do Governo do Distrito Federal (GDF). O Geoportal constitui uma plataforma pública destinada a disponibilizar todas as informações cartográficas e urbanísticas das 31 Regiões Administrativas do DF. O dado original possuía quatro classes de cobertura e, na reclassificação, conforme orientam Stewart e Oke (2012), o dado passou a contar com seis classes. Para a

manipulação e conversão de dados foi utilizado o software Qgis 3.10.

- b) A classificação de tipologia de construção foi realizada na região da classe de “Pavimentação/Pedra Exposta” da classificação anterior. Foram realizadas duas classificações supervisionadas, Classification and Regression Tree (CART) e Random Forest (RF) sobre 407 polígonos amostrais coletados em diferentes tipos de cobertura.

Das dez classes de Stewart e Oke (2012) (Figura 1), nove foram identificadas durante a coleta de amostras, sendo desconsiderada a classe “indústria pesada”.

No intuito de distinguir os diferentes edifícios, a imagem resultou da combinação de dois produtos. O primeiro é a imagem NDVI, a partir das imagens do satélite Sentinel 2, do

ano de 2019. Para isso foram priorizadas, para a escolha das bandas, as resoluções espectral e espacial. Assim, foram selecionadas as bandas 4 (vermelho) e 8 (infravermelho próximo), com 10 m de resolução espacial para obtenção do NDVI. Para a composição colorida da imagem, foram utilizadas as bandas RGB 4-3-2. O segundo produto foi obtido por meio do resultado da subtração do modelo digital do terreno (SRTM) com o modelo digital de superfície (ALOS Palsar).

O processamento das imagens de satélite e a elaboração das classificações foram realizados no software de geoprocessamento Google Earth Engine e Qgis 3.10 para converter as imagens resultantes no formato vetorial, compatível com Shapefile.

Em seguida, estas duas tipologias foram aglutinadas à classificação de uso da terra, disponível no Geoportal do GDF, originando um plano de informação para cobertura do solo no DF, tendo como ano base, 2019. Assim, a cobertura do solo foi agrupada em seis classes. A seguir foi realizada a identificação da volumetria das edificações, para poder enquadrar nas tipologias propostas por Stewart e Oke (2012).

A identificação da volumetria das edificações foi realizada para a adequação nas tipologias propostas por Stewart e Oke (2012), na qual exige-se identificar os prédios mais altos, os prédios baixos, as áreas mais adensadas com edificações, entre outros. Para este procedimento, foram utilizadas imagens do sensor ALOS e SRTM, com um conjunto de amostras de 207 pontos, distribuídos pela área urbana do DF.

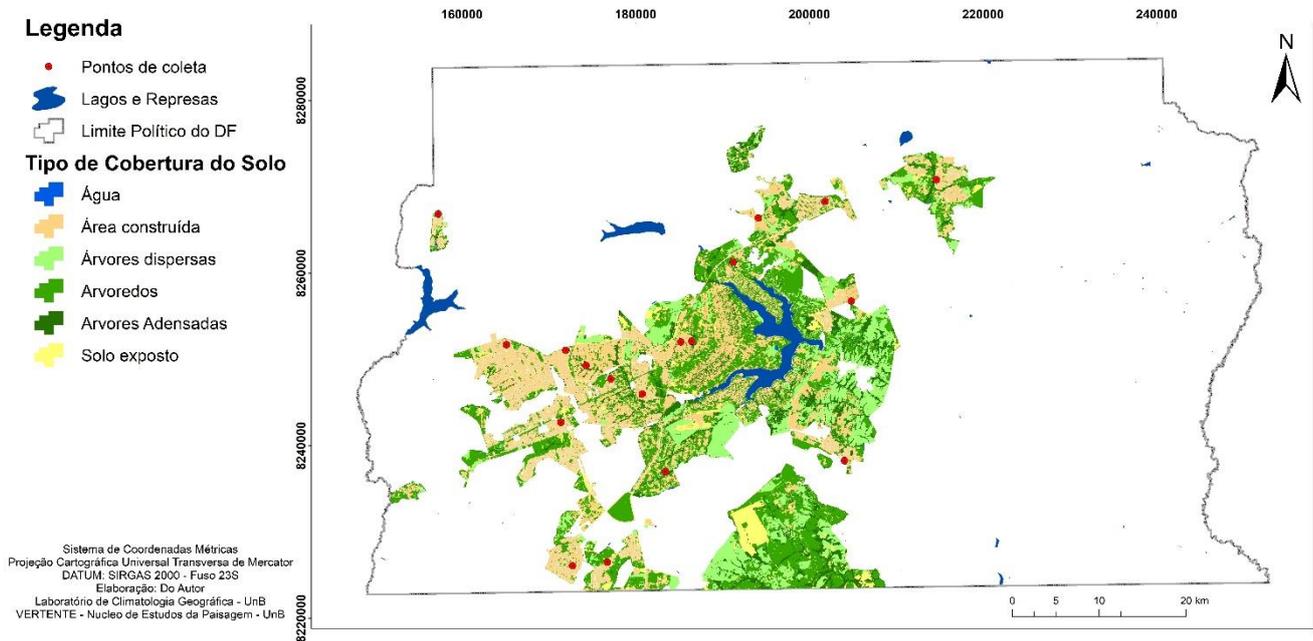
RESULTADOS

O recorte territorial não utilizou a divisão em RAs, mas, sim, diz respeito aos setores censitários urbanos do DF, de acordo com o IBGE (2010). Para este recorte foram selecionadas duas classes, a saber: a tipologia de edificações e a de tipologia de solo. A associação destes recortes resultou em um plano de informação para cobertura do solo no DF, com as seguintes classes: água, área construída, arvoredos, árvores adensadas, árvores dispersas e solo exposto (Figura 6). A característica mais significativa da área urbana, no DF, é o fato do tecido urbano apresentar-se fracionado, com pouca continuidade do ambiente construído entre os diversos núcleos urbanos que o compõe. A área urbana se apresenta horizontalizada e polinucleada e a mancha urbana se estende em direção a ambientes de restrição ambiental e de recarga de aquíferos (áreas mais elevadas topograficamente).

Após a avaliação da área considerada urbanizada, observou-se a existência de uma diversidade de configurações, desde porções mais compactas, com área urbana consolidada, até áreas mais dispersas, algumas mais verticalizadas e outras mais vegetadas.

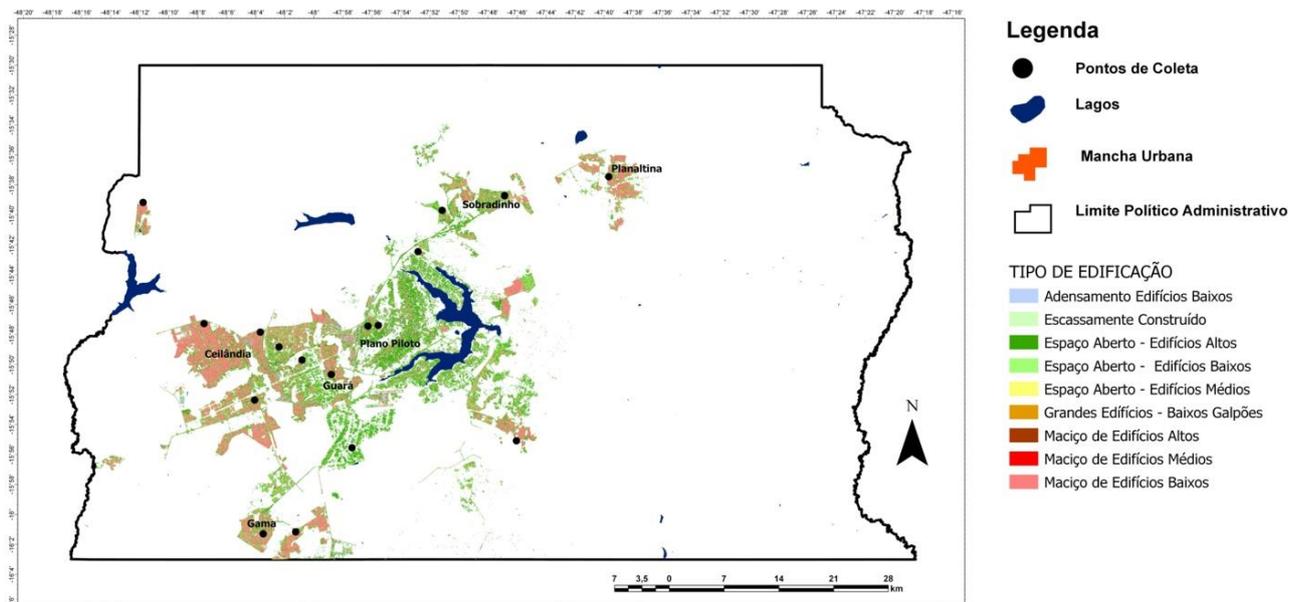
Como resultado da identificação da volumetria das edificações, obteve-se a classificação tipológica por características de construção, com as áreas devidamente representadas no território, possibilitando a posterior identificação das Zonas Climáticas Locais em decorrência das tipologias de coberturas (Figura 7).

Figura 6 - Tipos de cobertura do solo.



Fonte: Elaborado por Melo, 2020.

Figura 7 - Classificação de tipologia de construção.



Fonte: Elaborado por Melo, 2020.

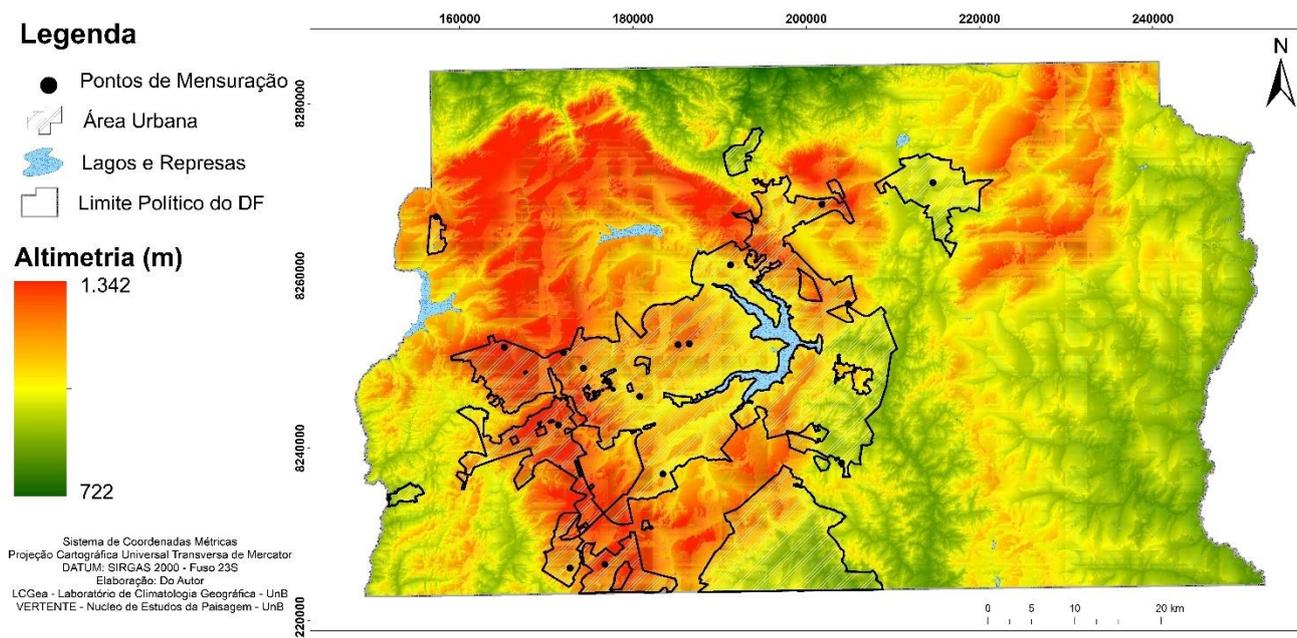
Entre as tipologias de construção definidas se destacam Espaço Aberto –

Edifícios Altos; Espaço Aberto – Edifícios Baixos e Maciço de Edifícios Baixos. As duas

primeiras classes são encontradas em Regiões Administrativas como Plano Piloto, área reconhecida pela Unesco como Patrimônio Cultural da Humanidade, onde predominam edifícios residenciais com até 6 pavimentos; e em regiões de ocupação mais recente como a verticalizada Águas Claras. Já a tipologia de Maciço de Edifícios Baixos predomina em regiões administrativas periféricas como Taguatinga, Samambaia e Ceilândia.

Steinke e Steinke (2014), em pesquisa realizada no DF, concluíram que as diferenças altimétricas, mesmo não sendo muito expressivas, tendem a interferir nos dados de temperatura do ar e umidade relativa do ar. Por esse motivo, e com o intuito de refinar o modelo proposto, foi realizada a fragmentação em classes topográficas (Figura 8).

Figura 8 - Classes topográficas.



Fonte: Elaborado por Melo, 2020.

Como já citado, as diferenças altimétricas, no DF, não são muito significativas. A altitude varia entre 750 m e 1.350 m, aproximadamente. As altitudes abaixo de 900 m estão localizadas em trechos ao longo dos rios das bacias do São Bartolomeu, Preto e Maranhão. As altitudes entre 900 m e 1.000 m ocupam, principalmente, o centro-leste e o leste do DF. As altitudes entre 1.000 m e 1.200 m são predominantes, caracterizando extensas

áreas com declives suaves. As cotas mais elevadas, acima de 1.200 m, estão localizadas a oeste, ocupando um pequeno trecho contínuo.

A fragmentação definiu nove classes de altimetria (Figura 8), que estão distribuídas pelos quatro padrões de relevo identificados por Steinke (2003): Interflúvios Tabulares, Colinas, Dissecação Intensa de Vales, e Dissecado na Transição Interflúvio Tabular e Colinas. A totalidade desses padrões configura,

a princípio, um relevo plano a suave ondulado, com vertentes que se estendem da base das unidades mais elevadas em direção aos vales, e relevos dissecados, ao longo dos principais rios.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este texto destacou a primeira parte do procedimento que deve ser realizado para a definição de ZCLs para as áreas urbanas do DF, ou seja, a análise de uso e ocupação do solo e da geometria urbana. Destaca-se que área urbana do DF é polinucleada, apresentando a separação física dos núcleos urbanos com a existência de uma diversidade de configurações, desde áreas mais compactas, com área urbana consolidada, até áreas mais dispersas, algumas mais verticalizadas e outras mais vegetadas.

O recorte territorial adotou os setores censitários urbanos do DF, de acordo com o IBGE (2010). Para este recorte foram selecionadas duas classes, a saber: a tipologia de edificações e de tipologia de solo. A associação destes recortes resultou em um plano de informação para cobertura do solo no DF, com as seguintes classes: água, área construída, arvoredos, árvores adensadas, árvores dispersas e solo exposto.

Entre as tipologias de construção, das dez classes de Stewart e Oke (2012), nove foram identificadas, e, entre essas nove, podem ser destacadas as classes: Espaço Aberto com Edifícios Altos e Espaço Aberto com Edifícios Baixos, encontradas em RAs onde predominam edifícios residenciais com

até seis pavimentos e em regiões de ocupação mais recente e bastante verticalizada. Outra classe que também sobressai é a de Maciço de Edifícios Baixos, predominante nas RAs periféricas ao centro do DF.

Com base nos diferentes tipos de construções e de cobertura da terra representativos das paisagens da área urbana do DF, serão executadas as próximas etapas recomendadas por Stuart e Oke (2012) para classificar a área de estudo em LCZs. Ressalta-se a importância desse estudo no sentido de contribuir com o delineamento teórico do conceito de ZCLs e caracterizar, futuramente, as ZCLs em toda a área urbana do DF, no intuito de identificar as áreas que mais apresentam consequências negativas para a população como o desconforto térmico e implicações na saúde.

REFERÊNCIAS

- ALEXANDER, P.; MILLS, G. Local Climate Classification and Dublin's Urban Heat Island. **Atmosphere**, 5(4), 755-744, 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.3390/atmos5040755>. Acesso em: 15 maio 2020.
- AMORIM, M. C. de C. T. Ilhas de Calor Urbanas: Métodos e Técnicas de Análise. **Revista Brasileira de Climatologia**. Ano 15 – Edição Especial – XIII Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica, pg. 23-46, 2019. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/revista-abclima/article/view/65136/38759>. Acesso em 2 abr. 2020.
- BARBOSA, H. P.; AMORIM, M. C. de C. T. Ilhas De Calor Urbanas Noturnas No Bairro Jardim Maracanã Em Presidente Prudente (São Paulo, Brasil). **Geografia em Questão**, v. 14, n. 01, p. 137-159, 2021. Disponível em: <http://e-revista.unioeste.br/index.php/geoemquestao/a>

rticle/viewFile/22472/17171. Acesso em: 21 jun. 2021.

BECHTEL, B. *et al.* Mapping local climate zones for a worldwide database of the form and function of cities. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, [s. l.], v. 4, n. 1, p. 199-219, 2015. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2220-9964/4/1/199>. Acesso em: 15 jan. 2020.

COLLISCHONN, E.; MATTOS, G. P. Classificação de ambientes termicamente homogêneos para estudos de clima na camada do dossel urbano - metodologia e aplicação à cidade de Pelotas/RS. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 9, p. 56-67, 2011. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/27515>. Acesso em: 23 jun. 2020.

FENG, X.; MYNT, S. W. Exploring the effect of neighboring land cover pattern on land surface temperature of central building objects. *Building and Environment*, v. 95, p. 346-354, jan 2016. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S036013231530127X>. Acesso em: 9 jun. 2021.

HIDALGO, J. *et al.* Comparison between local climate zones maps derived from administrative datasets and satellite observations. *Urban Climate*, v. 27, p. 67-89, 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2212095518303109>. Acesso em: 21 maio 2021.

IBGE. **Estimativas populacionais para os municípios e para as Unidades da Federação brasileiros em 01.07.2019**. Rio de Janeiro: IBGE, 2019. Disponível em: https://ftp.ibge.gov.br/Estimativas_de_Populacao/Estimativas_2019/estimativa_dou_2019.pdf. Acesso em: 21 maio 2021.

INMET. **Normais climatológicas (1961-1990)**. Brasília: [s.n.], 1992, 84 p.

JAMEI, E *et al.* Review on the impact of urban geometry and pedestrian level greening on outdoor thermal comfort. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 54, p. 1002-1017,

2016. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032115011831>. Acesso em: 12 jun. 2021.

JOHNSON, D. P.; WILSON, J. S. The socio-spatial dynamics of extreme urban heat events: the case of heat-related deaths in Philadelphia. *Applied Geography*, 29, p. 419-434, 2009. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0143622808000763>. Acesso em: 23 jun. 2021.

LANDSBERG, H. E. **The Climate of Towns**. In: THOMAS, W. E. Man's role in changing the face of earth. The WennerGreen Foundation Anthropological Research. The University of Chicago Press, 1956.

MCEVOY, D. Climate Resilient Urban Development. *Sustainability*, 11, 724-728, 2019. Disponível em: <file:///Users/mac/Downloads/sustainability-11-00724.pdf>. Acesso em: 15 jun. 2021.

MELLO, M. A. R.; MARTINS, N.; SANTÁNA NETO. A Influência dos Materiais Construtivos na Produção do clima Urbano. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 5, 2009. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/50473/31568>. Acesso em: 2 jun. 2021.

MONTEIRO, C. A. de F. **Teoria e Clima Urbano**. São Paulo, USP/FFLCH (Tese de Livre Docência), 1976.

MONTEIRO, C. A. de F. Por Um Suporte Teórico e Prático Para Estimular Estudos Geográficos de Clima Urbano no Brasil. *Geosul*, n. 9, p. 7-19, 1990.

MONTEIRO, V. S. **Zonas Climáticas Locais e a Relação com a Morfologia Urbana. Estudo de Caso: Campinas/SP**. Campinas, 2018. 167 p. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Infraestrutura Urbana). Centro de ciências exatas, ambientais e de tecnologia, Universidade Estadual de Campinas. Disponível em: <http://tede.bibliotecadigital.puccampinas.edu.br:8080/jspui/handle/tede/1047>. Acesso em: 29 jun. 2021.

MONTEIRO, C. A. de F.; MENDONÇA, F. **Clima Urbano**. São Paulo: Contexto, 2013.

OHASHI, Y. *et al.* Influence of air-conditioning waste heat on air temperature in Tokyo during summer: numerical experiments using an urban canopy model coupled with a building energy model. **Journal of Applied Meteorology and Climatology** 46, 66-81, 2007. Disponível em: <https://journals.ametsoc.org/view/journals/apme/46/1/jam2441.1.xml>. Acesso em: 3 jun. 2021.

OKE, T. R. **Boundary Layer Climates**. 2. ed. London: Matheun, 1987.

SILVA, B. G. **Simulação Computacional de Zonas Climáticas Locais do Distrito Federal: A Contribuição da Vegetação Intraurbana**. Brasília, 2020. 102 p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, 2020.

STEWART, I. D. A systematic review and scientific critique of methodology in modern urban heat island literature. **International Journal of Climatology**, 31, 200–217, 2011. Disponível em <https://rmets.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/joc.2141>. Acesso em: 24 jan. 2021.

STEWART, I.; OKE, T. **Classifying Urban Climate Field Sites by Local Climate Zones: the case of Nagano, Japan**. The seventh International Conference on Urban Climate. Japan, Yokohama, 2009 July 3 - June 2. Disponível em http://www.ide.titech.ac.jp/~icuc7/extended_abstracts/pdf/385055-1-090515165722-002.pdf. Acesso em: 23 jan. 2021.

STEWART, I. D.; OKE, T. R. Local climate zones for urban temperature studies. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v. 93, n. 12, p. 1879–1900, 2012. Disponível em: <https://journals.ametsoc.org/view/journals/bams/93/12/bams-d-11-00019.1.xml>. Acesso em: 14 jan. 2021.

STEINKE, V. A. *et al.* Estimativa da temperatura de superfície em áreas urbanas em processo de consolidação: reflexões e experimento em Planaltina-DF. **Revista Brasileira de Climatologia**, ano 6, 2010, p. 37-56. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/25604>. Acesso em: 14 jan. 2021.

STEINKE, E. T.; BARROS, J. R. Tipos de tempo e desastres urbanos no Distrito Federal entre 2000 e 2015. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 08, n. 05, p. 1435-1453, 2015. Disponível em: [file:///Users/mac/Downloads/233484-93834-1-PB%20\(3\).pdf](file:///Users/mac/Downloads/233484-93834-1-PB%20(3).pdf). Acesso em: 21 fev. 2020.

STEINKE, V. A. **Uso integrado de dados digitais morfométricos (altimetria e sistema de drenagem) na definição de unidades geomorfológicas no Distrito Federal**. Brasília, 2003, 101 p. Dissertação (Mestrado em Geologia) Instituto de Geociências, Universidade de Brasília.

STEINKE, V. A.; STEINKE, E. T. Correlação entre umidade relativa do ar e parâmetros fisiográficos da paisagem do parque urbano Olhos D'água - Brasília/Brasil. In: SILVA, C. A. da; FIALHO, E. S.; STEINKE, E. T. (org.). **Experimentos em Climatologia Geográfica**. 1. ed. Dourados: UFGD, 2014, p. 187-199.

WMO. **Urban Climatology and its relevance to urban design**. World Meteorological Organization – WMO, n. 438. TN, 149, Geneva, 1976.

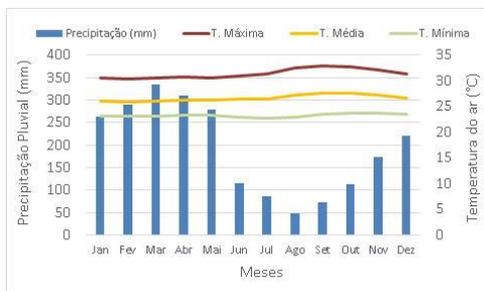
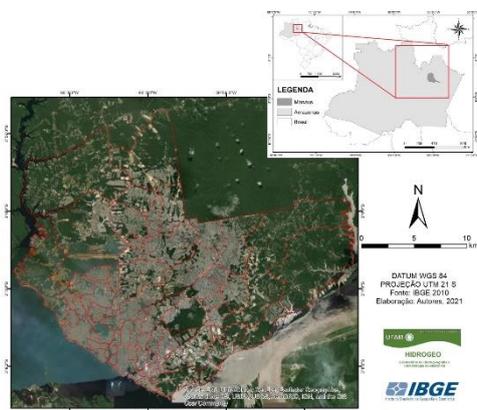
YIANNAKOU, A; SALATA, K-D. Adaptation to Climate Change through Spatial Planning in Compact Urban Areas: A Case Study in the City of Thessaloniki. **Sustainability**, v. 09, n. 02, p. 1-18, 2017. Disponível em: <https://ideas.repec.org/a/gam/jsusta/v9y2017i2p271d90368.html> <https://ideas.repec.org/a/gam/jsusta/v9y2017i2p271-d90368.html>. Acesso em: 27 jan. 2021.

CONDIÇÕES HIDROCLIMÁTICAS COMO FATORES DE RISCO DAS INTERNAÇÕES POR DIARRÉIA AGUDA EM MANAUS-AM

Marcela Beleza de Castro
João Cândido André da Silva Neto
Natacha Cíntia Regina Aleixo

RESUMO

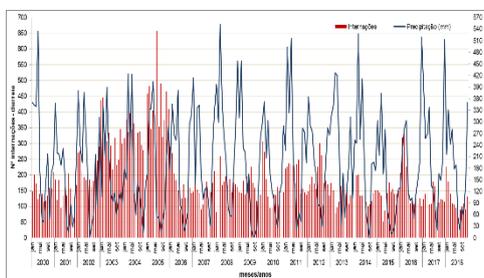
O objetivo da pesquisa foi realizar a sistematização de estudos que analisaram a influência de variáveis hidroclimáticas como fatores de risco para a ocorrência de diarreias, bem como verificar os padrões da doença com a sazonalidade hidroclimática na cidade de Manaus dos anos de 2000 a 2018. Partiu-se da perspectiva socioambiental e análise dos dados dos elementos climáticos, internações por diarreias, cotas fluviais, episódios de alagamentos e inundações urbanas. Os resultados apresentaram a sazonalidade da doença predominante no período chuvoso e a contribuição de diferentes variáveis hidroclimáticas na potencialização do processo saúde-doença.



HYDROCLIMATIC CONDITIONS AS RISK FACTORS OF HOSPITALIZATION FOR ACUTE DIARRHEA IN MANAUS-AM

ABSTRACT

The aim of the research was to accomplish the systematization of studies that evaluated the impact of hydroclimatic variables as risk factors for the occurrence of diarrhea, as well as, the verification of the disease patterns with the hydroclimatic seasonality in the city of Manaus from 2000 to 2018. In this context, we started from social and environmental perspective and data analysis of climatic elements, hospitalizations for diarrhea and episodes of urban floods. The results were associated with the seasonality of the disease in the rainy season and the contribution of different climatic variables in enhancing the health-disease process.



INTRODUÇÃO

Segundo a Organização Mundial de Saúde (WHO, 2013), a diarreia aguda é considerada uma importante causa de morbimortalidade no mundo, representando a segunda maior causa de morte em países de baixa renda, sendo apenas superada pelas infecções do trato respiratório, e a quinta causa de morte, considerando todos os países do mundo. Diante disso, a organização estima que 88% das ocorrências por diarreia aguda podem ser atribuídas à falta de saneamento ambiental, tratamento da água e hábitos de higiene.

Diversos estudos apontam que as condições ambientais exercem impactos significativos sobre a saúde humana e potencializam a difusão de certas doenças em determinados territórios, assim, destacam-se as condições atreladas ao clima, à sazonalidade e aos eventos extremos (ASMUS, 2014; SOUZA E NASCIMENTO, 2017; FONSECA, 2018).

Várias doenças possuem padrões sazonais bem definidos, tendo sua incidência maior em determinados períodos, o que foi encontrado na pesquisa de Fuckner (2019, p. 15), onde o “comportamento intra e interanual da precipitação pluviométrica e da temperatura” estão correlacionados com os padrões de ocorrência da doença diarreica. Quanto aos critérios considerados no seu estudo, o Fuckner (2019, p. 61) cita que:

A análise intranual considerou os padrões apresentados por semana epidemiológica em cada ano da série

temporal e observou as anomalias de precipitação registradas na região e em algumas de suas sub-regiões. A análise interanual considerou as taxas anuais de DDA na área de estudo comparadas às médias de precipitação anual e temperatura anual. Também foi observada a ocorrência de fenômenos como a Oscilação Sul do El Niño (ENSO) que pode auxiliar no entendimento do padrão interanual de incidência da DDA em regiões tropicais, como já demonstrado para doenças de veiculação hídrica como o cólera (RODÓ *et al.*; 2002) e a úlcera de Buruli. (MORRIS *et al.*, 2014).

Supõe-se que os surtos também possam estar relacionados a condições excepcionais, a exemplo dos episódios de seca, precipitações extremas, temperaturas extremas, baixa umidade relativa do ar, entre outras, onde, a partir do monitoramento dessas variáveis, podem ser construídos planos de prevenção e redução dos seus impactos que auxiliem os órgãos competentes e tomadores de decisão (FUNARI *et al.*, 2012; RUFINO *et al.*, 2016; EMONT *et al.*, 2017; BUFFON *et al.*, 2017).

Dentre os diversos fatores que potencializam a ocorrência da diarreia aguda, têm-se: as condições climáticas, o saneamento ambiental, o tipo de patógeno e o estado imune do hospedeiro, e respectiva faixa etária. Conforme Prüss-Üstün e Corvalan (2006), estima-se que a diarreia aguda esteja em primeiro lugar entre as doenças que são mais influenciadas por fatores ambientais. Segundo os mesmos autores, cerca de 94% da carga das doenças diarreicas podem estar atribuídas às condições ambientais, configurando-se em, aproximadamente, mais

de 1,7 milhões de mortes anuais, principalmente em crianças.

Os agentes patogênicos responsáveis pela ocorrência das diarreias infecciosas consistem em bactérias, vírus, fungos e parasitas, como, por exemplo: *Escherichia coli* (invasiva, patogênica e toxigênica), *Shigella*, *Salmonella*, *Campylobacter*, protozoários como *Giardia lamblia*, *Entamoeba histolítica*, *Cryptosporidium*, e os vírus rotavírus e adenovírus (VERONESI E FOCACCIA, 2005).

Vários estudos analisaram o impacto de eventos excepcionais, especialmente da precipitação, sobre os surtos de diarreias agudas. Alguns destes, como o de Hashizume *et al.*, (2007) e Chou *et al.*, (2010) englobaram todas as faixas etárias, e outros delimitaram a análise apenas a crianças (Drayna *et al.*, 2010; ASMUS, 2014; FONSECA, 2018). Grande parte destes estudos, que analisaram estatisticamente a relação entre diarreias agudas com variáveis hidroclimáticas, indicaram uma associação de temperaturas elevadas e eventos de precipitação intensa para a ocorrência da doença.

Em relação à análise epidemiológica da diarreia aguda no Brasil, poucos estudos abordaram o comportamento desses padrões. Geralmente, a análise das condições climáticas na incidência da diarreia se limita a apenas uma localidade ou determinado ano. Conforme os estudos de Sastry e Burgard (2005), as maiores incidências de diarreia aguda no Brasil ocorrem entre os meses de janeiro e fevereiro, e em outubro.

Neste contexto, o objetivo deste capítulo foi realizar uma sistematização dos

estudos que analisaram a influência de variáveis hidroclimáticas como fatores de risco para a ocorrência de diarreias agudas, e verificar a sazonalidade hidroclimática da doença na cidade de Manaus entre os anos de 2000 a 2018.

METODOLOGIA

Partiu-se da perspectiva socioambiental baseada em Mendonça (2004), o qual propõe o Sistema Ambiental Urbano (S.A.U), considerando a abordagem integrada da natureza (aspectos climáticos, ecológicos, etc.) e sociedade (aspectos socioespaciais urbanos) em uma interação sistêmica, visando a análise de ambas as dimensões, sendo o enfoque maior sobre uma ou outra, conforme o problema a ser estudado.

Diferentes estudos sobre clima e saúde nas cidades brasileiras têm sido desenvolvidos a partir da abordagem do S. A. U. (ALEIXO e SANT'ANNA NETO, 2017; ALMEIDA e CASTRO, 2019; AQUINO JR, 2010; BUFFON *et al.*, 2017), entre outros.

Nesta perspectiva, o espaço urbano é considerado um ambiente de riscos de toda ordem e isso se justifica pela aglomeração dos seus objetos espaciais e as desigualdades socioespaciais pretéritas e presentes que se materializam no mesmo. Admite-se que a cidade é um ambiente altamente complexo de ser analisado, em virtude de contribuir na introdução de ameaças para a saúde humana, compreendida aqui na incidência e reincidência de doenças nesses ambientes, que, associada à sazonalidade e às

excepcionalidades hidroclimáticas, por exemplo, favorecem a materialização dos riscos. Ressalta-se que esse cenário pode intensificar-se mediante as condições e os contextos sociais, políticos, econômicos e culturais da população.

Neste contexto, a pesquisa desenvolvida foi do tipo estudo de caso e apresentou-se com uma abordagem quantitativa, concebida a partir de procedimentos de coleta e análise de dados estatísticos oriundos de fontes secundárias e revisão sistemática da literatura científica.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A revisão sistemática da literatura científica foi realizada da seguinte forma: formulou-se primeiramente uma pergunta: “Qual a influência das variáveis hidroclimáticas (precipitação, temperatura do ar, umidade, alagamentos e inundações urbanas, cota do rio) na incidência de doenças como a diarreia aguda?”

Esta indagação fora voltada para uma abordagem inter e multidisciplinar. Neste sentido, optou-se por selecionar os estudos mais relevantes que foram publicados em bases indexadas e que refletem a produção dos diversos campos da ciência. Dentre os critérios de inclusão selecionaram-se os artigos gratuitos publicados nas bases de dados *Scielo*, *ResearchGate*, *Pubmed* e *Periódicos da Capes* nos idiomas inglês, espanhol e português. Para fins de identificação dos estudos foram utilizados descritores e palavras-chave, em conjunto

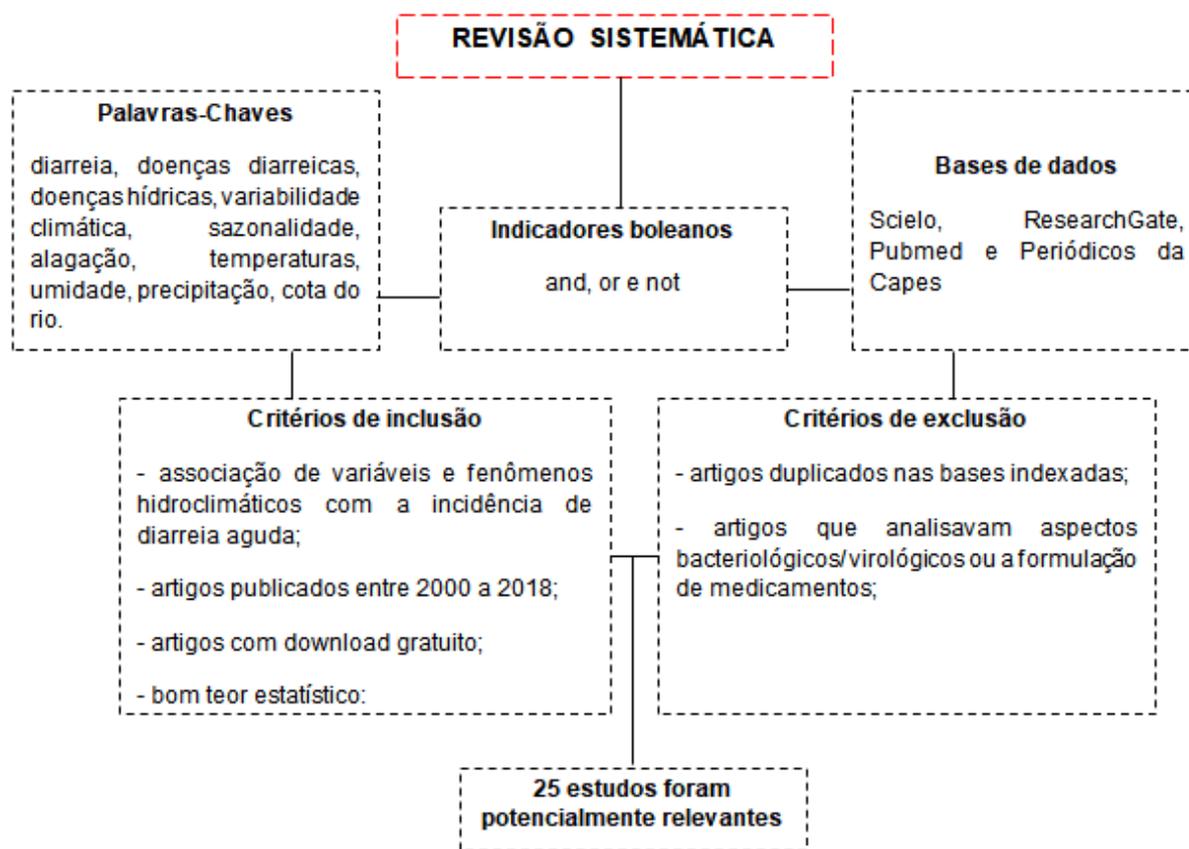
com indicadores booleanos (*and*, *or* e *not*) para o refinamento dos estudos que respondessem à indagação formulada.

As palavras-chave foram utilizadas em diferentes combinações para se obter artigos potenciais, sendo estas: diarreia, doenças diarreicas, variabilidade climática, sazonalidade, alagação, alagamentos, temperatura, umidade, precipitação e cota do rio.

Os critérios de exclusão foram os artigos duplicados nas bases indexadas selecionadas, artigos que analisavam a bacteriologia, virologia ou a formulação de medicamentos para a doença. Os critérios de inclusão foram: estudos que apresentavam associação de variáveis hidroclimáticas na incidência da diarreia aguda, e estudos com bom teor estatístico e publicados no período de 2000 a 2018 (Figura 1). Para a análise e caracterização epidemiológica da doença, foram utilizados os seguintes bancos de dados: Sistema de Informações Hospitalares (SIH/SUS) e dados de casos confirmados da Secretaria Municipal de Saúde (SEMSA) que disponibilizaram os dados das internações mensais e anuais por diarreias agudas do período 2000-2018.

Além disso, foram obtidos dados das variáveis como: precipitação pluvial, temperatura do ar, umidade relativa do ar na escala temporal mensal e anual do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), em Manaus.

Figura 1 - Etapas da revisão sistemática.



Fonte: elaborado pelos autores, 2021.

Quanto às ocorrências de alagamentos e inundações, os dados mensais de 2005-2015 foram obtidos na Secretaria de Proteção e Defesa Civil (SEPDEC) de Manaus-AM. Ressalta-se que os registros de alagamentos e inundações urbanas são disponibilizados em conjunto e intitulados pelo órgão de alagação urbana, não ocorrendo a diferenciação entre os fenômenos. Os dados posteriores ao ano de 2015 não foram possíveis de obtenção, devido ao decreto de calamidade na saúde pública por conta da pandemia do coronavírus (COVID-19), que alterou o funcionamento de várias instituições do município.

Todos os dados secundários epidemiológicos e hidroclimáticos foram tratados com técnicas estatísticas descritivas (valor máximo, valor mínimo, média, soma)

correlação linear e regressão multivariada, utilizando-se os softwares Excel e SPSS. Posteriormente, foram representados graficamente.

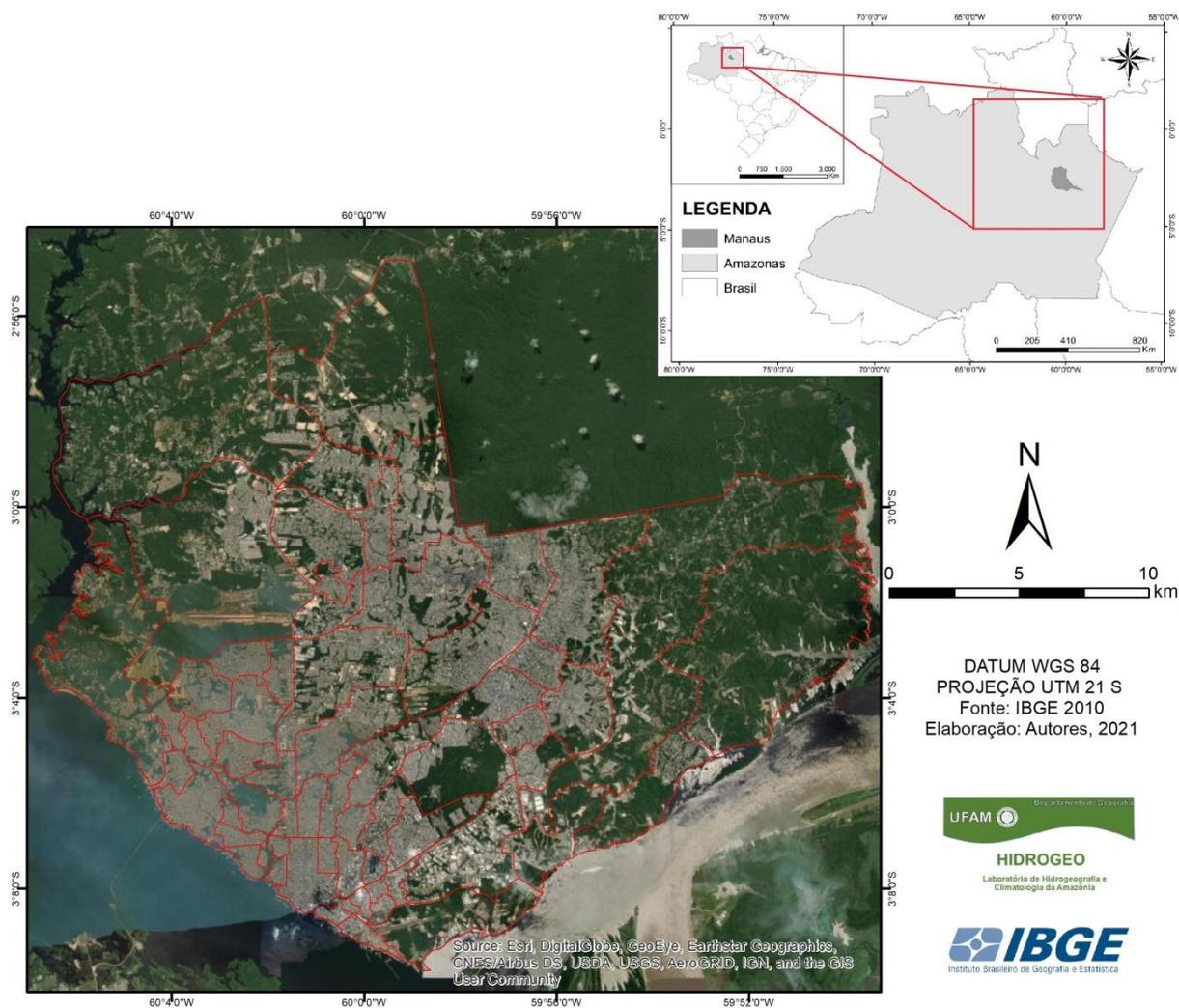
DESENVOLVIMENTO

Manus é a capital do estado do Amazonas e localiza-se na região Norte do país, compondo a delimitação político-administrativa da Amazônia Legal. Possui 2.255.903 habitantes (IBGE, 2021) e se caracteriza pela elevada ocorrência de casos confirmados de diarreias agudas quando comparados com os demais municípios da Região Metropolitana de Manaus (RMM) e do restante do estado do Amazonas (Figura 2).

Dentre os mecanismos de precipitação pluvial na Amazônia associados à circulação de grande escala e sinótica, encontram-se a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), o anticiclone em altos níveis denominado como

Alta da Bolívia (AB) e a associação de sistemas frontais com a convecção da Amazônia (FISCH *et al.*, 1990; MARENGO E HASTENRATH, 1993; HOREL *et al.*, 1989; JONES e HOREL, 1991; MOLION, 1987; OLIVEIRA, 1986).

Figura 2 - Recorte espacial – Manaus-AM.



Fonte: elaborado pelos autores, 2021.

Outra característica importante do clima da Amazônia é a convecção tropical, regulada por condições atmosféricas de larga escala, especialmente pela circulação da Célula de Hadley e da ZCIT, além da influência do fenômeno El Niño Oscilação Sul (ENOS) na variabilidade da precipitação pluvial. Na circulação de verão temos também a atuação

da Zona de Convergência do Atlântico Sul – ZCAS e Alta da Bolívia (AMBRIZZI *et al.*, 2012). Além disso, atuam sistemas convectivos de mesoescala e aglomerados convectivos locais.

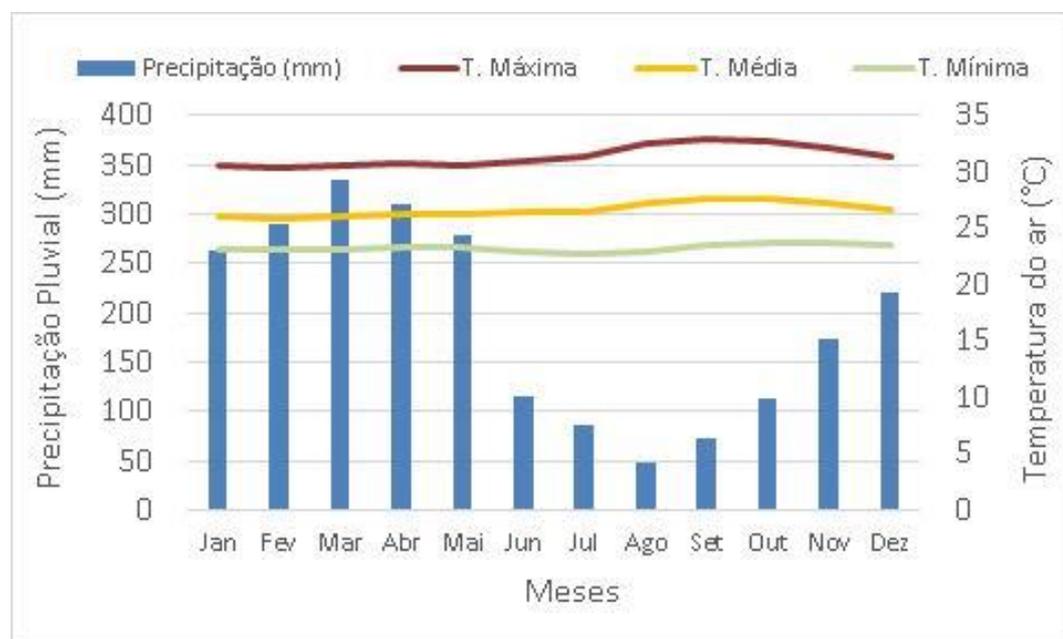
Quanto à caracterização climática, Manaus apresenta o clima equatorial úmido, com elevadas temperaturas ao longo do ano,

alta umidade e baixa velocidade dos ventos (NIMER, 1979). São destacadas duas sazonalidades climáticas: a estação chuvosa, compreendendo os meses de dezembro até meados de maio, sendo fevereiro, março e abril os meses com maiores volumes pluviométricos; e a estação menos chuvosa, que ocorre entre os meses de junho a outubro, sendo o mês de novembro

considerado transicional (INMET, 2019).

A Figura 3 apresenta a normal climatológica de Manaus entre 1961-1990, onde a temperatura média corresponde a 25° C. Existe uma diferença de aproximadamente 290 mm entre a precipitação do mês mais seco (agosto) e do mês mais chuvoso (março).

Figura 3 - Caracterização da normal climatológica - Manaus-AM (1961-1990).



Fonte: INMET, 2019 – elaborado pelos autores, 2021.

As temperaturas médias oscilam 1,4 °C ao longo do ano. O mês de agosto apresenta temperatura média de 27,3 °C, a mais elevada. A temperatura média mensal mais baixa ocorre em fevereiro, com 25,9 °C. Agosto é o mês mais seco, com registros de aproximadamente 50 mm. O mês de março corresponde ao de maior volume pluviométrico, registrando uma média de 335,4 mm.

Loureiro, Carlo e Lamberts (2002, p. 155) corroboram que a cidade apresenta clima quente e úmido durante quase todo o ano. No entanto, no inverno ocorre uma sensível diminuição da temperatura durante poucos dias, quando são frequentes as penetrações de frentes frias de origem polar. Este fenômeno é denominado de friagem, período de forte umidade específica e relativa, acompanhado de instabilidade atmosférica e eventos pluviais.

Fatores de risco hidroclimático nas interações de diarreias agudas

A partir da revisão sistemática foram identificadas 553 publicações em nível nacional e internacional. Após a retirada de 182 duplicatas e a exclusão de 346 artigos, permaneceram inicialmente 25 publicações; porém, 1 artigo foi excluído devido a não diferenciação dos dados da diarreia com os de outras doenças hídricas. Portanto, foram analisadas 24 publicações. Os fatores de risco hidroclimático mais associados às diarreias, conforme as publicações, foram precipitação (15 estudos) e temperatura do ar (14 estudos), seguidas das inundações e alagamentos urbanos (5 estudos) e cota do rio (3 estudos).

A análise dos artigos e das informações da autoria, bem como os principais fatores hidroclimáticos associados e a síntese dos resultados encontrados são apresentadas nos quadros 1 e 2.

Os trabalhos foram analisados quanto à influência de determinadas variáveis hidroclimáticas como fatores de risco na incidência da diarreia. Alguns evidenciaram o quanto estatisticamente estas respondiam pela difusão espacial da doença, e outros verificaram a existência de padrão sazonal. O predomínio na análise foi do tipo de análise retrospectiva (fazendo uso de séries históricas) e depois a prospectiva (modelagens visando a projeção da diarreia em diferentes cenários hidroclimáticos).

Ressalta-se que a preocupação das mudanças climáticas potencializando o contexto da difusão de doenças esteve

presente em 60% dos trabalhos selecionados, especialmente na parte teórica. Dentre os estudos prospectivos, 81% abordaram os efeitos das mudanças climáticas sobre a incidência da doença, enquanto que nos estudos retrospectivos apenas 52% fizeram essa menção. Dentre os recortes espaciais locais, 28% dos estudos foram realizados no país e, destes, 12% na Amazônia Legal. Além disso, cidades localizadas em países europeus, em Moçambique, Gana, Austrália e Peru também apresentaram estudos.

O fato das variáveis “precipitação pluvial” e “temperatura do ar” serem as que mais influenciaram na incidência de diarreias agudas se deve, provavelmente, à facilidade de acesso a esses dados, e ao próprio monitoramento de tais variáveis por longos períodos, bem como, à presença desses parâmetros em cenários climáticos difundidos pelo Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC).

Análise dos padrões da diarreia aguda e a sazonalidade hidroclimática em Manaus-AM

Estudos no Brasil apontam que a incidência da diarreia aguda pode oscilar devido à atuação de eventos climáticos extremos e fatores hidrodinâmicos como enchentes, inundações e secas que inferem no acesso e qualidade da água e nas condições de saúde e higiene da população (FUCKNER, 2015, RUFINO, 2016; ALPINO, SENA e FREITAS, 2016).

Quadro 1 - Sistematização de fatores de risco hidroclimático na incidência das diarreias agudas.

Autores	Ano de publicação	Fatores de risco hidroclimático	Síntese do estudo
Checkley	2000	El Niño; temperatura do ar	Aponta que, se os resultados do seu estudo em Lima Peru forem reprodutíveis em outras regiões, os registros de diarreias agudas podem aumentar em milhões de casos em todo o mundo, em virtude do aumento da temperatura ambiente acima do habitual.
Curriero	2001	Precipitação	50% dos surtos de doenças transmitidas pela água foram sucedidos por eventos pluviométricos acima do percentil 90 ($p=0,0002$) e 68% por eventos acima do percentil 80 ($p=0,001$).
Kondo	2002	Inundações	Identificou que após uma inundação existe um potencial de transmissão de doenças hídricas e aumento dos níveis de doenças endêmicas – Moçambique, janeiro a março de 2000; Foram realizados 2.611 atendimentos médicos, dos quais 85% dos pacientes estavam acometidos por doenças infecciosas, como diarreia, malária além de doenças respiratórias.
Tam	2006	Temperatura do ar (média)	A incidência de <i>Campylobacter</i> é sazonal; Identificou uma relação linear entre a variável temperatura do ar (média semanal) e a enterite de <i>Campylobacter</i> – aumento de 1 °C correspondendo a um aumento de 5% nos registros da doença, até um limiar de 14 °C.
D’Souza	2008	Temperatura do ar (máxima/mínima/média); Umidade	O estudo avaliou três cidades australianas. Os maiores picos da doença ocorreram no inverno e na primavera e foram menores no verão. Temperatura do ar (máxima, mínima e média) e umidade mais altas na semana anterior foram associadas com a diminuição das internações nas três cidades. Ressalta-se que, os efeitos da temperatura e umidade em Brisbane diferiram nas estações do ano.
Atchison	2010	Temperatura do ar (máxima/mínima/média); Umidade; Precipitação	Identificou uma alta associação da variável temperatura do ar com a taxa de infecção, no entanto não houve efeito direto com a variável umidade ou precipitação.
Chou	2010	Umidade; Temperatura do ar (máxima); Extremos de precipitação	A temperatura do ar (máxima) e os dias de precipitação extrema tiveram forte associação com a diarreia aguda. O impacto da temperatura máxima ocorreu principalmente entre crianças (0-14 anos) e idosos (40-64 anos) e teve um efeito menos em adultos (15-39 anos). A umidade e os dias de precipitação extrema tiveram efeito significativo na morbidade associada à diarreia em adultos.
Kolstad; Johansson	2010	Temperatura do ar (máxima/mínima/média)	O conjunto de modelos indicou aumento de temperatura de até 4% sobre a terra nos trópicos e subtropicais. O aumento médio projetado do risco da doença nas áreas estudadas foram de 8 a 11% entre 2010-2039 e de 22 a 29% de 2070-2099. O estudo também menciona as incertezas e projeções futuras da doença devido as mudanças climáticas, como por exemplo, a escassez de dados empíricos de clima e saúde.
Patz	2011	Precipitação	Identificou que chuvas intensas potencializam a transmissão e incidência das diarreias agudas.
ECDC	2012	Inundações; Temperatura do ar (máxima/mínima/média); Precipitação	O estudo apresentou uma revisão abrangente na literatura, no qual identificou relações entre seis patógenos (<i>Campylobacter spp</i> , <i>Listeria spp</i> , <i>Norovirus</i> , <i>Salmonella spp</i> e não cólera <i>Vibrio spp</i>) com variáveis climáticas.

Fonte: elaborado pelos autores, 2021.

Quadro 2 - Sistematização de fatores de risco hidroclimático na incidência das diarreias agudas.

Autores	Ano de Publicação	Fatores de risco hidroclimático	Síntese do estudo
Funari <i>et al.</i>	2012	Inundações; Secas, Temperatura do ar (máxima, mínima e média)	Abordam sobre mudanças ambientais e os contextos críticos causados por inundações, secas e temperatura do ar no aumento de agentes patogênicos relacionados à água, riscos químicos e cianotoxinas.
Cann	2013	Precipitação; Alagações; Secas	Identificou alta relação de precipitações intensas, alagações e secas com a diarreia. Os patógenos mais comuns foram <i>Vibrio spp</i> e <i>Leptospira spp</i> . Os surtos após os eventos climáticos extremos relacionados à água eram frequentemente o resultado da contaminação do abastecimento de água potável.
Carlton <i>et al.</i>	2013	Precipitação	Os resultados indicam que os eventos de chuvas intensas estavam associados com o aumento na incidência da diarreia após o período de seca.
Seidu <i>et al.</i>	2013	Precipitação	Os autores identificaram alta associação da precipitação com a incidência de diarreia. A defasagem entre chuvas intensas e a doença pode ser específica do local, possivelmente devido a diferenças na dinâmica de transmissão local ou período de incubação dos patógenos predominantes.
Asmus	2014	Precipitação; Temperatura do ar (máxima, mínima e média)	O estudo identificou que as variáveis temperatura do ar e a precipitação explicam o comportamento da incidência de diarreia na maioria das faixas etárias avaliadas.
Silva	2014	ENOS; Cota do rio	Os resultados obtidos indicam uma associação entre eventos hidrológicos extremos e a incidência de doenças hídricas, em especial, a diarreia aguda em Manaus.
Fuckner	2015	Precipitação	O estudo identificou que a diarreia esteve associada às primeiras chuvas de cada ano. Por meio da correlação cruzada foi encontrado uma defasagem de três a quatro semanas em média, entre o início das chuvas e a alta nos registros da doença, com coeficientes de correlação variando de 0,35 a 0,83.
Boithias <i>et al.</i>	2016	Sedimentos em suspensão; Cota do rio	Os resultados alcançados apontam que a <i>E. Coli</i> pode estar presente durante todo o ano, ou seja, indicando que a contaminação fecal é onipresente e constante. O pico das internações ocorre nos meses de fevereiro, março e depois em maio e julho. A escassez de água na área de Luang Prabang desencadeia picos de doenças durante a estação seca. E, com a recarga de chuvas e aquíferos, encerram a epidemia durante a estação chuvosa.
Rufino <i>et al.</i>	2016	Secas	O estudo analisou os surtos de diarreia no Nordeste do Brasil ocorridas no ano de 2013, as condições excepcionais de seca e os contextos socioambientais urbanos.
Azage <i>et al.</i>	2017	Precipitação; Temperatura do ar (máxima, mínima e média)	Os autores identificaram que a precipitação e temperatura média mensal foram positivamente associadas à diarreia e seu risco foi maior na estação de seca.
Buffon <i>et al.</i>	2017	Precipitação; Temperatura do ar (máxima, mínima e média)	Os resultados obtidos indicam que a diarreia em Curitiba expressou forte sazonalidade, no inverno os casos tendem a diminuir e na transição das estações verão para outono e do inverno para primavera os casos aumentam.
Emont <i>et al.</i>	2017	La Niña	Os resultados alcançados mencionam os fatores que contribuíram para a transmissão da doença no período de seca. O estudo também identificou que os registros da doença diarreica coincidem com o valor mais baixo da precipitação mensal registrada desde 1930 na ilha de Tuvalu, Pacífico Sul.
Souza	2017	Inundações	O estudo identificou os municípios mais vulneráveis quanto a incidência de doenças como diarreia, malária e leptospirose, que segundo o autor, relacionam-se às grandes inundações graduais no estado do Amazonas.
Fonseca	2018	Precipitação; Cota do rio; Temperatura do ar (máxima, mínima e média)	O estudo constatou que as variáveis hidroclimáticas explicam 20% variação da incidência das doenças diarreicas, sendo a precipitação o fator principal na alta dos casos da doença na maioria das cidades do vale do rio Acre.

Fonte: elaborada pelos autores, 2021.

O padrão da incidência das doenças diarreicas não é homogêneo no território nacional. O predomínio dos casos, considerando a totalidade, ocorre entre os meses de maio e setembro, devido à sazonalidade do rotavírus ser variável. Outro fator que é essencial e que contribui na redução das ocorrências por diarreia, se associa à implementação de estratégias de promoção à saúde e prevenção da doença, como por exemplo, a intensificação de campanhas e distribuição de hipoclorito de sódio para a população (ASMUS, 2014, MENEGUSSI *et al.*, 2015, CASTRO, 2021).

Estudos como Cairncross e Feachen (1993) em regiões tropicais identificaram que o comportamento da diarreia é sazonal e que seu ápice está relacionado ao período mais chuvoso ou de altas temperaturas (CHECKLEY *et al.*, 2000).

Fonseca (2018) analisou a influência de variáveis hidroclimáticas como precipitação, temperatura e cota dos rios (níveis dos rios) na incidência de doenças diarreicas na Amazônia Ocidental. Conforme a autora, estas variáveis hidroclimáticas explicam 20% sobre a variação da incidência da diarreia aguda, e tem a precipitação como fator principal na alta dos casos da doença na maioria das cidades situadas no vale do rio Acre.

Castro (2021) enfatizou a importância das bactérias na etiologia das doenças diarreicas em Manaus (se comparada com os vírus) devido aos baixos índices de saneamento, educação e informação da sociedade. Este fato se justifica devido ao aumento das doenças diarreicas (causadas

por bactérias) durante o verão. Em contrapartida, os registros das doenças diarreicas causadas por vírus se intensificam no inverno. Em relação ao seu modo de transmissão, a transmissão das diarreias agudas pode ocorrer pela via oral ou fecal, sendo específica para cada agente patogênico.

O estudo de Silva (2014) abordou a importância do comportamento hidrológico e seus impactos na saúde em Manaus, principalmente das doenças diarreicas entre 2000-2012, onde identificou que os registros de diarreia se elevam quando a cota do Rio Negro (no período de vazante) está abaixo de 23 m e acima de 28 m (no período de cheia) na cidade.

Na série temporal analisada nesta pesquisa, observa-se, nas figuras 4, 5, 6, 7 e 8 as interações de diarreia aguda com as variáveis de risco hidroclimático, como a precipitação pluvial, temperaturas (máxima, média e mínima), umidade relativa do ar, cota do rio (enchente, cheia, vazante e seca) e registros de alagamentos e inundações urbanas (que compõem um único dado intitulado de alagação pela Defesa Civil) na escala mensal entre os anos de 2000 a 2018.

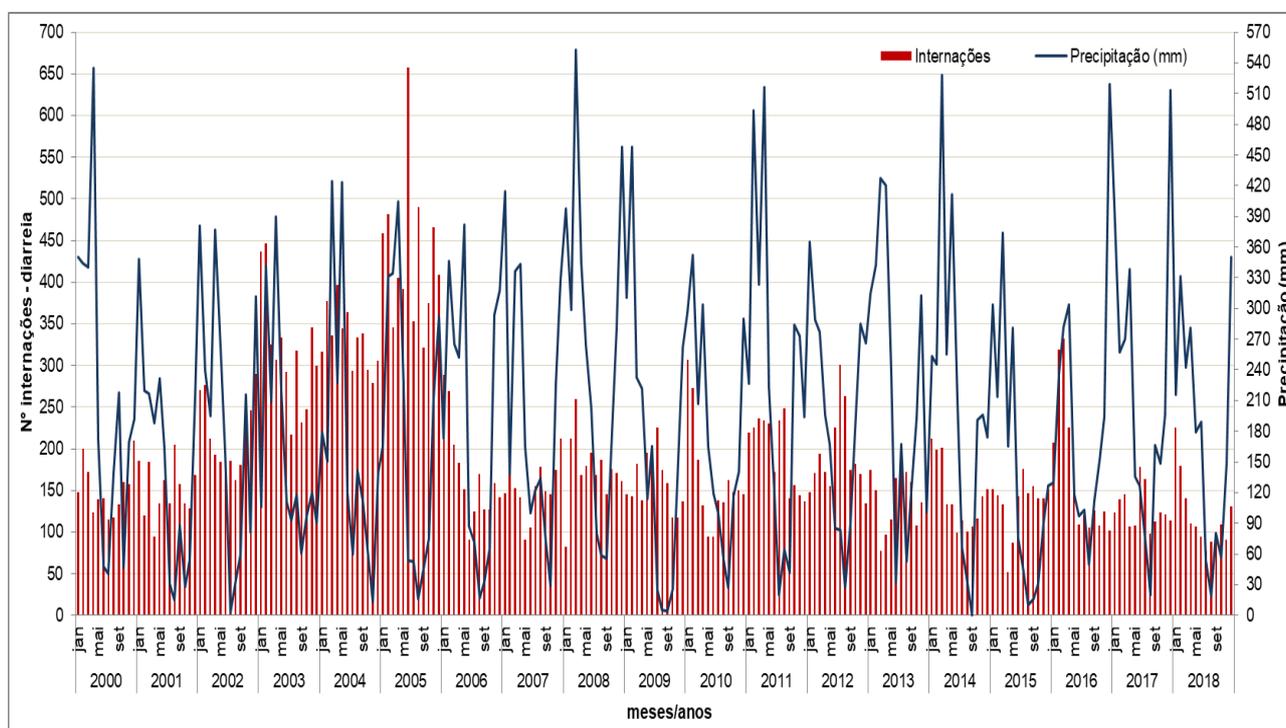
Foi possível identificar que as interações por diarreia aguda se concentraram entre 100 a 150 casos entre os anos de 2000 a 2018 em Manaus, com exceção de alguns anos (2002 a 2005) onde houve maior incidência de diarreias (com média de 300 a 500 interações). Devido ao plano de monitoramento da Secretaria de Saúde, a vacinação contra o rotavírus e as medidas de prevenção em saúde coletiva,

entre outros aspectos importantes que compõem os determinantes sociais da saúde, a média anual de internações por diarreias agudas desde 2005 apresentou diminuição, se comparada ao período anterior.

Os casos de diarreia aguda apresentaram, desde 2005, pouca variabilidade anual, com ápice das

internações ocorrendo entre os meses de janeiro a abril, meses que compõem o período chuvoso na cidade (Figura 4). Conforme os estudos de Castro (2021), a frequência dos eventos de inundações urbanas, alagamentos e aumento da cota do rio Negro são frequentes, potencializando o contato da população das áreas atingidas com a transmissão da doença.

Figura 4 - Relação entre as condições de precipitação com as internações por diarreia aguda em Manaus-AM.

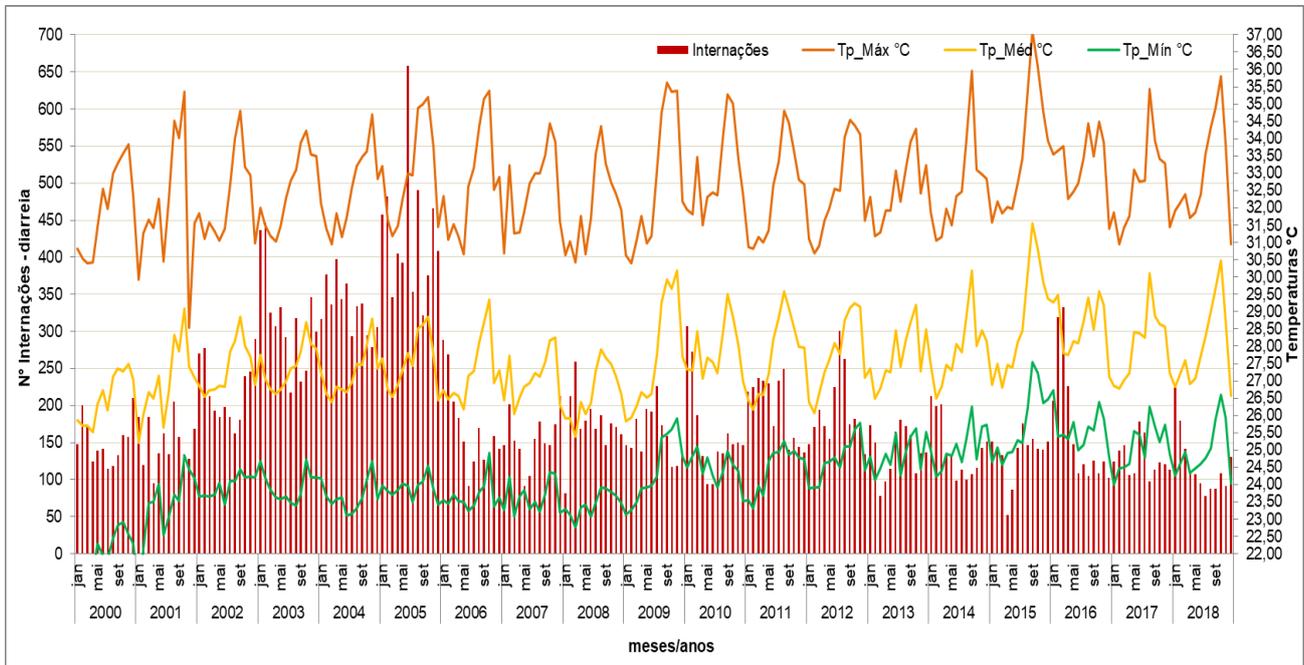


Fonte: SIH/DATASUS, 2019; INMET, 2019 – elaborado pelos autores, 2021.

Nas figuras 5 e 6, observam-se as internações por diarreia aguda e as temperaturas máxima, mínima e média, bem como a umidade relativa do ar. Quanto às condições climáticas durante os anos com maiores registros da doença (2002-2005), observou-se que a temperatura mínima esteve entre 23 e 24 °C, média entre 26,5 e 28,5 °C, máxima entre 31 e 35 °C e umidade

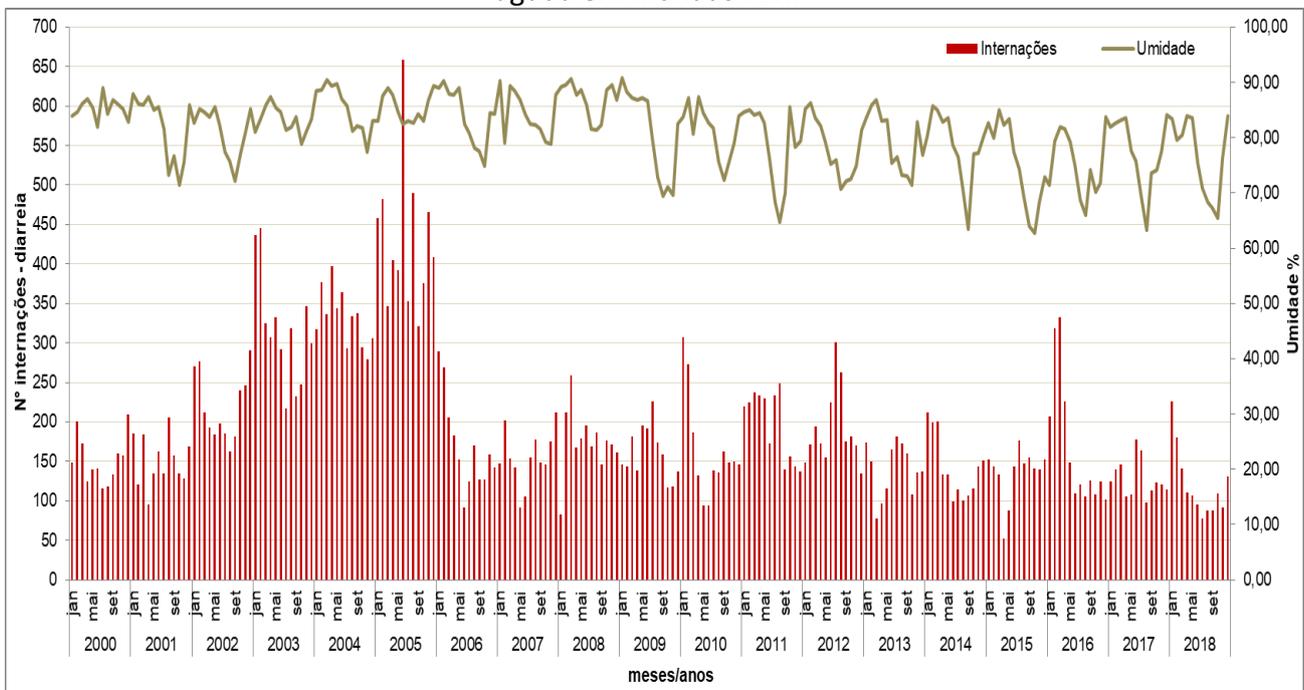
em torno de 70 a 90%. Nos anos posteriores (2006 a 2018) foram identificadas condições similares, porém, com proporções menores dos registros da doença. A temperatura mínima foi de 24 a 26 °C, média de 27 a 29,5 °C, e com maior oscilação na temperatura máxima (31 e 37 °C), fato este que pode explicar a baixa da umidade nesse mesmo período (65 – 85 %).

Figura 5 - Relação entre as condições de temperaturas com as internações por diarreia aguda em Manaus-AM.



Fonte: SIH/DATASUS, 2019; INMET, 2019 – elaborado pelos autores, 2021.

Figura 6 - Relação entre as condições de umidade relativa do ar com as internações por diarreia aguda em Manaus-AM.



Fonte: SIH/DATASUS, 2019; INMET, 2019 – elaborado pelos autores, 2021.

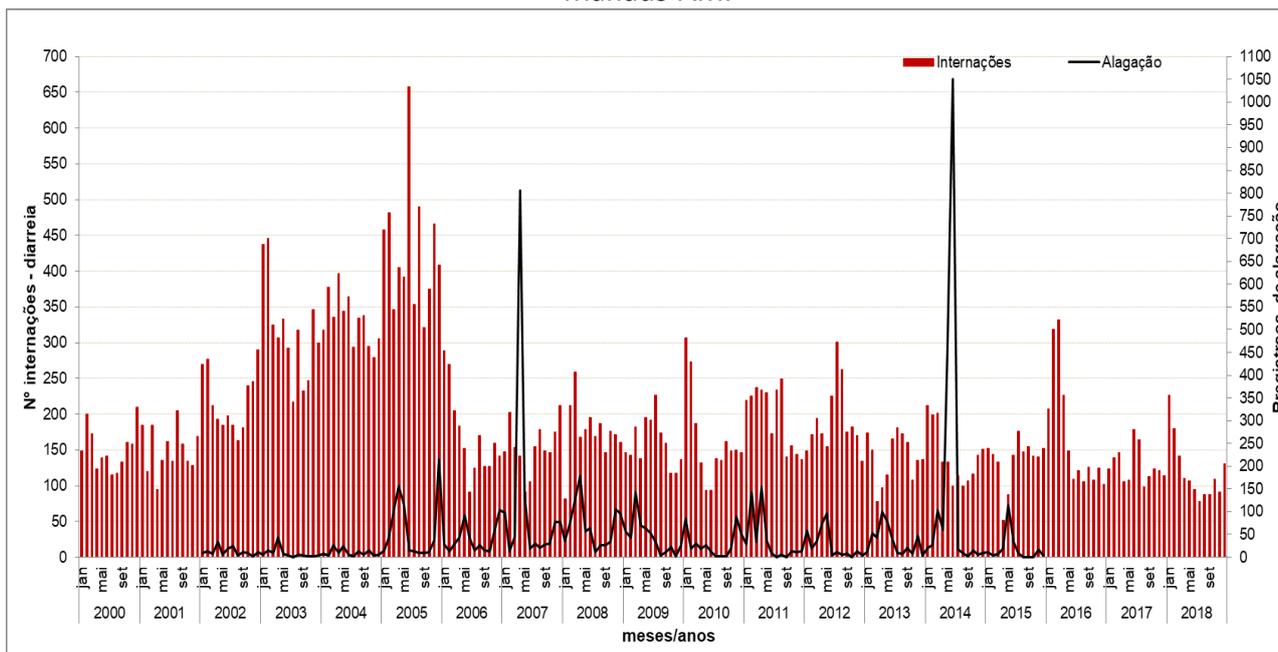
Conforme o estudo de Castro (2021), utilizando a análise de correlação linear, algumas variáveis hidroclimáticas se associaram fracamente à ocorrência das internações por diarreia aguda na cidade de Manaus (mesmo período aqui estudado), sendo que apenas a temperatura mínima (-0,20) e a umidade (-0,29) foram significativas ($p=0,001$ e $0,000$) respectivamente.

Castro (2021), também analisou as contribuições de variáveis preditoras na ocorrência das internações por diarreia aguda, por meio da análise de regressão na cidade de Manaus. Conforme a autora, a umidade foi a que apresentou maior poder de explicação à doença, o que correspondeu a 7,7% das internações por diarreia, além de ter sido significativa ($p=0,000$). Em seguida, a cota média (4,7%), assim como a variável alagação (1,3%); porém, ambas sem significância estatística ($p=0,130$ e $0,296$, respectivamente).

Com isso, os valores menos satisfatórios apresentados pelos coeficientes de determinação indicam que essas variáveis climáticas não foram suficientes na predição da doença. Assim, deve-se considerar que outras variáveis importantes estejam relacionadas ao seu desenvolvimento, como as condições socioeconômicas, de saneamento, acesso aos serviços de saúde, entre outras (MONTEIRO, 1987; OLIVEIRA, 2011; PONTES *et al.*, 2016).

Alguns estudos como o de Kondo *et al.* (2002), Cann *et al.* (2013) e Carlton *et al.* (2013) mencionaram uma associação entre eventos de precipitação pluvial extrema e a incidência de doenças diarreicas. Porém, os dados mensais apresentados na Figura 7, permitiram apenas uma análise na escala mensal, não sendo possível verificar uma relação direta nessa escala temporal dos registros de alagação com as internações por diarreia aguda.

Figura 7 - Relação entre os registros de alagação com as internações por diarreia aguda em Manaus-AM.

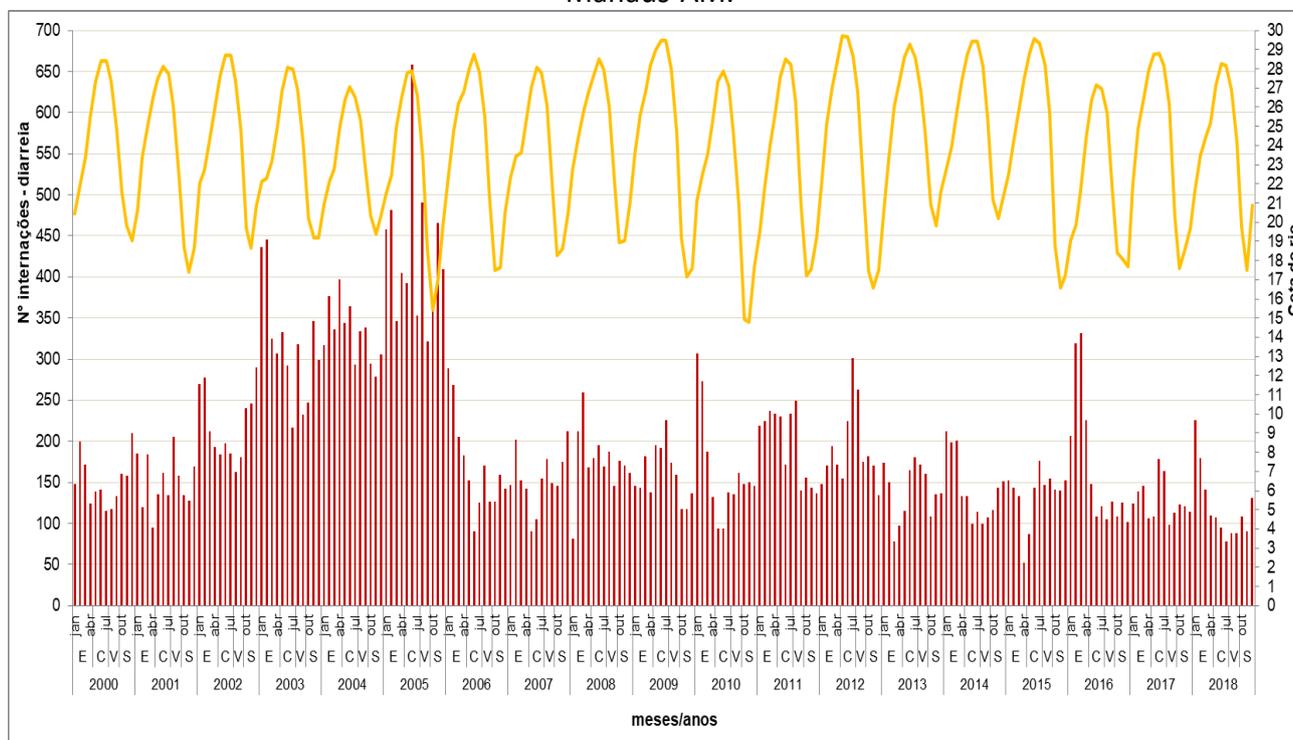


Fonte: SIH/DATASUS, 2019; Defesa Civil, 2018 – elaborado pelos autores, 2021.

A Figura 7 apresenta os eventos excepcionais hidroclimáticos, como as inundações e alagamentos urbanos, em Manaus (denominados de alagação pela defesa civil), os quais predominam durante os meses chuvosos (janeiro-maio). Estes, porém, não se associam estatisticamente na explicação nesse nível de agravamento (hospitalização) conforme os estudos de Castro (2021), ou seja, podem influenciar, porém outras determinantes sociais da saúde devem integrar-se a essa análise com melhor poder de explicação. Além disso, a cidade de Manaus apresenta cheias sazonais no Rio Negro que também atingem bairros da cidade e podem acometer a população vulnerável à doença.

Estudos como o de Silva (2014), Boithias *et al.*, (2016), Fonseca (2018), apontam que a variável “cota do rio” contribuiu diretamente na incidência da diarreia. Neste estudo, ao relacionar a cota do Rio Negro com as internações por diarreia aguda, verificou-se a alta das internações durante o período de enchente do rio e nos meses de transição entre a cotas mínimas e máximas (secas e enchentes) do Rio Negro, independentemente se as ocorrências fossem em anos epidêmicos ou não. Pode-se verificar, na Figura 8, a temporalidade das internações relacionadas à cota fluvial do Rio Negro e os períodos hidrológicos de enchente, cheia, vazante e seca (E, C, V, S).

Figura 8 - Relação entre a cota do Rio Negro com as internações por diarreia aguda em Manaus-AM.



Fonte: SIH/DATASUS, 2019; Porto de Manaus, 2019; E – enchente, C – cheia, V – vazante e S – seca.
Elaborado pelos autores, 2021.

Em relação à incidência da diarreia aguda, esta apresenta alta taxa de casos notificados durante todo o ano no estado do Amazonas. No entanto, conforme os estudos de Souza e Nascimento (2017), foi possível identificar, no último quadriênio, que existe uma tendência de ocorrerem mais casos no primeiro semestre do ano. Além disso, os autores destacaram que nos períodos das cheias dos grandes rios, somente seis municípios apresentaram incidência de diarreia inferior a 1.000 casos notificados por 100.000 habitantes. Outro dado importante é que, no quadriênio de 2009 a 2012, aconteceu um aumento de municípios (14) com incidência elevada, período este em que ocorreram as maiores enchentes (2012 e 2009).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo verificou que existe uma relação sazonal entre o período do ano com maior ocorrência de internações por diarreia aguda e alguns fatores de risco de origem hidroclimática, notadamente a precipitação pluvial, uma vez que as internações se concentraram no período chuvoso (53%), em detrimento do período seco (39%), e do mês de novembro, considerado transicional (8%).

Outro fator hidroclimático sazonal observado em relação às internações foi a cota do Rio Negro. O máximo de internações por diarreia aguda ocorreu durante o período de enchente do rio nos meses de transição entre as cotas mínimas e máximas (final da seca e início da enchente) do Rio Negro.

Ressalta-se que este estudo, traz consigo produtos de uma parte da dissertação da autora defendida em março de 2021, onde a análise estatística de correlação linear demonstrou que as variáveis hidroclimáticas se associam de forma fraca ao acometimento das internações, uma vez que o período de incubação e agravamento do quadro clínico e a disponibilidade do dado apenas na temporalidade mensal podem comprometer a análise. Com relação à predição da doença, pela análise de regressão multivariada, a umidade relativa do ar, a cota fluvial e a alagação foram as variáveis mais explicativas para as internações, porém, de maneira fraca, uma vez que se tem outras determinantes sociais da saúde envolvidas no processo saúde-doença-atenção.

A pesquisa apresentou limitações em relação à temporalidade (mensal) na oferta de alguns dados hidroclimáticos, bem como da maneira de organização no banco de dados das instituições públicas. Ressalta-se o dado de alagação, uma vez que o mesmo envolve processos distintos (alagamentos e inundações) que, se estudados separadamente, poderiam auxiliar na análise do clima urbano integrado à saúde, tanto temporalmente como espacialmente. Essa limitação, pode ter influenciado a associação entre os registros de alagações urbanas com as internações por diarreia aguda.

Diante do contexto dos fatores de risco hidroclimáticos e sua relação com a diarreia aguda em Manaus, sugere-se que futuramente sejam realizados estudos mais específicos entre estas variáveis hidroclimáticas, em conjunto com a

especialidade da vulnerabilidade socioambiental urbana em Manaus, bem como a avaliação das ocorrências de diarreia aguda na escala diária pelo fato de contribuir com a análise do período de incubação, o ritmo integrado a transmissão e a difusão espacial.

Devido à complexidade da doença, as medidas propositivas formuladas pela comunidade científica nas últimas quatro décadas, visando reduzir a incidência e morbimortalidade da diarreia aguda, devem ir além de uma abordagem médica do problema, e sim, estar alicerçadas na melhoria das condições socioambientais vividas pela sociedade.

Portanto, os padrões de risco hidroclimático devem ser monitorados para informação de qualidade basear ações preventivas e a promoção da saúde. Para isso, é necessário o fortalecimento técnico, científico e financeiro das instituições de ensino e pesquisa, bem como de órgãos voltados a gestão de riscos. Em conjunto, deve-se fortalecer as políticas públicas para a redução das desigualdades socioespaciais, ampliação da oferta e qualidade dos serviços de saneamento ambiental e de saúde, visando uma cidade mais justa, inclusiva e saudável.

REFERÊNCIAS

ALEIXO, N. C. R.; SANT'ANNA NETO, J. L. Clima e saúde: diálogos geográficos. *Climate and Health: Geographic Dialogues*. **Revista Geonorte**, v. 8, n. 30, p. 78-103, 2017.

ALMEIDA, R. B. de; CASTRO, M. B. de. Contribuição do sistema ambiental urbano ao

estudo da dengue em Iranduba. **Hygeia - Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde**, v. 15, n. 31, p. 125-139, 11 jul. 2019.

AQUINO JUNIOR, J. **A dengue na área urbana contínua de Maringá (PR): uma abordagem socioambiental da epidemia de 2006-2007**. Dissertação (Mestrado em Geografia). Setor de Ciências da Terra. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2010.

ASMUS, G. M. **Vulnerabilidade em saúde no contexto de mudanças ambientais: os casos de doenças de transmissão hídrica em Caraguatatuba, Litoral Norte – SP**. 249 f. 2014. Tese. (Doutorado em Ambiente e Sociedade). Universidade Estadual de Campinas. Campinas-SP, 2014.

BOITHIAS, L. *et al.* Hydrological regime and water shortage as drivers of the seasonal incidence of diarrheal diseases in a tropical montane environment. **PLoS Neglected Tropical Diseases**, v. 10, n. 12, p. 1-27, 2016.

BRANDT, K. G.; ANTUNES, M. M. C.; SILVA, G. A. P. Diarreia aguda: manejo baseado em evidências. **J. Pediatra**, Porto Alegre, v. 91, n. 6, supl. 1, p. S36-S43, 2015.

BUFFON, E. A. M.; MENDONÇA, F. A. Análise integrada da vulnerabilidade à diarreia aguda em Curitiba. **Confins**. v. 33, n. 1, p. 1-18, 2017.

CAIRNCROSS, S.; FEACHEN, R. G. **Environmental Health Engineering in the Tropics: An Introductory Text**. 2. ed. Chichester: Wiley, 1993, 324 p.

CASTRO, M. B. **Risco e Vulnerabilidade socioambiental a diarreia aguda em Manaus-AM**. 208 f. 2021. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2021.

CHOU, W. C. *et al.* Modeling the impact of climate variability on diarrhea associated diseases in Taiwan (1996-2007). **Science of the Total Environment**, v. 409, n. 1, p. 43-51, 2010.

CANN, K. *et al.* Extreme water water-related weather events and waterborne disease. **Epidemiology and Infection**, v. 141, n. 4, p. 671-686, 2013.

CARLTON E. J. *et al.* Heavy rainfall events and diarrhea incidence: the role of social and environmental factors. **Am J Epidemiol**, v. 179, n. 3, p. 344-352, 2013.

D'SOUZA, R. M.; HALL, G.; BECKER, N. G. Climatic factors associated with hospitalizations for rotavirus diarrhoea in children under 5 years of age. **Epidemiology and Infection**, v. 136, n. 1, p. 56-64, 2008.

DRAYNA, P. *et al.* Association between rainfall and pediatric emergency department visits for acute gastrointestinal illness. **Environmental Health Perspectives**, v. 118, n. 10, p. 1439-1443, 2010.

ECDC (European Centre for Disease Prevention and Control). **Assessing the potential impacts of climate change on food and waterborne diseases in Europe**. Stockholm: ECDC, 2012.

EMONT, J. P. *et al.* Epidemiological investigation of a diarrhea outbreak in the South Pacific island nation of Tuvalu during a severe La Niña-associated drought emergency in 2011. **The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene**, v. 96, n. 3, p. 576-582, 2017.

FISCH, G. Climatic Aspects of the Amazonian Tropical Forest. **Acta amazônica**, v. 20, p. 39-48, 1990.

FONSECA, P. A. M. **Influência de variáveis hidro-climáticas na ocorrência de diarreias em menores de 5 anos na Amazônia ocidental**. 99 f. Tese (Doutorado em Geografia). Área de concentração: Clima e Ambiente. INPA, Manaus-AM, 2018.

FUNARI, E.; MANGANELLI, M.; SINISI, L. Impact of climate change on waterborne diseases. **Ann Ist Super Sanità**, v. 48, n. 4, p. 473-487, 2012.

FUCKNER, M. A. **Estudo dos padrões espaço-temporais de ocorrência da diarreia no semiárido brasileiro**. 337 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade de Brasília. Departamento de Geografia, 2015.

HASHIZUME, M. B. *et al.* Association between climate variability and hospital visits for non-cholera diarrhoea in Bangladesh: effects and vulnerable groups. **International Journal of Epidemiology**, v. 36, n. 5, p. 1030-1037, 2007.

JONES, C.; HOREL, J. D. A note on the upper level divergence field over South America during the summer season. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 5, n. 2, p. 411-416, 1991.

MARENCO, J.; DRUYAN, L.; HASTENRATH, S. Observational and modelling studies of Amazonia interannual climate variability. **Climatic Change**, v. 23, n. 3, p. 267-286, 1993.

MENDONÇA, F. SAL - Sistema Ambiental Urbano: uma abordagem dos problemas socioambientais da cidade. p. 185-208. *In*: MENDONÇA, F. de A. (org.) **Impactos Socioambientais Urbanos**. Curitiba: Ed. da UFPR, 2004.

MENEGUESSI, G. M. *et al.* Morbimortalidade por doenças diarreicas agudas em crianças menores de 10 anos no Distrito Federal, Brasil, 2003 a 2012. **Epidemiol. Serv. Saúde**, Brasília, v. 24, n. 4, p. 721-730, dez. 2015.

MINISTÉRIO DA SAÚDE (MS). **Capacitação em monitorização das doenças diarreicas agudas – MDDA: manual do monitor**. Saúde, Departamento de Vigilância Epidemiológica. – Brasília: Editora do Ministério da Saúde, 2010. 94 p.

MOLION, L. C. B. Climatologia Dinâmica da região Amazônica: mecanismos de precipitação. **Revista Brasileira de**

Meteorologia, v. 2, n. 1, p. 107-117, 1987.

MONTEIRO, C. A.; BENÍCIO, M. H. D. Estudo das Condições de Saúde das Crianças do Município de São Paulo, SP (Brasil), 1984/1985. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v. 21, n. 5, p. 380-386, maio de 1987.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 1979.

OLIVEIRA, C. Água e saneamento básico em Manaus, Amazonas – Brasil: valoração econômica em serviços de utilidade pública. **Revista Geografia em Questão**. v. 04. n. 02, 2011, p. 181-196.

PATZ, J. A.; CHRISTENSON, M. A mudança climática e a saúde. In: GALVÃO, L. A.; FINKELMAN, J.; HENAO, S. (org.). **Determinantes ambientais e sociais da saúde**. Manguinhos, Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 2011.

PONTES, C. C. *et al.* Efeitos do clima na saúde: análise das internações de crianças menores de cinco anos por pneumonia no município de Ponta Grossa-PR. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 18, n. 12, p. 38-52, 2016.

PRÜSS-ÜSTÜN, A.; CORVALÁN, C. Preventing disease through healthy environments. Towards an estimate of the environmental burden of disease. Genebra: **World Health Organization (WHO)**, 106 p., 2006.

RUFINO, R. *et al.* Surtos de diarreia na região Nordeste do Brasil em 2013, segundo a mídia e sistemas de informação de saúde – Vigilância de situações climáticas de risco e emergências em saúde. **Ciência e saúde coletiva**, Rio de Janeiro, v. 21, n. 3, p. 777-788, Mar. 2016.

SASTRY, N.; BURGARD, S. The prevalence of diarrheal disease among Brazilian children: trends and differentials from 1986 to 1996. **Social Science and Medicine**, v. 60, p. 923–935, 2005.

SILVA, D. R. **Variabilidade climática, vulnerabilidade ambiental e saúde: os níveis do rio Negro e as doenças relacionadas à água em Manaus**. 2014. 135 f. Dissertação. (Epidemiologia em Saúde pública) - Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca, Rio de Janeiro, 2014.

SOUZA, R. F.; NASCIMENTO, S. L. Doenças e agravos no contexto das grandes inundações graduais no estado do Amazonas - Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde**, v. 13, n. 26, p. 139-147, 2017.

SOUSA, T. C. M. de; AMANCIO, F.; HACON, S. de S.; BARCELLOS, C. Doenças sensíveis ao clima no Brasil e no mundo: revisão sistemática. **Revista Panamericana de Salud Pública** [online]. 2018, v. 42.

VERONESI, R.; FOCACCIA, R. **Tratado de Infectologia**. 3. ed. São Paulo: Atheneu, 2005, 2169 p.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Using climate to predict Infectious disease epidemics**. WHO Press: Geneva, 56 p., 2005.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Mortality and burden of disease from water and sanitation**. 2013. Disponível em: http://www.who.int/gho/phe/water_sanitation/burden/en/. Acesso em: 5 ago. 2021.

AGRADECIMENTOS

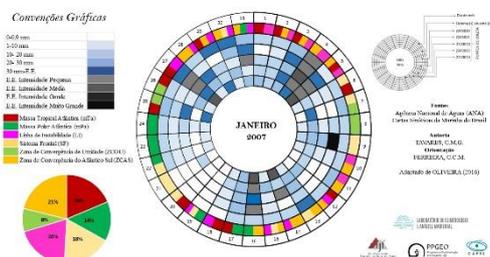
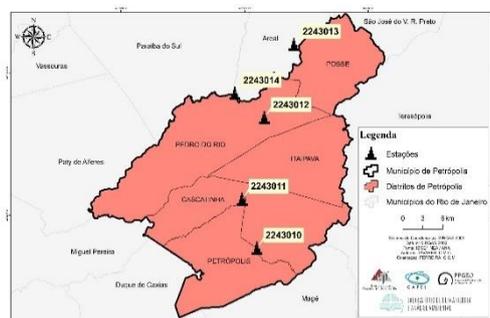
À Secretaria Municipal de Saúde (SEMSA), pela disponibilidade dos dados das ocorrências de diarreia aguda. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de mestrado, à Universidade Federal do Amazonas (UFAM) e ao Laboratório de Hidrogeografia e Climatologia da Amazônia (HIDROGEO) por ceder-nos toda estrutura necessária para o desenvolvimento da pesquisa.

OS IMPACTOS DOS EVENTOS EXTREMOS DE CHUVA NO MUNICÍPIO DE PETRÓPOLIS-RJ: UM ESTUDO SOCIOAMBIENTAL SOBRE OS EVENTOS DE JANEIRO DE 2007

Camila de Moraes Gomes Tavares
Cássia de Castro Martins Ferreira

RESUMO

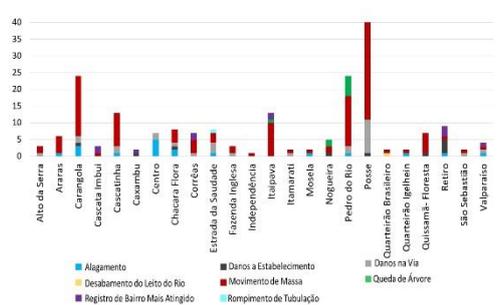
Este trabalho estudou os impactos dos eventos extremos quanti-qualitativos no município de Petrópolis-RJ para o mês de janeiro de 2007 a partir da abordagem da Geografia do Clima, Sistema Clima Urbano e da Geografia do Impacto. Os eventos extremos de chuva foram obtidos e analisados a partir da aplicação da técnica do percentil. Considerou-se evento extremo os valores de chuva \geq P95 (percentil 95). Para a abordagem socioambiental, foi feito o mapeamento da vulnerabilidade social dos moradores do município estudado. Para tanto, aplicou-se técnica desenvolvida por Dantas *et al.* (2017) na construção do Índice de Vulnerabilidade Social (IVS) a partir de índices sintéticos de renda, educação e qualidade da habitação com base nas informações dos setores censitários.



THE IMPACTS OF EXTREME RAIN EVENTS IN THE MUNICIPALITY OF PETRÓPOLIS-RJ: A SOCIOENVIRONMENTAL STUDY ON THE EVENTS OF JANUARY 2007

ABSTRACT

This work studied the impacts of extreme quantitative-qualitative events in the city of Petrópolis-RJ for the month of January 2007 from the approach of Climate Geography, Urban Climate System and Impact Geography. The rain events were made from the application of the obtained percentage technique. Consider the extreme event rainfall values \geq P95 (95th percentile). For the socioenvironmental approach, the social vulnerability of the residents of the studied municipality was mapped. For this, the technique developed by Dantas *et al.* (2017) in the construction of the Social Vulnerability Index (SVI) from synthetic indices of income, education and housing quality based on information from the census sectors.



INTRODUÇÃO

Os eventos extremos naturais têm se tornado cada vez mais onerosos às sociedades urbanas. Esses eventos não apenas resultam em impactos à estrutura física da cidade, mas, e sobretudo, à sociedade. Os extremos pluviométricos, no contexto do município de Petrópolis, são os mais significativos, o que demonstra tanto uma necessidade de compreensão dos fenômenos atmosféricos responsáveis pelos eventos quanto da natureza socioambiental do impacto. Muitos estudos têm caminhado na compreensão da influência de diversos fatores (como os tipos de uso e cobertura da terra, a vulnerabilidade social dos cidadãos, as frequentes e intensas alterações antrópicas no espaço, os eventos pluviométricos - intensidade, frequência, distribuição e persistência -, e o sistema de reprodução capitalista do espaço) nos impactos dos eventos hidrometeorológicos, como é o caso dos trabalhos de Nascimento Júnior (2019), Costa *et al.* (2016), Collischonn (2009), Lima (2012), Armond (2014; 2017; 2018), entre outros.

Tendo em vista a complexidade impressa no espaço urbano, Coelho (2014) e Sant’Anna Neto (2001) corroboram na perspectiva de compreenderem que os impactos dos fenômenos naturais se distribuem de forma desigual no espaço. Essa propositura é nomeada por Coelho (2014) como “Geografia do Impacto” e por Sant’Anna Neto por “Geografia do Clima”. Assim, ambos os autores concordam com a premissa de que os impactos dos fenômenos naturais estão

relacionados, também, e, sobretudo, às condições sociais dos sujeitos impactados (habitantes da cidade).

Apesar de não haver tendência de aumento dos eventos extremos para a cidade de Petrópolis, o município dispõe de um processo de ocupação atrelado à reprodução capitalista do espaço, que marca uma profunda segregação e ocupação de áreas de alto risco, a movimentos de massa. Nesse sentido, a presente pesquisa teve por objetivo estudar os eventos extremos de precipitação e seus impactos socioambientais no município de Petrópolis, a partir da premissa de que os mais impactados por esses eventos serão/são os mais vulneráveis.

CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-AMBIENTAL E HISTÓRICO DE OCUPAÇÃO DO MUNICÍPIO

O município de Petrópolis localiza-se na região serrana do estado do Rio de Janeiro (Região Sudeste do Brasil) que é composta por cinco distritos: Petrópolis, Cascatinha, Itaipava, Pedro do Rio e Posse (Figura 1). Devido a sua localização, o município apresenta características de notável diversificação no que tange à climatologia regional, uma vez que, segundo Nimer (1972), a Região Sudeste é a de maior diversificação climática, considerando o comportamento da temperatura do ar. O Sudeste brasileiro possui característica climática diversificada, sobretudo em função de sua topografia, posição geográfica e seus aspectos dinâmicos atmosféricos com atuação direta e/ou indireta da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e as Frentes Frias na influência de

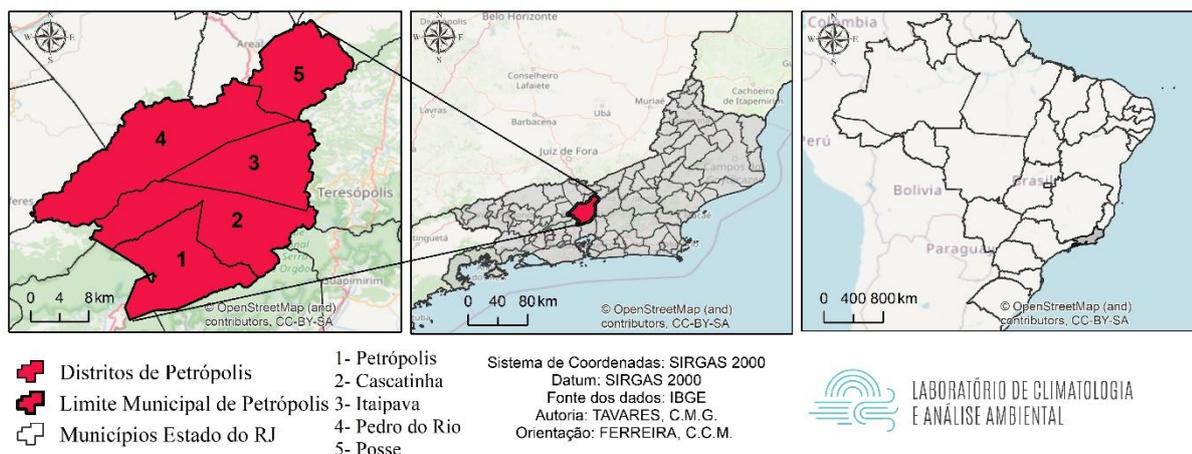
ocorrência de chuvas (MINUZZI, 2007). Gonçalves e Guerra (2014) apresentam que a área se localiza abrangentemente no

domínio tropical onde a posição geográfica, a altitude, o relevo movimentado, a influência da maritimidade, juntamente com a circulação atmosférica, estabelecem variações climáticas expressivas, ocasionando diferenciações nos índices térmicos e pluviométricos ao longo do ano. (GONÇALVES e GUERRA, 2014, p. 218).

O clima da cidade de Petrópolis é caracterizado como mesotérmico superúmido, porém no Sudeste possui características tropicais, estando mais relacionado às áreas de maior altitude (NIMER, 1972). Uma das

características do clima mesotérmico superúmido é a não existência de um período seco, e sim uma diminuição da umidade (NIMER, 1972). Segundo Gonçalves e Guerra (2014) o município de Petrópolis tem como característica a redução dos índices pluviométricos nos meses de junho, julho e agosto em duas de suas estações pluviométricas (Capela e Petrópolis); no entanto, os valores registrados não ficam abaixo dos 36 mm. As chuvas na cidade de Petrópolis concentram-se de outubro a março, apresentando maior intensidade no mês de dezembro, quando o total pluviométrico chega a 316 mm (15% das chuvas anuais).

Figura 1 - Mapa de localização do município de Petrópolis-RJ.



Elaboração: Tavares e Ferreira (2021).

Considerando o histórico do município ao longo do processo de ocupação, há de se retomar os primórdios da ocupação do que hoje se conhece pelo município de Petrópolis. A ocupação das chamadas “terras acima” se deu, a princípio, de forma tardia em relação ao processo de ocupação pelo qual a colônia portuguesa passava no início da colonização do Brasil. A distribuição das terras loteadas

destinadas ao aforamento foi “marcada por uma segregação espacial que os classificava em quatro tipos em que os mais nobres iam sendo alocados mais próximos ao palácio enquanto os lavradores ficariam em lotes mais distantes” (SOUZA, 2014, p. 19). Assim, quanto maior o prestígio político, social e econômico, maiores as oportunidades de determinados grupos sociais ocuparem as áreas próximas ao palácio imperial. Já, àqueles

desvalidos eram destinadas as terras mais distantes da área central da cidade. Evidencia-se, dessa maneira, que a história de ocupação da cidade de Petrópolis é marcada pela segregação socioespacial.

Gonçalves *et al.* (2014), ao fazer um resgate histórico de ocupação da cidade de Petrópolis, divide o crescimento populacional em quatro períodos, considerando a ocupação das terras petropolitanas, e a preservação ambiental dispostas pelo plano urbanístico de Koeler.

1º período (1845-1950): período marcado pelo parcelamento que dividia a cidade em lotes. Esses lotes subiam as encostas dos morros e eram delimitados pelos divisores de água, tendo, portanto, como característica principal a profundidade que esses lotes tinham. A ocupação urbana até 1945 restringia-se aos fundos de vale e planícies fluviais;

2º período (1945-1964): nesta etapa é possível verificar a intensa expansão urbana com mudanças significativas nas leis de uso e ocupação das terras, ocorrendo o parcelamento indiscriminado dos lotes no sentido de sua profundidade, ocupando-se, portanto, as encostas. Vale destacar que o parcelamento até antes desse intervalo também subia os morros em suas profundidades. No entanto, as encostas não eram ocupadas (correspondiam aos fundos dos lotes). Assim, as encostas adjacentes às áreas urbanizadas eram ocupadas além daquelas de menor declividade, com terrenos extremamente perigosos, com as faixas de sopé de encostas íngremes e rochosas (GONÇALVES, 2014);

3º período (1964-1976): esse período configura-se no momento de grande expansão urbana na cidade onde setores de maior declividade da encosta passam a ser ocupados. Nesse sentido, “se conjuga as dificuldades impostas pela declividade dos terrenos, sua instabilidade, e as formas inadequadas de parcelamento e edificações” (GONÇALVES, 2014, p. 195). Vale destacar que os trechos com mais de 75% de declividade, terrenos ao longo da linha de drenagem (localizados dentro ou junto à malha urbana), cobertura vegetal próxima às áreas urbanas consolidadas foram, por hora, preservados;

4º período (1976 até os dias atuais): esse período representa o de maior “desorganização” na ocupação das áreas de encostas. Além da abertura de loteamentos sem critérios de limitação dos mesmos, há uma expansão urbana mediante a invasão de áreas públicas, com a incursão em terrenos não ocupados, por serem áreas de maiores declividades e, por vezes, APAs, convertendo-se em áreas de risco do sítio urbano.

Os quatro períodos de ocupação da cidade discutidos por Gonçalves e Guerra (2014) foram marcados pela lógica capitalista de reprodução do espaço, com características bem presentes nas explicações teóricas de valor de uso/troca (da terra), assim como a presença dos agentes de produção do espaço: os proprietários dos meios de produção, os proprietários fundiários, os promotores imobiliários, o Estado e os grupos sociais excluídos (CORRÊA, 2012).

METODOLOGIA

A pesquisa realizada estruturou-se em três momentos:

1. atmosfera (análise dos dados pluviométricos e a gênese dos fenômenos);
2. atmosfera/superfície (estudo dos impactos e sua distribuição ao longo do município); e
3. superfície (análise da vulnerabilidade social do município tanto quanto a distribuição dos impactos em relação às classes de vulnerabilidade social dos sujeitos).

Para tanto, os procedimentos metodológicos foram subdivididos dentro desses três momentos de realização da pesquisa, e serão apresentados adiante.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Atmosfera

Este primeiro momento da pesquisa destinou-se à abordagem dos eventos de precipitação identificando-os enquanto extremos, desde a da seleção dos eventos a serem analisados de forma mais específica, até a leitura da gênese dos eventos a partir da sucessão habitual dos tipos de tempo.

Seleção dos dados

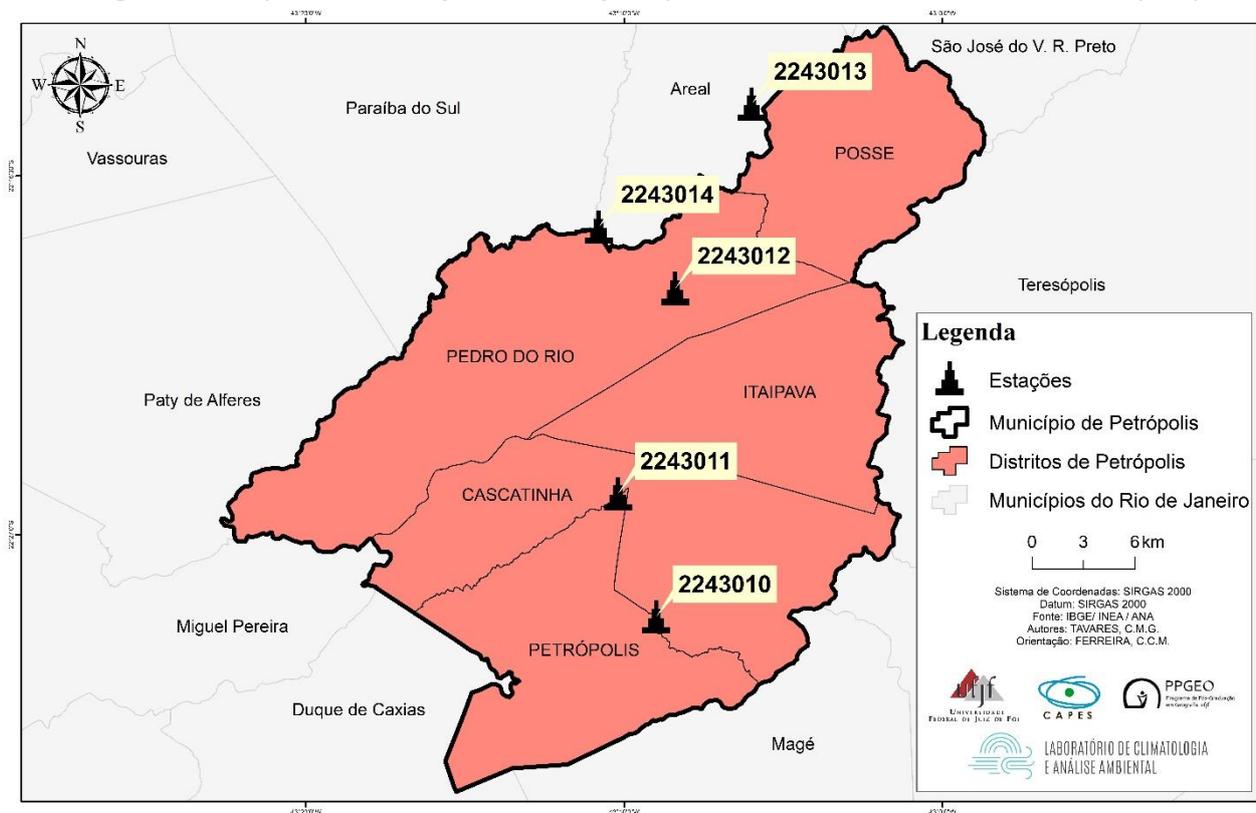
Os dados pluviométricos foram levantados através da plataforma on-line da Agência Nacional de Águas (ANA) do período de 1940-2017 para as cinco estações disponíveis no município de Petrópolis e nas proximidades com o município de Areal: 2243010, 2243011, 2243012, 2243013 e

2243014 (Figura 2). Após o levantamento dos dados, as informações foram organizadas no software Excel. Foi feito, ainda, o levantamento das cartas sinóticas da Marinha do Brasil para o período de 1980-2017 através de solicitação ao órgão.

Aplicação da técnica

Após a organização dos dados, foi feita a aplicação estatística de estabelecimento de eventos extremos. A técnica utilizada foi a do Percentil. Foi feita a aplicação do Percentil (P95) para todos os dados diários de chuva ≥ 1 mm para o período de 1940-2017 nas cinco estações pluviométricas utilizadas. Todos os eventos $\geq P95$ foram considerados como evento extremo (estatisticamente definido). Posteriormente realizou-se a exclusão dos valores $< P95$. Aos valores $\geq P95$ foi feita a reaplicação do percentil (P^2 85, P^2 90 e P^2 99). A reaplicação do Percentil foi nomeada de P^2 para melhor entendimento do momento e conjunto de dados que a técnica foi aplicada. A aplicação do P^2 teve por objetivo a classificação da intensidade dos eventos extremos (eventos $\geq P95$). Destaca-se que a aplicação do P95 foi feita para toda a série histórica disponível nas estações (1940-2017) e a reaplicação, o P^2 (85, 90, 95 e 99), que classifica a intensidade dos eventos extremos, foi aplicada ao conjunto de dados a ser analisado (1980-2017). Denominou-se o conjunto de aplicações do Percentil (P^1 e P^2 (85, 90, 95 e 99)) de percentil do percentil (perc.perc.) sendo desenvolvida por Tavares (2021). O quadro 1 apresenta a classificação das intensidade dos eventos extremos a partir da técnica aplicada (perc.perc.).

Figura 2 - Mapa de localização das estações pluviométricas da ANA utilizadas na pesquisa.



Elaboração: Tavares e Ferreira (2021).

Quadro 1 - Classificação da intensidade dos Eventos Extremos de Precipitação com seus respectivos intervalos percentílicos.

Intensidade	Intervalo Perc. Perc.
Pequena	P ¹ 95 – P ² 80
Média	P ² 80 – P ² 95
Grande	P ² 95 – P ² 99
Muito Grande	≥ P ² 99

Elaboração: Tavares e Ferreira (2021).

Após a aplicação da técnica, foram selecionados os dois eventos mais recentes de cada intensidade de cada uma das cinco estações utilizadas para posterior pesquisa sobre os impactos desses eventos. Neste trabalho foi considerado evento extremo quantitativo os eventos $\geq P^1 95$ e eventos extremos quanti-qualitativos os eventos $\geq P^1$

95 com impactos associados de forma direta e/ou indireta. Optou-se por essa diferenciação em função de se objetivar analisar os eventos de volume mais significativo a partir da série histórica com a ocorrência de impactos no espaço urbano. O levantamento dos impactos foi feito para todo o mês da ocorrência do evento selecionado para análise. O critério de selecionar todos os impactos ocorridos no mês da ocorrência do evento extremo se deu em função do entendimento de que a ocorrência de um evento extremo quantitativo pode potencializar impactos de eventos anteriores (sendo esses eventos extremos quantitativos ou não); criar condições para que eventos (extremos quantitativos ou não) deflagrem impactos no

espaço; ou que esses próprios eventos possam ser deflagradores de impactos. Assim, esse estudo partiu da identificação de eventos extremos quantitativos (aplicação da técnica do percentil para essa delimitação), seguindo para a identificação desses eventos extremos quantitativos que registraram impactos associados de forma direta e/ou indireta. Dessa maneira, neste trabalho, está sendo considerado evento extremo os eventos de chuva $\geq P^1 95$ com a ocorrência de impactos (evento extremo quanti-qualitativo).

Análise Sinótica

A análise da gênese dos eventos e, portanto, a identificação dos sistemas atmosféricos atuantes ao longo do mês dos eventos estudados, foi baseada na metodologia de representação proposta por Oliveira (2016; 2017), através da utilização do gráfico circular de forma que fosse possível “representar o dinamismo das informações, dado que essa figura geométrica ilustra bem a ideia de movimento, ressaltada pela climatologia dinâmica” (OLIVEIRA, 2017, p. 51), além da ilustração e visualização do sequenciamento dos tipos de tempo em sua totalidade. Destaca-se que foram produzidas adaptações da metodologia para atender aos objetivos da representação que se buscou. Assim, optou-se por fazer o gráfico na escala de representação mensal com a classificação dos eventos nas estações com o seguinte intervalo das precipitações: entre 0-0,9 mm, entre 1-10 mm, entre 11-20 mm, entre 21-30 mm, acima de 31 mm – E.E. (evento extremo $P^1 95$ registrado na estação); E.E. intensidade pequena, E.E. intensidade média, E.E. intensidade grande e E.E. intensidade muito

grande. A Figura 3 apresenta o modelo de representação gráfica. Para a construção do gráfico foi feita a leitura das cartas sinóticas considerando os seguintes sistemas: Massa Tropical Atlântica (mTa), Massa Polar Atlântica (mPa), Linha de Instabilidade (LI), Sistema Frontal (SF), Zona de Convergência de Umidade (quando sua atuação foi ≤ 3 dias) (ZCOU) e a Zona de Convergência do Atlântico Sul (quando sua atuação foi ≥ 4 dias) (ZCAS). Foi feito, ainda, o cálculo da participação percentual das massas de ar utilizando a metodologia de Borsato (2016).

Atmosfera/superfície

A etapa atmosfera/superfície consiste na abordagem dos impactos dos eventos selecionados a partir da etapa anterior (dois eventos de cada intensidade de cada estação).

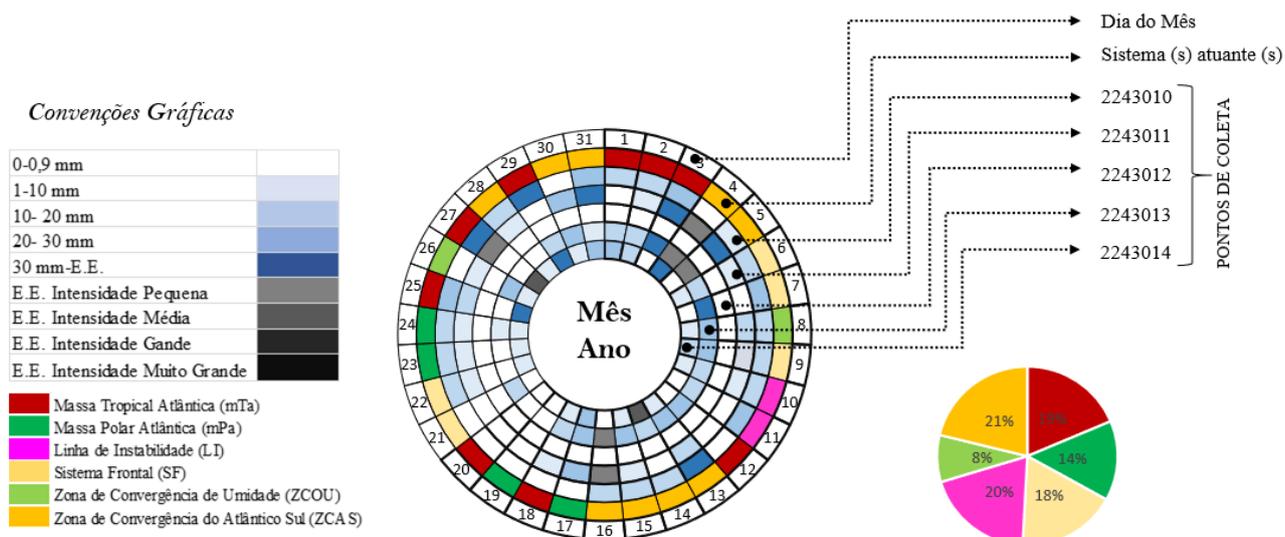
Seleção dos dados

A partir das datas selecionadas dos eventos extremos mais recentes, foram feitas pesquisas nos jornais impressos “Tribuna de Petrópolis” e “Diário de Petrópolis”, disponíveis no Arquivo Histórico de Petrópolis para todos os meses das datas de ocorrências desse grupo de eventos extremos. Assim, a partir da data do evento extremo, a pesquisa dos impactos foi feita para todo o mês. As reportagens foram organizadas em tabelas do software Word e Excel. Os impactos foram classificados enquanto impactos iniciais (IN), aqueles mais imediatos no espaço, e decorrentes (DC), os resultantes dos impactos iniciais. A proposta de classificação dos impactos se deu a partir dos pressupostos teóricos de Coelho (2014) que retrata os impactos ambientais como processos, sendo

eles produtos e produtores de novos impactos. Nesse sentido, considerou-se, por exemplo, os movimentos de massa como IN e os desabamentos de residências e os desabrigados/desalojados como impactos DC.

Foi feita ainda a soma desses impactos, sendo classificada como IN+DC (total de impacto dos eventos).

Figura 3 - Modelo de representação do gráfico de ritmo (sucessão dos tipos de tempo).



Os dados de impactos iniciais (IN) e decorrentes (DC) foram organizados e quantificados para ser possível verificar quais eventos foram mais significativos para cada tipo de impacto (IN e DC) e os mais significativos em relação ao total de impactos ocorridos (IN+DC). Assim, foi selecionado para análise o evento com maior total de impactos (IN+DC) e com a data de ocorrência mais próxima ao ano de 2010, para que fosse possível realizar melhor aproximação e relação aos dados de vulnerabilidade social produzidos com os dados de Censo de 2010.

Mapeamento das informações

Após a escolha do evento a ser estudado de forma mais específica, foi feito o

mapeamento da distribuição espacial dos impactos do evento selecionado. O mapeamento se deu, a princípio, na plataforma do Google Maps (My Maps), com a marcação dos pontos posteriormente exportados para a plataforma do ArcGis 10.3. Na tabela de atributos, os impactos foram classificados (tipo de impacto inicial e decorrente) e quantificados (quantidade de cada impacto inicial e decorrente em cada ponto). A partir das informações foram elaborados os mapas para a representação espacial.

Superfície

A análise da superfície consistiu na abordagem social dos impactos do evento

analisado. Assim, este momento destinou-se ao diagnóstico da vulnerabilidade social da população citadina. A escala de análise foi a do setor censitário que é, por sua vez, a maior escala de análise para diagnóstico das condições sociais da população.

Seleção dos dados

Foi feito o levantamento dos dados do censo demográfico de 2010 através da plataforma on-line do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Foi feito, ainda, o levantamento dos *shapefiles* para o mapeamento das informações em ambiente SIG (ArcGis 10.3).

Aplicação da técnica

A técnica de diagnóstico da vulnerabilidade social do município foi a mesma utilizada por Dantas *et al.* (2017) que avaliou a vulnerabilidade socioambiental em Fortaleza, a partir de indicadores de vulnerabilidade social e ambiental. A metodologia proposta tem por base a elaboração de índices sintéticos de educação, renda e qualidade da habitação, a partir das informações do setor censitário (sendo essa a escala de maior detalhe possível para análise de dados socioeconômicos). Esses três grupos de universo de variáveis compõem, posteriormente, o Índice de Vulnerabilidade Social (IVS).

Considerando que os dados utilizados pelos autores citados se referem ao Censo Demográfico de 2000, as variáveis utilizadas para aplicação da técnica foram as propostas por Furlan e Murara (2017) agrupadas nos três grupos de subíndices (renda, qualidade da habitação e educação). Foram, portanto,

utilizadas 29 variáveis dispostas no Censo (2010) e duas calculadas a partir das informações disponíveis (responsáveis dos sexos femininos e masculinos sem alfabetização). O município de Petrópolis conta com o total de 462 setores censitários, sendo três deles com ausência de dados (330390605000019/ 330390605000033/ 330390623000013).

Mapeamento das informações

Após a aplicação da técnica, foram elaborados os materiais gráficos e cartográficos com as informações tanto por setor censitário quanto às referentes aos limites aproximados do bairro. O município de Petrópolis, por não possuir lei de abairramento não apresenta limites bem definidos de bairros. No entanto, Tavares (2021) estabelece o mapeamento do limite aproximado dos bairros a partir das imagens do Google Maps, os que foram utilizados neste estudo. A partir dos mapas, foram elaboradas tabelas com os totais absolutos e percentuais de setores censitários, por bairro, nas classes de vulnerabilidade social muito baixa, baixa, média, alta e muito alta. Por fim, com todo material produzido, foi feita a leitura dos tipos de impacto por bairro, as áreas mais/menos impactadas e a vulnerabilidade social das áreas com os valores mais significativos de impactos. Ademais, tanto foi feita a leitura da gênese do(s) evento(s) extremo(s) quanto do contexto pluviométrico em que esses eventos estiveram inseridos. A leitura pautou-se em identificar a distribuição desigual dos impactos em função das classes de vulnerabilidade social.

DESENVOLVIMENTO

A partir da aplicação da técnica Perc.Perc. obteve-se como resultado os dados apresentados na Tabela 1. Os valores de determinação estatística de evento extremo no município de Petrópolis,

segundo a técnica aplicada, variam de 37,3 mm a 45,2 mm. Os maiores valores registrados encontram-se presentes nas estações 2243010, 2243011 e 2243013, e os menores, na estação 2243014, localizada próxima ao limite entre Petrópolis, Paraíba do Sul e Areal.

Tabela 1 - Valor percentílico da delimitação de eventos extremos (P¹) nas estações utilizadas com seus respectivos valores de intensidade (P²) para cada estação.

Intensidade	Intervalo	Estações				
		2243010	2243011	2243012	2243013	2243014
Evento Extremo	P95¹	45,0	45,2	43,0	46,2	37,3
Pequena	P95 ¹ -P80 ²	45,0 - 78,7	45,2 - 78,5	43,0 - 69,0	46,2 - 77,2	37,7 - 58,84
Média	P80 ² -P95 ²	78,7 - 107,3	78,5 - 104,8	69,0 - 89,8	77,2 - 96,6	58,8 - 74,7
Grande	P95 ² -P99 ²	107,3 - 132,1	104,8 - 141,9	89,8 - 130,8	96,6 - 111,2	74,7 - 106,2
Muito Grande	≥P99 ²	≥ 132,1	≥ 141,9	≥ 130,8	≥ 111,2	≥ 106,2

Elaboração: Tavares e Ferreira (2021).

A Tabela 2 apresenta as datas dos dois eventos extremos mais recentes para cada estação pluviométrica com os respectivos totais precipitados, a intensidade do evento extremo e o total de impactos IN, DC e IN+DC. Com exceção do evento de 05/04/2005, em que não houve impacto associado de forma direta e/ou indireta, todos os demais foram classificados enquanto eventos extremos quanti-qualitativos, já que são eventos com ≥P95, e apresentaram impactos decorrentes de forma direta ou indireta associado a eles. É importante ressaltar que foi considerado todo mês do evento, entendendo que o contexto pluviométrico em que um evento extremo está inserido pode proporcionar o aprofundamento de impactos preexistentes e/ou criar condições para que eventos (extremos ou não) deflagrem impactos no

espaço. Dessa maneira, impactos associados de forma direta e/ou indireta serão verificados na análise dos impactos ao longo do mês. É válido destacar que a tabela apresenta todos os eventos, ou seja, há repetição de eventos quando houve a verificação em mais de uma estação pluviométrica utilizada na pesquisa. Assim, os meses de dezembro de 1981, janeiro de 2016 e janeiro de 2007 foram os meses dos respectivos anos com o maior total de impactos (IN+DC).

Os eventos de janeiro de 2007 foram considerados os mais significativos em relação ao total de impactos com a data mais próxima ao censo demográfico de 2010 em que os dados foram utilizados para análise da vulnerabilidade social do município.

Tabela 2 - Datas dos dois eventos extremos (quantitativos) mais recentes de cada estação com os volumes precipitados (mm), intensidade do evento extremo, total de impactos iniciais (IN), total de impactos decorrentes (DC) e total de impactos (IN+DC).

Estação	Mês/ Ano	Data	mm	Intensidade	IN	DC	IN+DC
2243010	dez/81	13/12/1981	160	Muito grande	253	2171	2424
2243010	jan/16	14/01/2016	128	Grande			
2243011	jan/16	16/01/2016	141,3	Grande			
2243012	jan/16	16/01/2016	178,3	Muito grande	824	170	994
2243013	jan/16	16/01/2016	101,2	Grande			
2243013	jan/16	17/01/2016	78,4	Média			
2243012	jan/07	04/01/2007	92,2	Grande	196	493	688
2243011	jan/07	09/01/2007	160,4	Muito grande			
2243013	mar/13	02/03/2013	78,9	Média	154	463	617
2243011	jan/12	01/01/2012	103,3	Média			
2243010	jan/12	02/01/2012	80,9	Média	517	91	608
2243013	jan/12	09/01/2012	101,3	Grande			
2243014	dez/01	31/12/2001	101,7	Grande	329	254	583
2243013	dez/10	24/12/2010	160,7	Muito grande	135	300	435
2243010	jan/00	03/01/2000	120,4	Grande	253	109	362
2243011	jan/00	03/01/2000	141,6	Grande			
2243011	jan/91	18/01/1991	104,8	Média	139	138	277
2243014	dez/04	19/12/2004	64,5	Média	113	153	266
2243011	dez/94	24/12/1994	185,8	Muito grande	72	123	195
2243014	jan/05	19/01/2005	115,6	Muito grande	108	59	167
2243012	nov/16	12/11/2016	70,6	Média	66	73	139
2243011	jan/17	14/01/2017	75	Pequena	54	20	74
2243012	set/96	04/09/1996	165,5	Muito grande	40	33	73
2243014	mar/17	09/03/2017	39,2	Pequena			
2243011	mar/17	20/03/2017	56	Pequena	41	27	68
2243012	mar/17	20/03/2017	65,5	Pequena			
2243013	mar/17	20/03/2017	60,5	Pequena			
2243010	dez/13	06/12/2013	80,4	Média	36	23	59
2243013	jan/10	15/01/2010	115,5	Muito grande	28	27	55
2243012	dez/15	03/12/2015	70	Média	30	21	51
2243014	dez/99	08/12/1999	83,3	Grande	23	19	42
2243010	abr/17	12/04/2017	64,3	Pequena	26	5	31
2243013	nov/17	19/11/2017	50,4	Pequena	14	16	30
2243012	nov/03	30/11/2003	102,1	Grande	19	10	29
2243010	jun/17	13/06/2017	51,4	Pequena	1	21	22
2243014	out/17	23/10/2017	37,3	Pequena	7	9	16
2243010	nov/15	29/11/2015	198	Muito grande	8	4	12
2243012	mai/17	20/05/2017	44,8	Pequena	5	4	9
2243014	mar/86	08/03/1986	117,8	Muito grande	1	1	2
2243014	abr/05	05/04/2005	73,4	Média	0	0	0

Elaboração: Tavares e Ferreira (2021).

As figuras 3 e 4 apresentam o total de impactos (IN, DC e IN+DC) ao longo do mês e o total pluviométrico precipitado nas estações utilizadas na pesquisa. Para o mês de janeiro

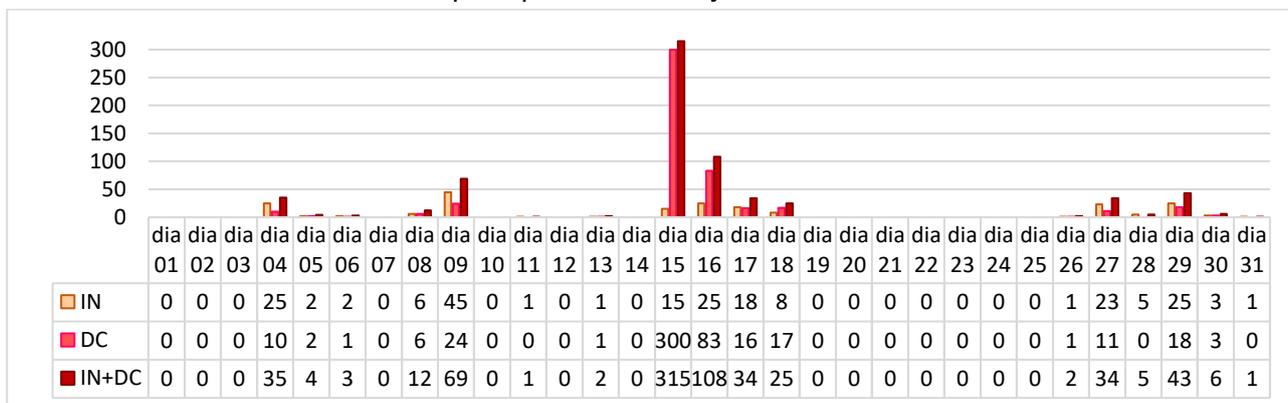
de 2007 os impactos iniciais identificados foram: 1 - alagamentos; 2 - danos a estabelecimento (residencial/comercial); 3 - danos na via; 4 - desabamento do leito do rio;

5 - movimento de massa; 6 - queda de árvore; 7- registro de bairro mais atingido; 8 - rompimento de tubulação. Vale destacar que foi considerado como impacto o registro de bairro mais atingido, tendo em vista, que muitos dos impactos ocorridos não são devidamente explicitados nas reportagens, sendo apenas redigidos com maior precisão aqueles de maior proporção ou de maiores danos. No entanto, outros impactos de menor proporção deixam de ser noticiados em termos de sua localização, ou até mesmo da natureza do impacto, mas há o registro de que o bairro foi um dos mais (se não o mais) atingido. Dos impactos decorrentes, identificou-se os: 1 - ameaça de movimento de massa; 2 - ameaça de queda de árvore; 3 - ameaça de rolamento de rocha; 4 - danos na via; 5 - desabrigados/desalojados (famílias); 6 - desalojados/desabrigados (pessoas); 7 - estabelecimento (residencial/comercial) ameaçado; 8 - estabelecimento (residencial/comercial) atingido; 9 - estabelecimento (residencial/comercial) em risco; 10 - estabelecimento (residencial/comercial)

interditado; 11 - fiação elétrica danificada; 12 - fornecimento de energia interrompido; 13 - itinerário dos ônibus alterados; 14 - morte por soterramento; 15 - muro de contenção atingido; 16 - pessoa arrastada; 17 - poste atingido; 18 - rachadura na vertente; 19 - rolamento de rocha; 20 - soterramento de veículo; 21 - trânsito impedido; 22 - veículo atingido; 23 - via obstruída/interditada.

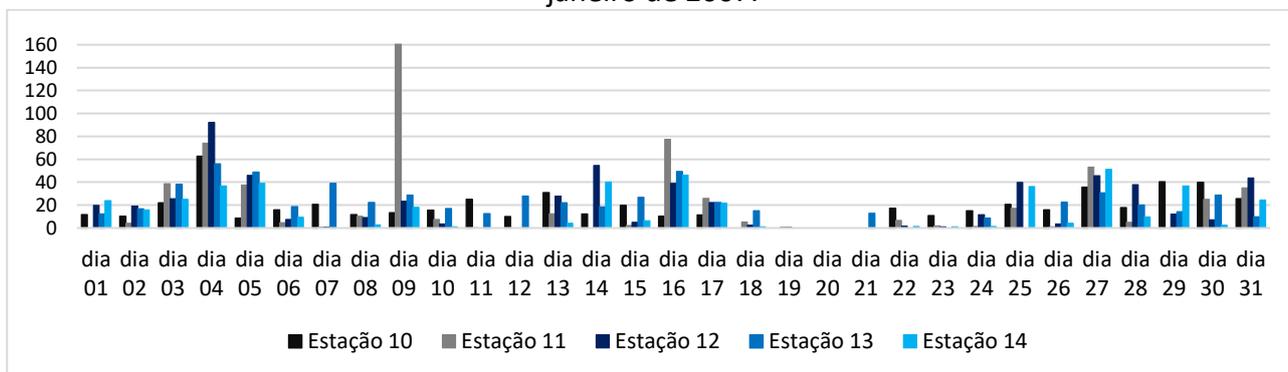
O mês de janeiro de 2007 apresentou dois eventos extremos (dentre aqueles mais recentes) com o total de 17 E. E. durante todo o mês (total das cinco estações utilizadas). Dos 17 E. E. registrados, um foi registrado na estação 2243010, quatro na estação 2243011, cinco na estação 2243012, cinco na estação 2243013 e dois na estação 2243014. O E. E. registrado na estação 2243010 ocorreu no dia quatro, correspondendo a 11,4% do total registrado para o mês na estação. Os E. E. registrados na estação 2243011 foram nos dias 4, 9, 16 e 27 quando a soma do total precipitado nesses dias resultou em 59,9% da precipitação total do mês.

Figura 3 - Total de impactos iniciais (IN), decorrentes (DC) e total (IN+DC) por dia no município de Petrópolis para o mês de janeiro de 2007.



Elaboração: Tavares e Ferreira (2021).

Figura 4 - Total pluviométrico precipitado por dia nas estações utilizadas na pesquisa para o mês de janeiro de 2007.

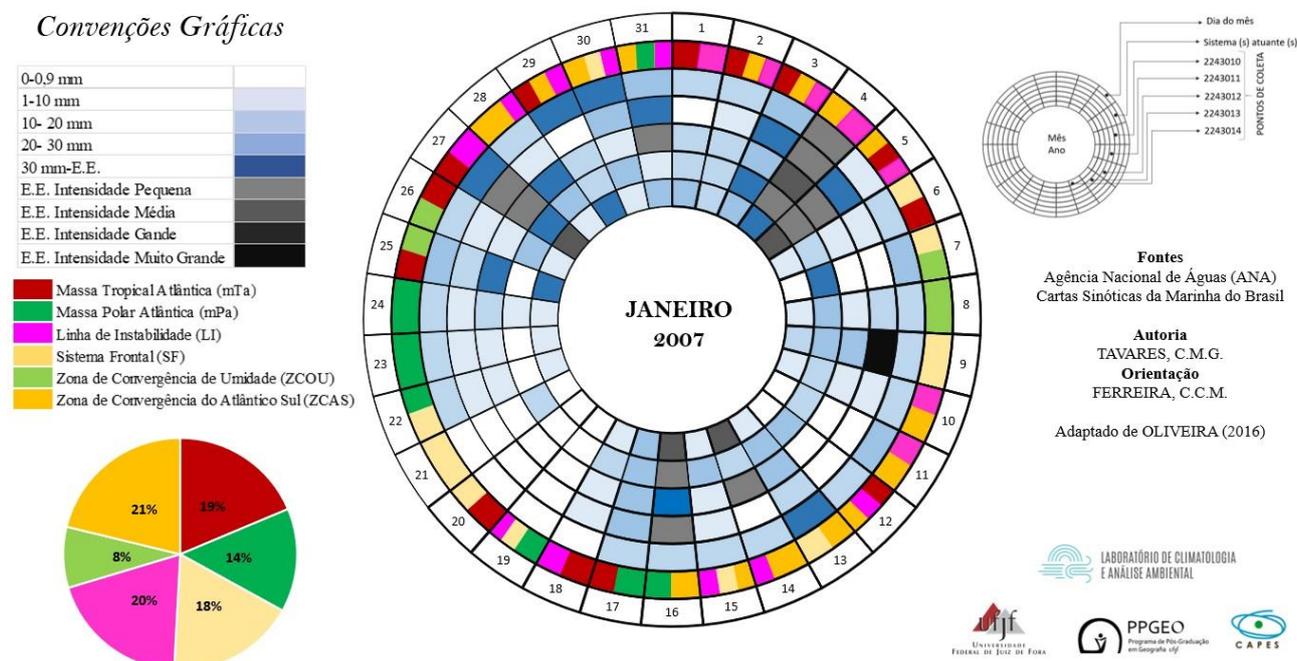


Elaboração: Tavares e Ferreira (2021).

Sobre a distribuição dos impactos IN, DC e IN+DC, observa-se que o dia de maior total de IN foi o dia 9 (com 45 IN), seguido do dia 4, 16 e 29 com 25 IN, dia 27 com 23 IN, dia 17 com 18 IN, dia 15 com 15 IN, dia 18 com 8 IN, dia 8 com 6 IN, dia 28 com 5 IN, dia 30 com 3 IN, dias 5 e 6 com 2 IN e dias 11, 13, 26 e 31 com 1 IN. O dia do registro de maior volume precipitado foi o dia de maior total de IN; no entanto, o dia de maior DC foi no dia 15, quando não houve registro de E. E. Assim, duas condições são apresentadas: eventos em que há impactos mais imediatos no espaço, em que sua repercussão em relação aos decorrentes é menor, e os eventos em que há poucos pontos de impactos, mas sua repercussão, em termos da decorrência, é mais expressiva. É válido considerar que os maiores valores de DC estão, em sua maioria, relacionados às informações de desabrigados/desalojados (famílias e pessoas), demonstrando que um impacto à estrutura física da cidade provoca danos sociais expressivos.

A Figura 5 apresenta a sucessão dos tipos de tempo através da representação da atuação dos sistemas atmosféricos e do total precipitado nas estações utilizadas ao longo do mês de janeiro de 2007. Neste mês houve maior participação da ZCAS (21%), seguida da LI (20%), mTa (19%), SF (18%), mPa (14%) e, por fim, da ZCOU (9%). Foi possível observar a participação de até três sistemas atmosféricos atuantes sobre a área para o mês estudado, como verificado nos dias 2, 3, 5, 12, 15, 19, 29, 30 e 31, observados através da leitura das cartas sinóticas. Os dias 17, 19 e 24 apresentaram a participação da mPa e, subsequentemente, a atuação da mTa indicando a associação da mPa à mTa no verão. Para o intervalo dos dias com totais mais significativos de impactos, destaca-se que entre os dias 4 e 6 constatou-se 27,2% de participação da ZCAS, 27,2 da LI e 27,2 da mTa. Para esse mesmo intervalo, o SF teve 18,8% na gênese das chuvas no intervalo em questão.

Figura 5 - Gráfico de rosca de representação da sucessão dos tipos de tempo para o mês de janeiro de 2007.



Elaboração: Tavares e Ferreira (2021).

Nos eventos dos dias 8 e 9 houve atuação de 100% da ZCOU no dia 8 e 100% SF no dia 9 (50% de participação de cada sistema considerando ambos os dias). O dia 11 apresentou 50% de percentual de participação da LI e 50% da ZCAS. No dia 13 houve 50% de participação do SF e 50% da ZCAS. Já no dia 15, quando houve o maior total de impactos observado, os sistemas responsáveis pelo evento pluviométrico foram ZCAS, LI e o SF, todos com 33,3% de participação para o dia. Vale destacar que se considerou tanto o percentual do intervalo dos dias, quando observados dias consecutivos de impactos, quanto o percentual de participação dos eventos no dia. Para o intervalo entre os dias 15 e 18 (considerando o dia 15 novamente, devido à sequência de impactos observados ao longo

dos dias seguidos a ele), o sistema de maior percentual de participação foi a mPa com 33,3% seguida das ZCAS, LI e mTa com 20% para cada um dos sistemas, e o SF com 6,6% de participação. Para o intervalo entre os dias 26 e 31, o sistema de maior participação foi a ZCAS (31,8%), seguida da LI (27,8%), mTa (22,7%), ZCOU (9%) e dos SF e mPa, ambos com 4,5% de participação para o intervalo.

Considerando todo o conjunto de dias com registro de impactos (4, 5, 6, 8, 9, 11, 13, 15, 16, 17, 18, 26, 27, 28, 29, 30 e 31), o sistema de maior participação foi a ZCAS, com 28,33% de participação dentre os dias com deflagração de impactos, seguida da LI, com 23,33%, mTa e SF, ambos sistemas com 16,67%, mPa com 8,33, e a ZCOU com 6,67%.

Assim, 68% da participação da ZCAS no mês de janeiro de 2007 ocorreu nos dias em que houve a deflagração de impactos no espaço; a mTa teve 45,5% de sua participação em dias de deflagração de impactos, a mPa teve 29,4%, o SF 47,6, a LI teve 60,9 e a ZCOU teve 40% de sua atuação ao longo do mês em dias com registro de impactos.

Para uma leitura eminentemente socioambiental do evento analisado, a Tabela 3 apresenta o total percentual e absoluto de setores censitários em cada classe de vulnerabilidade social (muito alta, alta, média, baixa e muito baixa). Os mapas dispostos na Figura 7 (A, B, C, D, E) e a Figura 6 apresentam a distribuição espacial dos IN, DC e IN+DC ocorridos no mês de janeiro de 2007 no município de Petrópolis.

Através da leitura dos mapas da Figura 7 (A, B e C) verifica-se que não necessariamente os impactos IN repercutem em DC (figura 7-A e B). Examinou-se, ainda, que a ocorrência de um único ponto com total de IN significativo não necessariamente está associado à ocorrência de DC ou à ocorrência de total de DC significativos.

Essa relação foi verificada no ponto de impacto registrado no distrito/ bairro da Posse em que um único ponto apresentou 15 IN (movimentos de massa) sem a ocorrência de impactos DC no dia 04/01. O primeiro distrito foi o que apresentou a maior quantidade de

pontos de impactos, seguido do Cascatinha, Pedro do Rio, Posse e Itaipava. É possível observar, também, que os pontos de maior total de impactos DC e IN+DC apresentaram sobreposição de impactos, demonstrando que as áreas foram significativamente afetadas tanto pelos impactos DC quanto pelo total de impactos registrados por ponto. Essa relação pode ser verificada nos mapas da Figura 7 (B e C) para os bairros Carangola, nas proximidades do Cascatinha, Retiro, Pedro do Rio e Posse.

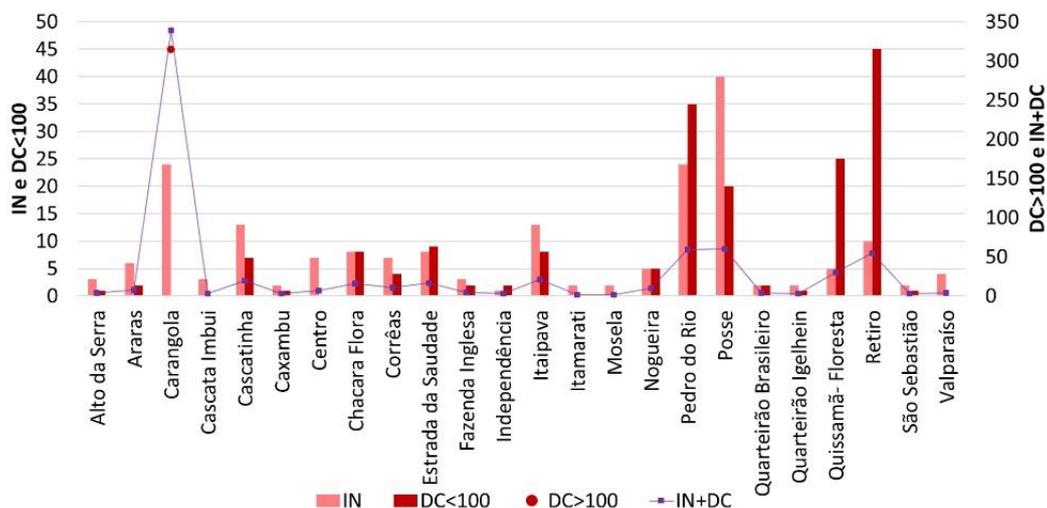
Comparando as informações dos pontos de impactos com o total de impactos por bairro, observa-se que o bairro Carangola apresentou o maior total de DC e IN+DC. Esses dados correspondem a 49,2% de todos os impactos ocorridos no município. Avaliando a partir do IVS, o bairro apresenta 31,6% de seus setores em condição de vulnerabilidade social alta, 26,7% com vulnerabilidade média (totalizando 58,3%), e 21,1% com baixa. Comparando com os bairros que não apresentaram impactos no mês de janeiro de 2007, os bairros Alcobacinha e Morin são os únicos bairros em que os valores de vulnerabilidade social são mais expressivos nas classes de média a muito baixa. Os demais apresentaram valores relevantes na classe de alta vulnerabilidade social.

Tabela 3 - Quantidade absoluta (**abs**) e percentual (%) da quantidade de setores em cada classe de vulnerabilidade social por bairro (limite aproximado). Valores mais significativos indicados por cor (significativo **negativamente**, significativo **medianamente**, significativo **bom**, significativo **muito bom**, significativo **ótimo**).

Bairros	Vulnerabilidade Social									
	Muito Alta		Alta		Média		Baixa		Muito Baixa	
	Abs	%	Abs	%	Abs	%	Abs	%	Abs	%
Alcobacinha	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	75,0	1,0	25,0	0,0	0,0
Alto da Serra	0,0	0,0	1,0	7,7	1,0	7,7	6,0	46,2	5,0	38,5
Araras	5,0	33,3	6,0	40,0	4,0	26,7	0,0	0,0	0,0	0,0
Bingen	1,0	3,2	7,0	22,6	5,0	16,1	9,0	29,0	9,0	29,0
Carangola	1,0	5,3	6,0	31,6	5,0	26,3	4,0	21,1	3,0	15,8
Cascata do Imbuí	0,0	0,0	8,0	36,4	9,0	40,9	3,0	13,6	2,0	9,1
Cascatinha	0,0	0,0	13,0	23,2	24,0	42,9	14,0	25,0	5,0	8,9
Castelânea	0,0	0,0	3,0	21,4	2,0	14,3	4,0	28,6	5,0	35,7
Caxambu	0,0	0,0	6,0	33,3	3,0	16,7	5,0	27,8	4,0	22,2
Centro	0,0	0,0	2,0	4,3	0,0	0,0	11,0	23,4	34,0	72,3
Chácara Flora	0,0	0,0	10,0	20,8	15,0	31,3	17,0	35,4	6,0	12,5
Corrêas	0,0	0,0	9,0	47,4	7,0	36,8	1,0	5,3	2,0	10,5
Duarte da Silveira	0,0	0,0	5,0	38,5	1,0	7,7	3,0	23,1	4,0	30,8
Duques	0,0	0,0	9,0	56,3	3,0	18,8	2,0	12,5	2,0	12,5
Estrada da Saudade	1,0	9,1	3,0	27,3	5,0	45,5	2,0	18,2	0,0	0,0
Fazenda Inglesa	3,0	33,3	3,0	33,3	3,0	33,3	0,0	0,0	0,0	0,0
Independência	0,0	0,0	8,0	53,3	3,0	20,0	1,0	6,7	3,0	20,0
Itaipava	3,0	7,0	13,0	30,2	19,0	44,2	4,0	9,3	4,0	9,3
Itamarati	0,0	0,0	4,0	30,8	4,0	30,8	5,0	38,5	0,0	0,0
Meio da Serra	0,0	0,0	1,0	33,3	2,0	66,7	0,0	0,0	0,0	0,0
Morin	0,0	0,0	2,0	14,3	5,0	35,7	5,0	35,7	2,0	14,3
Mosela	0,0	0,0	1,0	5,0	6,0	30,0	8,0	40,0	5,0	25,0
Nogueira	0,0	0,0	5,0	27,8	7,0	38,9	4,0	22,2	2,0	11,1
Nova Macaé	3,0	9,7	8,0	25,8	4,0	12,9	10,0	32,3	6,0	19,4
Pedro do Rio	3,0	21,4	6,0	42,9	5,0	35,7	0,0	0,0	0,0	0,0
Quartirão Brasileiro	0,0	0,0	3,0	16,7	7,0	38,9	6,0	33,3	2,0	11,1
Quartirão Ingelhein	0,0	0,0	3,0	11,5	4,0	15,4	12,0	46,2	7,0	26,9
Quissamã- Floresta	0,0	0,0	11,0	28,9	12,0	31,6	10,0	26,3	5,0	13,2
Quitandinha	0,0	0,0	7,0	25,9	5,0	18,5	7,0	25,9	8,0	29,6
Retiro	3,0	18,8	5,0	31,3	2,0	12,5	4,0	25,0	2,0	12,5
São Sebastião	0,0	0,0	3,0	16,7	5,0	27,8	5,0	27,8	5,0	27,8
Valparaíso	0,0	0,0	3,0	9,7	11,0	35,5	16,0	51,6	1,0	3,2

Elaboração: Tavares e Ferreira (2021).

Figura 6 - Total de impactos IN, DC<100, DC>100 e IN+DC por bairro no município de Petrópolis para o mês de janeiro de 2007.

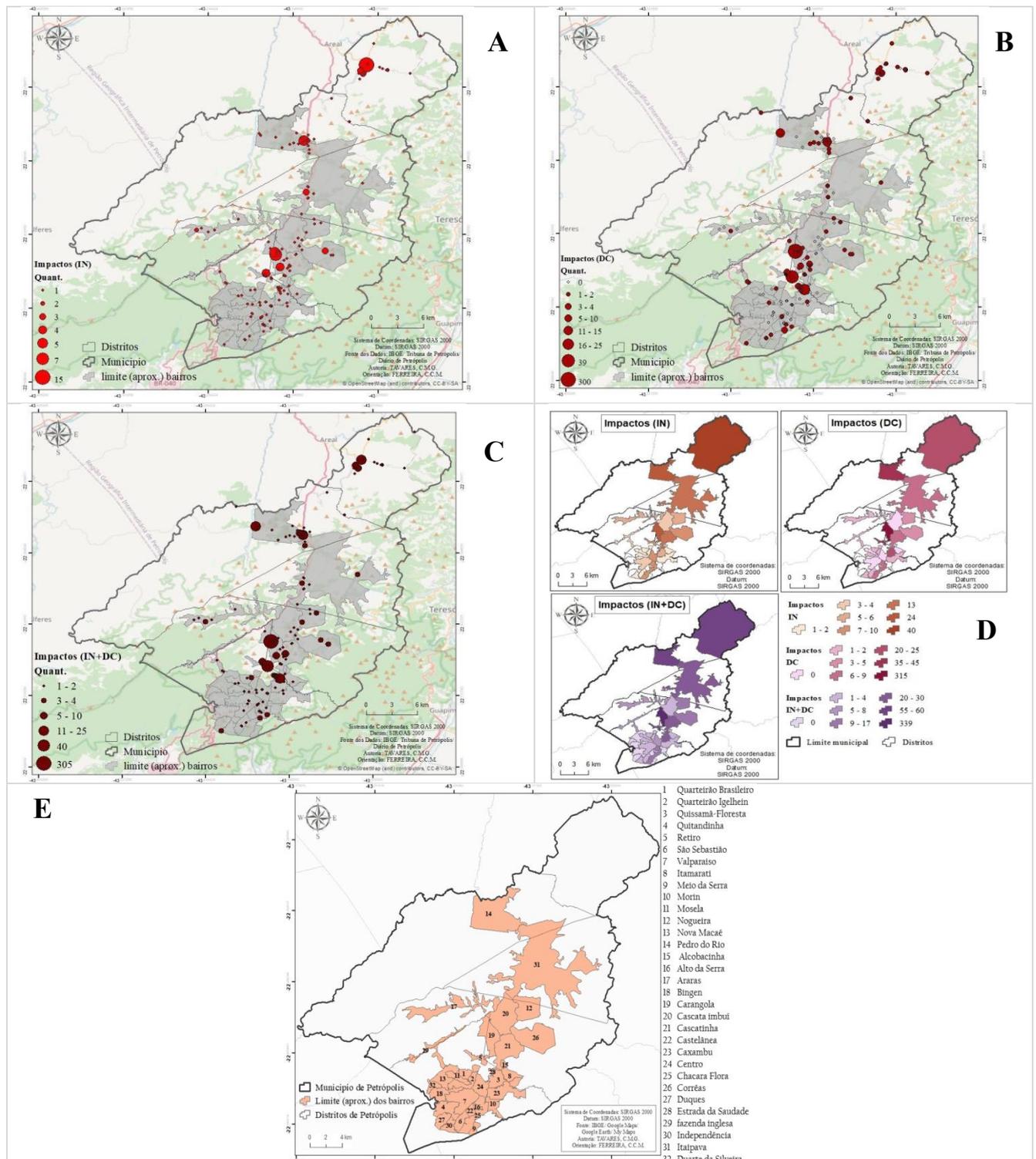


Elaboração: Tavares e Ferreira (2021).

Os bairros com menor total de impactos foram o Itamarati com 2 IN, 0 DC e 2 IN+DC, com 61,6% dos setores nas classes média e alta vulnerabilidade social; Mosela com 2 IN, 0 DC e 2 IN+DC, com 30% dos setores em condição de média vulnerabilidade social, 40,0% em baixa vulnerabilidade e 25,0% em muito baixa vulnerabilidade social; Cascata Imbuí com 3 IN, 0 DC e 3 IN+DC, onde 77,3% dos setores são classificados em alta e média vulnerabilidade; Caxambu com 2 IN, 1 DC e 3 IN+DC com 33,3% dos setores em condição de alta vulnerabilidade social e 27,7% em baixa vulnerabilidade social. O bairro Independência apresentou 1 IN, 2 DC e 3 IN+DC, com 53,3% dos setores em condição de alta vulnerabilidade social; Quarteirão Ingelhein teve 2 IN, 1 DC e 3 IN+DC com 46,2% dos setores em condição de baixa vulnerabilidade social; São Sebastião teve 2 IN, 1 DC e 3 IN+DC com 27,8% dos setores na classe de média vulnerabilidade social, 27,8%

na de baixa vulnerabilidade social e 27,8% na classe de muito baixa vulnerabilidade social; o bairro Alto da Serra teve 3 IN, 1 DC e 3 IN+DC com 46,2% dos setores em condição de baixa vulnerabilidade social; Quarteirão Brasileiro com 3 IN, 2 DC e 5 IN+DC concentrando 38,9% dos setores censitários na classe de média vulnerabilidade social; Valparaíso com 4 IN, 0 DC e 4 IN+DC em que 35,5% dos setores correspondem à média vulnerabilidade social e 51,6% à baixa vulnerabilidade social; Fazenda Inglesa com 3 IN, 2 DC e 5 IN+DC com 33,3% dos setores com muito alta vulnerabilidade social, 33,3% com alta vulnerabilidade social e 33,3% com média vulnerabilidade social; Centro com 7 IN, 0 DC e 7 IN+DC em que 72,3% dos setores correspondem a muito baixa vulnerabilidade social e 23,4% à baixa vulnerabilidade social; Araras com 6 IN, 2 DC e 8 IN+DC com 73,3% dos setores entre as classes alta e média vulnerabilidade social.

Figura 7 - (A) Mapa de pontos de impactos iniciais (IN) do município de Petrópolis para o mês de janeiro de 2007. (B) Mapa de pontos de impactos decorrentes (DC) do município de Petrópolis para o mês de janeiro de 2007. (C) Mapa de pontos de impactos totais (IN +DC) do município de Petrópolis para o mês de janeiro de 2007. (D) Mapa do total de impactos por bairro (limite aproximado) no município de Petrópolis no mês de janeiro de 2007. (E) Mapa dos bairros (limite aproximado) do município de Petrópolis.



Elaboração: Tavares e Ferreira (2021).

Os bairros que apresentaram o maior total de impactos foram: Nogueira com 5 IN, 5 DC e 10 IN+DC apresentando 27,8% dos setores com alta vulnerabilidade social, 38,9% com média vulnerabilidade e 22,2% com baixa vulnerabilidade social; Corrêas com 7 IN, 4 DC e 11 IN+DC com 84,2% dos setores entre as classes de vulnerabilidade social alta e média; Chácara Flora com 8 IN, 8 DC e 16 IN+DC com 31,3% dos setores com média vulnerabilidade social e 35,4% com baixa vulnerabilidade social; Estrada da Saudade com 8 IN, 9 DC e 17 IN+DC com 27,3% dos setores em alta vulnerabilidade social e 45,5% com média vulnerabilidade; Cascatinha com 13 IN, 7 DC e 20 IN+DC com 23,2% dos setores com alta vulnerabilidade, 42,9% com média e 25,0% com baixa vulnerabilidade social; Itaipava com 13 IN, 8 DC e 21 IN+DC com 30,2% dos setores em alta vulnerabilidade social e 44,2% com média vulnerabilidade social; Quissamã-Floresta com 5 IN, 25 DC e 30 IN+DC com 28,9% dos setores com alta vulnerabilidade social e 31,6% com média vulnerabilidade social; Retiro com 10 IN, 45 DC e 55 IN+DC com 18,8% dos setores com muito alta vulnerabilidade social, 31,3% com alta (totalizando 50,1%) e 25,0% com baixa vulnerabilidade social; Pedro do Rio com 10 IN, 35 DC e 59 IN+DC com 21,4% dos setores com muito alta vulnerabilidade, 42,9% com alta (totalizando 64,3%), 35,7% com média (totalizando 100% dos setores entre muito alta e média vulnerabilidade social). Posse com 40 IN, 20 DC e 60 IN+DC com 68,8% dos setores (considerando as informações distritais) em muito alta vulnerabilidade social e 31,3% dos setores com alta vulnerabilidade social.

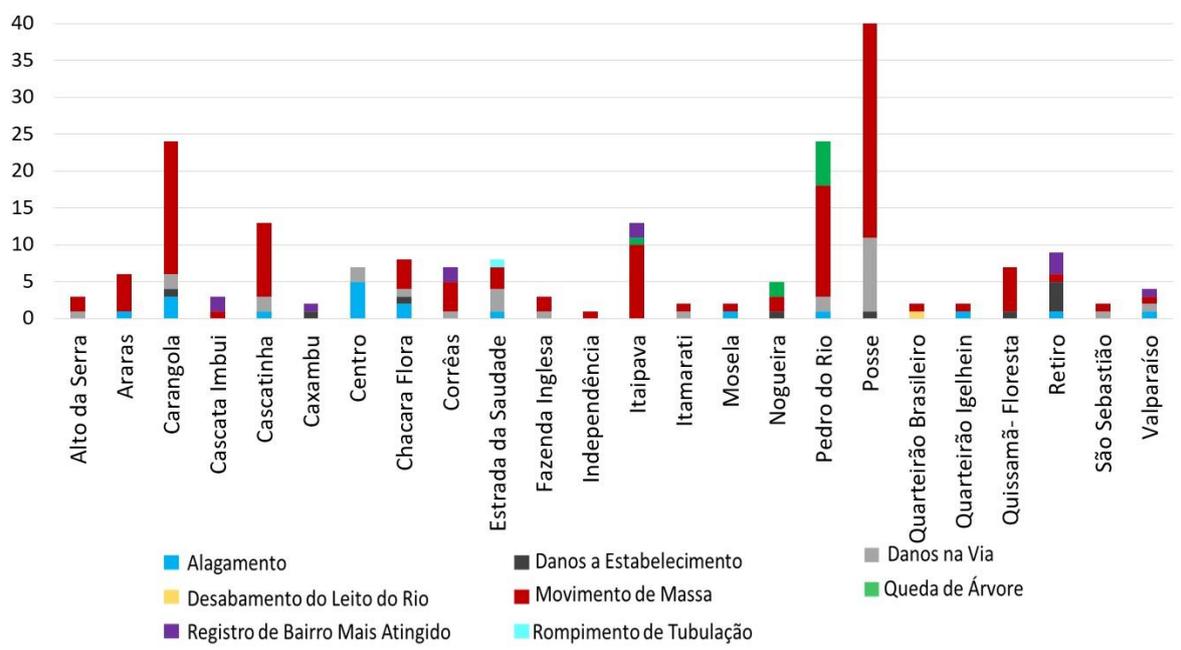
É possível, portanto, observar que os bairros com a maior quantidade de setores censitários em condição de muito alta/alta e média vulnerabilidade social apresentaram registro de impactos. No entanto, dentre os bairros com o maior total de impactos, as classes predominantes de vulnerabilidade social são as classes muito alta, alta e média. Assim, considerando o aporte teórico sobre a distribuição desigual dos impactos em função do processo de reprodução capitalista do espaço, os bairros Itaipava, Quissamã-Floresta, Retiro, Pedro do Rio, Posse e Carangola necessitam de maior atenção em relação a medidas mais precisas no que tange à mitigação, prevenção e adaptação dessas áreas frente aos impactos pluviométricos. Uma importante ressalva a ser feita é referente ao alto percentual de setores censitários nas classes alta e média vulnerabilidade social no bairro de Itaipava. Apesar do seu importante polo comercial, que se dá ao longo da Estrada União e Indústria (porção que corresponde aos melhores indicadores de vulnerabilidade), as áreas residenciais do bairro estão nas áreas mais distantes desse centro, margeando-o, sendo habitadas por sujeitos com menores condições de usufruir das melhores áreas do bairro. Assim, essa condição fica bem demarcada no mapa de vulnerabilidade social já discutido nas seções anteriores.

O bairro Cascata Imbuí concentra 77,3% dos setores nas classes alta e média vulnerabilidade social (3 IN+DC). No bairro Caxambu 33,3% dos setores estão na classe de alta vulnerabilidade social e 27,8% na classe de baixa vulnerabilidade social (3 IN+DC). O

bairro Cascatinha apresenta 66,1% dos setores entre as classes de alta e média vulnerabilidade (20 IN+DC). O bairro Centro concentra 23,4% dos setores na classe de baixa vulnerabilidade e 72,3% na classe de muito baixa vulnerabilidade (7 IN+DC). Vale destacar que os impactos IN no bairro centro foram, majoritariamente, registros de alagamentos. O bairro Chácara Flora

concentra seus setores nas classes média e alta, totalizando 66,7% dos setores (16 IN+DC). Corrêas também concentra a maior parte de seus setores nas classes de alta e média vulnerabilidade, totalizando 82,4% dos setores (11 IN+DC). Considerando a importância dos impactos iniciais, sem os quais os DC não seriam deflagrados, a Figura 8 apresenta o total de cada IN por bairro.

Figura 8 - Total de impactos (por natureza de impacto) iniciais registrados no município de Petrópolis no mês de janeiro de 2007.



Elaboração: Tavares e Ferreira (2021).

Os movimentos de massa são os mais expressivos, tanto em seu total nos bairros em que foram registrados tais IN, assim como sua ocorrência dentre os bairros citados. Os bairros Caxambu e Centro correspondem aos bairros sem registro de movimento de massa (dentre os bairros com ocorrência de impactos) para o evento analisado. Os bairros com a maior quantidade de movimentos de massa foram Posse com 24%, Carangola com 15,1% e Pedro do Rio com 12,6%. O bairro Centro, o

de melhor condição em termos da vulnerabilidade social, apresentou pontos de impactos de alagamento e danos na via. O segundo impacto de maior presença ao longo dos bairros com registro, foram os pontos de danos na via e registro de bairros mais atingidos. Tendo em vista as informações discutidas, os movimentos de massa são os mais significativos dos impactos, tanto em quantidade por bairro, quanto em total de bairros com o registro de movimentos de

massa, ressaltando a necessária atenção das medidas de prevenção e mitigação frente aos impactos pluviométricos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A abordagem de definição dos eventos extremos em termos quantitativos, qualitativos e quanti-qualitativos permitiu confirmar que eventos estatisticamente extremos não necessariamente deflagram impactos no espaço, como o caso do evento de 05/04/2005. Foi possível, ainda, perceber que os eventos com maior quantidade de impactos registrados foram eventos de intensidade muito grande, grande e média, o que justifica a necessidade do aprofundamento dos estudos no que se refere à intensidade dos eventos extremos e os impactos provenientes desses. A base teórica para o estudo dos impactos, enquanto processos, na perspectiva de produto e produtor de novos impactos, permitiu-nos avaliar que, ainda que os impactos iniciais sejam de pouca extensão (ocorrendo um único impacto inicial em um ponto), a repercussão deles pode ser expressiva, como observado no evento de janeiro de 2007. No entanto, em um único ponto podem ocorrer impactos iniciais relevantes sem que haja repercussão em termos de impactos decorrentes.

Para o evento estudado, a premissa indicada no início da pesquisa sobre a distribuição desigual dos impactos foi verdadeira, uma vez que as áreas mais vulneráveis foram as áreas mais atingidas. A abordagem dos impactos iniciais e

decorrentes permitiu-nos avaliar ainda os impactos mais imediatos e que estiveram relacionados aos ataques à estrutura física da cidade (como preconizado pela teoria Sistema Clima Urbano) e aos decorrentes, que expressaram a dimensão mais social e ambiental dos mesmos.

REFERÊNCIAS

- AMBROZIO, J. C. G. **O Presente e o Passado no Processo Urbano da Cidade de Petrópolis (Uma História Territorial)**. 2008. 376 f. Tese (Doutorado em Geografia) — Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.
- ARMOND, N. B. **Entre eventos e episódios: as excepcionalidades das chuvas e os alagamentos no espaço urbano do Rio de Janeiro**. 2014, 239 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, 2014.
- BORSATO, V. A. **A dinâmica Climática do Brasil e massas de ares**. 1. ed. Curitiba, PR: CRV, 2016.
- CARDOSO, I. C. C. O Espaço Urbano e a Re-Produção das Relações Sociais no Pensamento de Henri Lefebvre: contribuições à teoria social crítica, **Revista Libertas**, v. 11, n. 2 (2011), (ago. dez. 2011).
- CARLOS, A. F. A. A cidade e a organização do espaço. **Revista de Geografia da USP**, São Paulo, n. 1, p. 105-111, 1982.
- COELHO, M. C. N. Impactos Ambientais em áreas urbanas- teorias, conceitos e métodos de pesquisa. In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (org.) **Impactos ambientais urbanos no Brasil**, 11. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2014, 418 p.
- CORRÊA, R. L. Sobre os agentes sociais, escala e produção do espaço: um texto para discussão. In: CARLOS, A. F. A.; SOUZA, M. L. S.;

SPOSITO, M. E. B. (Org.) **A produção do espaço urbano**: agentes e processos, escalas e desafios. 1. ed., São Paulo: Contexto, 2011.

DANTAS, E. W. C.; COSTA, M. C. L.; ZANELLA, M. E. **Vulnerabilidade socioambiental e qualidade de vida em Fortaleza**. Fortaleza: Imprensa Universitária, 2017, 116 p.

FIALHO, E. S. **Ilha de calor em cidade de pequeno porte**: Caso de Viçosa, na Zona da Mata Mineira. 259 f. Tese (Doutorado em Geografia Física), Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, 2009. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8135/tde22022010154045/publico/EDSON_SOARES_FIALHO.pdf. Acesso em: 5 set. 2021.

FURLAN, A.; MURARA, P. Análise de risco a partir do setor censitário na área urbana de Erechim, Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista de Geografia e Ordenamento do Território (GOT)**, n. 13 (junho). Centro de Estudos de Geografia e Ordenamento do Território, p. 177-201, 2018.

GONÇALVES, L. F. H.; GUERRA, A. J. T. Movimentos de massa na cidade de Petrópolis (Rio de Janeiro) In: GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. (org.) **Impactos ambientais urbanos no Brasil**. 11. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2014, 418 p.

IBGE- Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico de 2010**.

IBGE- Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Área territorial oficial dos Estados e Municípios Brasileiros**.

MONTEIRO, C. A. F. Teoria e Clima Urbano: um projeto e seus caminhos. In. MONTEIRO, C. A. F.; MENDONÇA, F. (org.). **Clima Urbano**. São Paulo: Contexto, 2003.

MONTEIRO, J. B.; ZANELLA, M. E. A metodologia dos máximos de precipitação aplicada ao estudo de eventos extremos diários no município de Crato e Sobral-CE. **GeoTextos**, v. 13, n. 2, dezembro 2017.

MONTEIRO, J. B.; ZANELLA M. E. Eventos pluviométricos extremos e impactos

associados em Fortaleza/Brasil: uma análise a partir da técnica dos quantis. In: SILVA, C. A.; FIALHO, E. S.; STEINKE, E. T. (org.). **Experimentos em Climatologia Geográfica**. Dourados, MS: UFGD, 2014, 392 p.

NIMER, E.; Climatologia da região Sudeste do Brasil: Introdução à climatologia dinâmica - Subsídio à geografia regional do Brasil. **R. Bras. Geografia**, Rio de Janeiro, 34(1): 3-48 jan./mar. 1972.

OLIVEIRA, D. E. **Participação dos sistemas atmosféricos na gênese e ritmo das chuvas na bacia do rio Preto, MG/RJ** - Anos de 2006, 2007 e 2008. Dissertação (Mestrado acadêmico em Geografia) - 2016, 149 p.

SANT'ANNA NETO, J. L. Por uma geografia do clima - Antecedentes históricos, paradigmas contemporâneos e uma nova razão para um novo conhecimento. **Terra Livre**, São Paulo, n. 17, p. 49-62, 2º semestre/2001.

SOUZA, B. C. P. **Os nomes geográficos de Petrópolis/RJ e a imigração Alemã: memória e identidade**. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2014.

TAULOIS, A. E. **História**. Disponível em: <http://www.petropolis.rj.gov.br/fct/index.php/petropolis/historia>. Acesso em: 15 set. 2022.

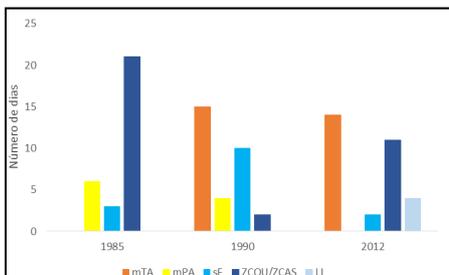
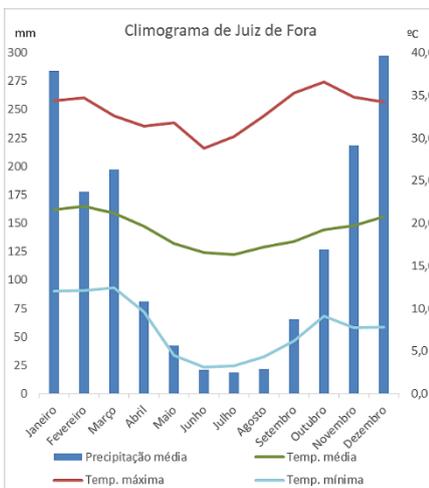
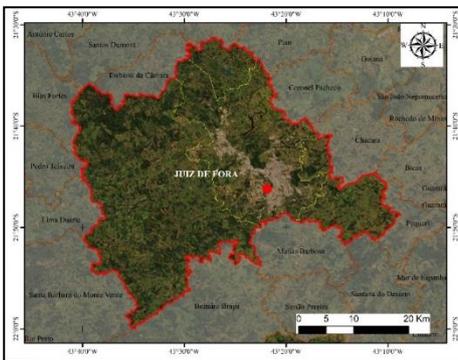
TAVARES, C. M. G.; FERREIRA, C. C. M. A relação entre a orografia e os eventos extremos de precipitação no município de Petrópolis-RJ. **Revista Brasileira de Climatologia**. Ano 16. v. 26, JAN/JUN 2020.

TAVARES, C. M. G. **Os Impactos dos Eventos Extremos de Precipitação no município de Petrópolis-RJ: Um estudo socioambiental**. Dissertação (Mestrado acadêmico em Geografia) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Instituto de Ciências Humanas, PPGeo, 2021.

TAVARES, C. M. G. Análise das precipitações no município de Petrópolis-RJ: características e tendência dos eventos extremo para o período de 1939-2017. **Anais [...]**. XIII ENANPEGE. São Paulo, 2019.

EVENTOS OU EPISÓDIOS EXTREMOS DE PLUVIOSIDADE EM JUIZ DE FORA-MG: UMA INVESTIGAÇÃO A PARTIR DOS MESES PADRÃO

*Thiago Alves de Oliveira
Fabio Sanches
Cássia de Castro Martins Ferreira*



RESUMO

O objetivo do artigo foi analisar os impactos das chuvas e seus eventos e episódios a partir da técnica dos meses padrão. A seleção dos meses se deu a partir da técnica do *Box Plot* e, com isso, foram selecionados um mês seco, um habitual e um chuvoso. No mês chuvoso, a ocorrência da Zona de Convergência do Atlântico Sul - ZCAS foi mais frequente, e os impactos também. No ano habitual e seco a Massa Tropical Atlântica - mTa - foi mais atuante, entretanto os impactos também ocorreram nesses meses.

EXTREME PRECIPITATION EVENTS OR EPISODES IN JUIZ DE FORA-MG: AN INVESTIGATION FROM THE STANDARD MONTHS

ABSTRACT

The aim of the article was to analyze the impacts of rainfall and its events and episodes using the technique of standard months. The selection of months was based on the Box Plot technique and with that, a dry; a regular and a rainy month were selected. In the rainy month, the occurrence of the South Atlantic Convergence Zone- SAZC of the was more frequent and so were the impacts. In the usual dry year, the Atlantic Tropical Mass - mTa was more active, however the impacts also occur in these months.

INTRODUÇÃO

As modificações processadas pelo homem no espaço podem potencializar os eventos naturais; sendo assim, se tivessem como palco um espaço menos alterado não causariam tantos problemas à população, acredita Gonçalves (2013).

Os eventos naturais extremos ocorrem de maneira copiosa nos sistemas ambientais, podendo ser geológicos, geomorfológicos, hidrológicos e também meteorológicos ou climáticos (VICENTE, 2005; MONTEIRO, 2016). São considerados extremos em função de seu afastamento das condições habituais e por ocorrerem com uma baixa frequência, porém com elevada capacidade de causar danos à sociedade (GONÇALVES, 2003; VICENTE, 2005; STEPHENSON, 2009; PINHEIRO, 2016; MONTEIRO, 2016; GOUDARD, 2019).

Para Goudard (2019, p. 32) “do ponto de vista específico das chuvas, os extremos podem ser considerados aqueles cujo total anual, sazonal ou diário demonstram desvios de valores superiores ou inferiores à apresentação dos habituais da área no período analisado.”

Já Monteiro (1991) revela que estes eventos extremos “encontram-se entre os mais importantes, seja pela complexidade e diversidade de fenômenos quanto pela frequência e variação de intensidade dos impactos causados.” (MONTEIRO, 1991, p. 8).

Nessa perspectiva, já se pode extrair algumas características fundamentais na investigação dos extremos: sua frequência, intensidade e a repercussão espacial (GOUDARD, 2019). Marengo (2009) acrescenta ainda que os eventos extremos fazem parte da própria variabilidade do clima, “e sua frequência e intensidade podem variar de acordo com a mudança climática.” (MARENGO, 2009, p. 6).

Diversas técnicas estatísticas podem ser utilizadas para a caracterização dos eventos extremos. Dentre elas despontam a utilização dos percentis 95 e 99 (LOUREIRO, 2014; PRISTO *et al.*, 2018; GOUDARD, 2019; PAZ *et al.*, 2019), dos quantis (MONTEIRO, 2016; WANDERLEI *et al.*, 2018), a técnica do decil (CAMPOS *et al.*, 2015), as técnicas dos máximos de precipitação (MONTEIRO e ZANELLA, 2017), além dos índices de extremos climáticos do ETCCDI* (FEITOSA, 2014; PINHEIRO, 2016; VALVERDE, 2018; MARENGO *et al.*, 2020).

Armond (2014) faz uma importante diferenciação entre os critérios de ordem quantitativa e estatística, trazendo a ideia de eventos extremos, como “aqueles que ultrapassam os valores habituais meteorológicos” (ARMOND, 2014, p. 77) e os episódios extremos “aqueles que causaram impactos” (ARMOND, 2014, p. 77). Essa diferenciação se faz importante, pois, nem todo evento extremo necessariamente se consubstancia como um episódio extremo, ou seja, não produz impactos no espaço urbano,

* Dentro do universo de técnicas utilizadas para a observação de variações e ou tendências climáticas, o *Expert Team on Climate Change Detection and Indices* (ETCCDI), vinculado à Comissão de Climatologia da Organização Meteorológica Mundial (OMM) e o *Climate Variability and Predictability Project* (CLIVAR) sugerem a utilização de 27 índices de extremos climáticos, sendo que 16 deles são relacionados à temperatura do ar e 11 índices à precipitação (ZHANG e YANG, 2004).

e, por vezes, um total pluviométrico inferior à marca de evento extremo pode produzir diversos impactos no espaço urbano.

Os impactos ocorrem e se localizam no espaço também em função da capacidade que o sujeito tem de se proteger diante de um evento pluviométrico, sendo que, mesmo que estes sejam fomentados pela dinâmica atmosférica, “suas ações e percepções serão resultados das transformações e produções antrópicas no espaço.” (MURARA, 2016, p. 61).

Além disso, por se tratarem de desvios em relação à habitualidade dos dados, os eventos extremos de precipitação estão associados à própria dinâmica do ritmo climático. Segundo Monteiro (1971, p. 4) “O conceito de ritmo, expressão da sucessão dos estados atmosféricos, conduz implicitamente, ao conceito de ‘habitual’ uma vez que há variações e desvios que geram diferentes graus de distorções até atingir padrões ‘extremos’.” Monteiro (1971) destaca ainda a importância de uma estatística minuciosa sendo “possível selecionar alguns anos representativos do padrão habitual e dos extremos.” (MONTEIRO, 1971, p. 9).

Nesse sentido, Tavares (1976) esclarece que “os diversos climas teriam, durante as várias estações do ano, tipos de tempo característicos, que se sucederiam de forma definida, caracterizando cadeias de tipo de tempo.” (TAVARES, 1976, p. 80).

O autor, por sua vez, aponta para a necessidade de estabelecer parâmetros para a análise dos “anos-padrão”, os quais corresponderiam a anos em que “a distribuição da precipitação anual de um

determinado lugar é semelhante à distribuição das precipitações médias, obtidos através de vários anos para esse local.” (TAVARES, 1976, p. 81).

Além dos anos com padrão normal (habitual), Tavares (1976) ainda esclarece que os

Anos padrões “secos” ou “chuvosos” não se referem aos totais anuais de chuvas à distribuição delas no decorrer do ano. O ano padrão seco caracterizar-se-ia por uma distribuição das precipitações que apresentasse um grande desvio em relação aos dados médios, em função de períodos com intensa falta de chuvas, enquanto o ano padrão chuvoso deveria suas discrepâncias ao excesso de chuva em relação aos dados mais frequentes. (TAVARES, 1976, p. 81).

Neste sentido, a técnica do *box plot*, segundo Galvani e Luchiari (2004), aparece como uma alternativa aos estudos sobre a variabilidade pluviométrica, pois permite identificar “intervalos para a determinação de anos com padrão normal, seco, úmido, super seco, superúmido de maneira rápida e objetiva.” (GALVANI e LUCHIARI, 2004, p. 5.708).

A partir disso, pretende-se discutir os eventos e os episódios extremos de precipitação ocorridos durante meses considerados como seco, habitual e chuvoso a partir da técnica do *box plot*.

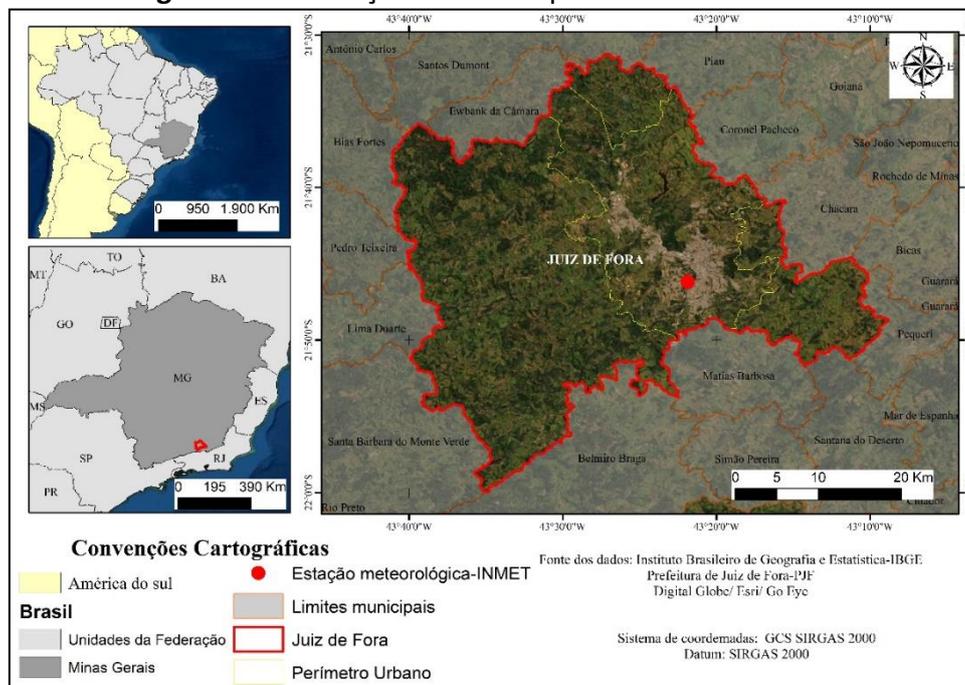
Caracterização da área

Juiz de Fora está localizada na região Zona da Mata do estado de Minas Gerais (Figura 1), a qual foi caracterizada segundo Ab’Sáber (2003) pelo domínio dos

“mares de morros” recobertos por vegetação de Mata Atlântica. A área urbana de Juiz de Fora, possui uma amplitude altimétrica em

torno de 300 metros, variando entre os 650m e 950 m.

Figura 1 - Localização do Município de Juiz de Fora-MG.



Fonte: organizado pelos autores, 2021.

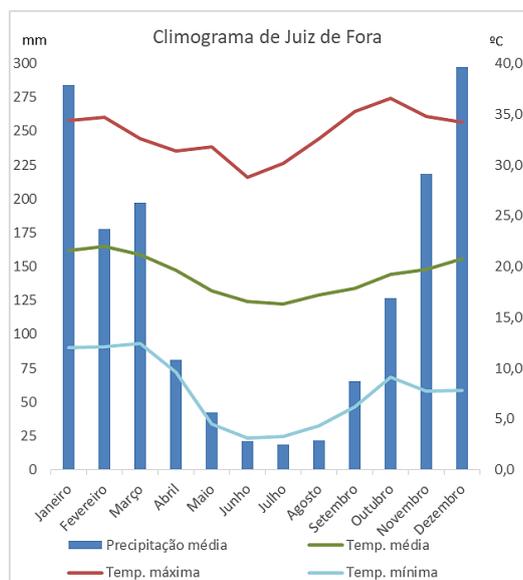
Juiz de Fora apresenta uma dinâmica climática caracterizada por duas estações bem definidas: uma estação quente e chuvosa que vai de outubro a março, e uma estação fria e seca que vai de abril a setembro (Figura 2). Tais características conferem à cidade uma condição de clima tropical de altitude (ASSIS, 2016), influenciado “pelas características do relevo regional, de altitudes médias elevadas, que produzem um substancial arrefecimento das temperaturas.” (ASSIS, 2016, p. 88).

Como coloca Abreu (1998), a localização do estado de Minas Gerais, faz com que o mesmo sofra interferência tanto de fenômenos meteorológicos tropicais como aqueles advindos das latitudes médias. Sant’Anna Neto (2005) acredita que as

variações temporais irregulares de precipitação na região sudeste estejam atreladas à dinâmica atmosférica e associadas à disposição do relevo, bem como a outros fatores climáticos como a continentalidade e a altitude.

Dentre os principais sistemas atmosféricos atuantes, podemos apontar a Massa Tropical Atlântica (mTa), a Massa Polar Atlântica (mPa) e, conseqüentemente, os sistemas frontais, além da participação da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e da Zona de Convergência de Umidade (ZCOU) na dinâmica, principalmente, do período chuvoso na região de estudo (CAVALCANTI *et al.*, 2009).

Figura 2 - Climograma de Juiz de Fora-MG.



Fonte dos dados: Laboratório de Climatologia e Análise Ambiental-LabCAA, 2021.

A Massa Tropical Atlântica (mTa), originada no Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS), possui características atmosféricas quente e seca, tendo uma maior atuação na estação fria. Durante o inverno, esse centro ciclônico aproxima-se do continente sul-americano intensificando sua influência no Brasil (BORSATO, 2016), e diminuindo a sua atuação no verão, período no qual o anticiclone se afasta do continente e perde abrangência.

Por se tratar de um sistema originado em um anticiclone, as suas características durante o período de atuação, principalmente no inverno, são de atmosfera estável. Essa dinâmica dificulta os movimentos ascendentes do ar promovendo, conseqüentemente, baixos totais pluviométricos, exceto em áreas de influência orográfica (REBOITA *et al.*, 2015; BORSATO, 2016).

Os sistemas frontais estão associados à atuação da Massa Polar Atlântica (mPa) pois

“em sua borda, no contato com os sistemas atmosféricos tropicais, configuram-se extensas zonas de pressão relativamente baixa e intensa convergência, usualmente chamada de frente polar” (GALVANI e AZEVEDO, 2012, p. 7). Em função dessa convergência do ar mais quente observa-se a ocorrência de chuvas frontais na vanguarda da Massa Polar Atlântica (mPa).

A Massa Polar Atlântica (mPa), consiste em um sistema de alta pressão, gerador de estabilidade atmosférica, com exceção à sua zona frontal, que avança pelo território brasileiro impondo suas características físicas. Durante o período do inverno, sua atuação é mais intensa pelo interior do continente (BORSATO, 2016).

Nos períodos de primavera e verão, parte da umidade da região amazônica é transportada para o sul e o sudeste através dos Jatos de Baixos Níveis (JBN) a leste dos Andes. Estas condições, associadas a sistemas frontais localizados no Atlântico, favorecem a

formação das Zonas de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) que aparecem como uma das principais fontes de umidade e, conseqüentemente, precipitação que atinge principalmente a região Sudeste do Brasil (REBOITA *et al.*, 2015; SANTOS e FIALHO, 2016; OLIVEIRA, 2016).

METODOLOGIA

A metodologia consistiu de quatro etapas.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Período de investigação

O mês de janeiro foi escolhido a partir de alguns critérios: (1) dentre os meses da estação chuvosa, os meses de janeiro e dezembro apresentam os maiores totais pluviométricos (OLIVEIRA *et al.*, 2020); (2) o mês de janeiro representa o período intermediário da estação chuvosa; (3) janeiro é o mês em que ocorreu, em média, o maior número de impactos (OLIVEIRA, 2021).

A aplicação da técnica do *box plot* foi realizada apenas para os totais mensais. Por este motivo, ao longo do texto as informações serão tratadas apenas para os meses de janeiro; estas não correspondem à totalidade do ano em questão.

A identificação dos eventos extremos

A delimitação dos eventos intensos e extremos se deu a partir da técnica dos percentis, que consiste em dividir o conjunto de dados em 100 partes e a partir disso, pode-

se estabelecer os intervalos de interesse. No caso das precipitações, o percentil 95 representa que 5% dos valores estão acima deste e apontando os eventos de elevada intensidade, já o percentil 99 representa que apenas 1% dos dados ultrapassam este valor, sendo então eventos extremos ao longo da série.

Para a categorização da precipitação diária, os percentis 95 (P95) e 99 (P99) são considerados como eventos intensos e extremos, respectivamente, sendo calculados a partir dos dados de precipitação em 24 horas, desconsiderando os totais inferiores a 1 mm, utilizando o software EXCEL 2013.

Os janeiros padrão - investigação sinótica e comparativos

Para os anos escolhidos (1985, 1990 e 2012) foram selecionadas as cartas sinóticas, bem como as informações que auxiliassem na caracterização sinótica dos dias daqueles meses. As cartas sinóticas foram solicitadas junto à Marinha do Brasil, através do site da instituição (<https://www.marinha.mil.br/chm/dados-do-bndo/acesso-dados-e-produtos>).

Levantamento dos impactos e o número de ocorrências

O levantamento de informações sobre os impactos das chuvas na cidade no mês de janeiro dos anos de 1985, 1990 e 2012, foi realizado junto ao arquivo histórico municipal, no jornal Tribuna de Minas/Tribuna da Tarde para os dados de 1985 e 1990. No ano de 2012, com os registros do jornal disponibilizados de forma *on-line*, o levantamento se deu a partir das datas em que foi registrada a precipitação

na cidade, bem como por palavras-chave, como: inundação, deslizamento, desabamento, temporal, chuva, alagamento, Defesa Civil, Meteorologia, enxurrada.

Todas as notícias que expressaram alguma relação com a precipitação na cidade de Juiz de Fora foram registradas em formato *.pdf*, e catalogadas a partir de uma planilha, com informações sobre data, manchete, página, jornal, ocorrência e local.

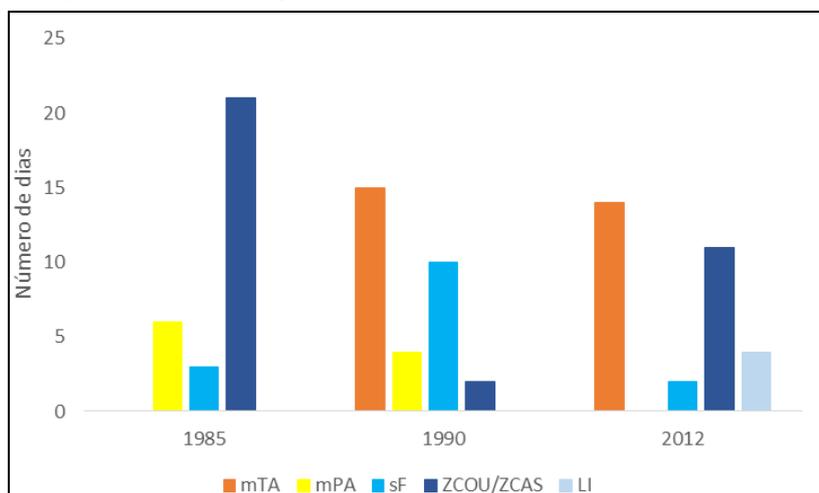
DESENVOLVIMENTO

A análise sinótica dos três meses padrão selecionados, 1985 (chuvoso), 1990 (seco) e 2012 (habitual), permitiu visualizar a frequência de determinados sistemas atmosféricos. Em um primeiro levantamento é possível visualizar que os dias chuvosos estavam associados à

atuação de sistemas como os frontais, sejam frentes frias e estacionárias, linhas de instabilidade (LI), como também à Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS).

No mês de janeiro dos anos analisados, observou-se diferenças na frequência dos sistemas atmosféricos (Figura 3). No mês chuvoso (1985) a recorrência de sistemas produtores de precipitação, como a ZCOU/ZCAS, refletiu no elevado total pluviométrico registrado. Já nos meses habitual (2012) e seco (1990) verificou-se uma frequência maior de sistemas de alta pressão, como a massa Tropical Atlântica atuando como bloqueios atmosféricos na região, impedindo o avanço dos sistemas frontais, bem como a formação da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS).

Figura 3 - Comparativo da atuação dos sistemas atmosféricos nos meses analisados.



Fonte: Cartas Sinóticas - Marinha do Brasil; organizado pelos autores, 2021.

A diferença entre os meses habitual (2012) e seco (1990) esteve associada à maior atuação de sistemas atmosféricos com características de alta pressão, como a massa Tropical Atlântica e a massa Polar Atlântica.

Além disso, apesar de terem apresentado uma frequência similar de ocorrência da massa Tropical Atlântica no mês padrão seco (1990), esta foi intercalada por sistemas frontais que, nessa ocasião, passaram mais rapidamente

pela região, provocando baixos totais pluviométricos.

Os eventos intensos e extremos chuvosos estiveram associados à atuação da Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), bem como de sistemas frontais, que nesse período favoreceram o desenvolvimento das nuvens de chuva, bem como de precipitações volumosas. O mês padrão chuvoso, em janeiro de 1985, teve um elevado número de dias (21) sob atuação da Zona de Convergência do Atlântico Sul, responsável por precipitações de 504,8 mm em 15 dias ou 715 mm nos 31 dias deste mês.

O mês padrão seco de 1990 foi caracterizado pela prevalência da massa Tropical Atlântica (mTa) em uma condição de bloqueio atmosférico, bem como pela passagem rápida dos sistemas frontais, repercutindo em totais pluviométricos reduzidos neste mês. O mês padrão habitual de janeiro de 2012, assim como em 1990 (seco), teve um elevado número de dias com a atuação também da mTa (15 dias em 1990 e 14 dias em 2012). No entanto, a ocorrência de episódios de Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) em alguns dias desses meses elevaram os totais pluviométricos mensais, bem como engendraram a ocorrência de eventos intensos de precipitação.

Dessa forma, é possível destacar que os eventos mais elevados de precipitação estiveram associados à ocorrência da ZCAS, bem como de sistemas frontais estacionários, como observado no mês de janeiro de 1985. Ao contrário disso, os meses secos são

influenciados pela baixa atuação da ZCAS, bem como pela ocorrência, por consecutivos dias, da mTa, conforme já destacado por Oliveira (2016).

Nos casos investigados, o mês padrão habitual (2012) demonstrou que esta ocorrência está associada a uma participação mais “equitativa” dos sistemas atmosféricos, sendo que foram 11 dias sob atuação da ZCAS e 14 dias com atuação da mTa, por exemplo. Dessa forma, tanto os sistemas que favorecem, quanto os sistemas que inibem a ocorrência de precipitação, se distribuíram no decorrer do mês, refletindo em um total pluviométrico mensal considerado habitual ao longo do período.

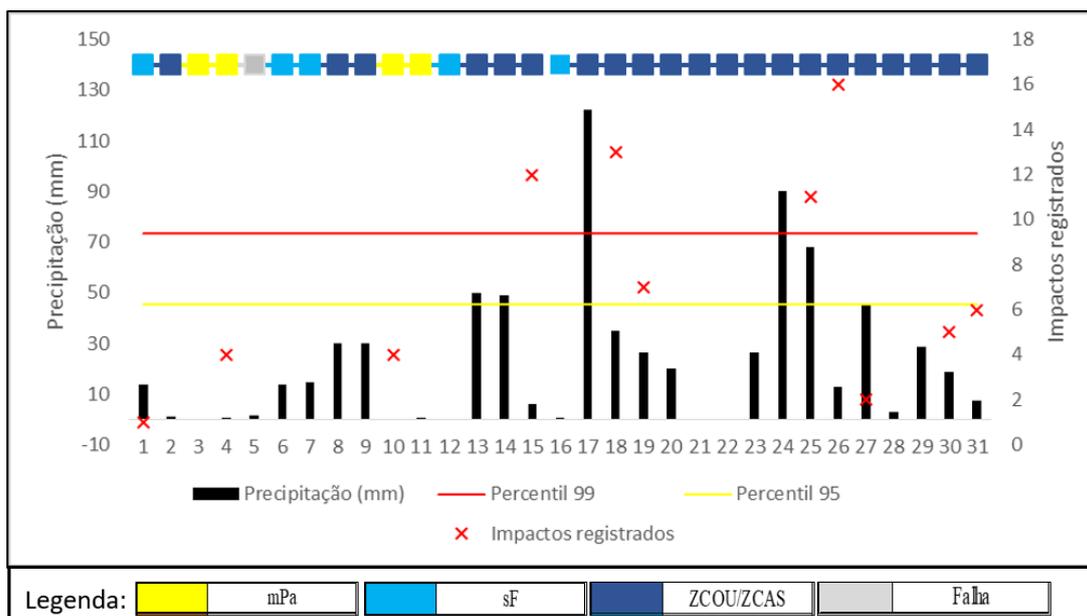
O mês de janeiro chuvoso - 1985

Janeiro de 1985 foi o mês mais chuvoso nos registros pluviométricos da cidade, o total de 715 mm de chuva distribuiu-se em 24 dias daquele mês (Figura 4).

Do ponto de vista sinótico houve prevalência de sistemas frontais estacionários, produzindo uma profunda convecção na região, indicando a gênese desses elevados totais pluviométricos.

Nos primeiros dias de janeiro de 1985, os totais pluviométricos registrados, associados à passagem rápida de um sistema frontal, na cidade de Juiz de Fora, foram de 16,9 mm. A partir do sexto dia, a chegada de outro sistema frontal, que ficou estacionário sobre a região do sudeste brasileiro, foi responsável pelas chuvas na cidade e seus impactos nos dias 6, 7, 8 e 9 de janeiro (Figura 4).

Figura 4 - Precipitação diária e impactos registrados em janeiro de 1985.



Fonte: organizado pelos autores, 2021.

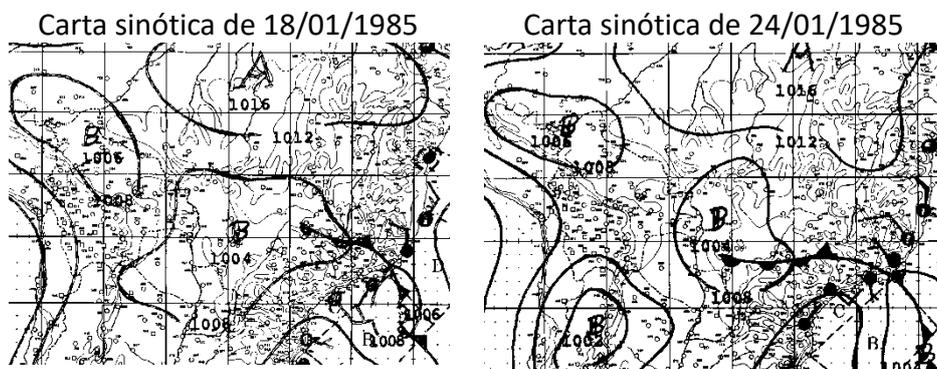
No período de 13 a 15 de janeiro de 1985, outro sistema frontal atingiu a região, fazendo com que fosse registrado um volume de 105 mm de chuvas, sendo que 98,5 mm foram registrados apenas nos dias 13 e 14/01/1985 (Figura 4).

Já, a partir do dia 16, outra frente fria passou a atuar de forma estacionária na região acumulando 203,9 mm, entre 16 e 20 de janeiro de 1985, indicando a formação de

uma Zona de Convergência do Atlântico Sul. No dia 17/01/1985 ocorreu um evento pluviométrico de 122,4 mm (figuras 4 e 5).

Se considerarmos as precipitações ocorridas a partir do dia 16/01, foram 504,8 mm na segunda metade do mês de janeiro de 1985. Esse elevado acumulado total pluviométrico registrado esteve associado à frente estacionária que atuou sobre o sudeste brasileiro durante este período.

Figura 5 - Cartas sinóticas nos dias 18 e 24 de janeiro de 1985.



Fonte: Marinha do Brasil. Adaptado pelos autores, 2021.

O mês de janeiro de 1985 foi o que apresentou o maior número de impactos (OLIVEIRA, 2021) dentre os analisados. Foram 81 ocorrências distribuídas por todas as regiões de planejamento da cidade (figuras 6 e 7).

As Regiões Urbanas (RU) que apresentaram o maior número de registros foram a RU Vitorino Braga (Figura 7, nº 64), Centro (Figura 7, nº 55), Ipiranga (Figura 7, nº 37), sendo que, historicamente, essas são as RUs mais citadas por impactos na cidade (OLIVEIRA, 2021). Além disso, especificamente neste mês (janeiro de 1985), os impactos se distribuíram por toda a área urbana da cidade, atentando para o fato de que nesse período a mancha urbana era mais reduzida.

O mês de janeiro seco - 1990

O mês de janeiro de 1990 se inicia com atuação de uma Zona de Convergência do Atlântico Sul até o dia 4 de janeiro, responsável por precipitações acumuladas na cidade. No dia 10 de janeiro um sistema frontal avançou sobre a região Sudeste do

Brasil, provocando totais pluviométricos muito baixos, e rapidamente, a partir do dia 12 de janeiro, a situação de estabilidade atmosférica foi retomada com a atuação da massa Tropical Atlântica, e persistiu até o dia 20 de janeiro (Figura 8).

Já, a partir do dia 20, dias com precipitação ocorreram entre 21 e 24 de janeiro e nos dias 26 e 27, estiveram associados à passagem de outros sistemas frontais. No entanto os totais pluviométricos registrados foram baixos, totalizando 45 mm (Figura 9). Com relação aos impactos ocorridos na cidade (Figura 8), ainda que não fossem considerados como eventos extremos, dois episódios foram identificados: um no dia 5 de janeiro com seis locais impactados e outro no dia 27 de janeiro com um impacto registrado. Com isso observa-se, neste mês, que mesmo com totais diários de precipitação mais baixa, os valores acumulados de alguns dias, como entre os dias 1 e 4 (51,3 mm), desencadearam episódios na cidade (Figura 10).

Figura 6 - Ocorrências registradas em janeiro de 1985.

Jornal Tribuna de Minas - 26/01/1985.

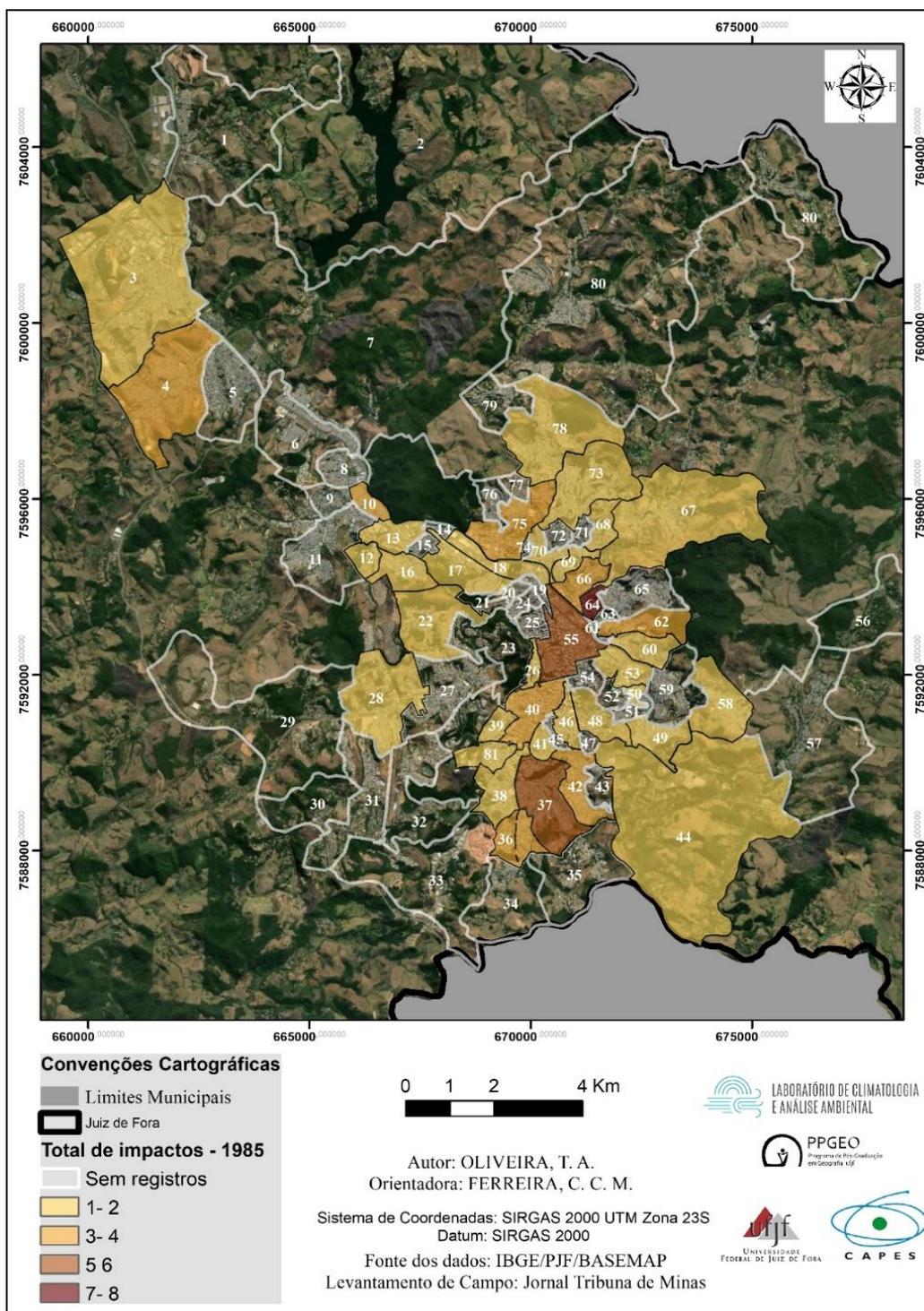


Jornal Tribuna de Minas - 25/01/1985.



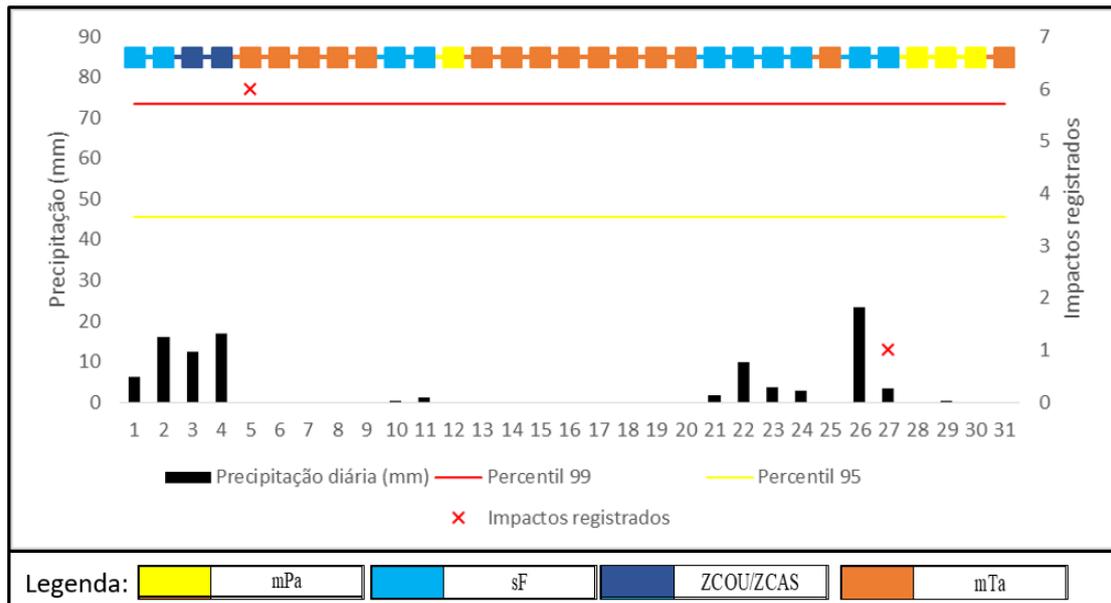
Fonte: Jornal Tribuna de Minas. Adaptado pelos autores, 2021.

Figura 7 - Total de impactos por região urbana em janeiro de 1985.



Fonte: organizado pelos autores, 2021.

Figura 8 - Precipitação diária e impactos registrados em janeiro de 1990.

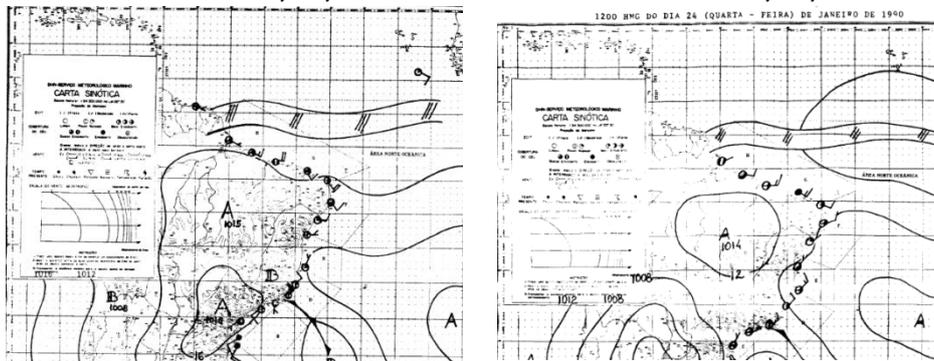


Fonte e/ou Organização: Organizado pelos autores, 2021.

Figura 9 - Cartas sinóticas de 20 e 24 de janeiro de 1990.

Carta sinótica 20/01/1990

Carta sinótica 24/01/1990



Fonte: Marinha do Brasil. Adaptado pelos autores, 2021.

Figura 10 - Impactos registrados no dia 05/01/1990.

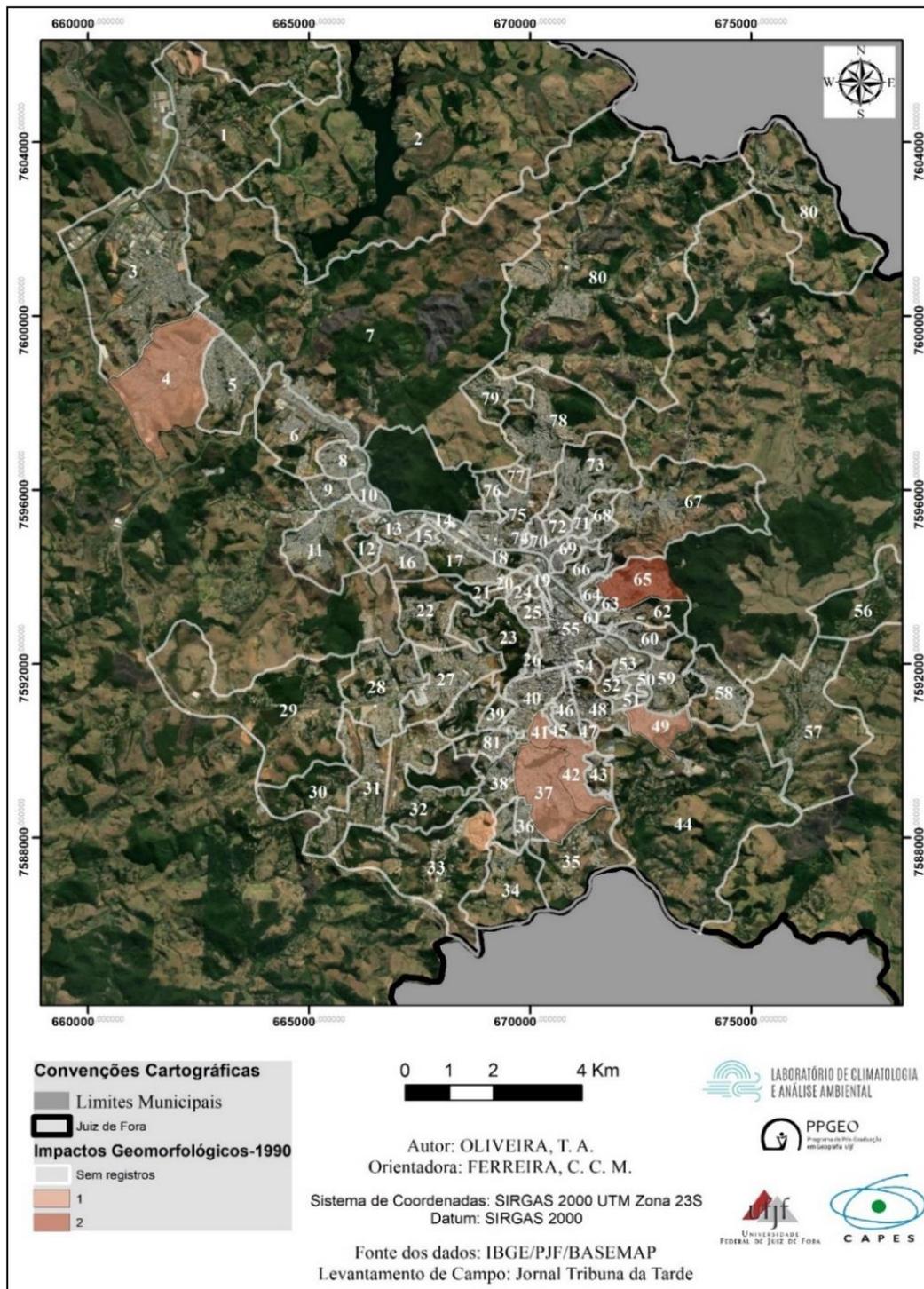


Fonte: Jornal Tribuna da Tarde 05/01/1990, p. 1. Adaptado pelos autores, 2021.

Em janeiro de 1990 foram observados sete impactos na cidade, localizados em seis regiões urbanas. Dois impactos na RU Santa Cândida (Figura 11, nº 65), um na RU Santa Cruz (Figura 11, nº 4), na RU Santa Cecília (Figura 11, nº 41), na RU Vila Ideal (Figura 11,

nº 49), na RU Santa Luzia (Figura 11, nº 42) e Ipiranga (Figura 11, nº 37). Neste mês ocorreram apenas dois episódios considerados extremos nos quais foram registradas apenas ocorrências de deslizamentos ou desabamentos (Figura 11).

Figura 11 - Impactos registrados em janeiro de 1990.



Fonte: organizado pelos autores, 2021.

Pode-se considerar que, em função dos baixos totais pluviométricos diários registrados neste mês, as ocorrências de deslizamentos e desabamentos estiveram associadas ao acumulado de mais de um dia de chuva. Além disso, as regiões urbanas impactadas nesse mês padrão seco foram caracterizadas como de alta e altíssima vulnerabilidade social (CASSAB e PINTO, 2013; OLIVEIRA, 2021). Dessa forma, é possível visualizar que as condições de risco (associadas à suscetibilidade ambiental e vulnerabilidade social) apresentadas nessas áreas consubstanciam em impactos, mesmo com baixos volumes pluviométricos, ou independentemente da ocorrência de eventos intensos e ou extremos de precipitação.

O mês de janeiro habitual - 2012

O mês padrão habitual de janeiro de 2012 apresentou um total pluviométrico de 275 mm, os quais foram distribuídos em 16 dias de chuva. Neste mês, a atuação de uma Zona de Convergência do Atlântico Sul - ZCAS e de uma linha de instabilidade – Li, esteve associada à gênese das chuvas na primeira quinzena do mês (Figura 12).

A partir do dia 12 de janeiro, um sistema de alta pressão associado à massa Tropical Atlântica se aproximou do continente, sendo responsável por um período seco que se estendeu até o dia 25 de janeiro (Figura 12). Em sequência, outro sistema frontal avançou pela região formando linhas de instabilidade,

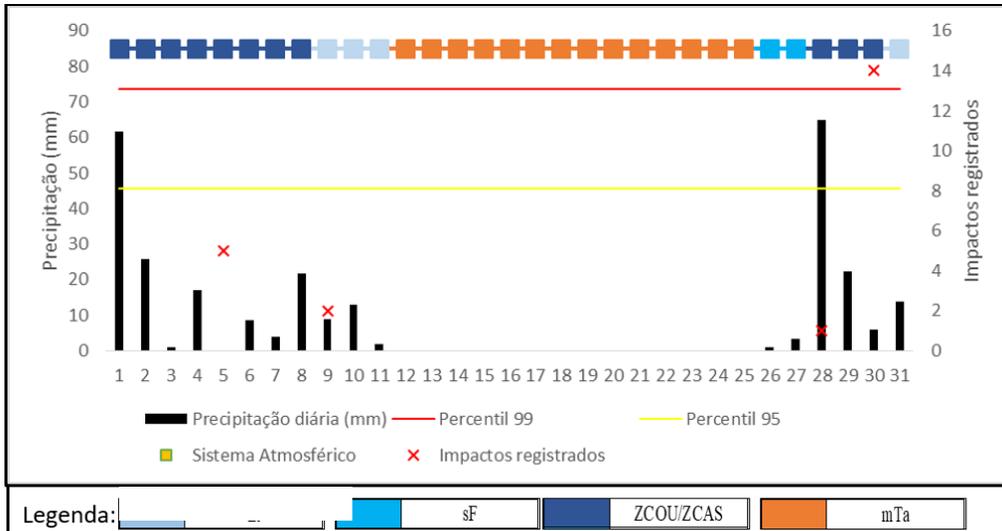
seguido de outro episódio de Zona de Convergência do Atlântico Sul - ZCAS na região.

Os totais pluviométricos voltariam a ocorrer de forma mais volumosa na cidade a partir dos dias 25 e 26 de janeiro, quando um sistema frontal avançou pela região e, posteriormente, formou uma Zona de Convergência do Atlântico Sul - ZCAS, promovendo eventos extremos de precipitação nos últimos dias do mês (Figura 12).

Em janeiro de 2012, foram registrados 22 impactos no perímetro urbano de Juiz de Fora (Figura 12) distribuídos em quatro episódios extremos. A maior quantidade registrada foi no dia 30 de janeiro de 2012, com 14 impactos (Figura 13).

No mês de janeiro de 2012, dentre as RUs mais citadas, estiveram Linhares (Figura 14, nº 67), Progresso (Figura 14, nº 73), Retiro (Figura 14, nº 57) e São Mateus (Figura 14, nº 40). Ao todo, 17 regiões urbanas foram citadas em função dos impactos ocorridos neste mês. Os movimentos de massa se concentraram nas Regiões de Planejamento leste e nordeste, nas regiões urbanas de Granja Betânia (Figura 14, nº 79), Bandeirantes (Figura 14, nº 78), Progresso (Figura 14, nº 73), Grajaú (Figura 14, nº 66), Vitorino Braga (Figura 14, nº 64), e Manoel Honório (Figura 14, nº 70). Além disso, as ocorrências também foram registradas no Centro (Figura 14, nº 55), Retiro (Figura 14, nº 57), e Santa Luzia (Figura 14, nº 42).

Figura 12 - Precipitação diária e impactos registrados em janeiro de 2012.



Fonte: organizado pelos autores, 2021.

Figura 13 - Reportagem no site do Jornal Tribuna de Minas - 30/01/2012.



Fonte: Jornal Tribuna de Minas. Adaptado pelos autores, 2021.

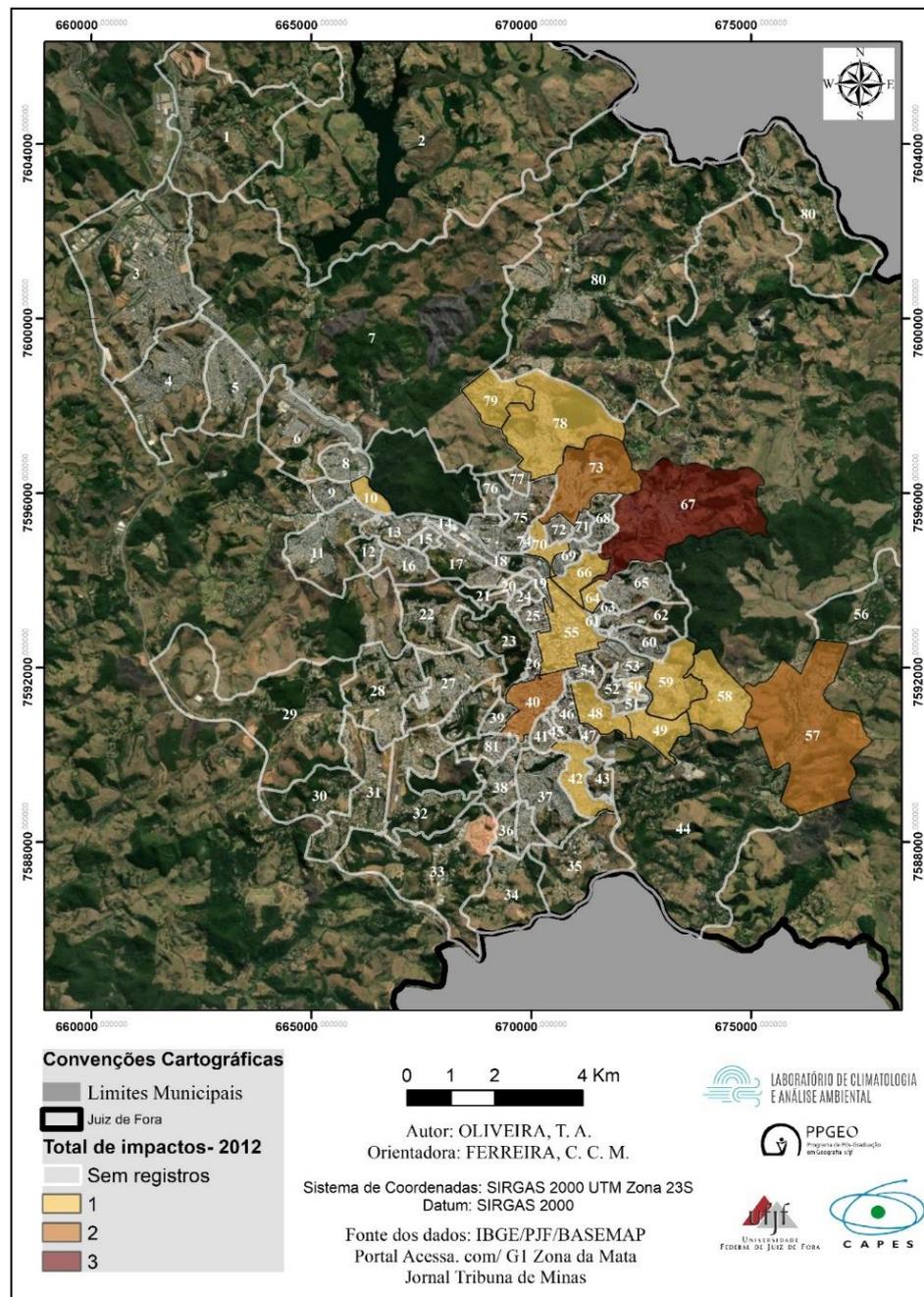
Essa distribuição espacial dos impactos em função dos episódios reforça e corrobora com as colocações levadas a efeito por Sant’Anna Neto (2001; 2008); Armond (2014); Nascimento Júnior (2019) de que existe uma seletividade espacial dos impactos pluviométricos no espaço urbano da cidade de Juiz de Fora.

Haja vista que no mês de janeiro considerado seco (1990) não houve registros de eventos pluviométricos elevados, porém, nas áreas da cidade com maior

vulnerabilidade social (CASSAB e PINTO, 2013; OLIVEIRA, 2021) ocorreram episódios de movimentos de massa.

Nos meses chuvoso (janeiro de 1985) e habitual (janeiro de 2012) as ocorrências foram mais numerosas nas áreas de alta e altíssima vulnerabilidade social, mas também ocorreram em áreas de médio, baixo e baixíssimo risco, denotando que os totais pluviométricos foram determinantes para suas respectivas ocorrências.

Figura 14 - Total de registros de impactos em janeiro de 2012.



Fonte: organizado pelos autores, 2021.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos pressupostos de Monteiro (1971; 1976) foi possível elencar períodos padrão para uma investigação comparativa, possibilitando que

fossem selecionados três meses de janeiro (um seco, um habitual e outro chuvoso), para investigar a ocorrência dos eventos e episódios extremos.

O mês de janeiro foi selecionado por estar na condição central da estação chuvosa,

junto com o mês de dezembro. No entanto, ao longo do período analisado, foi no mês de janeiro que, em média, os impactos na cidade foram mais numerosos.

O mês padrão chuvoso (janeiro de 1985) foi caracterizado pelo maior número de eventos e episódios extremos e, conseqüentemente, mais impactos ocorridos, sendo o maior de toda série, com 81 impactos.

O mês padrão seco (janeiro de 1990), não registrou nenhum evento considerado intenso/extremo pelas técnicas estatísticas e, ainda assim, ocorreram sete impactos geomorfológicos na cidade distribuídos em dois episódios.

Já o mês padrão habitual de janeiro (2012) apresentou dois eventos intensos de precipitação e quatro episódios extremos que provocaram 22 impactos na cidade.

Com relação aos sistemas atmosféricos observados nos meses em questão, existiram diferenças fundamentais para a ocorrência de dias com chuva. Os dias chuvosos sempre estiveram associados à atuação de sistemas frontais e à Zona de Convergência do Atlântico Sul - ZCAS, sendo que, nesta última, os totais pluviométricos foram mais elevados, caracterizando-se como eventos intensos e extremos. A baixa frequência da atuação desses sistemas atmosféricos provocou períodos de estiagem e baixos totais pluviométricos nos meses analisados, como observado no mês de janeiro de 1990.

Durante os meses de janeiro analisados, as áreas consideradas de alta e altíssima vulnerabilidade social foram as mais impactadas durante os episódios extremos.

No mês de janeiro de 1990, que não registrou nenhum evento intenso ou extremo de precipitação, ocorreram sete impactos de movimentos de massa. Nesses pontos, a ocorrência dos impactos ocorreu mesmo com baixos totais pluviométricos.

Nos outros meses de janeiro, de 1985 e de 2012, os impactos ocorreram de maneira mais numerosa nas áreas de alta e altíssima vulnerabilidade social, mas também foram deflagrados em outros pontos da cidade. Com isso, observa-se que outros fatores, além da precipitação, como as questões de sítio urbano e a suscetibilidade ambiental, bem como as condições de vulnerabilidade social, repercutiram na espacialização dos impactos na cidade.

REFERÊNCIAS

AB'SÁBER, A. **Os domínios de natureza do Brasil**. São Paulo: Ateliê Editorial, 2003.

ARMOND, N. B. **Entre eventos e episódios: As excepcionalidades das chuvas e os alagamentos no espaço urbano do Rio de Janeiro**. 2014. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Faculdade de ciências e tecnologias, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2014.

ASSIS, D. C. **O comportamento térmico associado às variáveis de cobertura da terra na região central de Juiz de Fora-MG**. 2016. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Federal de Juiz de Fora, 2016.

BORSATO, V. **A dinâmica climática do Brasil e massas de ares**. Curitiba-PR: CRV, 2016.

CAMPOS, T. L. O. B.; MOTA, M. A. S.; SANTOS, S. R. Q. Eventos extremos de precipitação em Belém-PA: uma revisão de notícias históricas de jornais. **Revista Ambiente e Água**, v. 10, n. 1, p. 182-194, 2015.

CASSAB, C.; PINTO, M. B. O lugar dos pobres na cidade de Juiz de Fora: O programa MCMV e os padrões de espacialização da pobreza em JF. **Revista de Geografia**, v. 3, n. 1, 2013.

CAVALCANTI, I. F. A.; FERREIRA, N. J.; DA SILVA, M. G. A. J.; SILVA DIAS, M. A. F. **Tempo e Clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

EDUARDO, C. C. **Cartografia geomorfológica comparada: aplicações no município de Juiz de Fora-MG como subsídio ao planejamento**. 2018. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Instituto de Ciências Humanas - ICH, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2018.

GALVANI, E; LUCHIARI, A. Critérios para classificação de anos com regime pluviométrico normal, seco e úmido. *In*: VI Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica, Aracajú, 2004. **Anais [...]**. p. 20-29.

GALVANI, E.; AZEVEDO, T. R. **A Frente Polar Atlântica e as características de tempo associadas**: Estudo de caso. Textos do Laboratório de Climatologia e Biogeografia – Departamento de Geografia / FFLCH / USP – Série TA – Texto 018 disponível em: <http://www.geografia.ffeilch.usp.br/inferior/laboratorios/lcb/az/TA018.pdf>, 2012.

GONÇALVES, N. M. S. Impactos pluviais e desorganização do espaço urbano em Salvador. *In*: Monteiro, C. A. F.; Mendonça, F. (org.). **Clima Urbano**. 2. ed., 1ª reimp. São Paulo: Contexto, 2013, p. 69-91.

GOUDARD, G. **Eventos naturais extremos e riscos hidrometeorológicos híbridos na bacia do Alto Iguaçu**. 2019. Dissertação. (Mestrado em Geografia) - Programa de Pós-Graduação em Geografia, Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, 2019.

LOUREIRO, R. S.; SARAIVA, J. M.; SARAIVA, I.; SENNA, R. C.; FREDÓ, A. S. Estudo dos eventos extremos de precipitação ocorridos em 2009 no estado do Pará. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 29, n. especial, p. 83-94, 2014.

MARENGO, J. A.; SCHAEFFER, R.; PINTO, H. S.; ZEE, D. M. W. **Mudanças climáticas e eventos extremos no Brasil**. Fundo Nacional do Desenvolvimento Social, Rio de Janeiro, 2009.

MARENGO, J. A.; ALVES, L. M.; AMBRIZZI, T.; YOUNG, A.; BARRETO, N. J. C.; RAMOS, A. M. Trends in extreme rainfall and hydrogeometeorological disaster in the Metropolitan Area of São Paulo: a review. **Annals of the New York Academy of Sciences**. 2020.

MONTEIRO, C. A. F. **Análise rítmica em climatologia**. São Paulo: USP/Instituto de Geografia, 1971.

MONTEIRO, C. A. F. **Teoria e Clima Urbano**. IG06-USP, 1976. (Série Teses e Monografias n. 25).

MONTEIRO, C. A. F. **Clima e excepcionalismo**: conjecturas sobre o desempenho da atmosfera como fenômeno geográfico. Florianópolis: Editora da UFSC, 1991.

MONTEIRO, J. B. **Desastres naturais no estado do Ceará**: uma análise de episódios pluviométricos extremos. 2016. Tese (Doutorado em Geografia) - Programa de Pós-graduação do Departamento de Geografia. Universidade Federal do Ceará - UFC, 2016.

MONTEIRO, J. B.; ZANELLA, M. E. A metodologia dos máximos de precipitação aplicada ao estudo de eventos extremos diários nos municípios de Crato, Fortaleza e Sobral-CE. **Revista Geotextos**, v. 13, n. 2, p. 135-159, 2017.

MURARA, P. G. **Adaptação às inundações urbanas em Rio do Sul, Santa Catarina**. 2016. Tese (Doutorado em Geografia) - Programa de Pós-graduação, Universidade Federal de Santa Catarina, 2016.

NASCIMENTO JÚNIOR, L. O clima urbano como risco climático. **Revista GeoUERJ**, n. 34, 2019.

OLIVEIRA, D. E. **Participação dos sistemas atmosféricos na gênese e ritmos das chuvas na bacia hidrográfica do Rio Preto MG/RJ**.

2016. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Instituto de Ciências Humanas - ICH, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2016.

OLIVEIRA, T. A.; TAVARES, C. M. G.; SANCHES, F.; FERREIRA, C. C. M. Variabilidade pluviométrica no município de Juiz de Fora no período de 1910-2018: investigação a partir da técnica do Box plot. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 26, 2020, p. 457-478.

OLIVEIRA, T. A. **O clima urbano como risco climático: os impactos das chuvas em Juiz de Fora-MG no período de 1980-2018**. 2021. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Instituto de Ciências Humanas - ICH, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2021.

PAZ, C. M. V.; SANCHES, F. O.; FERREIRA, R. V. Chuvas em Uberaba: em estudo sobre a ocorrência de eventos extremos. **Revista Entre- Lugar**, v. 10, n. 20, 2019.

PINHEIRO, G. M. **Variabilidade têmporo-espacial da pluviosidade na bacia do Alto Iguaçu**. Tese (Doutorado em Geografia) - Curso de Pós-graduação em Geografia, Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, 2016.

PRISTO, M. V. J.; DEREZYNSKI, C. P.; SOUZA, P. R.; MENEZES, W. F. Climatologia das chuvas extremas no município do Rio de Janeiro. **Revista Brasileira de Meteorologia**, n. 33, v. 2, p. 615-630, 2018.

REBOITA, M. S.; RODRIGUES, M.; SILVA, L. F.; ALVES, M. A. Aspectos climáticos do estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 17, Ano 11, p. 206-226, 2015.

SANT'ANNA NETO, J. L. Por uma geografia do clima: antecedente históricos, paradigmas contemporâneos e uma nova razão para um novo conhecimento. **Revista Terra Livre**, n. 17, p. 49-62, 2001.

SANT'ANNA NETO, J. L. Decálogo de climatologia do Sudeste Brasileiro. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 1, n. 1, p. 43-60,

2005.

SANT'ANNA NETO, J. L. Da Climatologia Geográfica à Geografia do Clima: Gênese, paradigmas e aplicações do clima como fenômeno geográfico. **Revista da ANPEGE**, v. 4, p. 51-72, 2008.

SANTOS, V. J.; FIALHO, E. S. Zona de convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e impactos pluviais intensos: o caso da cidade de Ubá-MG. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 19, Ano 12, p. 218-238, 2016.

STEPHENSON, D. B. Definition, diagnosis and origin of extreme weather and climate events. *In*: DIAZ, H. F.; MURNANE, R. J. (org.). **Climate Extremes and Society**, Cambridge University Press, p. 11-23, 2008.

TAVARES, A. C. Critérios de escolha de anos padrões para análise rítmica. **Geografia**, 1 (1), abril de 1976.

VALVERDE, M. C.; CARDOSO, A. O.; BRAMBILA, R. O padrão de chuvas na região do ABC Paulista: os extremos e seus impactos. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 22, Ano 14, p. 165-187, 2018.

VICENTE, A. K. **Eventos extremos de precipitação na Região Metropolitana de Campinas**. 2005. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Pós-graduação em Geografia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

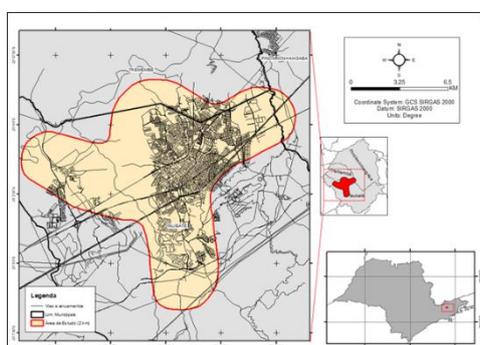
WANDERLEY, L. S. A.; NOBREGA, R. S.; MOREIRA, A. B.; ANJOS, R. S.; ALMEIDA, C. A. P. As Chuvas na cidade do Recife: uma climatologia dos extremos. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 22, Ano 14, p. 149-164, 2018.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pela bolsa de mestrado ao primeiro autor.

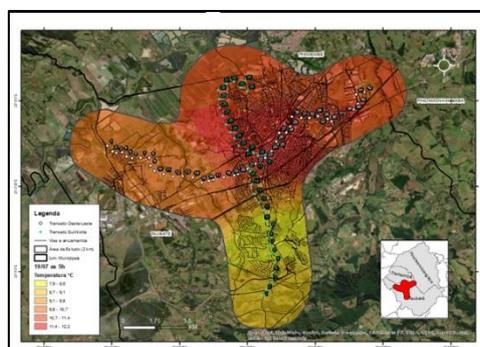
A OCORRÊNCIA DE ILHA DE CALOR EM TAUBATÉ-SP

Guilherme Luis Barduco
Emerson Galvani



RESUMO

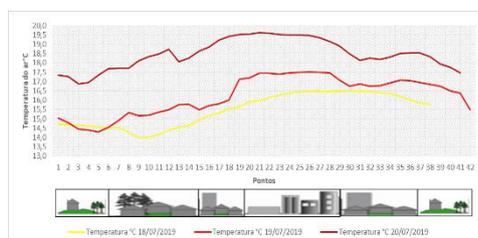
O presente trabalho analisou a ocorrência de ilha de calor urbana no município de Taubaté, localizado no estado de São Paulo. Para a análise foi utilizada a metodologia de transectos móveis, realizados no período noturno e da madrugada, durante as estações de inverno e verão de 2019 e 2020. Os resultados demonstraram a ocorrência de ilhas de calor em ambas estações, sendo que as identificadas no inverno foram as mais intensas.



THE OCCURRENCE OF A HEAT ISLAND IN TAUBATÉ-SP

ABSTRACT

The present paper analyzed the occurrence of the urban heat island effect in the municipality of Taubaté in the state of São Paulo. For this analysis, the methodology of mobile transects was used, and it was done at night and morning, during the winter and summer of 2019 and 2020. The results show the occurrence of heat islands in both seasons, and the heat islands identified during winter are the most intense ones.



INTRODUÇÃO

Segundo dados da *Population Reference Bureau* (PRB), a população planetária atingiu, no final de 2020, cerca de 7 bilhões e 800 milhões de habitantes. Desse total, aproximadamente 55% vivem em cidades, segundo dados da Organização das Nações Unidas (ONU) de 2019. Embora as cidades não ocupem grandes parcelas territoriais, cerca de 2,8% da superfície da Terra (JATOBÁ, 2011), as áreas urbanas concentram parte importante das atividades econômicas e sociais mundiais. Nelas ocorrem as maiores transformações ambientais materializadas através da alteração do solo, do fluxo dos rios e córregos ou sua canalização, da cobertura vegetal original, da morfologia do relevo e na emissão de poluentes.

Desde a década de 70, a maior parte da população reside em áreas urbanas (STAMM *et al.* 2013), por esta razão grande parte dos brasileiros está sujeita às alterações ambientais que ocorrem nas cidades.

As alterações ambientais causadas pela urbanização afetaram o clima local de forma intensa, produzindo efeitos e transformações, como o surgimento de ilhas de calor urbanas. Para Oke (1978), as ilhas de calor urbanas ocorrem devido ao processo de urbanização que causa modificações no armazenamento do calor, no balanço hídrico, além de alterar o regime dos ventos, causando diferenças térmicas entre áreas mais urbanizadas, quando

comparadas com áreas menos urbanizadas. Na definição de Gartland (2010, p. 9), as ilhas de calor urbanas “[...] são formadas em áreas urbanas e suburbanas porque muitos materiais de construção comuns absorvem e retêm mais calor do solo do que materiais naturais em áreas rurais menos urbanizadas”. Em áreas localizadas em baixas latitudes, devido à maior incidência de radiação solar, a ilha de calor pode ser potencializada.

Corroborando com as características da população urbana do Brasil, a área de estudo escolhida para a análise da ilha de calor urbana, foi o município de Taubaté, localizado nas coordenadas Geográficas: 23°01’30” de Latitude Sul e 45°33’31” de Longitude Oeste, na Região Metropolitana do Vale do Paraíba, na porção leste do Estado de São Paulo e distante 123 km da capital. A escolha dessa área está relacionada às características que favorecem a ocorrência do fenômeno, pois sua urbanização não contou com um planejamento que pudesse evitar problemas relacionados ao aumento da temperatura do ar nas áreas urbanizadas. Além disso, a população de Taubaté é 97,8 % urbana, parcela mais afetada pela ilha de calor. A Figura 1 apresenta a área de estudo selecionada.

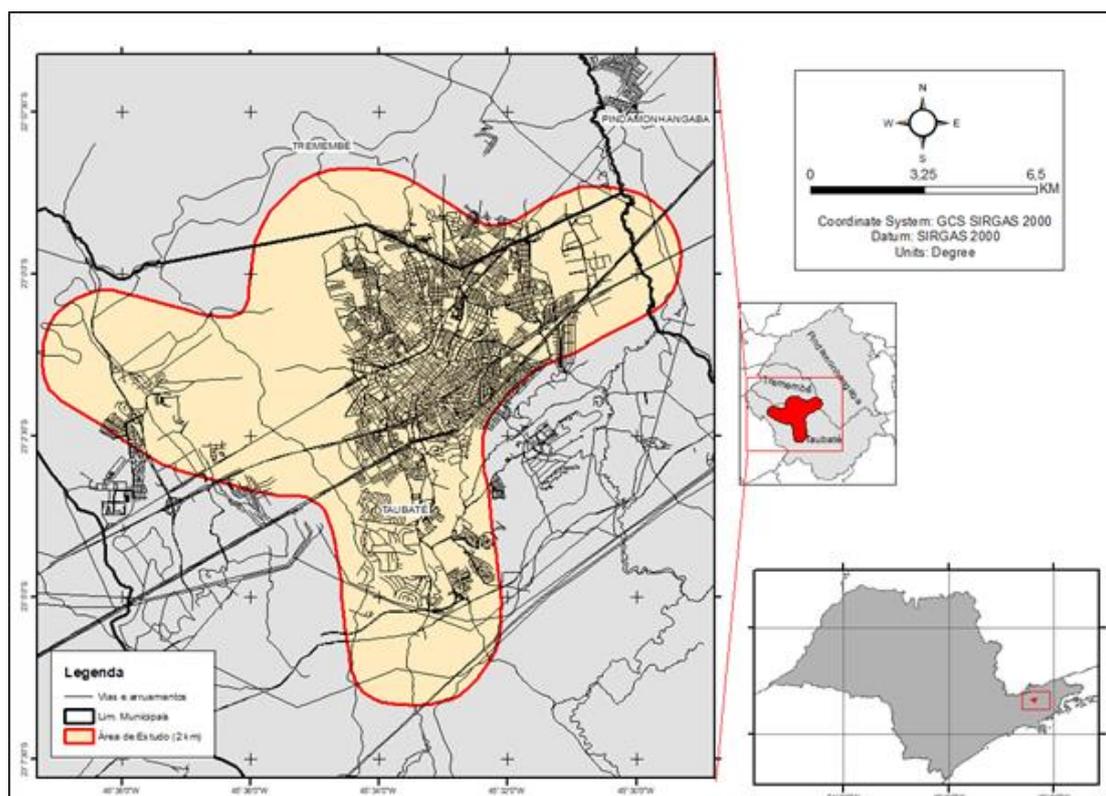
O presente trabalho foi realizado a partir da coleta de dados de temperatura e umidade relativa do ar, através de transectos móveis (Tms) *, realizados em 2 horários distintos, durante 3 dias do mês de julho de 2019 e 3 dias de janeiro de 2020. A escolha do

* O método do transecto móvel, consiste em realizar as medições de dados de temperatura e umidade relativa do ar, em uma determinada área, a partir de percursos realizados em um período inferior a 60 minutos. O objetivo do método é analisar as diferenças dos parâmetros climatológicos de acordo com as diferenças dos níveis de urbanização.

procedimento de Tms, utilizado em larga escala nos trabalhos de climatologia urbana (SILVA *et al.* 2018; SUN *et al.* 2009, 2011 e 2019; DIHKAN *et al.* 2018; FIALHO, 2009; AMORIM, 2005; DORIGON, 2015 e TAHA *et al.* 2018) permite, a partir da coleta dos dados

climáticos, analisar as características climáticas ao longo dos Tms e verificar, com mais detalhes, as diferenças de temperatura e umidade do ar de acordo com a variação dos diferentes níveis de urbanização.

Figura 1 - Área de estudo para análise das ilhas de calor.



Fonte: elaborado por Guilherme Barduco.

METODOLOGIA

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Os percursos para a coleta de dados foram realizados com a utilização de dois automóveis que iniciaram os transectos, ao mesmo tempo, nas direções oeste-leste e sul-norte em dois horários distintos. Os inícios dos

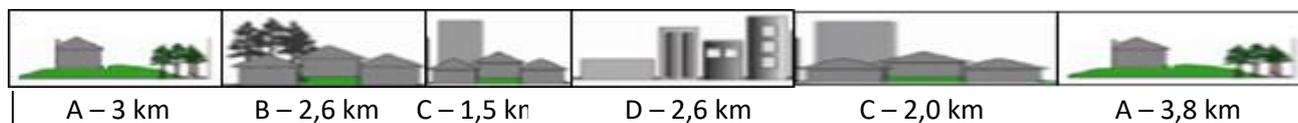
percursos ocorreram às 5 horas e 10 minutos, e às 20 horas. A realização das coletas de dados ocorreu nos dias 18, 19 e 20 de julho de 2019. No verão, devido à instabilidade atmosférica, os Tms iniciados às 5 horas e 10 minutos, ocorreram nos dias 2, 4 e 5, enquanto que os Tms iniciados às 20 horas, ocorreram nos dias 3, 5 e 9 de janeiro de 2020, com o objetivo de analisar as ilhas de calor em condições de inverno e de verão.*

* A escolha do horário das 5 horas e 10 minutos está relacionada à realização dos percursos próximos ao momento de

Os Tms no sentido sul-norte possuem comprimento de 15,50 km e os de oeste-leste 17,50 km. Ambos foram percorridos a uma velocidade média que variou entre 25 e 28 km/h. Vale ressaltar que a previsão era a de manter a velocidade média de 35 km/h; contudo, devido ao trânsito e aos semáforos, não foi possível manter a velocidade média planejada. O percurso sul-norte abarcou vários níveis de urbanização, buscando analisar a variação térmica de acordo com a mudança no uso e ocupação do solo. Ele se iniciou em área de vegetação esparsa, que vai mudando para uma situação de maior urbanização conforme o percurso se desenvolve.

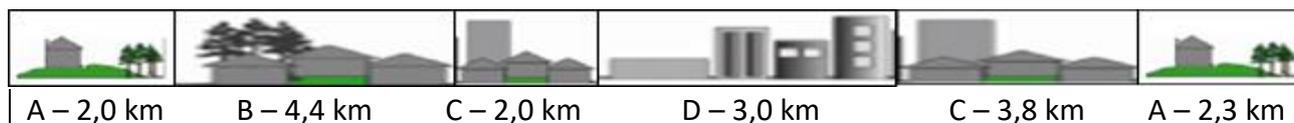
As figuras 2 e 3 demonstram, de forma aproximada, a variação da urbanização ao longo dos transectos. O nível A representa um trecho dos transectos com predomínio de áreas com poucas construções e a ocorrência de vegetação, plantações e pastagens. O nível B apresenta uma transição entre as áreas rurais e urbanas, com predomínio de casas e áreas verdes. O nível C caracteriza-se por ser totalmente urbana, com muitas casas e prédios e poucas áreas verdes. O nível D é o trecho mais urbanizado, com predomínio de prédios residenciais e comerciais e poucas ou nenhuma área verde.

Figura 2 - Níveis de urbanização ao longo dos transectos móveis e suas distâncias aproximadas – Transecto sul-norte.



Fonte: elaborado por Guilherme Barduco.

Figura 3 - Níveis de urbanização ao longo dos transectos móveis e suas distâncias aproximadas – Transecto oeste-leste.



Fonte: elaborado por Guilherme Barduco.

Para coleta dos dados de temperatura e umidade relativa do ar foram utilizados dois *Dataloggers HOBO U12*, produzidos pela empresa *Onset Computer Corporation**. Os

equipamentos possuem, em relação à temperatura do ar, acurácia de 0,30 °C entre 0 °C e 50 °C e, em relação UR, acurácia de ± 2,5% entre 10% e 90%.

registro da mínima temperatura do ar, pois terminariam próximo ao horário de nascer do Sol, tanto no inverno quanto no verão, quando, geralmente, em situações de atmosfera estável, são registradas as menores temperaturas do ar. (VAREJÃO-SILVA, 2001). Já o horário das 20 horas foi escolhido por ocorrer poucas horas após o pôr do Sol, quando as diferenças de temperatura do ar entre campo e cidade, tendem ser mais elevadas (GARTLAND, 2010, p. 40).

* O equipamento possui, em relação à temperatura do ar, acurácia de 0,30 °C entre 0 °C e 50 °C, e, em relação UR, acurácia de ± 2,5% entre 10 e 90%.

Os pontos, em ambos os Tms, foram determinados pelo momento de coleta dos valores da temperatura do ar. Para localizar o ponto de coleta, foi utilizado o aplicativo *Geotracker 4.0.*, com a função de marcar pontos com as respectivas coordenadas, que, no caso deste estudo, foi programado para marcar os pontos ao longo dos Tms, a cada cinco segundos. Os pontos foram selecionados, considerando-se a distância percorrida pelos automóveis a cada minuto, ou seja, as temperaturas registradas foram selecionadas de minuto em minuto. Por esta razão, dependendo do horário e dia do Tms, o número de pontos variou, pois o tráfego variava de acordo com o horário, além dos semáforos.

Para a coleta dos dados, os *dataloggers* foram fixados em 2 hastes de madeira, uma em cada automóvel, a cento e oitenta centímetros do solo. Os sensores foram abrigados e um abrigo tipo ABC (Abrigo de Baixo Custo) que possui a função de minimizar as interferências causadas pela radiação solar no sensor (ARMANI; GALVANI, 2006).

DESENVOLVIMENTO

Transectos móveis realizados na estação de inverno às 5 horas e 10 minutos

Os Tms realizados durante o inverno demonstraram que os registros mais elevados de temperatura do ar ocorreram nos níveis C e D de maior urbanização. Nos três dias de realização dos percursos, iniciados às 5 horas e 10 minutos, na direção de oeste para leste, a elevação da temperatura do ar coincidiu conforme a urbanização se intensificou, segundo aponta o gráfico da Figura 4. No Tms

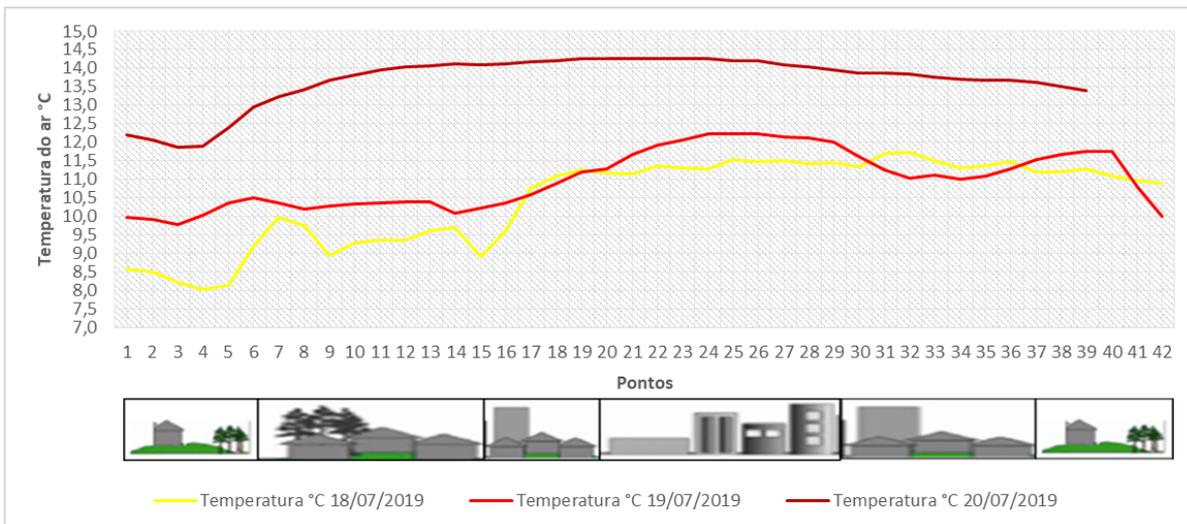
realizado em 18/07/2019, a temperatura mínima foi de 8,0 °C no ponto 4, enquanto que os pontos 31 e 32 registraram 11,7 °C, apresentando amplitude térmica de 3,7 °C. A menor temperatura do ar foi registrada no nível A de urbanização e as mais elevadas no nível C. Os Tms do dia 19/07/2019 apresentaram temperaturas do ar mínima de 9,8 °C no ponto 3, com nível A de urbanização, e 12,2 °C entre os pontos 24 e 26, com nível D de urbanização. A amplitude térmica ficou em 2,4 °C. Os Tms do dia 20/07/2019 apresentaram temperaturas do ar mínima de 11,9 °C nos pontos 3 e 4, com nível A de urbanização, e 14,3 °C entre os pontos 19 e 24, com nível, predominante, D de urbanização. A amplitude térmica ficou em 2,4 °C. O gráfico da Figura 4 demonstra as variações de temperatura do ar ao longo dos percursos. Como os percursos não duraram mais que 42 minutos, todos os trajetos ocorreram em período sem incidência de radiação solar.

Os Tms realizados na direção de sul para norte, apresentaram as temperaturas mais elevadas, assim como nos percursos de oeste para leste, nos trechos com níveis de urbanização de C e D. A ocorrência da ilha de calor fica clara, pois no dia 18/07/2019, o menor registro de temperatura foi de 7,5 °C, no ponto 7, transição entre os níveis de urbanização A e B, enquanto que o registro mais elevado foi de 11,5 °C, entre os pontos 25 e 27, trecho de nível C, com amplitude térmica de 3,0 °C, no percurso. No dia 19/07/2019, a temperatura do ar mais baixa foi de 7,9 °C no ponto 9, e a mais elevada foi de 12,0 °C entre os pontos 21 e 24, com o mesmo padrão de variação do dia anterior. Neste dia, a amplitude

foi de 4,1 °C, superior à verificada no dia anterior. Por fim, no dia 20/07/2019, a temperatura mínima registrada foi de 10,1 °C, entre os pontos 7 e 8, enquanto que a mais

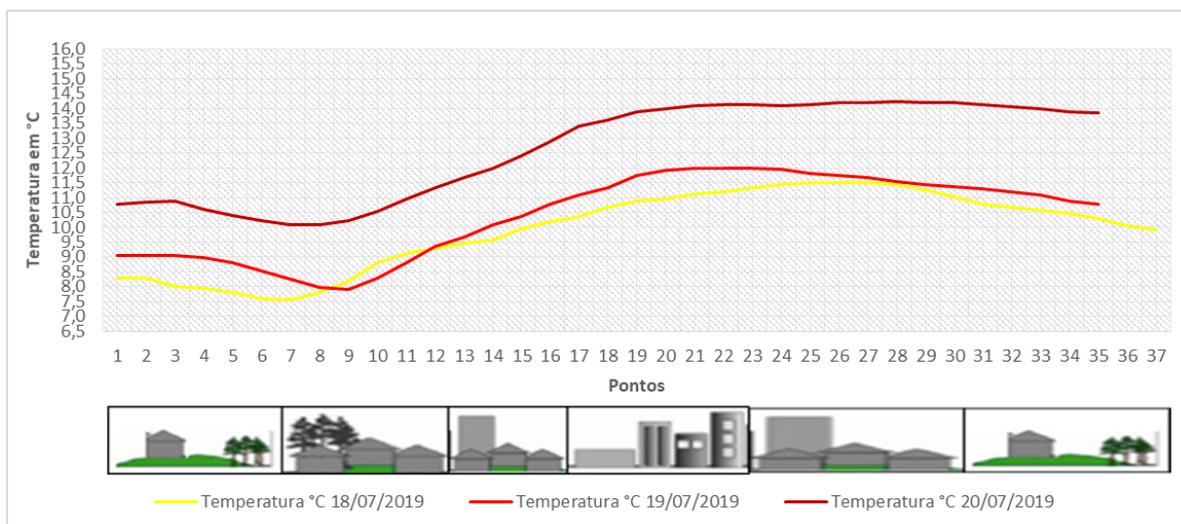
elevada foi de 14,2 °C entre os pontos 26 e 30, com amplitude de 4,1 °C. A Figura 5 demonstra a variação da temperatura do ar ao longo dos Tms.

Figura 4 - Variação da temperatura do ar nos transectos oeste-leste às 5 horas e 10 minutos nos dias 18, 19 e 20/07/2019.



Fonte: elaborado por Guilherme Barduco.

Figura 5 - Variação da temperatura do ar nos transectos sul-norte iniciados às 5 horas e 10 minutos nos dias 18, 19 e 20/07/2019.



Fonte: elaborado por Guilherme Barduco.

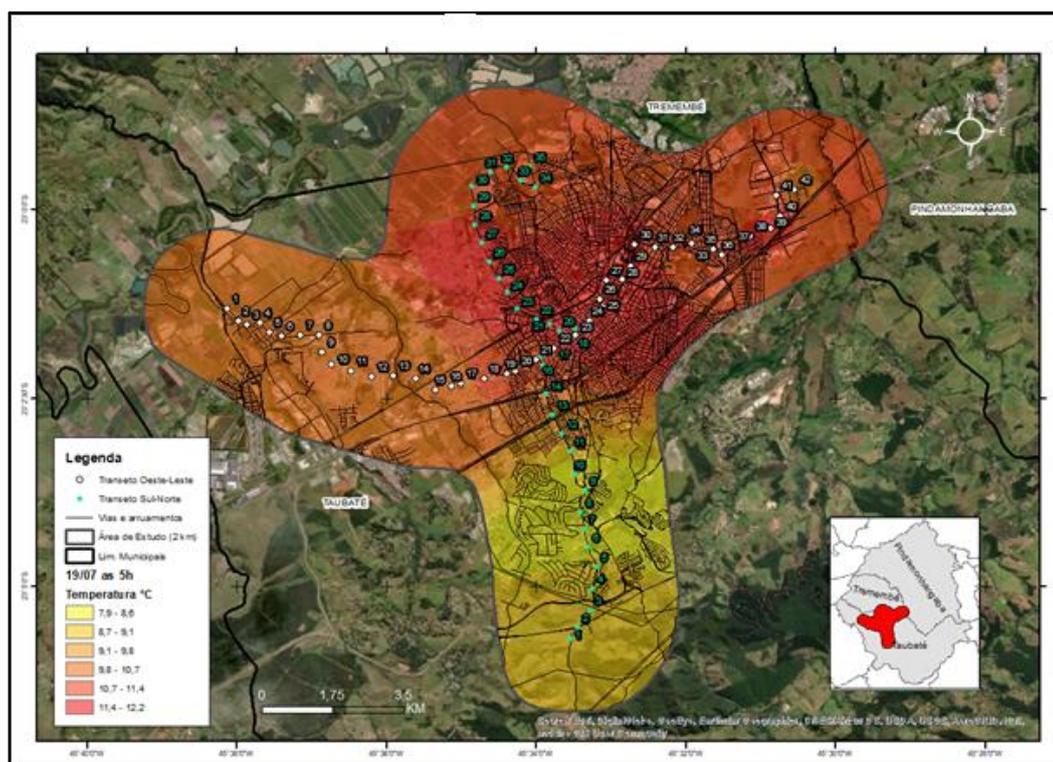
Os Tms realizados no fim da madrugada demonstraram a ocorrência de ilhas de calor nos trechos mais urbanizados.

Tms realizados no final da madrugada não são comuns na literatura; contudo Fialho (2009), ao estudar o clima urbano de Viçosa,

constatou diferenças entre a temperatura do ar de acordo com o nível de urbanização, a partir de coletas de dados realizadas às 5 horas da manhã, durante o mês de maio de 2007. As maiores amplitudes térmicas verificadas nos Tms de sul para norte podem ser explicadas devido ao trecho sul ser o

menos urbanizado de todos os trechos, além de possuir a maior variação de altitude. Por esta razão, a temperatura do ar apresenta maior variação. A Figura 6 ilustra a ilha de calor na área de estudo, no dia 19/07/2019.

Figura 6 - Variação da temperatura do ar na área de estudo durante os Tms realizados a partir das 5 horas e 10 minutos em 19/07/2019.



Fonte: elaborado por Guilherme Barduco.

Transectos móveis realizados na estação de inverno às 20 horas

Os transectos realizados a partir das 20 horas apresentaram a ocorrência de ilhas de calor nas regiões mais urbanizadas, assim como os transectos realizados a partir das 5 horas e 10 minutos. Vários autores (SILVA *et al.* 2018; SUN *et al.* 2011 e 2019; DIHKAN *et al.* 2018; FIALHO, 2009; AMORIM, 2005; SUN *et al.* 2009; DORIGON, 2015 e TAHA *et al.* 2018) que realizaram estudos semelhantes, com a

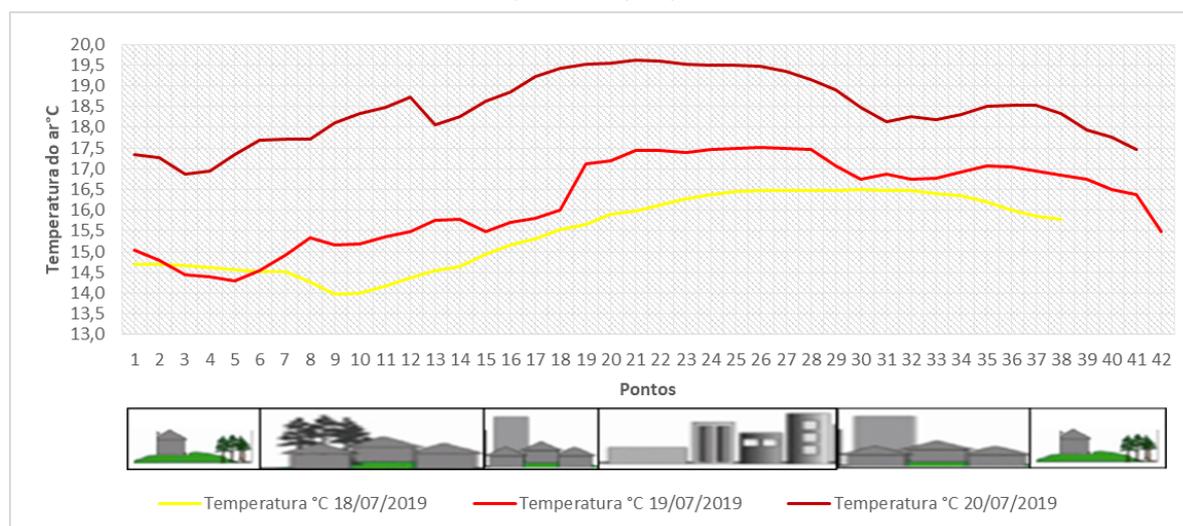
adoção da mesma metodologia, registraram ilhas de calor às 20 horas.

Os dados coletados, nos Tms de oeste para leste demonstram a ocorrência de ilhas de calor nas áreas mais urbanizadas, conforme pode ser verificado na Figura 7. No transecto do dia 18/07/2019, a menor temperatura do ar foi de 14,0 °C entre os pontos 9 e 10, e a mais elevada foi de 16,5 °C entre os pontos 26 e 32. No Tms do dia 19/07/2019, a menor temperatura foi de 14,3 °C, no ponto 5, e mais elevada foi de 17,5 °C, entre os pontos 24 e 28.

No dia 20/07/2019, a temperatura mais baixa foi de 16,9 °C, nos pontos 3 e 4, enquanto que a mais elevada foi de 19,6 °C, entre os pontos 20 e 22.

Em todos os Tms, as maiores temperaturas ocorreram nos níveis de urbanização C e D, e as menores temperaturas nos níveis A e B, conforme demonstrado pela Figura 7.

Figura 7 - Variação da temperatura do ar nos transectos oeste-leste iniciados às 20 horas nos dias 18, 19 e 20/07/2019.



Fonte: elaborado por Guilherme Barduco.

Os transectos de norte para sul registraram as temperaturas mais elevadas nas áreas mais urbanizadas, assim como os transectos no sentido oeste para leste.

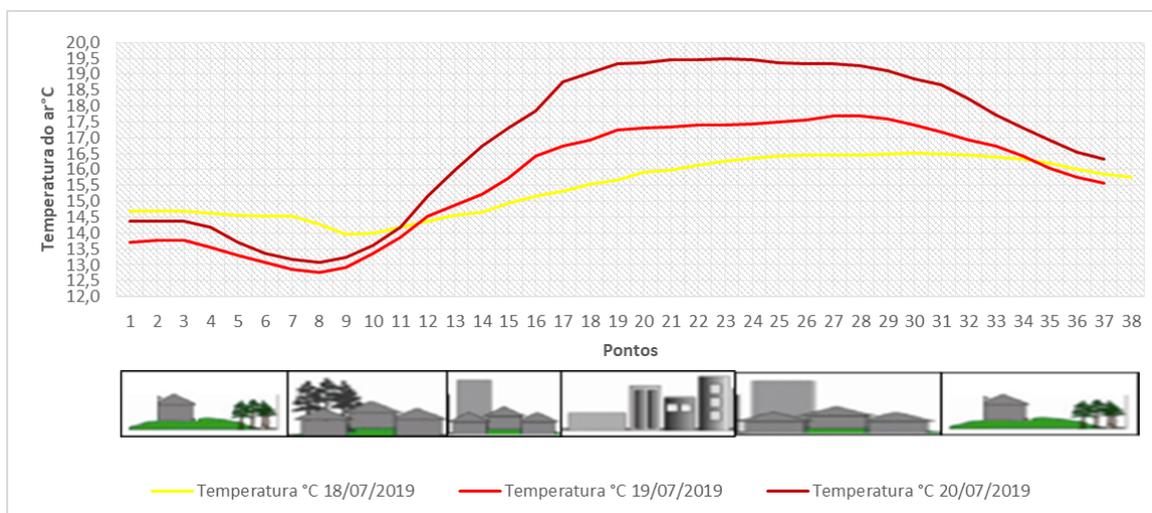
No dia 18/07/2019, a menor temperatura do ar foi de 14,0 °C, entre os pontos 9 e 10, enquanto que a mais elevada foi de 16,5 °C, registrada entre os pontos 26 e 32. A amplitude térmica foi de 2,5 °C e as áreas mais aquecidas foram registradas entre trechos com níveis de urbanização C e D. No transecto do dia 19/07/2019, a menor temperatura foi de 12,8 °C no ponto 8, enquanto que a maior temperatura foi 17,7 °C, entre os pontos 27 e 28. A amplitude térmica foi de 4,9 °C. No dia 20/07/2019, a temperatura mais baixa foi 13,1 °C, no ponto

8, e a mais elevada foi 19,5 °C, entre os pontos 21 e 23. A amplitude térmica foi de 6,4 °C.

Os resultados demonstraram que os níveis de urbanização C e D são os mais aquecidos, enquanto que A e B apresentam as temperaturas mais baixas. A Figura 8 demonstra a variação da temperatura do ar.

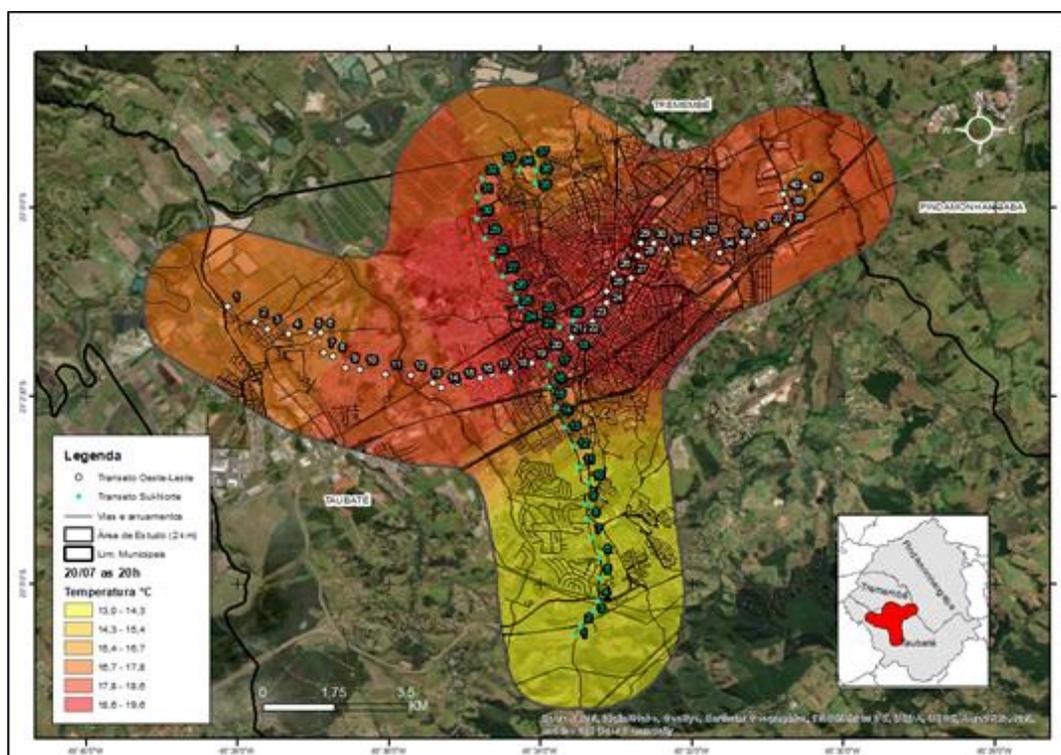
Os Tms noturnos apresentaram elevada amplitude térmica, principalmente no dia 20/07/2019, demonstrando a ocorrência da ilha de calor na área mais urbanizada. O trecho sul apresentou as menores temperaturas, enquanto as áreas urbanizadas foram as mais destacadas quanto à elevação da temperatura do ar. A Figura 9 demonstra a ocorrência da ilha de calor na área mais urbanizada.

Figura 8 - Variação da temperatura do ar nos transectos sul-norte iniciados às 20 horas dos dias 18, 19 e 20/07/2019.



Fonte: elaborado por Guilherme Barduco.

Figura 9 - Variação da temperatura do ar na área de estudo durante os Tms realizados a partir das 20 horas do dia 20/07/2019.



Fonte: elaborado por Guilherme Barduco.

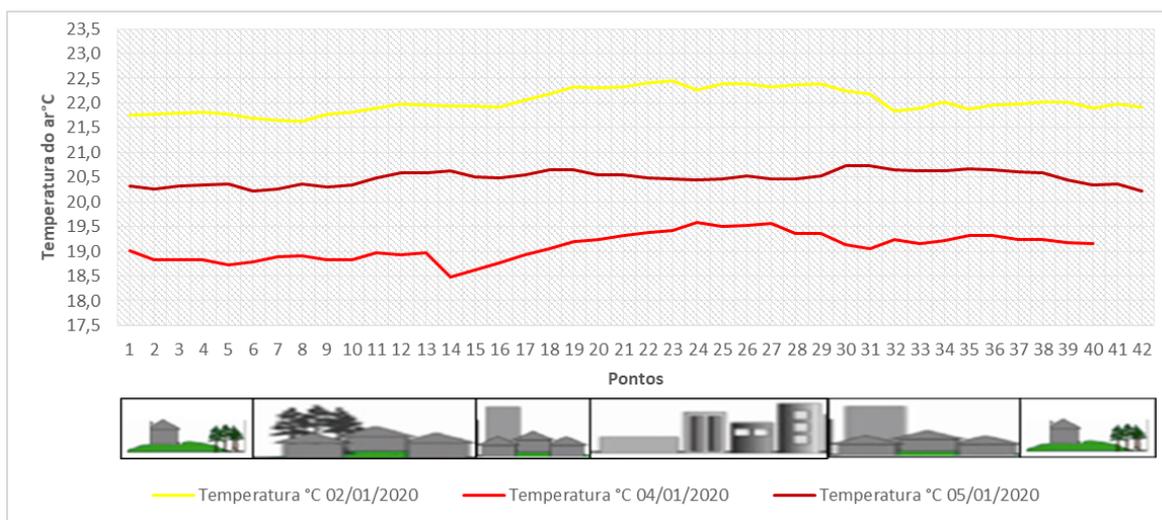
Transectos móveis realizados na estação de verão, iniciados às 5 horas e 10 minutos

Os Tms realizados, durante a estação de verão, com início às 5 horas e 10 minutos demonstraram a ocorrência de ilhas de calor nas áreas mais urbanizadas, contudo com diferenças menores entre as temperaturas mínimas e máximas se comparados aos transectos de inverno. Isso pode ser explicado devido a maior estabilidade atmosférica durante o inverno como Gartland (2010, p. 18)

explica: “O efeito da ilha de calor é mais intenso em dias calmos e claros, e é mais fraco em dias nublados e com ventos, uma vez que mais energia solar é capturada em dias claros, e ventos mais brandos removem o calor de maneira mais vagarosa, fazendo com que a ilha de calor se torne mais intensa.”

Os Tms de oeste para leste, conforme a Figura 10, demonstram pequenas variações de temperatura do ar, porém sempre registrando os trechos mais aquecidos em áreas mais urbanizadas.

Figura 10 - Variação da temperatura do ar no sentido oeste-leste às 5 horas e 10 minutos nos dias 02, 04 e 05/01/2020.



Fonte: elaborado por Guilherme Barduco.

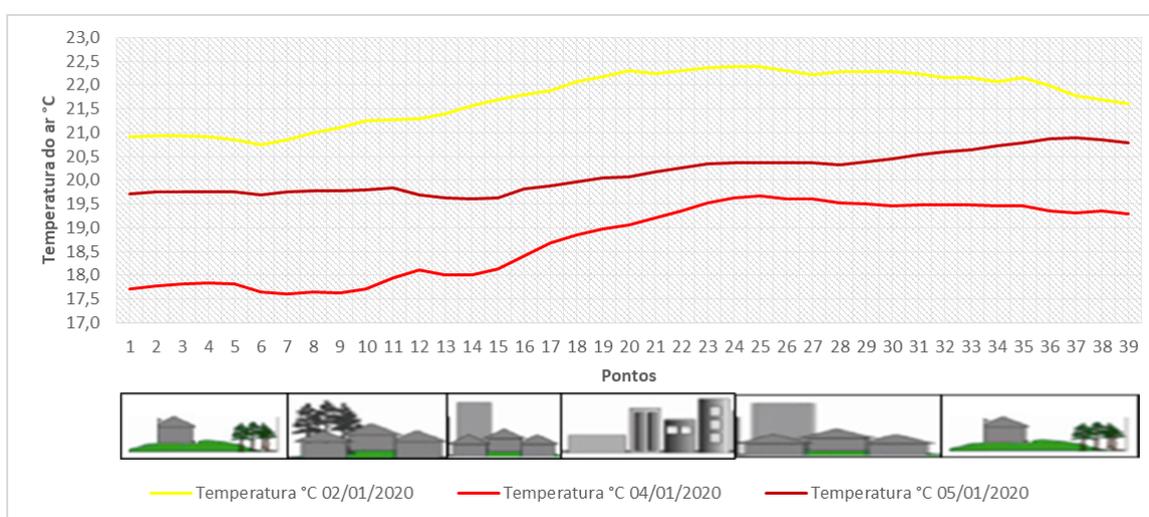
No dia 02/01/2020, a temperatura do ar mínima foi de 21,6 °C, no ponto 8, enquanto que a mais elevada foi de 22,4 °C entre os pontos 22 e 29. A amplitude térmica foi de apenas 0,8 °C, demonstrando certa homogeneidade nas temperaturas ao longo dos Tms. No dia 04/01/2020, a menor temperatura foi registrada no ponto 14, de 18,5 °C, enquanto que a máxima foi de 19,6 °C nos pontos 24 e 27, que estão localizados no nível de urbanização D. No dia 05/01/2020, as temperaturas foram mais elevadas no trecho

mais urbanizado, sendo o ponto 6 o de menor temperatura, 20,2 °C e os pontos 18, 19, 30, 31 e 32, os mais aquecidos, com registro de 20,7 °C de temperatura. A amplitude foi de apenas 0,5 °C, ou seja, quase imperceptível. Os transectos de sul para norte, apresentaram maior aquecimento nas áreas mais urbanizadas, assim como verificado nos transectos de oeste para leste. Contudo, em relação aos percursos realizados no inverno, as diferenças de temperatura do ar ao longo do trecho foram menores.

No dia 02/01/2020, a temperatura mais baixa foi de 20,7 °C, registrada no ponto 6, enquanto que a maior temperatura foi de 22,4 °C, entre os pontos 23 e 25, trecho com intensa urbanização de nível D. No dia 04/01/2020, a menor temperatura foi 17,6 °C entre os pontos 7 e 9. Já a temperatura mais elevada foi 19,7 °C, registrada no ponto 25, A

amplitude térmica no transecto foi de 2,1 °C. No dia 05/01/2020, a temperatura do ar mais baixa foi de 19,6 °C, entre os pontos 13 e 15, e a máxima foi de 20,9 °C, entre os pontos 36 e 37, com amplitude de 1,3 °C. O gráfico da Figura 11 demonstra a variação da temperatura do ar ao longo dos trajetos em diferentes dias.

Figura 11 - Variação da temperatura ar de sul para norte às 5 horas e 10 minutos nos dias 02, 04 e 05/01/2020.



Fonte: elaborado por Guilherme Barduco.

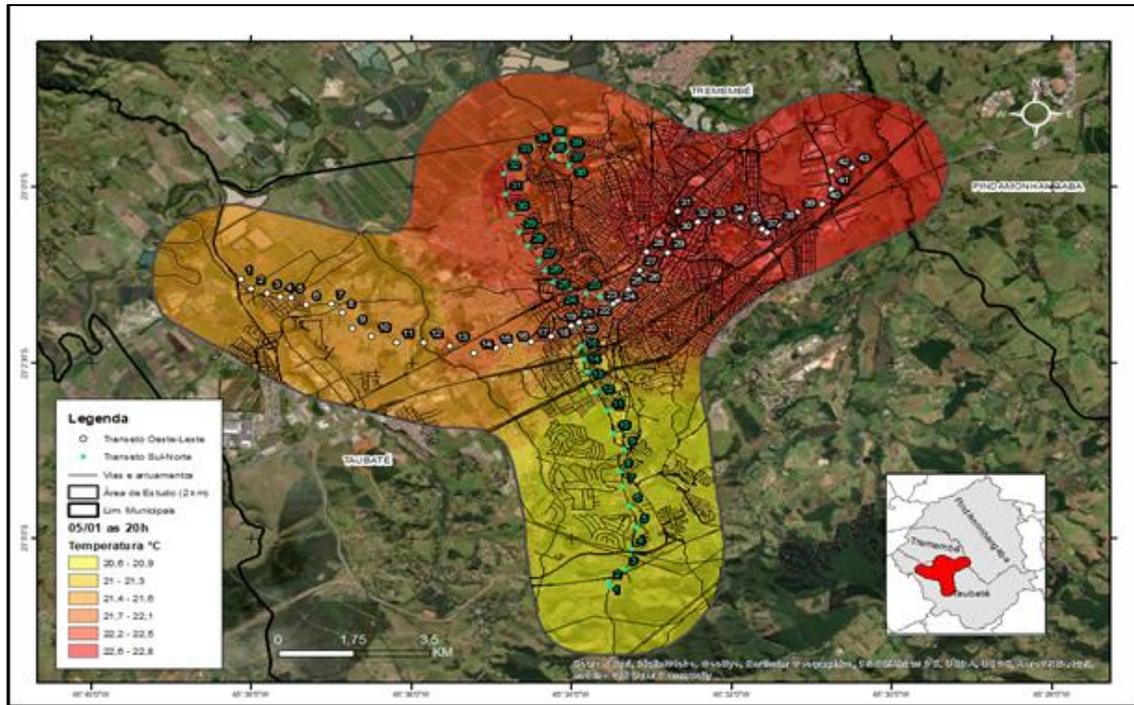
Os Tms demonstraram que há ocorrência de ilha de calor menos intensa nas áreas mais urbanizadas. Contudo, o aquecimento ocorre de maneira mais dispersa e com menor variação, como pode-se verificar na Figura 12.

Transectos móveis realizados na estação de verão, iniciados às 20 horas

Os Tms realizados a partir das 20 horas demonstraram características semelhantes aos iniciados às 5 horas e 10 minutos. A amplitude térmica foi menor do que as registradas no inverno, no mesmo período, e as temperaturas do ar mais elevadas ocorreram nas áreas mais urbanizadas. No dia

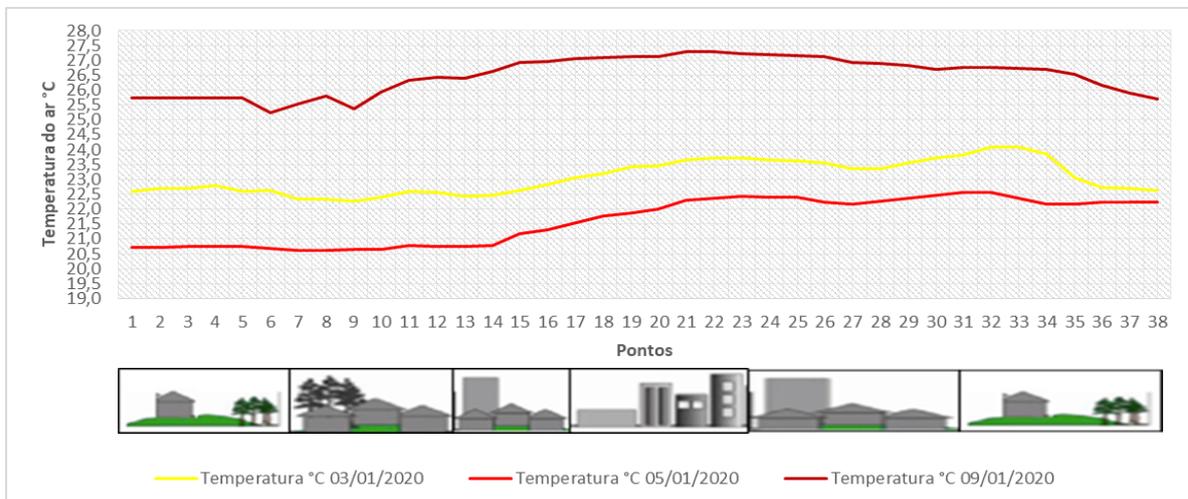
03/01/2020 a mínima temperatura do ar foi de 22,7 °C no ponto 44, último ponto dos Tms e com menor nível de urbanização. A temperatura mais elevada foi de 23,8 °C, entre os pontos 20 e 24, trecho de transição entre os níveis de urbanização C e D. A amplitude foi de 1,1 °C. No dia 05/01/2020, a temperatura mais baixa foi de 21,2 °C, no ponto 7. A temperatura mais elevada foi 22,8 °C, nos pontos 31 e 33. A amplitude foi de 1,6°C. No dia 09/01/2020, a temperatura mais baixa foi 25,6°C, no ponto 46. A mais elevada, 27,8 °C no ponto 15. A amplitude foi de 2,2 °C. A Figura 13 demonstra a variação ao longo dos Tms.

Figura 12 - Variação da temperatura do ar na área de estudo durante os Tms iniciados às 20 horas em 05/01/2020.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 13 - Variação da temperatura do ar de sul para norte às 20 horas nos dias 03, 05 e 09/01/2020.

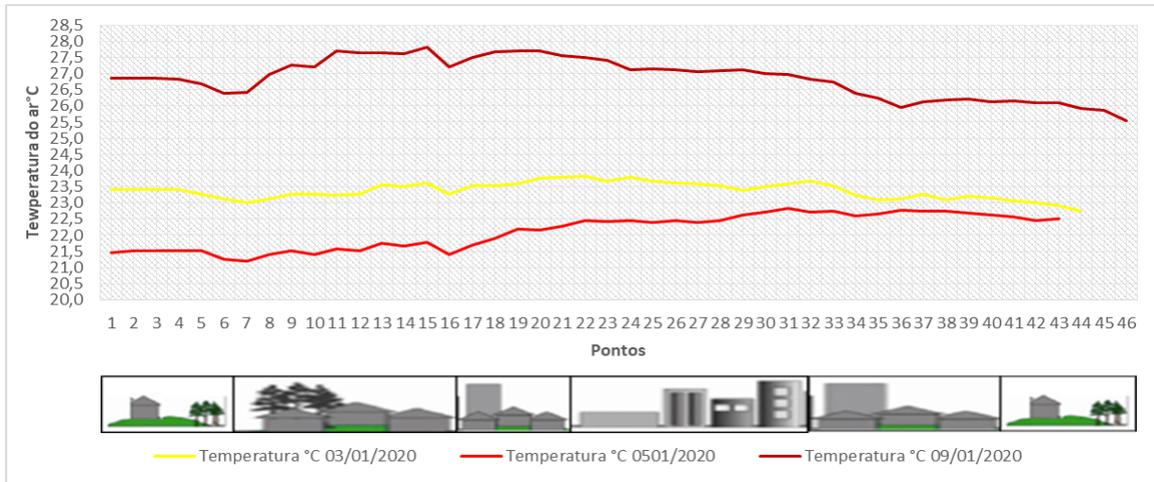


Fonte: elaborado por Guilherme Barduco.

Nos Tms no sentido de sul para norte, as temperaturas mais elevadas ocorreram nas áreas mais urbanizadas. No dia 03/01/2020, a menor temperatura foi de 22,3 °C, entre os pontos 7 e 9. A maior temperatura foi 24,1 °C nos pontos 32 e 33, com amplitude de 1,8 °C. No dia 05/01/2020 a menor temperatura foi

20,6 °C, registrada nos pontos 7 e 8. Já a maior temperatura foi 22,6 °C e ocorreu nos pontos 31 e 32. No dia 09/01/2020, a menor temperatura foi 25,2 °C no ponto 6 e a maior temperatura foi 27,3 °C nos pontos 21 e 22. A amplitude foi de 2,1 °C. A Figura 14 demonstra a variação ao longo dos Tms.

Figura 14 - Variação da temperatura do ar de sul para norte às 20 horas nos dias 03, 05 e 09/01/2020.

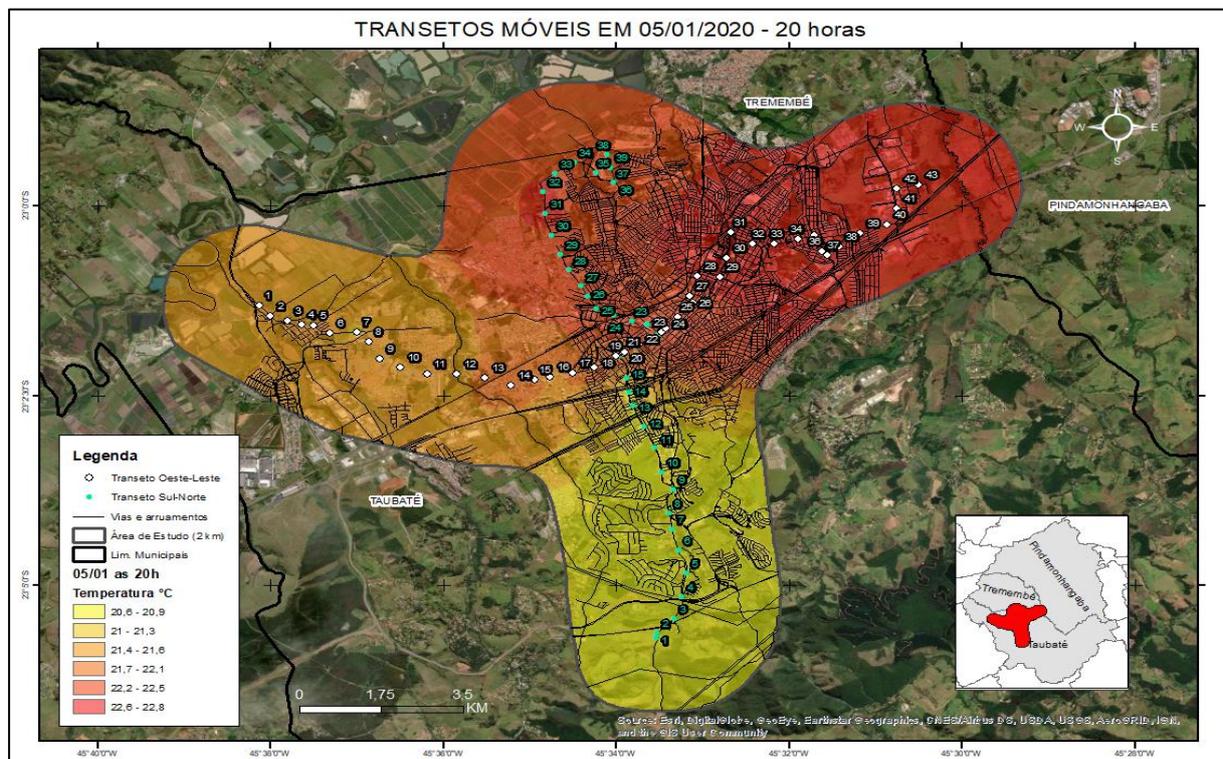


Fonte: elaborado por Guilherme Barduco.

Os Tms das 20 horas apresentaram temperaturas mais elevadas nas regiões mais urbanizadas, de nível C e D, e menores nos níveis A e B. A ilha de calor esteve presente nos três dias. Contudo, as amplitudes

térmicas, ao longo dos Tms, não foram elevadas. A Figura 15 demonstra a ilha de calor no dia 05/01/2020 que apresentou as temperaturas mais elevadas nos trechos da área central e leste da área de estudo.

Figura 15 - Variação da temperatura do ar na área de estudo durante os Tms realizados às 20 horas em 05/01/2020.



Fonte: elaborado por Guilherme Barduco.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho teve como objetivo principal verificar a ocorrência de ilhas de calor urbanas no município de Taubaté e constatou-se que há a ocorrência de ilhas de calor, principalmente nas áreas mais urbanizadas, de níveis C e D, em comparação com as áreas menos urbanizadas. Em todos os dias em que foram realizados Tms, foram registradas amplitudes térmicas ao longo dos percursos.

Os Tms realizados em diferentes estações demonstraram que, durante o inverno, as ilhas de calor são mais intensas, pois apresentaram maiores amplitudes térmicas.

Majoritariamente, as maiores amplitudes térmicas ocorreram nos transectos realizados a partir das 20 horas, no sentido sul norte, que apresenta as maiores diferenças no uso e ocupação do solo. A análise da ocorrência da ICU em horários sem incidência de radiação solar, demonstrou que, mesmo após o pôr do Sol, as áreas mais urbanizadas ainda estão liberando calor para atmosfera (AMORIM, 2015). Contudo, verificou-se a ocorrência da ICU durante os transectos iniciados às 5 horas e 10 minutos, demonstrando que a liberação de calor para a atmosfera acontece durante toda a madrugada, principalmente, no inverno.

A variação da temperatura do ar esteve intensamente relacionada com as mudanças nos níveis de urbanização. Os locais mais urbanizados apresentaram as temperaturas

mais elevadas em comparação aos locais menos urbanizados. Este resultado era esperado, considerando que tal situação ocorre, mesmo em cidades de diferentes latitudes.

Portanto, pode-se afirmar que as ilhas de calor estão presentes na área urbana do município de Taubaté, conforme comprovado pelos dados coletados, contudo com maior evidência em condição de inverno do que durante o verão, devido, entre outros fatores, à maior estabilidade atmosférica verificada, geralmente, no inverno, em relação ao verão.

REFERÊNCIAS

- AMORIM, M. C. C. T. Ilhas de Calor em Birigui – SP. **Revista brasileira de climatologia**. Presidente Prudente, v. 1, n. 1, p. 121–130, 2005.
- ARMANI, G.; GALVANI, E. Avaliação do desempenho de um abrigo meteorológico de baixo custo. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**. Santa Maria, v. 14, p. 116–122, 2006.
- DIHKAN, Mustafa *et al.* Evaluation of urban heat island effect in Turkey. **Arabian Journal of Geosciences**, [s. l.], v. 11, ed. 186, p. 1–20, 2018. DOI /doi.org/10.1007/s12517-018-3533-3. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs12517-018-3533-3#citeas>. Acesso em: 22 ago. 2019.
- DORIGON, Larissa Piffer. **Clima urbano em Paranaíba/PR: Análise do espaço intraurbano**. 2015. 125 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista. Presidente Prudente, 2015.
- GARTLAND, I. **Ilhas de calor: como mitigar zonas de calor em áreas urbanas**. São Paulo. Oficina de Textos, 2010.

OKE, T. **Boundary Layer Climates**. Second edition. Abingdon. Taylor & Francis Library, 2002.

Organização das Nações Unidas (ONU). Disponível em: <https://news.un.org/pt/story/2017/06/1589091-populacao-mundial-atingiu-76-bilhoes-de-habitantes>. Acesso em: 9 dez. 2019.

SILVA, L. T.; TOMMASSELLI, J. T. G.; AMORIM, M. C. C. T. O clima urbano de Penápolis – SP: um episódio de Inverno. *In*: SANT’ANNA NET, J. L. (org.). **Os climas das cidades brasileiras**: São Luiz (MA), Aracajú (SE), Campo Grande (MS), Petrópolis (RJ), Sorocaba (SP), Penápolis (SP) e Presidente Prudente (SP): Unesp, Presidente Prudente, 2002.

STAMM, C. *et al.* A população urbana e a difusão das cidades de porte médio no Brasil. **INTERAÇÕES**. Campo Grande, v. 14, n. 2, p. 251-265, jul./dez. 2013.

SUN, Chen-Yi *et al.* Desert heat island study in winter by mobile transect and remote sensing techniques. **Theoretical and Applied Climatology**. Viena, v. 98, p. 323-335, 2009. DOI <https://doi.org/10.1007/s00704-009-0120-2>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00704-009-0120-2#citeas>. Acesso em: 14 set. 2019.

SUN, Chen-Yi *et al.* Application of low-cost sensors for urban heat island assessment: A case study in Taiwan. **Sustainability**. Taiwan, v. 11, n. 2759, p. 1-12, 2019. DOI [10.3390/su11102759](https://doi.org/10.3390/su11102759). Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/11/10/2759>. Acesso em: 16 ago. 2019.

SUN, Chen-Yi. A street thermal environment study in summer by the mobile transect technique. **Theoretical and Applied Climatology**. Taiwan, 2011. DOI [10.1007/s00704-011-0444-6](https://doi.org/10.1007/s00704-011-0444-6). Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00704-011-0444-6>. Acesso em: 1 dez. 2019.

THAHA, Haider *et al.* Air-Temperature Response to Neighborhood-Scale Variations in Albedo and Canopy Cover in the Real World: Fine-Resolution Meteorological Modeling and Mobile Temperature Observations in the Los Angeles Climate Archipelago. **Climate**. [s. l.], v. 6, n. 53, 2. ed., p. 1-25, 2018. DOI <https://doi.org/10.3390/cli6020053>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2225-1154/6/2/53>. Acesso em: 14 set. 2019.

AGRADECIMENTOS

O segundo autor agradece ao CNPq por meio de apoio financeiro da bolsa de Pesquisa e Produtividade nível 1D.

O CAMPO TÉRMICO EM SITUAÇÕES SAZONAIS DE PRIMAVERA E VERÃO EM CIDADE LITORÂNEA: ESTUDO DE CASO NO SETOR NORDESTE DE VITÓRIA-ES

Maria Luisa Monks de Paula
Edson Soares Fialho

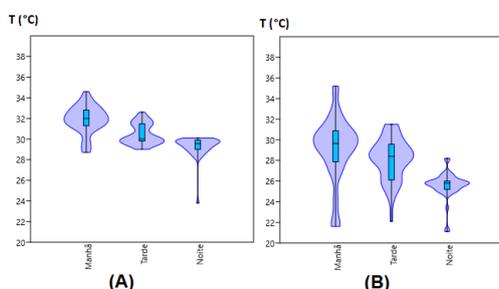
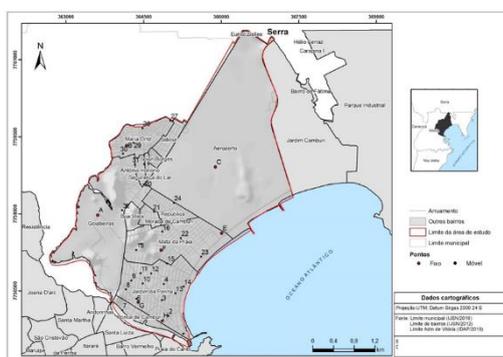
RESUMO

O presente trabalho analisou o campo térmico na Regional Goiabeiras e Jardim da Penha, situado no município de Vitória-ES. Para isso, utilizou-se o método do *transect* de pontos fixos e móveis para mensuração episódica, nos horários de 9h, 15h, 20h para situações sazonais no verão (17/3/2019), e primavera (22/9/2019), ambas sob influência do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) ou da Massa Tropical Atlântica (MTA). A análise evidenciou que as mudanças de uso e cobertura da terra, derivadas das atividades e estruturas urbanas, associadas à proximidade ao litoral, influenciaram na variação espacial do campo térmico, evidenciando a ação do vento e modificando as condições climáticas intraurbanas no período da manhã e da tarde.

THE THERMAL FIELD IN SEASONAL SITUATIONS OF SPRING AND SUMMER SITUATIONS IN A COASTAL CITY: CASE STUDY IN THE NORTHEAST SECTOR OF VITÓRIA-ES

ABSTRACT

The research analyzed the temperature range in the Regional Goiabeiras and Jardim da Penha, located in the municipality of Vitória-ES. Aiming to do it, the fixed and mobile transects were used for episodic measurements at 9:00 am, 3:00 pm, and 8:00 pm for seasonal situations in summer (March 17th, 2019) and spring (September 22nd, 2019), both under the influence of the South Atlantic Subtropical Anticyclone (ASAS) or Atlantic Tropical Mass (ATP). The analysis showed that the changes in land use and land cover, derived from urban activities and structures, associated with the proximity to the coast, influenced the spatialization of the thermal range, evidencing the influence of wind on the urban topoclimatic variation in the morning and afternoon periods.



9h

INTRODUÇÃO

Os estudos de clima urbano no Brasil apresentaram um aumento a partir do III Simpósio Brasileiro de Climatologia (SBCG) realizado em 1998, na cidade de Salvador. No entanto, segundo Fialho (2010), os trabalhos tinham como cenário as grandes cidades, fato esse que foi se modificando ao longo de meados da década de 2000, onde as cidades de pequeno e médio porte começam a ser objeto dos estudos do clima urbano. Contudo, a maior parte destas pesquisas não privilegiam cidades litorâneas que apresentam alguns trabalhos de grande destaque, como os estudos desenvolvidos nas cidades de Salvador (SAMPAIO, 1981), Porto Alegre (DANNI, 1980 e 1987), Belém (NASCIMENTO, 1996), Rio de Janeiro (BRANDÃO, 1996), Natal (CARVALHO, 2001), São Luís (ARAÚJO, 2002), Aracajú (PINTO, 2002), dentre outros, que podem ser visualizados na Figura 1, que representam as cidades litorâneas, que apresentam publicações de estudos na América do Sul* relacionados ao campo térmico da cidade, a partir dos métodos de observação comparativa entre Estações Meteorológicas rurais e urbanas ou por monitoramento episódicos diários ou sazonais, com uso de pontos fixos ou móveis, desconsiderando os estudos que utilizam as imagens termais.

Segundo Brandão (2009), a questão térmica, por meio da identificação da ilha de calor, que representa o fenômeno mais significativo do clima urbano e sua intensidade, depende das condições micro e mesoclimáticas locais de cada cidade. Sua manifestação se identifica a partir do contraste térmico entre dois ambientes com distintas características de uso e ocupação da terra, dentro do mesmo sítio urbano (FIALHO, 2012).

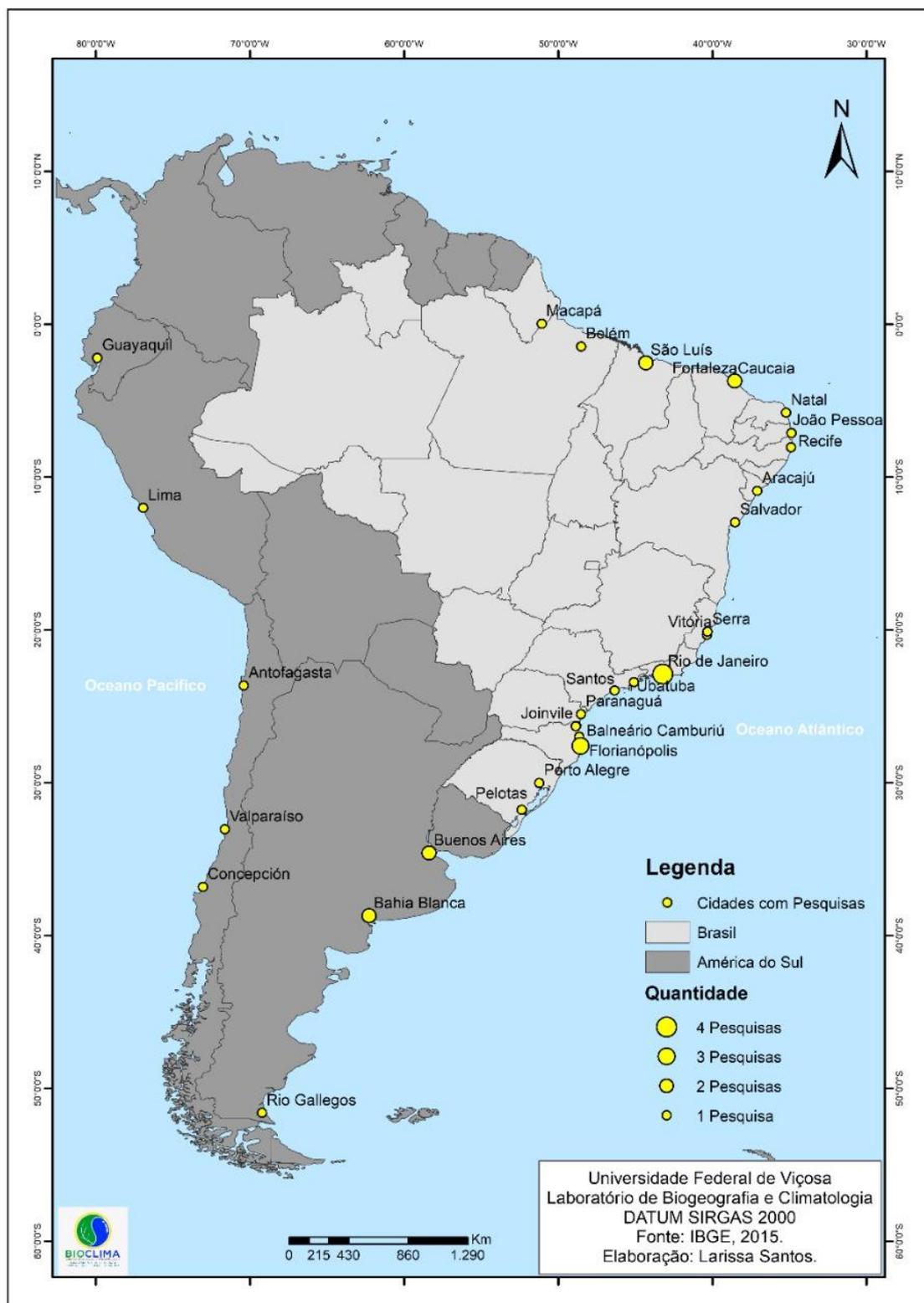
Todavia, segundo Jardim (2007, p. 307), a ilha de calor trata-se apenas de um dos aspectos do clima urbano, não representando a realidade do clima da cidade,

[...] mas um de seus aspectos, traduzida por uma situação momentânea ou horária, motivada[sic] pela convergência pontual de fatores ligados às características de conformação do relevo, disposição dos equipamentos e dinâmica urbanos, sob a influência de determinados tipos de tempos, associados aos sistemas atmosféricos em dado estágio de sua evolução temporal [...]

Em relação à cidade de Vitória-ES, as transformações da paisagem, intensificadas a partir da década de 1970, segundo Xavier *et al.* (2020), ocasionaram alterações capazes de modificar o balanço da radiação e o albedo da superfície, gerando, por conseguinte, um acréscimo na temperatura do ar.

* As cidades que se encontram identificadas na Figura 1 estão com suas referências identificadas na bibliografia, mesmo não sendo citadas no corpo do texto.

Figura 1 - Identificação de cidades litorâneas que registraram estudos do campo térmico.



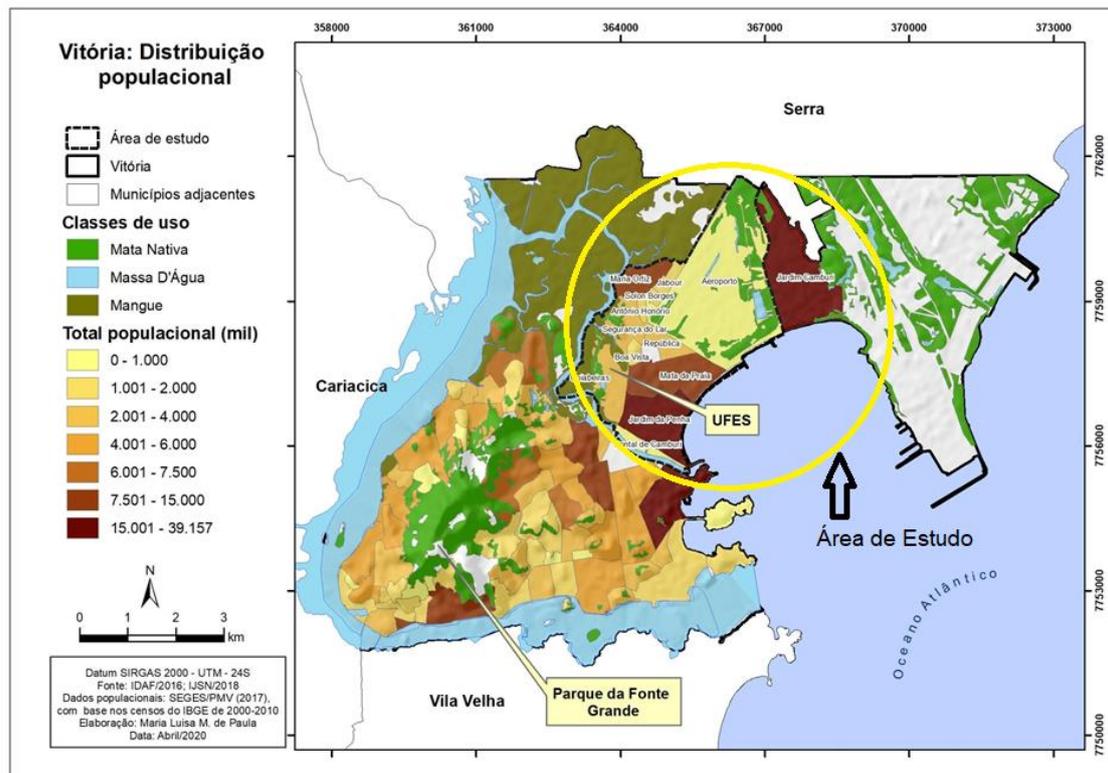
Fonte: IBGE, 2020; Fialho, 2009, 2010 e 2019; Portal Domínio Público, 2021 e levantamento bibliográfico.

De acordo com os autores, o clima sofreu impactos. Quando se observa as médias mensais das normais climatológicas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), abrangendo o período de 1931 a 2010, estas demonstram o impacto da urbanização sobre a temperatura do ar. A temperatura aumentou 0,6°C em média entre os períodos, chegando a uma máxima de diferença de 1,6°C no mês de abril comparando os períodos de 1931-1960 (Normal Climatológica) e 1981-2010 (Normal Climatológica Provisória) tendo, como resultado, um aumento da sensação de desconforto de 1,3°C. Neste sentido, salienta-se a importância de estudos climáticos, na medida em que o planejamento e a gestão urbana necessitam de informações especializadas dos parâmetros do clima (FIALHO, 2018). A área urbana de Vitória-ES

apresentou um primeiro trabalho desenvolvido por Correa (2014) na região administrativa Praia do Canto, localizada ao lado da área de pesquisa do presente estudo - regionais Goiabeiras e Jardim da Penha. Estas apresentam as maiores concentrações populacionais (Figura 2) e incorporam o Aeroporto de Vitória-ES, demonstrando uma diferenciação do uso da terra e adensamento significativo.

Além disso, a área de estudo apresenta diversos ambientes, desde a área litorânea com a presença de prédios de 3 a 6 pavimentos, em sua maioria, até edifícios com mais de 6 andares; áreas centrais com concentração de vegetação e com adensamento urbano mais intenso; áreas de solo exposto até áreas de manguezal.

Figura 2 - Identificação de cidades litorâneas que registraram estudos do campo térmico.

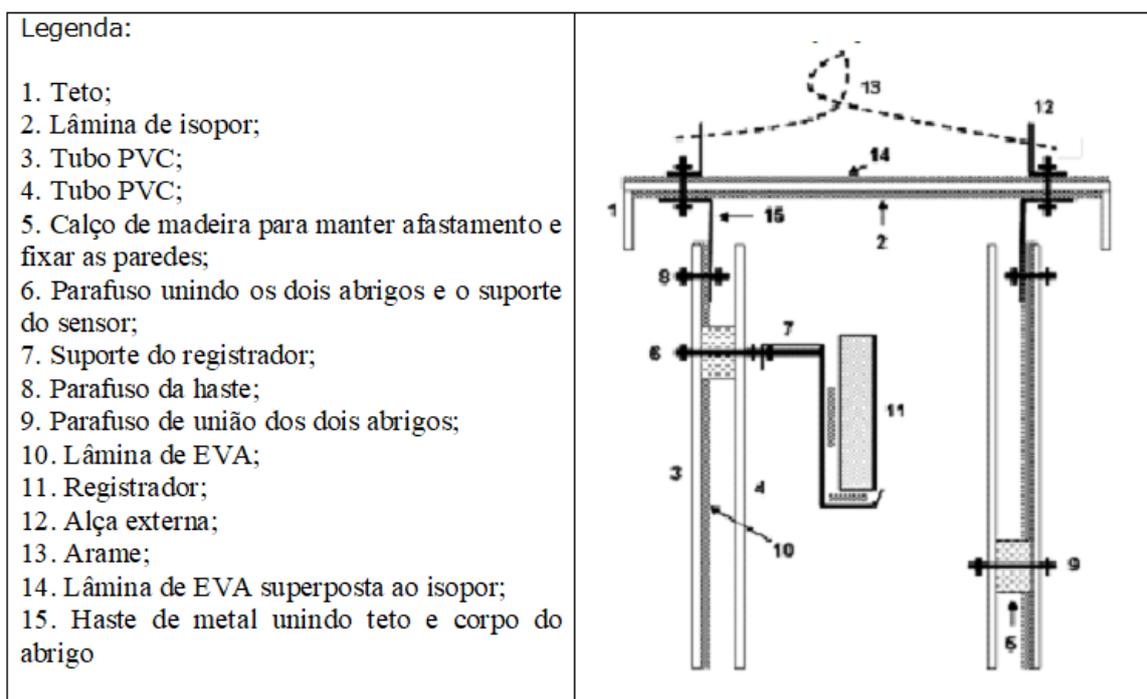


Fonte: IDAF, 2016 e IJSN, 2018.

METODOLOGIA

O presente estudo adotou como base para seus procedimentos os trabalhos de Fialho (2009), Ferreira e Fialho (2016), Fialho *et al.* (2016), Fialho e Quina (2014 e 2017), Allocca e Fialho (2019), Oliveira e Fialho (2020) e Fialho (2019).

Figura 3 - Perfil esquemático do abrigo meteorológico alternativo.



Fonte: Adaptado de Machado e Jardim, 2014.

Nos pontos fixos, os sensores foram afixados a 1,5 m da superfície e protegidos em miniabrigos meteorológicos confeccionados em PVC (Policloreto de Vinila). Os equipamentos foram ajustados para aferirem os dados de umidade e temperatura a cada uma hora, sendo reajustados para aferirem a cada dez minutos, um dia antes da coleta do *transect* móvel (Figura 4), seguindo as normas adotadas por Fialho e Celestino (2016).

Junto aos pontos fixos, foi também utilizada a técnica do *transects* móveis

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Na área de estudo foram instalados seis postos equipados com *dataloggers* (Figura 3).

(FIALHO, 2019), na qual os pontos também podem ser visualizados, juntamente com os pontos fixos mostrados na Figura 5. Além desses pontos fixos, com *datalogger* (modelo HOBO-U-012), foram utilizados os dados meteorológicos da estação meteorológica do INMET, localizada no campus Goiabeiras da UFES e a estação do Aeroporto de Vitória (Eurico de Aguiar Salles). Em relação às medidas móveis, utilizou-se o termohigrômetro digital de leitura direta Minipa MT-241, nos horários das 9h, 15h e 20h, totalizando 40 pontos de observação.

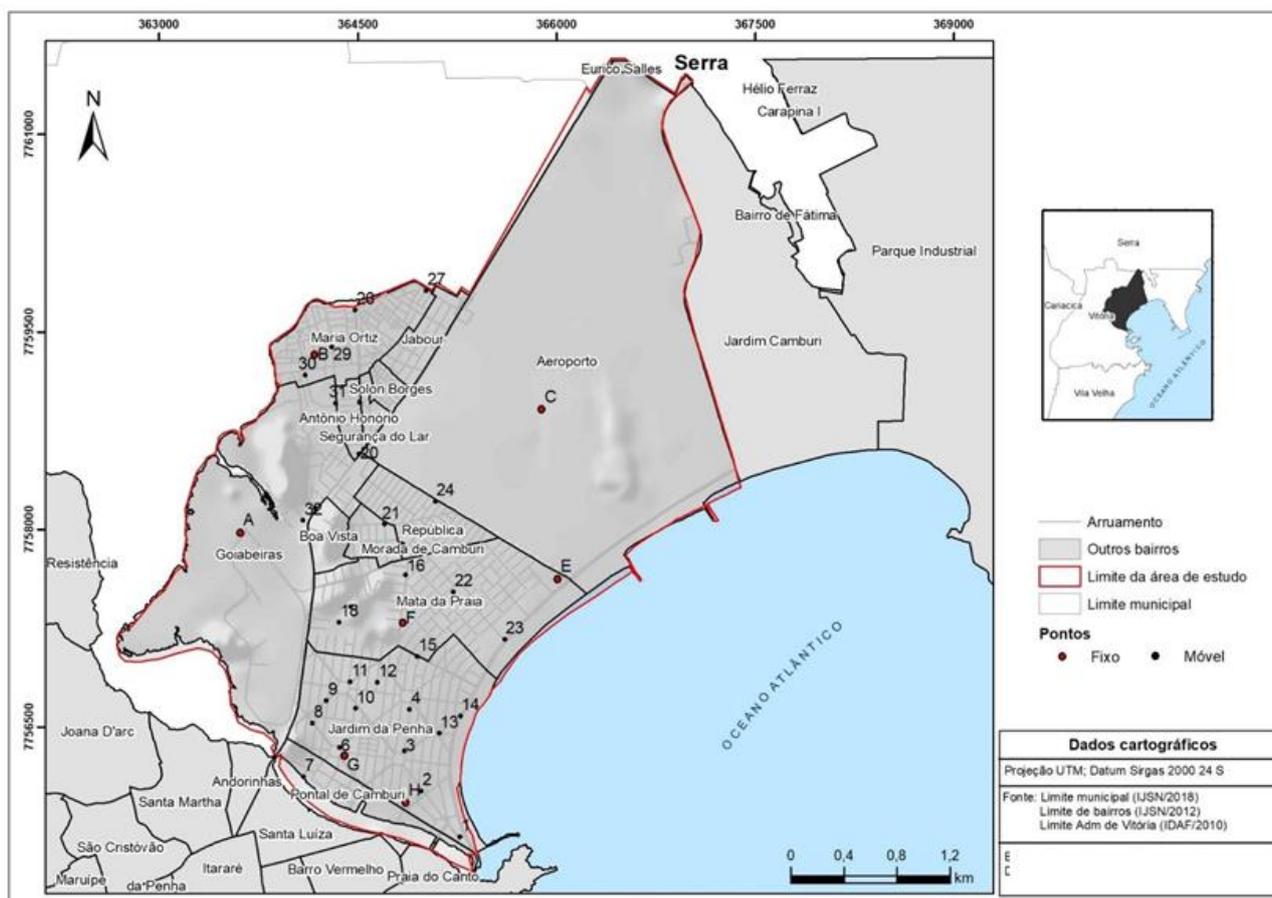
Figura 4 - Equipamentos utilizados no *transect* móvel e pontos fixos.



Equipamentos utilizados no *transect* móvel: *1: Equipamento Datalogger modelo Hobo U – 12 (1A e 1B); *2: Miniabrigo Meteorológico – 20 cm de altura por 20 cm o cano externo e 15 cm o diâmetro do cano interno (2A, 2B, 2C, 2D, 2E e 2F); *3: Abrigo PVC e Termohigrômetro modelo MINIPA MT – 241; *4: forma de coleta dos dados móveis utilizando abrigo de pvc (1,5 metro acima da superfície).

Fonte: Google e Bioclima-UFV.
Organização: Fialho e Paula, 2021.

Figura 5 - Localização dos pontos fixos e móveis.



Fonte: IJSN, 2018.

A escolha dos locais para mensuração dos pontos fixos e móveis (Tabela 1) teve como foco especializar os diversos atributos do sítio, representando de forma mais condensada as diversas morfologias urbanas e suas funções, tal como o dinamismo cotidiano de seus cidadãos e tomando cuidado para que o recorte proporcionasse a compreensão da atuação da brisa marítima e terrestre. A coleta dos dados foi realizada nos dias 17/3/2019 (verão) e dia 22/9/2019 (primavera). Com relação à escolha dos horários, foram

necessárias adaptações relacionadas à logística, à disponibilidade e às questões de segurança dos pesquisadores.

Os trajetos duraram cerca de duas horas. Porém, em alguns momentos do dia ocorreram variações de tempo, devido ao fechamento de ruas, aos domingos na cidade de Vitória-ES, para a práticas esportivas e de lazer, fato que alterou o percurso pré-estabelecido. Desta forma, o tempo do percurso aumentou em alguns turnos, conforme evidenciado na Tabela 2.

Tabela 1 - Identificação dos pontos de mensuração.

PONTOS FIXOS		PONTOS MÓVEIS			
Ponto	Localização.	1	Acquasub.	17	Pedra da Cebola-Lado Oposto.
A	UFES.	2	Shopping Jardim.	18	Pedra da Cebola-Portão da UFES.
B	Casa Joyce.	3	Fishing Store.	19	Real Bateria.
C	Aeroporto.	4	Epa – Jardim da Penha.	20	Ponto de ônibus-Esquina.
D	ESESP.	5	Padaria Trigodeli.	21	Churrascaria República.
E	Posto – Final da Praia.	6	Sesi.	22	Praça m. 315.
F	Bar Mediterrâneo.	7	Marina Lauge.	23	Praia.
G	EMEF Alvares de Cabral.	8	Bicho Guloso.	24	Marcenaria Mielli.
H	Shopping Jardim.	9	Academia Boa Forma.	25	Igreja Universal.
		10	Vitória Plaza.	26	Hot Dog Bolão.
		11	Mercado Carone.	27	Casa n. 365.
		12	Escola Elber Louzada.	28	Pizzaria Forno a Lenha.
		13	Rotatória na Rua da Praia.	29	Escola Juscelino Kubitschek.
		14	Loa K3.	30	Padaria Paloma.
		15	Victória Mall.	31	Praça Casa Pablo.
		16	Loja Perim.	32	Casa Evaristo.

Organização: Fialho e Paula (2021).

Tabela 2 - Síntese de informações dos horários de coleta de dados.

Data	Estação do Ano	Período	Hora Inicial	Hora Final	Tempo Total
17/3/2019	Verão	Manhã	9h	11h24min	2h24min
		Tarde	15h	17h02min	2h02min
		Noite	20h	21h41min	1h41min
22/9/2019	Inverno	Manhã	9h	11h12min	2h12min
		Tarde	15h	16h45min	1h45min
		Noite	20h	21h30min	1h30min

Organização: Fialho e Paula (2021).

Com o intuito de assegurar a veracidade dos dados em campo e garantir que as variações térmicas registradas fossem reflexo das características geourbanas e geoecológicas da área de estudos, foram feitos os procedimentos de calibragem e aferições em laboratório e em campo dos *dataloggers*. Após diversos testes (Tabela 3), foram utilizadas técnicas estatísticas para analisar os

dados provenientes dos sensores com o propósito de garantir a confiabilidade dos valores observados. Para isso, comparou-se os equipamentos de campo, com a Estação Automática do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

Tabela 3 - Índice de correlação linear de Pearson entre os equipamentos.

Aferições realizadas		Correlação de Pearson
Hobos em Laboratório		> 0,98
Hobo no miniabrigo	Estação UFES	> 0,98
Minipa 1	Estação UFV (Bulbo Seco)	0,99
Minipa 2	Estação UFV (Bulbo Seco)	0,99
Minipa 1	Minipa 2 dentro do abrigo da Estação Meteorológica do INMET – Campus UFES	0,99
Minipa 1 dentro do abrigo de PVC	Minipa 2 dentro do abrigo de PVC	0,96
Minipa 1 dentro do abrigo de PVC	Hobos dentro do abrigo de PVC	> 0,95
Minipa 2 dentro do abrigo de PVC	Hobos dentro do abrigo de PVC	> 0,93

Fonte: Organizado pelos autores.

Em relação aos dados do *transect* móvel, por não serem obtidos de maneira simultânea, necessitam de correção. Para isso, o procedimento utilizado foi o mesmo adotado por Fialho *et al.* (2019) e Alloca e Fialho (2019), a fim de corrigir a defasagem de

tempo entre as coletas, pois os valores podem apresentar alterações decorrentes do aquecimento ou resfriamento atmosférico ao longo do tempo gasto para percorrer o trajeto, como pode ser visto na Equação 1:

$$T = T_{sc} \pm (t_d \times \frac{\Delta T}{\Delta h})$$

Equação 1

T (temperatura corrigida); *T_{sc}* (temperatura sem correção); *t_d* (tempo decorrido); ΔT (variação de temperatura); Δh (variação horária)

Esse cálculo resulta da variação de temperatura do ar ao longo do tempo. A correção é obtida, inicialmente, multiplicando o tempo decorrido, em minutos, do primeiro ponto de coleta, com a temperatura obtida nos postos subsequentes. Caso, ao longo do tempo, a temperatura do ar de um ponto fixo de controle demonstre que o ar aqueceu durante a realização do percurso, o produto resultante da multiplicação anterior será subtraído da temperatura registrada. E, caso a temperatura ao longo do tempo acuse uma diminuição, o produto da multiplicação será acrescido do ponto de medida.

Na análise da dinâmica atmosférica utilizou-se as cartas sinóticas disponíveis no site da Diretoria de Hidrografia e Navegação (DNH) e imagens de satélite disponíveis no *site* do Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climatológicos (CPTEC/INPE). Para observação dos parâmetros climáticos foram utilizados os dados da rede de estações automáticas do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e da Rede Automática de Monitoramento da Qualidade do Ar (RAMQAr), pertencente ao Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IEMA).

A proximidade entre os pontos proporcionou um resultado bem satisfatório ao utilizar o interpolador IDW, pois o mesmo utiliza o método estatístico “inverso da distância²” e se baseia na dependência espacial entre os valores de cada ponto. Desta forma, quanto mais próximos os pontos, maior a correlação entre eles.

Por fim, para análise estatística descritiva, utilizou-se o *Box Plot*, método estatístico descritivo que utiliza a forma gráfica para comunicar, de forma sintética, o conjunto da amostra de dados, na medida em que consegue descrever a distribuição dos dados exibindo medidas de tendência central não-paramétrica (mediana), de dispersão (quartis), forma de distribuição ou simetria da amostra (valores pontuais mínimo e máximo) e valores atípicos (*outliers*), e extremos.

A caixa (valores entre 1° quartil e 3° quartil) apresenta 50,0% da amostra, enquanto a linha da caixa representa o valor da mediana. O limite superior da caixa indica o percentil de 75,0% dos dados e o limite inferior da caixa indica 25,0% dos dados (OLIVEIRA *et al.*, 2020). Para a realização dos cálculos estatísticos foi utilizado o *software* Microsoft Excel 2013, enquanto os gráficos *Box Plot* foram gerados no *software* de estatísticas *Past3* (HAMMER *et al.*, 2001).

DESENVOLVIMENTO

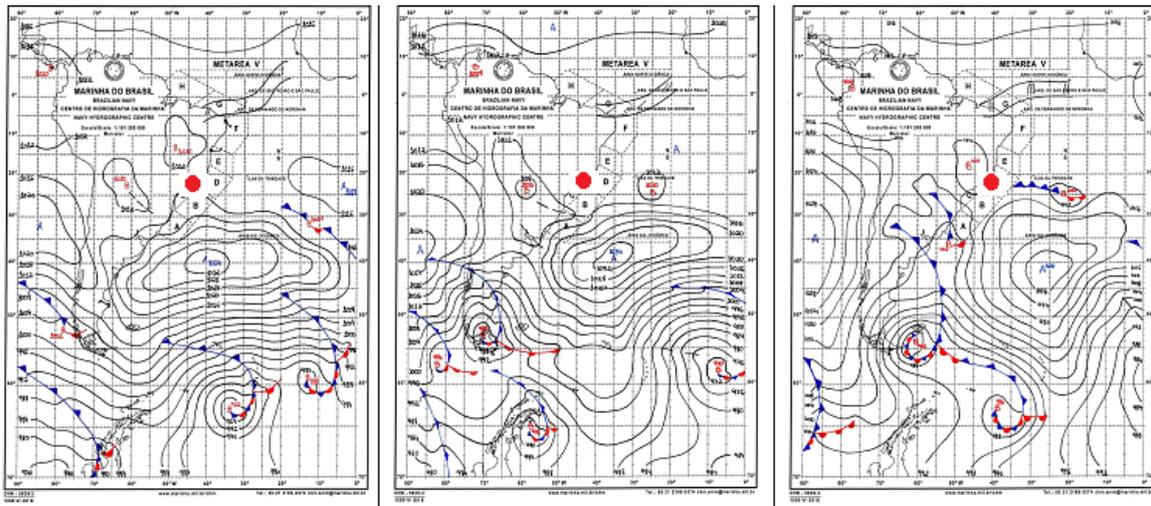
Em relação às condições de tempo presentes durante os experimentos de campo, pode-se dizer que o Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) * atuou durante a realização dos trabalhos de campo de verão e primavera (figuras 6 e 7). Porém, no verão, as condições de tempo apresentaram céu parcialmente nublado da tarde para a noite ocorrendo, em alguns momentos, chuva traço (menor que 1mm), não observada pela Estação Meteorológica do INMET. Ainda no verão foi verificado o predomínio de ventos oriundos do quadrante NO e SE com intensidade entre 0,3 e 2,9ms⁻¹, no qual houve aumento na velocidade do vento das 14h às 19h, chegando a 2,9ms⁻¹.

Em relação à primavera, embora o ASAS estivesse sobre a área de estudo acompanhando a dinâmica rítmica, pode-se dizer que o sistema produtor de tempo no dia do experimento episódico de campo foi de aquecimento pré-frontal.

Os resultados apresentados para os levantamentos episódicos de verão e primavera permitiram constatar que o horário da manhã foi sempre o momento do dia com maior diferença térmica identificada, com 5,9 °C no verão e 13,6 °C no inverno (Tabela 4). Neste aspecto, o resultado condiz com o levantamento verificado na literatura, onde se observa que o inverno apresenta as maiores intensidades, em razão da maior estabilidade da atmosfera.

* Segundo Tubelis e Nascimento (1992), a Alta Subtropical, ASAS, constitui-se por um sistema de alta pressão caracterizado por uma massa de ar seco, relativamente quente e quase desprovido de nuvens, sendo que sua atuação na região sudeste propicia a redução da umidade e inibe a passagem de frentes frias.

Figura 6 - Situação sinótica no verão em Vitória-ES.



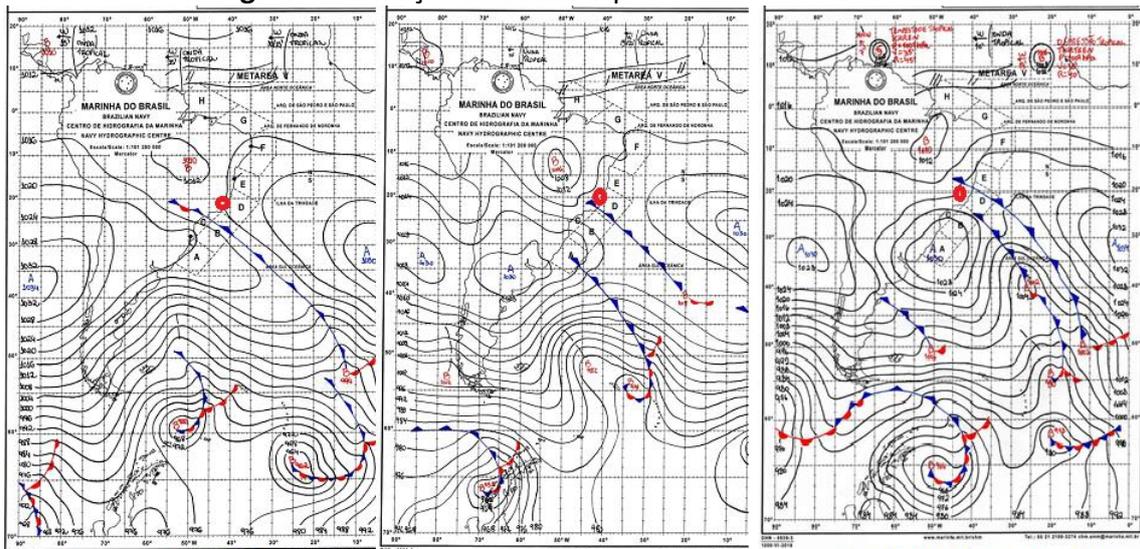
16/3/2019 – 12 GMT

17/3/2019 – 12 GMT

18/3/2019 – 12 GMT

Fonte: Diretoria de Hidrologia e Navegação (DHN). Organização: Fialho e Paula, 2021.

Figura 7 - Situação sinótica na primavera em Vitória-ES.



Dia 21/9/2019 - 12 GMT

Dia 22/9/2019 - 12 GMT

Dia 23/9/2021 - 12 GMT

Fonte: Diretoria de Hidrologia e Navegação (DHN). Organização: Fialho e Paula, 2021.

Tabela 4 - Estatística descritiva dos 40 pontos de coleta nos experimentos de campo no verão e primavera.

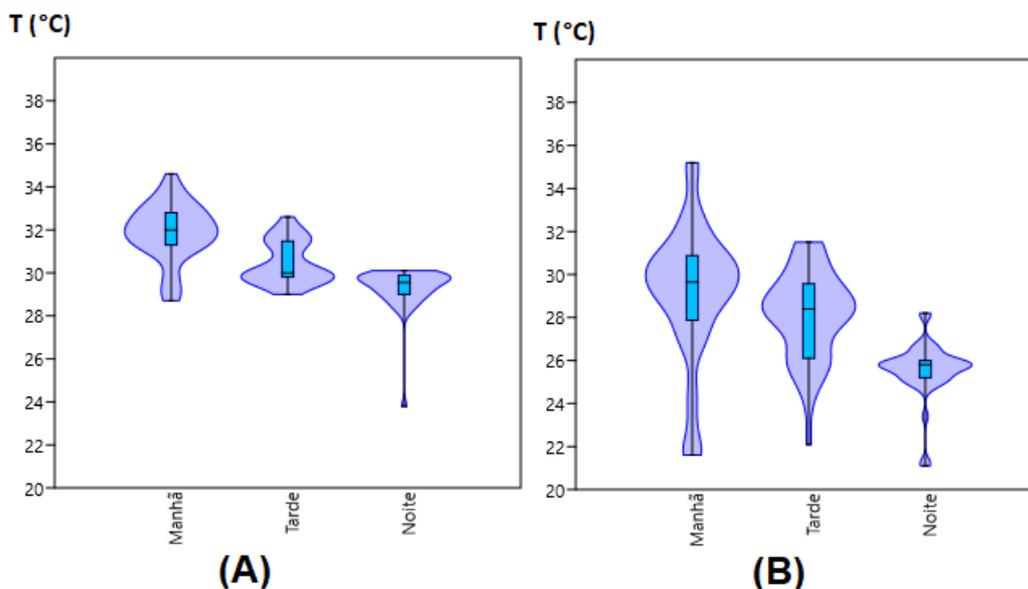
Estatística	Verão			Primavera		
	Manhã	Tarde	Noite	Manhã	Tarde	Noite
T _{Med.}	31,9	30,4	23,8	29,2	28,1	25,6
T _{Máx.}	34,6	32,6	30,1	35,2	31,5	28,2
T _{Mín.}	28,7	29,0	23,8	21,6	22,1	21,1
D _{pad}	1,3	0,9	1,1	3,1	2,0	1,3
Mediana	32,0	30,0	29,5	29,6	28,4	25,8
Coef. Var.	1,7	0,9	1,1	10,7	7,3	5,1
25 percentil	31,3	29,8	29,0	27,8	26,1	25,2
75 percentil	32,8	31,4	29,9	30,8	29,7	26,0
▲ T _{Máx-Mín}	5,9	3,6	6,3	13,6	9,4	4,1

Fonte: Dados registrados em Trabalho de campo. Organização: Fialho e Paula, 2021.

Em relação à distribuição dos valores termais, conforme a Figura 8, observa-se que, no verão, o desvio padrão foi menor do que no inverno no horário das 9h; o mesmo se repete para os demais horários, quando se comparam as situações sazonais em questão. Um segundo aspecto a destacar, é que, no período da tarde, no verão, se observou uma intensidade da diferença termal menor do que no inverno, enquanto no período noturno do verão, a diferença foi superior à primavera. Esta inversão está relacionada à intensidade da velocidade do vento, que aumentou no período da tarde; contudo, com maior intensidade no verão do que no inverno.

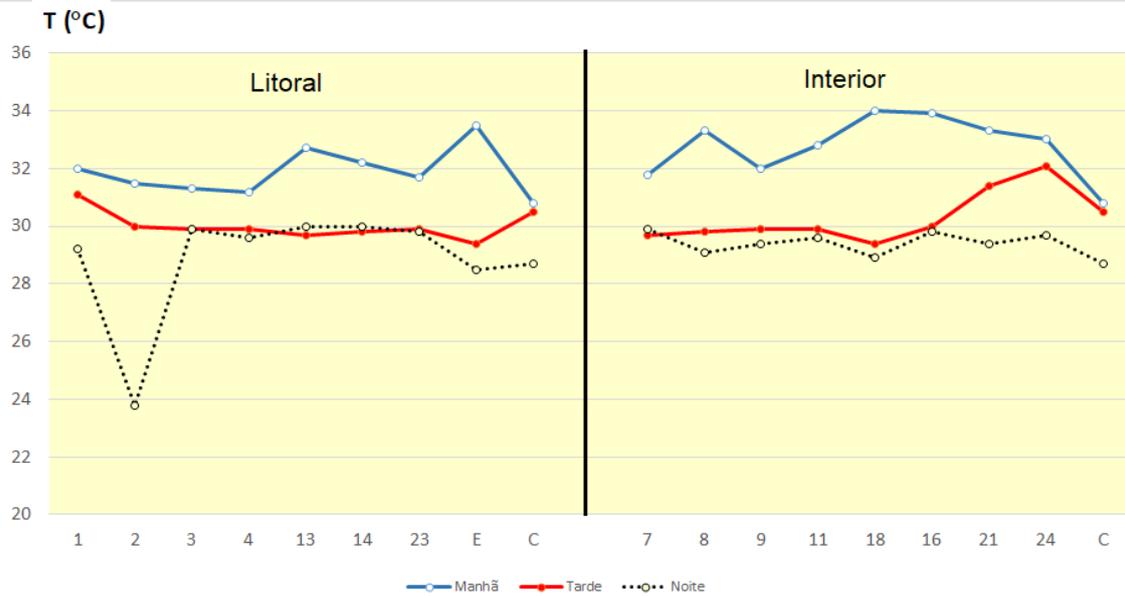
Um outro aspecto que chama a atenção é que a área mais aquecida não se localiza da orla para o interior, mas sim, na proximidade da foz do rio Santa Maria (que divide o bairro Santa Martha e Jardim da Penha) em direção ao Aeroporto. Isto se observa tanto nos pontos dos *transects*, que acompanham a linha da orla como os pontos de coleta que foram registrados mais próximo à Avenida Fernando Ferrarim, que passa em frente ao campus da UFES (Goiabeiras), permitindo acesso ao Aeroporto de Vitória, demonstrando que, além da ação do vento, a densificação do uso da terra influencia na distribuição espacial da temperatura do ar no espaço urbano, como pode ser observado nas figuras 9 e 10.

Figura 8 - *Box-Plot* dos registros térmicos nos três momentos do dia no verão (A) e primavera (B).



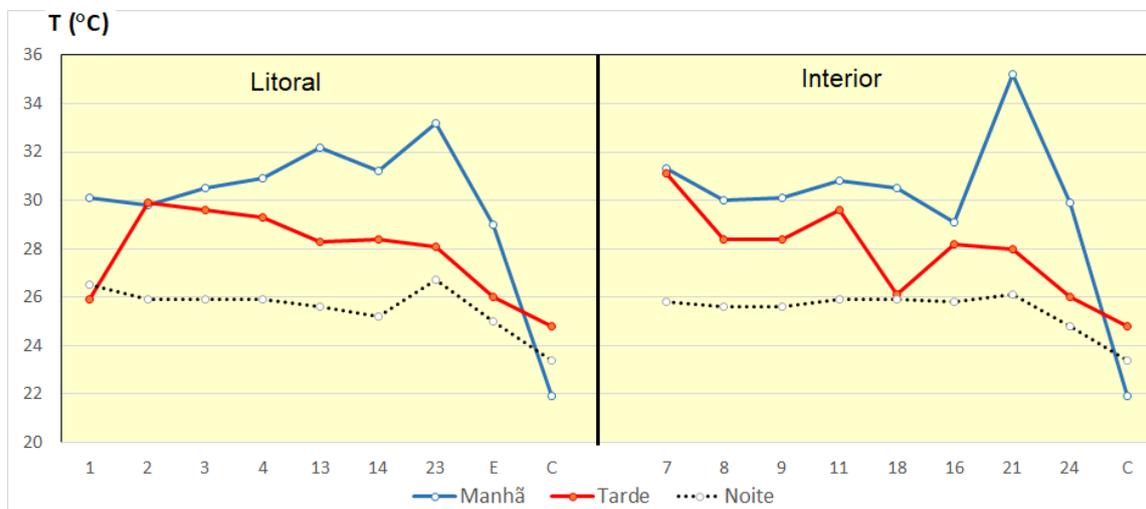
Fonte: Dados registrados em Trabalho de campo. Organização: Fialho e Paula, 2021.

Figura 9 - Variação horária da Temperatura do ar nos segmentos: litoral e interior em 17/3/2019.



Fonte: Dados de Campo. Organização: Fialho e Paula, 2021.

Figura 10 - Variação horária da Temperatura do ar nos segmentos: litoral e interior em 22/9/2019.



Fonte: Dados de Campo. Organização: Fialho e Paula, 2021.

Ao analisar o mapeamento do campo térmico nas figuras 11 e 12, estabeleceu-se uma legenda padronizada para os três horários, variando de 20,0°C a 32,0°C, com sete intervalos. Essa estratégia de manter a mesma escala de intervalos de valores para os

três horários, nos permite estabelecer uma comparação entre os horários, porém causa uma invisibilização de diferenças dentro do intervalo de cada intervalo na ordem de 2,0°C.

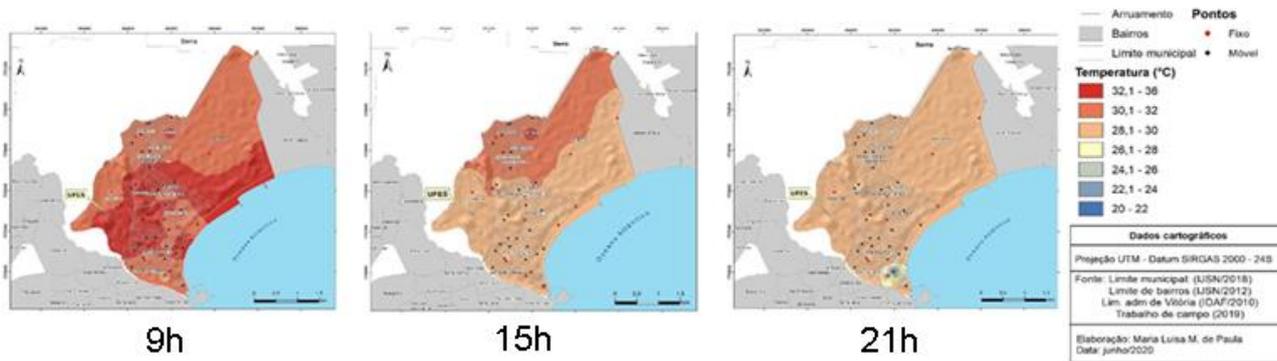
Porém, como identificado na Tabela 4, as diferenças de temperatura do ar nos

horários de medida identificadas foram: de 5,9 °C pela manhã, 3,6 °C à tarde e 6,3 °C à noite. E na primavera foram: 13,6 °C, 9,4 °C e 4,1 °C, respectivamente.

Referente às temperaturas da coleta às 9h no verão, foi observada variação térmica oscilando entre 28,7 °C e 34,6 °C. A média térmica para este horário foi de 31,8 °C, com a maior parte dos pontos de coleta registrando temperaturas superiores a 31,0 °C. Em relação à espacialidade do campo térmico no período matutino observa-se maior aquecimento na porção litorânea, em que há acentuada

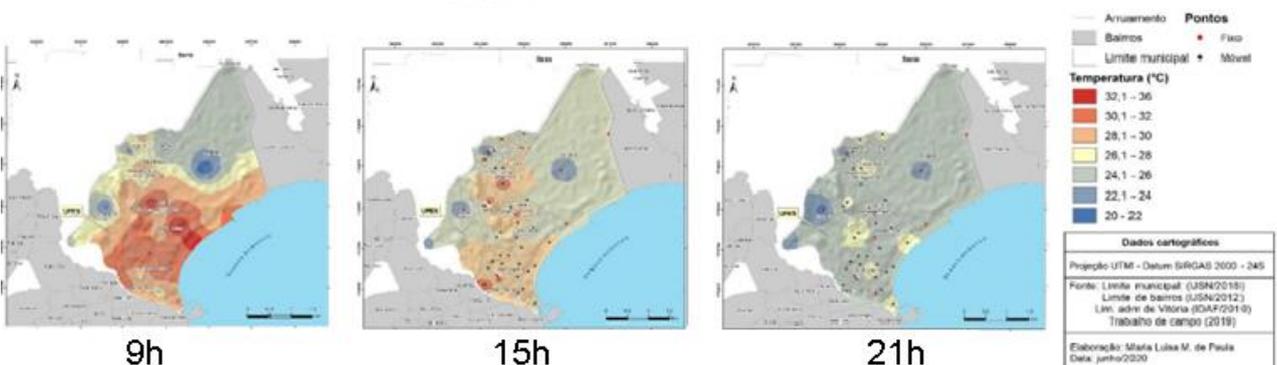
verticalização, e na porção central da Regional de Jardim da Penha. A primeira parcela de área de praia da Regional de Jardim da Penha, sentido Aeroporto, é caracterizada por prédios com, no máximo, seis pavimentos e com menor concentração de edificações que sofrem efeito da maritimidade, geram sombra, e corredores de vento. Observa-se que as áreas com edificações com mais de seis pavimentos apresentaram maiores temperaturas, uma vez que contribuem para o aprisionamento do ar, dificultando a ventilação e renovação do ar.

Figura 11 - Campo térmico de verão (17/3/2019).



Organização: Autora.

Figura 12 - Campo térmico de primavera (22/9/2019).



Organização: Autora.

Tais áreas apresentam maior adensamento, que, associado aos materiais dessas edificações que possuem alta capacidade de armazenamento de calor, como observado por Brandão (1996) no Rio de Janeiro, evidenciam que áreas litorâneas com acentuada taxa de densidade demográfica, e altamente verticalizada, apresentam-se como locais de maior aquecimento.

Nas temperaturas da coleta às 9h (verão) foi observada a variação térmica de 13,6 °C, com valores oscilando entre 21,6 °C e 35,2 °C. A média térmica deste horário foi de 29,2 °C, com a maior parte dos pontos de coleta registrando temperaturas superiores a 29,0 °C. (Figura 12). Na parte da manhã observa-se o campo térmico mais aquecido a SE, próximo ao litoral, e, à medida que prosseguimos a NE, as temperaturas vão diminuindo.

Tal padrão pode estar associado ao ângulo de inclinação dos raios solares, ao menor número de áreas verdes próximas à praia e ao tamanho elevado das edificações nas áreas de maiores temperaturas. Os maiores valores registros de temperaturas, superiores a 32,0 °C, foram observados nos pontos: **10** (Vitoria Plaza) com 32,2 °C; **12** Escola Elber Louzada 32,3 °C; **13** (Rotatória rua da Praia) com 32,2 °C; **21** (Churrascaria Republica) com 35,2 °C; **22** (Praça Nº 135) com 34,9 °C; **23** (Praia) com 33,2 °C. Enquanto, o menores valores de temperatura do ar foram verificados nos pontos: **27** - Casa Nº 365 - (24,7 °C) e **28** - Pizzaria Forno a Lenha - (23,6 °C); **A** – UFES- (21,6 °C), **B** - Casa Joyce - (21,8 °C) e **C** – Aeroporto - (21,9 °C).

Ao comparar os resultados da pesquisa desenvolvido por Oliveira e Fialho (2020) no distrito de Carapina da cidade de Serra-ES, que faz divisa com a área de estudo em questão, observou-se que o campo térmico, no período da tarde, apresentou a maior diferença térmica com o valor de 11,0 °C. Do mesmo modo, também a temperatura do ar no segmento litoral-interior apresentou um aumento em direção ao centro.

Já na parte da manhã, a diferença térmica foi de 6,7 °C, sendo que, observando o padrão espacial do campo térmico, identificou-se dois ramos de maior aquecimento: um na porção centro-sudoeste, e outro na porção mais meridional da faixa litorânea do município de Serra. No período noturno, assim como no presente estudo, observou-se uma redução na variação espacial da temperatura do ar, bem como na diferença entre os locais de maiores e menores temperaturas (2,9 °C). Tais resultados, no período noturno, diferem dos encontrados por Brandão (1996, 2000 e 2002) na cidade do Rio de Janeiro, pois o bairro de Copacabana, no período noturno, mesmo situado na orla, foi capaz de se manter mais aquecido do que os bairros de Bangu e Campo Grande, em razão do maior adensamento de edificações. Entretanto, os mesmos bairros foram mais quentes em relação a Copacabana, pois o uso da terra tem como predomínio habitações com quintais e um menor adensamento vertical.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os dados de temperatura do ar registrados nos dias de coleta, embora não sejam definitivos para uma afirmação mais contundente sobre a influência do uso da terra sobre o clima local, sugerem que existe uma correlação. Isto também demonstra forte influência do vento na amenização das diferenças térmicas, no período da tarde, no qual a radiação solar é mais intensa. Com relação ao uso e cobertura das terras urbanas, observou-se que áreas mais adensadas, mas principalmente as com maiores verticalizações, apresentaram a maior capacidade de aquecimento; porém, nesse caso, por estarem localizadas mais próximas ao litoral se resfriaram de forma rápida também. Desta forma, fica evidente que o efeito da maritimidade tem um peso importante no comportamento térmico de cidades litorâneas, principalmente nos períodos matutinos e vespertinos.

Neste sentido, as áreas mais próximas ao litoral possuem uma dinâmica de aquecimento e resfriamento particular, influenciada diretamente pelos ventos litorâneos e seu comportamento moldado a partir da altura das edificações ao longo da costa. Para uma melhor definição que demonstra uma real influência do meio urbano no clima local de Vitória-ES, recomenda-se a necessidade de ampliar a rede de coleta de dados oficiais, a fim de compreender a variabilidade do campo térmico da área urbana e auxiliar no processo de busca da melhoria da condição de vida urbana, por meio de uma melhor gestão pública, servindo como

ferramenta para auxiliar no planejamento do município, pois algumas estratégias são possíveis de serem estabelecidas, com o objetivo de melhorar o conforto térmico e a saúde dos cidadãos, ressaltando a importância da análise do clima urbano no plano diretor urbano.

REFERÊNCIAS

ALLOCCA, R. A.; FIALHO, E. S. O campo térmico no perímetro urbano de Ponte Nova-MG (Zona da Mata Mineira), em situações sazonais de verão e inverno, no ano de 2017. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba-PR, v. 24, n. 15, p. 300-329, 2019. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/60753>. Acesso em: 20 ago. 2021.

ARAÚJO, R. R.; SANT'ANNA NETO. O processo de urbanização na produção do clima urbano de São Luís-MA. In: SANT'ANNA NETO, J. L. (org.). **Os climas das cidades brasileiras**: São Luís (MA), Aracajú (SE), Campo Grande (MS), Petrópolis (RJ), Sorocaba (SP), Penápolis (SP) e Presidente Prudente (SP). Presidente Prudente-SP: Editora Unesp, p. 21-42, 2002. 227 p.

ARAÚJO, R. R. **Clima e vulnerabilidade socioespacial: uma avaliação dos fatores de risco na população urbana do município de São Luís (MA)**. 2014. 289 f. Tese (Doutorado em Geografia Física) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia, 2014. Disponível em: <http://www.athena.biblioteca.unesp.br/exlibris/bd/cathedra/02-06-2015/000831396.pdf>. Acesso em: 5 set. 2021.

BARROS, P. M.; MENACHO, E. Modificaciones térmicas en Lima: Análisis de la isla de calor urbana. **Anales Científicos**, Lima-PER, v. 75, n. 1, p. 90-99, 2014. Disponível em: https://revistas.lamolina.edu.pe/index.php/actu/article/view/952/pdf_149. Acesso em: 16 ago. 2021.

BRANDÃO, A. M. P. M. **O clima urbano da cidade do Rio de Janeiro**. 362 f. Tese (Doutorado em Geografia Física), Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Programa de Pós-graduação em Geografia Física, USP, 1996.

BRANDÃO, A. M. P. M. Ilha de calor de outono na cidade do Rio de Janeiro: configuração em situações sinóticas contrastantes. *In*: SANT'ANNA NETO, J. L.; ZAVATINI, J. A. (org.). **Variabilidade e mudanças climáticas: Implicações ambientais e socioeconômicas**. Maringá: EdUEM, p. 193-210, 2000, 259 p. Disponível em: http://www.abclima.ggf.br/arquivos/obrasclimatologia/55/SANTANNA_NETO_ZAVATINI_Variab-mudancas-climat.pdf. Acesso em: 5 set. 2021.

BRANDÃO, A. M. P. M. O clima urbano da cidade do Rio de Janeiro. *In*: MONTEIRO, C. A. F.; MENDONÇA, F. (org.). **Clima Urbano**. São Paulo: Contexto, p. 93-120, 2009. 192 p.

CARVALHO, M. M. **Clima urbano e vegetação: estudo analítico e prospectivo do Parque das Dunas em Natal/RN**. 238 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Natal: Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo-UFRN, 2001.

CAMILLONI, I. **Detección de la señal de la isla urbana de calor y de variaciones climáticas**. 125 f. Tese (Doutorado em Arquitetura). Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, 1995. Disponível em: https://bibliotecadigital.exactas.uba.ar/download/tesis/tesis_n2781_Camilloni.pdf. Acesso em: 23 ago. 2021.

CAMILLONI, I.; BARRUCAND, M. Temporal variability of the Buenos Aires, Argentina, urban heat island. **Theoretical and Applied Climatology**, New York-EUA, v. 107, n. 1–2, p. 47–58, 2012. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00704-011-0459-z>. Acesso em: 24 ago. 2021.

COLLISCHONN, E. Adentrando a cidade de Pelotas/RS para tomar-lhe a temperatura. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo-SP, Volume Especial, p. 9-23, 2016.

Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/121450>. Acesso em 5 set. 2021.

CORREA, W. S. C. **Campo térmico e higrométrico da Regional Praia do Canto no município de Vitória (ES)**. 165 f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Centro de Ciências Humanas e Naturais. Universidade Federal do Espírito Santo. Disponível em <http://repositorio.ufes.br/handle/10/3612>. Acesso em: 5 set. 2021.

DANNI, I. A ilha térmica de Porto Alegre: contribuições ao estudo do clima urbano. **Boletim Gaúcho de Geografia**, Porto Alegre, v. 8, n. 1, p. 33-48, 1980. Disponível em <https://seer.ufrgs.br/bgg/article/view/37634/24286>. Acesso em: 4 set. 2021.

DANNI, I. **Aspectos Têmporo-Espaciais da Temperatura e Umidade Relativa de Porto Alegre em janeiro de 1982**: Contribuição ao estudo do clima urbano. 129 f. Dissertação (Mestrado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1987.

FERREIRA, G. R.; FIALHO, E. S. Campo térmico x fator de visão do céu: Estudo da área central do município de Viçosa-MG em episódios de outono e inverno 2014. **Boletim Gaúcho de Geografia**, Porto Alegre-RS, v. 43, n. 1, p. 247–271, 2016. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/index.php/bgg/article/view/53920>. Acesso em: 5 ago. 2021.

FERRELLI, F.; BUSTOS, M. L.; PICCOLO, M. C. Modificaciones en la distribución espacial de la temperatura y la humedad relativa como resultado del crecimiento urbano: el caso de la ciudad de Bahía Blanca, Argentina. **Revista de Climatología**, v. 16, p. 51-61, 2016. Disponível em: <https://climatol.eu/reclim/reclim16d.pdf>. Acesso em: 3 set. 2021.

FIALHO, E. S. **Análise têmporo-espacial na Ilha do Governador-RJ em situações sazonais de verão e inverno**. 164 f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2002.

FIALHO, E. S. **Ilha de calor em cidade de pequeno porte: Caso de Viçosa, na Zona da Mata Mineira.** 259 f. Tese (Doutorado em Geografia Física), Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, 2009. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8135/tde-22022010-154045/publico/EDSON_SOARES_FIALHO.pdf. Acesso em: 5 set. 2021.

FIALHO, E. S. A pesquisa climatológica realizada por geógrafos brasileiros. **Revista Brasileira de Climatologia**, Dourados-MS, Ano 6, v. 6, p. 193-212, 2010. Disponível em <https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/rbclima/article/view/13556/6965>. Acesso em: 29 ago. 2021.

FIALHO, E. S. Estudos climáticos em sítios urbanos e rurais. In: FIALHO, E.S.; SILVA, C. A. (org.). **Concepções e Ensaio da Climatologia Geográfica**. Dourados: UFGD, 2012, v. 1, p. 83-114. Disponível em: https://www.researchgate.net/profile/Edson-Fialho/publication/327890815_ESTUDOS_CLIMATICOS_EM_SITIOS_URBANOS_E_RURAIIS/links/5bab8dee299bf13e604db320/ESTUDOS-CLIMATICOS-EM-SITIOS-URBANOS-E-RURAIIS.pdf. Acesso em: 29 ago. 2021.

FIALHO, E. S.; QUINA, R. R. O campo térmico no município de Viçosa-MG, Brasil, durante o período de verão (2014/2015) e inverno (2015). **Revista de Geografia e Ordenamento do Território**, Lisboa-PORT, n. 12, p. 127-151, 2017. Disponível em: <http://cegot.org/ojs/index.php/GOT/article/view/2017.12.006>. Acesso em: 8 jul. 2020.

FIALHO, E. S.; CELESTINO, E. J. Abrigos termohigrométricos de policloreto de vinila. **Revista Entre-Lugar**, Dourados-MS, v. 8, n. 16, p. 164-188, 2016. Disponível em: <http://ojs.ufgd.edu.br/index.php/entre-lugar/article/view/8072/4832>. Acesso em: 3 jul. 2021.

FIALHO, E. S. O clima urbano e sua contribuição ao planejamento da cidade por meio da elaboração de mapas climáticos. In: OSCAR JUNIOR, A. C. S. e ARMOND, N. B. (org.): **A climatologia geográfica no Rio de Janeiro:**

reflexões, metodologias e técnicas para uma agenda de pesquisa. Curitiba-PR: APPRIS, p. 21-43, 2018. 273 p. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/343141337_O_CLIMA_URBANO_E_SUA_CONTRIBUICAO_AO_PLANEJAMENTO_DA_CIDADE_POR_MEIO_DA_ELABORACAO_DE_MAPAS_CLIMATICOS. Acesso em: 5 set. 2021.

FIALHO, E. S.; FERNANDES, L. A.; CORREA, W. S. C. Climatologia urbana: conceitos, metodologias e técnicas. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba-PR, Edição Especial – Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica-2018, v. 15, p. 47-85, 2019. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/65748/38760>. Acesso em: 6 jul. 2021.

FIALHO, E. S. O que é um transect e sua utilização nos estudos climáticos. **Revista GEOUERJ**, Rio de Janeiro-RJ, n. 34, v. 1, p. 1-29, 2019. Disponível em: <https://www.epublicacoes.uerj.br/index.php/geouerj/article/view/40951/28467>. Acesso em: 7 jul. 2021.

FIALHO, E. S. Uma cidade alterosa: pensamentos, progressos e perspectivas da climatologia no XIII Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica. **Revista Entre-Lugar**, Dourados-MS, v. 10, n. 19, p. 84-103, jul. 2019. ISSN 2177-7829. Disponível em: <https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/entre-lugar/article/view/9732>. Acesso em: 29 ago. 2021.

GOMES, W. P. **Características de temperatura na zona costeira: Análise do clima urbano em Ubatuba-SP.** 209 f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Faculdade de Ciência e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente-SP, 2017. Disponível em: <https://bv.fapesp.br/pt/dissertacoes-teses/145415/caracteristicas-da-temperatura-na-zona-costeira-analise-do>. Acesso em: 5 set. 2021.

GONZALEZ, N. P. M. **Evolución de las islas de calor urbanas en el periodo 2002-2020 y su relación con las zonas climáticas locales de las comunas de Concepción, Talcahuano y Hualpén, región del Biobío, Chile.** Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Universidad de

Chile, 2021, 100 p. Disponível em: <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/180787/evolucion-de-las-islas-de-calor-urbanas.pdf?seBUSTOSquence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 28 ago. 2021.

HACKENBERG, A. M. **O clima urbano numa cidade estuária de fundo de baía**: Joinville/SC. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1992.

HAMMER, Ø.; HARPER, D. A. T.; RYAN, P. D. Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. **Palaeontologia Electronica**, v. 4, n. 1. 9 p., 2001. Disponível em: https://palaeo-electronica.org/2001_1/past/past.pdf. Acesso em: 19 ago. 2021.

HOPPE, I. L.; WOLLMANN, C. A.; COSTA, I. T. Zonas locais climáticas de Balneário Camboriú–SC: Um estudo preliminar. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA, João Pessoa, **Anais [...]**. Paraíba-PB, Abclima, p. 77-92, 2021. Disponível em: <https://www.xivsbcg.com/anais>. Acesso em: 29 ago. 2021.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Banco de dados**. Disponível em <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/es/vitoria.html>. Acesso em: 15 jan. 2021.

JARDIM, C. H. **Proposta de síntese climática a partir do comportamento térmico e higrométrico do ar em áreas urbanas**. 2007. 357 p. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências, Campinas, SP. Disponível em: <http://libdigi.unicamp.br/document/?code=vtls000417058>. Acesso em: 29 mar. 2021.

LEMOS, L. de O.; OSCAR JÚNIOR, A. C. O campo térmico em episódio de inverno no bairro Bangu, Rio de Janeiro (RJ). **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo-SP, v. 41, n. 1, 15 p., 2021.

LUCENA, A. J. **O campo térmico na Zona Oeste do Rio de Janeiro/RJ**: uma contribuição ao estudo do clima urbano. 196 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade do

Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.

MACHADO, F. L. V.; JARDIM, C. H. Indicadores climáticos de degradação ambiental em áreas urbanas: o aglomerado da serra em Belo Horizonte. *In*: SILVA, C. A.; FIALHO, E.; STEINKE, E. T. (org.). **Experimentos em Climatologia Geográfica**. Dourados (MS): EdUFGD, p. 107-144, 2014, 392 p.

MALHEIROS. **A geografia do clima em Copacabana**: O campo térmico e a percepção da população enquanto subsídio a programas de educação ambiental. 74 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia). Centro de Ciências Matemáticas e da Natureza. Instituto de Geociências da UFRJ, Rio de Janeiro, 2003.

MALVEIRA, E. C. H. **Estudo de Mudanças Climáticas num ambiente urbano**: Evolução da Ilha de Calor na Região Metropolitana de Fortaleza. 191 f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Fortaleza. Programa de Pós-graduação em Geografia-UECE, 2003.

MENDONÇA, M. **A dinâmica tempo-espacial do clima subtropical na região conurbada de Florianópolis**. Tese (Doutorado em Geografia Física) Programa de Pós-graduação em Geografia Física. Universidade de São Paulo, 2002.

MENDONCA, M.; LOMBARDO, M. A. El clima urbano de ciudades subtropicales costeras atlánticas: el caso de la conurbación de Florianópolis. **Revista de Geografia Norte Grande**, Santiago, n. 44, p. 129-141, 2009 Disponível em: https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-3402200900300007&lang=es. Acesso em: 16 ago. 2021.

MONTEIRO, C. A. F. **Teoria e Clima urbano**. Tese de Livre Docência. 219 f. Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo. Disponível em: https://www.abclima.ggf.br/arquivos/obrasclimatologia/29/TEORIA%20E%20CLIMA%20URBANO_LD_1975.pdf. Acesso em: 5 set. 2021.

NASCIMENTO, C. C. **Clima e morfologia urbana em Belém**. Belém: UFPA/NUMA, 1995, 157 p.

OLIVEIRA, J. R. F. **O clima de Caucaia sob uma perspectiva termodinâmica**. 101 f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Departamento de Geografia. Programa de Pós-graduação de Geografia, Fortaleza, 2014.

OLIVEIRA, W. D.; FIALHO, E. S. O campo térmico do distrito de Carapina-Serra/ES: Análise de verão em uma cidade litorânea. **Caderno de Geografia**, Coimbra-PORT, n. 41, p. 59-79, 2020. Disponível em: https://impactum-journals.uc.pt/cadernosgeografia/article/view/41_5/6507. Acesso em: 17 ago. 2021.

PEREIRA, C. T. **Dinâmica climática e comportamento térmico em distintas local climate zones em uma cidade tropical**. 101 f. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais). Centro de Ciências Biológicas e da Saúde. Universidade Federal de São Carlos, 2020. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/12986>. Acesso em: 4 set. 2021.

PINHEIRO, J. M. **Clima urbano da cidade de São Luís do Maranhão**. 242 f. Tese (Doutorado em Geografia Física). Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas. Universidade de São Paulo, 2018. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8135/tde-13022019-160256/es.php>. Acesso em: 6 set. 2021.

PINTO, J. E. S. S. O clima local de Aracajú- SE. In: SANT'ANNA NETO, J. L. (org.). **Os climas das cidades brasileiras**. Presidente Prudente: EDUNESP, 2002, 227 p.

PORTAL DOMÍNIO PÚBLICO. **Biblioteca digital**. Disponível em: <http://www.dominiopublico.gov.br/pesquisa/PesquisaObraForm.jsp>. Acesso em: 29 ago. 2021.

PORTESA, C. P.; BURNEOB, V. F. G.; ZAMBRANOC, S. R. D.; JAIRALA, M. G. C. La Forma Espacial de la Isla de Calor en la Ciudad de Guayaquil. **Investigatio**, Guayaquil-QUE, n. 9, p. 92-106, 2017.

SAMPAIO, A. H. L. **Correlações entre o uso do solo e ilha de calor no ambiente urbano: o**

caso de Salvador/BA. 81 f. (Dissertação de Mestrado). Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas. Universidade de São Paulo, 1981.

SANTANA, A. M. S. **O desenho urbano e a climatologia em Fortaleza**. 168 f. Dissertação (Mestrado em Geografia Física). Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas. Universidade de São Paulo, 1997.

SANTOS, J. S. **Campo térmico urbano e sua relação com o uso e cobertura do solo em João Pessoa**. 110 f. Tese (Doutorado). Campina Grande: Programa de Pós-graduação em Recursos Naturais-UFCG, 2011. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/1849>. Acesso em: 5 set. 2021.

SCHILLER, S.; EVANS, J. M.; KATZSCHENER, L. Isla de calor, microclima urbano y variables de diseño estudios en buenos aires y rio galegos. **Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente**, Buenos Aires, v. 5, 6 p., 2001. Disponível em: http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/79672/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 15 ago. 2021.

SILVA, A. P. N. **Ilha de calor urbana: diagnóstico e impactos no microclima da Região Metropolitana de Macapá, AP**. 129 f. Tese (Doutorado em Meteorologia) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2016. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/1601>. Acesso em: 5 set. 2021.

SOUZA, F. X. S.; CARMO, M. R.; CRUZ JUNIOR, H. E.; SOUZA, G. R.; LOPES, E. E. L.; SILVA, L. E. As alterações no clima urbano de Paranaguá co-relacionado ao uso e ocupação do solo. **Revista Mundi Meio Ambiente e Agrárias**, Paranaguá, PR, v. 5, n. 2, p. 5-26, 2020. Disponível em: [http://periodicos.ifpr.edu.br/index.php?journal=MundiMAA&page=article&op=view&path\[\]=121](http://periodicos.ifpr.edu.br/index.php?journal=MundiMAA&page=article&op=view&path[]=121). Acesso em: 2 set. 2021.

STEFFENS, A. M. C.; PICCOLO, M. C.; FERRERAS, A. M. C. Clima urbano de Bahía Blanca. **Revista Universitaria de Geografía**, Buenos Aires, p.

183-186, 2006. Disponível em: http://bibliotecadigital.uns.edu.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1852-42652006001100111&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 1 set. 2021.

ROMERO, H.; MOLINA, M.; VÁSQUEZ, A.; SMITH, P. El clima urbano del Puerto de Valparaíso: Construcción social del espacio en ciudades costeras. **Revista da Faculdade da Universidade do Porto**, Porto-PORT, v. 2, p. 107-123, 2008. Disponível em: <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/117772/1%20-%20Artig-Romero%20et%20al.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 16 ago. 2021.

TUBELIS, A.; NASCIMENTO, F. C. L. **Meteorologia descritiva: fundamentos e aplicações brasileiras**. São Paulo: Nobel, 1992, 374 p.

VIEIRA, C. A.; CUPOLILO, F. Estudo da atuação do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) no Parque Estadual do Rio Doce (PERD) e seu entorno na estação chuvosa. **Revista Brasileira de Climatologia**, Dourados-MS, Ano 17, v. 18, p. 830-857, 2021. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/73276/43948>. Acesso em: 31 ago. 2021.

XAVIER, T. C.; OLIVEIRA, W. D.; FIALHO, E. S. Análise das condições de conforto térmico da cidade de Vitória, ES. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo-SP, v. 41, n. 1, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.11606/eISSN.2236-2878.rdg.2021.172471>. Acesso em: 16 ago. 2021.

AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de agradecer aos voluntários, que nos auxiliaram no trabalho de coleta dos dados de campo, bem como à equipe do Laboratório de Biogeografia e Climatologia (Bioclima) da Universidade Federal de Viçosa, que nos auxiliou na execução de todas as etapas do trabalho desenvolvido, que fazem parte do projeto: *Paisagens, Clima e Territórios apropriados: Uma discussão sobre o significado social do clima em diferentes sociedades e escalas geográficas* (Registro SISPPG – Sistema de Pesquisa e Pós-graduação: 10708275919).

ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DOS TIPOS DE TEMPO PARA TURISMO DE SOL E PRAIA NO LITORAL DO RIO GRANDE DO SUL

Ricardo Brandolt
Erika Collischonn

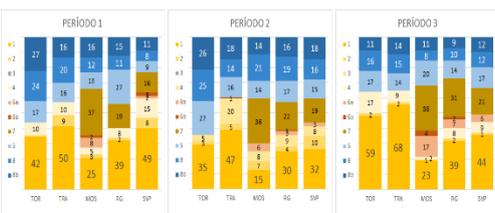
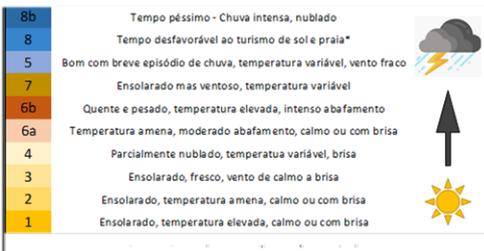
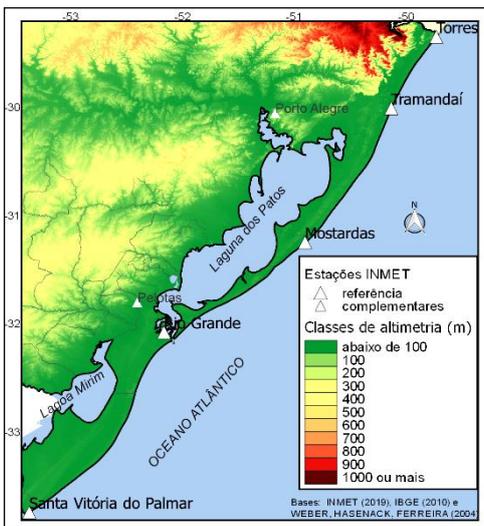
RESUMO

Este artigo descreve o potencial climático do litoral do Rio Grande do Sul para o turismo de sol e praia, baseado em dados meteorológicos diários de cinco estações do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), de 2017 a 2020. Foi utilizada a metodologia de Besancenot, Mounier e Lavenne (1978), que estabelece tipologias de tempo para atividades ao ar livre, a partir de uma combinação dos elementos climáticos. Os resultados mostraram que o potencial turístico varia anualmente e, também, de um setor do litoral ao outro, em face aos fatores geográficos regionais.

SPATIOTEMPORAL ANALYSIS OF WEATHER TYPES FOR SUN AND BEACH TOURISM ON THE COAST OF RIO GRANDE DO SUL

ABSTRACT

This article describes the summer climate potential for beach tourism of the Rio Grande do Sul Atlantic coast. The proposal utilizes the weather types method of Besancenot, Mounier and de Lavenne, which incorporates seven climate variables relevant to beach tourism activities, with the objective of evaluating the spatial and temporal distribution of climate resources for tourism. Daily weather data from five weather stations (INMET) were used. The procedures were applied, day by day, in the summer months (December to March) from 2017 to 2020. At present, the north coast has been more used by tourists, but the study identified other climatically suitable places for beach tourism. Precipitation and wind are the variables that most differentiate the north, middle and south sectors of the coast. In addition, the sequence of daily weather types varies greatly from one year to another.

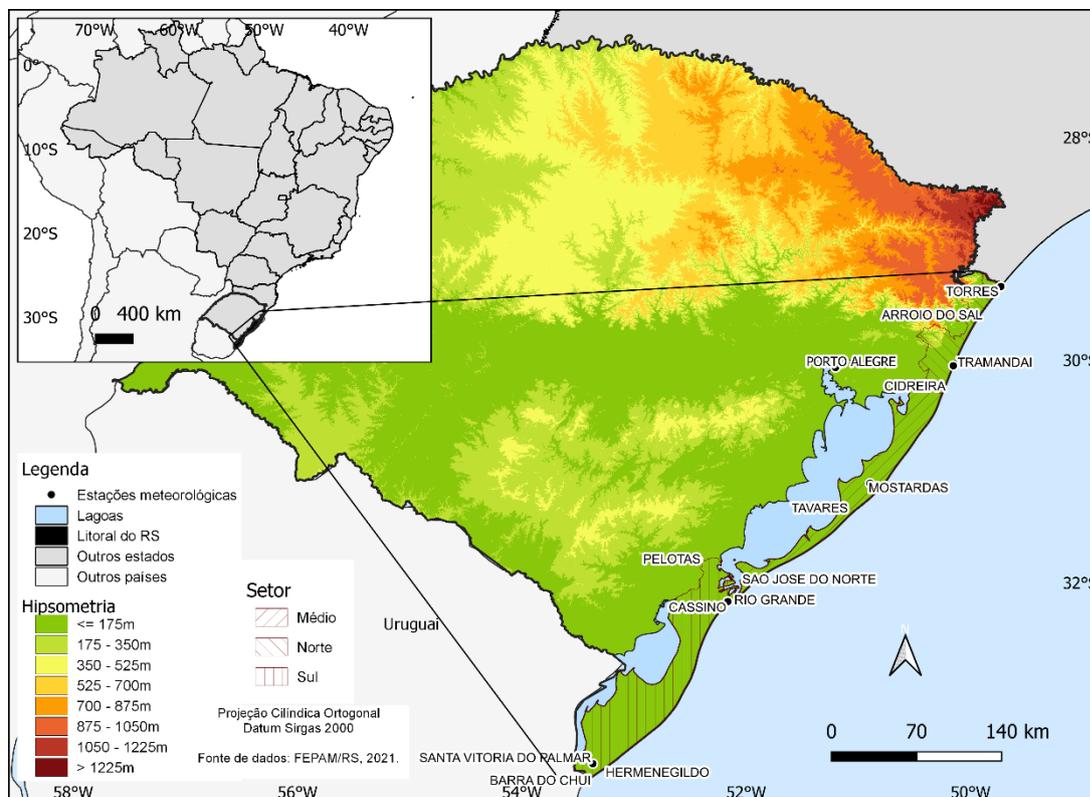


INTRODUÇÃO

O Ministério do Turismo (2006), para fins de formulação de políticas públicas, adota o termo “Turismo de Sol e Praia” para o segmento que congrega as atividades turísticas relacionadas à recreação, entretenimento ou descanso em praias, em função da presença conjunta de água, sol e calor. Refere-se tanto às praias naturais – marítimas, fluviais e lacustres – como às artificiais. No entanto, em termos de representatividade para o desenvolvimento do segmento, ainda se destaca o de turismo nas praias marítimas.

O Brasil possui cerca de 8.500 km de linha de costa propícia ao turismo de sol e praia. A localização deste litoral, majoritariamente na zona tropical, é responsável pela atração dos maiores fluxos de visitantes estrangeiros ao Brasil visando às praias marítimas, o que contribui significativamente para a captação de divisas internacionais para o país (Brasil, 20--; 2006). Nas cartilhas elaboradas pelo Ministério do Turismo para este segmento turístico (Brasil, 20--; 2006), voltadas ao turista internacional, existe uma linha de costa de 616,77 km, totalmente negligenciada por se situar fora do contexto climático dominante no país, que é a do litoral do Rio Grande do Sul (Figura 1).

Figura 1 - Localização do Litoral do Rio Grande do Sul e seus setores.



Fonte: FEPAM/RS, 2021.

Pela posição, este litoral situa-se, segundo Strahler e Strahler (1986), na zona de clima subtropical úmido da porção leste dos continentes, de características mesotérmicas, com maior amplitude térmica anual e chuvas distribuídas ao longo de todo o ano. Com relação ao regime climático, pode-se dizer que os sistemas polares são os grandes dinamizadores do clima regional, em interação com os sistemas tropicais. Como resultado dessa interação, como averiguaram Cavalcanti e Kousky (2009), no litoral do Rio Grande do Sul passam quarenta sistemas frontais por ano (média 1975-2005) e, mesmo de dezembro a fevereiro, quando a massa tropical atlântica é dominante, estas passagens são frequentes, ocorrendo, em média, nove no litoral sul e seis no litoral norte. Portanto, mesmo o verão apresenta um clima marcado pela variedade de tipos de tempo, e pela sensibilidade às alterações produzidas pelos eventos *El Niño* e *La Niña*, que definem as irregularidades interanuais (GRIMM, 2021).

Ainda que apresente esse diferencial climático em relação aos demais estados brasileiros, o Rio Grande do Sul tem tradição em turismo de sol e praia. Desde o início do século XX, segundo Schossler (2017), nos espaços litorâneos anteriormente já utilizados para práticas terapêuticas, foram se instalando vilas turísticas destinadas à recreação. Aos poucos, foi se configurando neste litoral uma

tipologia menos hoteleira de hospedagem turística, e mais “de segunda residência”, através da qual, segundo Abrahão e Tomazzoni (2018, p. 87), “existe um vínculo permanente, pelo retorno sucessivo ao mesmo destino, mas cuja permanência não excede ao período de um ano”. A partir dos anos 1970, esta forma de “espaço privado de lazer e de fruição” se difundiu como uma condição do status, ensejando um processo de massificação.

Esta modalidade de turismo no Rio Grande do Sul tem como principal característica sua sazonalidade, pois ocorre predominantemente durante o verão, quando aflui para o litoral um grande contingente de pessoas que se aloja, em sua maioria, em residências próprias ou alugadas, mas também em hotéis, pousadas, entre outros. Na baixa temporada, a tendência é de relativa ociosidade dos equipamentos urbanos, turísticos e de lazer.

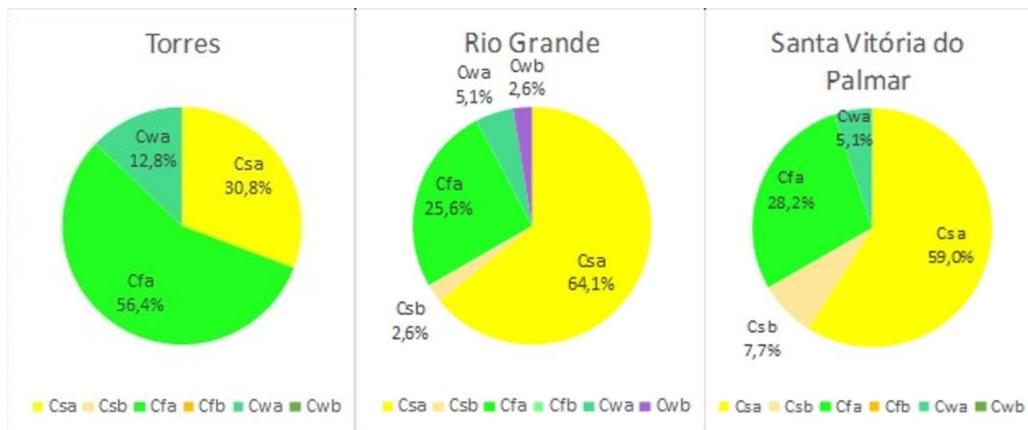
Apesar do intenso uso desta faixa litorânea, ainda há carência de estudos referentes à dimensão do seu potencial climático para o turismo de sol e praia. Em estudo desenvolvido por Dubreuil *et al* (2017) foi aplicada, para todo o Brasil, uma análise por “Tipo Climático Anual” (TCA) que permite demonstrar a variabilidade climática existente nos grandes grupos climáticos ao longo dos anos.* Com base em análise de dados de 1961 a 2015, este estudo mostrou que a metade sul

* Segundo a metodologia, todas as tipologias climáticas do litoral gaúcho se enquadram no grande grupo climático mesotérmico C, dada abrangência deste (temperatura média do ar dos 3 meses mais frios compreendidas entre -3°C e 18°C e temperatura média do mês mais quente superior a 10°C). Para os climas C identificam-se, segundo o regime pluviométrico, as variantes: f – com nenhum mês seco, ou seja, o mês menos chuvoso apresenta pelo menos 60mm de precipitação; w – corresponde aquele no qual a precipitação do mês mais seco está entre 60mm e $[100 - (\text{precipitação anual})/25]$; s – seco no verão, se relacionado aos anos em que o mês mais chuvoso do verão recebe menos de 1/3 da precipitação do mês mais chuvoso de inverno. Por fim, aos tipos Cf, Cw e Cs ainda pode se acrescentar mais duas subtipologias: a) de verões quentes (temperatura média do mês mais quente superior a 22°C); e b) aqueles com verões frescos (temperatura média do mês mais quente inferior a 22°C).

do Rio Grande do Sul e, principalmente, as estações meteorológicas do litoral sul, apresentaram uma repartição quase igualitária entre os tipos climático anual “Cfa” (mesotérmico úmido) e “Csa” (mediterrâneo), enquanto que, no litoral norte, dominou o TCA “Cfa”.

Considerando um período mais curto e mais recente de dados (1981 a 2019) e a Normal Climatológica (1981-2010) como referência, Brandolt (2020) refez esta análise do Tipo Climático Anual (TCA), constatando a distribuição da Figura 2, de norte a sul no litoral do Rio Grande do Sul.

Figura 2 - Participação dos TCAs para Torres, Rio Grande e Santa Vitória do Palmar (1981-2019).



Fonte: Brandolt, 2020.

O predomínio do TCA “Csa” no litoral sul (Santa Vitória do Palmar e Rio Grande) significa que este setor tende a ser mais seco no verão, ou que, com certa frequência, o mês menos chuvoso do verão recebe menos de 1/3 da precipitação do mês mais úmido do inverno. Já no litoral norte (Torres) o TCA “Cfa” teve maior frequência que o “Csa”, e com frequência o verão foi a estação mais chuvosa do ano (“Cwa” em 12,8% dos anos). Apesar da análise de TCA não ser desenvolvida especificamente com o objetivo de avaliar o potencial climático para turismo de sol e praia, ela suscitou a hipótese de que, pela menor precipitação, possivelmente, o litoral médio e sul gaúcho tivessem condições mais propícias, para o turismo de sol e praia, do que o litoral

norte.

Na relação clima-turismo, no entanto, como destaca Besancenot (1990), somente índices calculados a partir de dados diários são válidos para reconstituir uma ambiência climática real. Para ele é preciso respeitar as interações existentes entre os elementos do clima, interações estas, que nenhum índice mensal, mesmo o mais sofisticado, pode traduzir corretamente. Assim, propõe investir-se em análises do tipo de tempo diário, porque se constituem num método mais sintético. Neste artigo apresenta-se uma avaliação desse potencial com base na aplicação de metodologia proposta por Besancenot, Mounier e de Lavenne (1978), com o objetivo

de identificar diferentes ambiências climáticas para o turismo de sol e praia.

METODOLOGIA

Desde a década de 1960, esforços têm sido empreendidos na definição de uma métrica adequada para o “clima favorável” do ponto de vista do turista com indicadores que possam ajudar os investidores a escolher onde desenvolver novos destinos, ou ajudar os operadores turísticos, ou turistas, a planejarem suas atividades. Inicialmente, a maioria dos índices criados baseava-se em fórmulas empíricas mensais. Dentre as quais, Sacchini *et al.* (2012) descrevem aquelas criados por Burnet em 1963, por Hughes em 1967, e por Davis em 1968. Mas há outros, como proposto por Sarraméa (1980). Estes se aplicam, talvez, ao mediterrâneo europeu, mas não fazem sentido quando aplicados a outras regiões litorâneas do globo. Como observaram de Freitas (2003) e de Freitas, Scott e McBoyle (2008), estes índices também não consideram a maioria dos atributos atmosféricos e ambientais importantes para o turismo de sol e praia. Posteriormente, foram desenvolvidos métodos a partir de dados diários que, para Andrade, Alcoforado e Oliveira (2007), têm a vantagem de analisar as condições meteorológicas reais vividas pelos turistas, a partir de uma combinação de parâmetros meteorológicos, podendo incluir fatores de risco como ventos fortes, estresse térmico etc.

Nesta perspectiva, foi primoroso o estudo realizado por Barbiéri (1981), para o litoral do Rio de Janeiro, que analisou variações

diárias dos elementos meteorológicos em diferentes porções do litoral fluminense. O autor constatou que “as condições atmosféricas habituais, sobretudo aquelas em nível de ‘tipos de tempo’, que se definem por certos tipos de circulação atmosférica, exercem um papel relevante, e, ao mesmo tempo, se tornam praticamente fundamentais na programação do turismo-lazer.” (BARBIÉRI, 1981, p. 161).

Já as metodologias de Besancenot, Mounier e de Lavenne (1978) e Besancenot (1990), também partem da sucessão dos tipos de tempo, mas, apesar de não descartarem a importância da circulação atmosférica, concebem tipos de tempo, principalmente, a partir daquilo que é observado e sentido (bom tempo seco e ensolarado, mau tempo chuvoso e frio, por exemplo). Para Vigneau (2003), tipo de tempo é uma concepção mais fisionômica (climatologia analítica), uma síntese da combinação de elementos climáticos que não incorpora o tipo de circulação (condição sinótica).

A proposta, segundo Besancenot (1990), é uma classificação com nove tipologias diárias de tempo, sete das quais favoráveis à prática de recreação ao ar livre (mesmo que incluam um leve grau de desconforto) e dois desfavoráveis ao lazer ao ar livre (Figura 3). A metodologia é aplicável aos climas temperados medianos e quentes, baseada no ritmo ditado pelo sol: no hemisfério norte, o recorte temporal proposto é de quatro meses para as análises diárias na estação estival, do início de junho ao final de setembro; já para o hemisfério sul, os quatro meses propostos são dezembro, janeiro, fevereiro e março.

A metodologia dos tipos de tempo permite individualizar as mais marcantes combinações cotidianas dos principais elementos do clima efetivamente experienciadas pelo turista: I - luz do sol (horas), Nb - cobertura de nuvens ao meio-dia (oitavos de céu coberto), D - duração da precipitação, P - precipitação total, Tx - temperatura máxima, V - velocidade do vento (m/s) e \bar{U} - pressão de

vapor (hPa). Os autores definiram os limites de cada parâmetro, inicialmente, a partir da observação do comportamento dos veranistas no litoral europeu e, posteriormente, os adaptaram a diferentes locais do mundo como base em limiares bioclimáticos.

Figura 3 - Legenda descritiva dos tipos de tempo de verão segundo a classificação de Besancenot, Mounier e de Lavenne (1978).

<p>TRÈS BEAU TEMPS ENSOLEILLÉ </p> <p>TYPE 1</p> <ul style="list-style-type: none"> $I \geq 9 \text{ h}$ ou $Nb \leq 2/8$ $D = 0 \text{ h}$ ou $P = 0 \text{ mm}$ $25 \leq Tx < 33 \text{ }^\circ\text{C}$ $V < 8 \text{ m/s}$ $4 < U < 25 \text{ hPa}$ 	<p>TEMPS CHAUD ET LOURD </p> <p>TYPE 6</p> <p>soit</p> <ul style="list-style-type: none"> $I \geq 9 \text{ h}$ ou $Nb \leq 2/8$ $D = 0 \text{ h}$ ou $P = 0 \text{ mm}$ $Tx \geq 18 \text{ }^\circ\text{C}$ $V < 12 \text{ m/s}$ $25 \leq U < 31,3 \text{ hPa}$ <p>soit</p> <ul style="list-style-type: none"> $I \geq 9 \text{ h}$ ou $Nb \leq 2/8$ $D = 0 \text{ h}$ ou $P = 0 \text{ mm}$ $Tx \geq 33 \text{ }^\circ\text{C}$ $V < 12 \text{ m/s}$ $U < 31,3 \text{ hPa}$
<p>BEAU TEMPS ENSOLEILLÉ </p> <p>TYPE 2</p> <ul style="list-style-type: none"> $I \geq 9 \text{ h}$ ou $Nb \leq 2/8$ $D = 0 \text{ h}$ ou $P = 0 \text{ mm}$ $18 \leq Tx < 25 \text{ }^\circ\text{C}$ $V < 8 \text{ m/s}$ $4 < U < 25 \text{ hPa}$ 	<p>BEAU TEMPS avec VENT FORT </p> <p>TYPE 7</p> <ul style="list-style-type: none"> $I \geq 9 \text{ h}$ ou $Nb \leq 2/8$ $D = 0 \text{ h}$ ou $P = 0 \text{ mm}$ $18 \leq Tx < 33 \text{ }^\circ\text{C}$ $8 \leq V < 12 \text{ m/s}$ $4 < U < 25 \text{ hPa}$
<p>TEMPS FRAIS ENSOLEILLÉ en juin et septembre </p> <p>TYPE 3</p> <ul style="list-style-type: none"> $I \geq 9 \text{ h}$ ou $Nb \leq 2/8$ $D = 0 \text{ h}$ ou $P = 0 \text{ mm}$ $16 \leq Tx < 18 \text{ }^\circ\text{C}$ $V < 8 \text{ m/s}$ $4 < U < 25 \text{ hPa}$ 	<p>TEMPS DÉFAVORABLE </p> <p>TYPE 8</p> <p>TOUS LES AUTRES TYPES DE TEMPS, à l'exception du type 8 bis</p>
<p>BEAU TEMPS avec COUVERTURE NUAGEUSE PARTIELLE </p> <p>TYPE 4</p> <ul style="list-style-type: none"> $3 \leq I < 9 \text{ h}$ ou $2 < Nb \leq 6/8$ $D = 0 \text{ h}$ ou $P = 0 \text{ mm}$ $18 \leq Tx < 33 \text{ }^\circ\text{C}$ $V < 8 \text{ m/s}$ $4 < U < 25 \text{ hPa}$ 	<p>TEMPS POURRI </p> <p>TYPE 8 bis</p> <ul style="list-style-type: none"> $I < 3 \text{ h}$ ou $Nb \geq 6/8$ $D > 3 \text{ h}$ ou $P > 5 \text{ mm}$
<p>BEAU TEMPS avec BREF ÉPISODE PLUVIEUX </p> <p>TYPE 5</p> <ul style="list-style-type: none"> $I \geq 3 \text{ h}$ ou $Nb \leq 6/8$ $0,1 \leq D < 1 \text{ h}$ ou $0,1 \leq P < 1 \text{ mm}$ $18 \leq Tx < 33 \text{ }^\circ\text{C}$ $V < 8 \text{ m/s}$ $4 < U < 25 \text{ hPa}$ 	

Fonte: Besancenot, 1990.

Esta foi a metodologia aplicada ao litoral gaúcho, conforme se detalha na próxima seção.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para a classificação de ambiência climática para o turismo costeiro foram utilizados dados horários e diários referentes ao período mais propício ao veraneio (dezembro a março), dos verões de 2017/2018,

2018/2019 e 2019/2020, para cinco estações do INMET: Torres, Tramandaí, Mostardas, Rio Grande e Santa Vitória do Palmar. Também foram usados dados das estações de Porto Alegre e Pelotas para análises de contexto e preenchimento de alguma falha (Quadro 1).

Quadro 1 - Estações meteorológicas utilizadas.

Código OMM	Estação	Latitude	Longitude	Altitude (m)	Ano de Instalação
83948	Torres	-29,350359	-49,733263	8	1913
86988	Porto Alegre	-30,053536	-51,174766	41	1909
86995	Rio Grande	-32,078780	-52,167738	5	2001
86998	Santa Vitória do Palmar	-33,742297	-53,372218	7	1912
86993	Pelotas	-31,802550	-52,406895	13	1888
86990	Tramandaí	-30,010268	-50,135887	5	2008
86994	Mostardas	-31,248279	-50,906279	4	2008

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (2018). Organizado por Brandolt, 2020.

Temperatura máxima foi o dado de maior disponibilidade. Os dados de duração da precipitação apresentaram falhas, por isso, seguindo o que prevê a metodologia, foi utilizada a precipitação total (mm).

Velocidade do vento foi, das variáveis, a que apresentou mais falhas de dados para as estações meteorológicas consideradas, por isso optou-se por utilizar os dados obtidos a partir de sensores remotos do Programa “Previsão de Recurso Mundial de Energia” (POWER) do Centro de Pesquisa Langley da NASA (LaRC), financiado pelo Programa de

Ciências da Terra/Ciências Aplicadas da NASA (<https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>). Este projeto, que foi iniciado para aprimorar o banco de dados SSE (Surface meteorology and Solar Energy) anteriormente existente, acabou por disponibilizar mais conjuntos de dados, a partir de novos sistemas de satélite e modelagens de previsão. Desta plataforma obteve-se os dados diários de velocidade máxima do vento (10 m/s) e de radiação incidente na superfície. Este último dado foi usado para estimar horas de brilho solar por dia (n), através de programação

incorporada a uma planilha do Excel por Snyder (2001) denominado Wton 1.01. Na utilização desta planilha é preciso informar, inicialmente, a localização da estação e o ano desejado, para que o programa possa calcular o número máximo de horas diárias de insolação astronomicamente previstas (N) para a latitude informada. Depois, entra-se com os dados da radiação solar global total incidente no dia, em megajoules por metro quadrado por dia, para estimar horas de sol brilhante por dia (n).

A tensão de vapor (\bar{U}) foi inferida com base na temperatura máxima e umidade

relativa mínima do dia: primeiramente, a partir da fórmula empírica denominada Equação de Tétens, chegou-se à tensão de saturação; posteriormente, levando em conta que umidade relativa - UR resulta da divisão entre a tensão momentânea de vapor e a tensão de saturação, e, conhecido o valor de UR, obteve-se o valor da tensão de vapor.

O quadro (Figura 4) apresenta o esquema criado para a classificação proposta por Besancenot, Mounier e Lavenne (1978), com os limiares de cada classe:

Figura 4 - Limiares das variáveis na definição do tipo de tempo.

Tipo/Variável	I	P	T	V	\bar{U}
Tipo 1	≥ 9 h	=0 mm	$25^{\circ}\text{C} \leq T < 33^{\circ}\text{C}$	< 8 m/s	$4 < \bar{U} < 25$ mb
Tipo 2	≥ 9 h	=0 mm	$18^{\circ}\text{C} \leq T < 25^{\circ}\text{C}$	< 8 m/s	$4 < \bar{U} < 25$ mb
Tipo 3	≥ 9 h	=0 mm	$16^{\circ}\text{C} \leq T < 18^{\circ}\text{C}$	< 8 m/s	$4 < \bar{U} < 25$ mb
Tipo 4	$3 \text{ h} \leq I < 9 \text{ h}$	=0 mm	$18^{\circ}\text{C} \leq T < 33^{\circ}\text{C}$	< 8 m/s	$4 < \bar{U} < 25$ mb
Tipo 5	≥ 3 h	$1 \text{ mm} \leq P \leq 1 \text{ m}$	$18^{\circ}\text{C} \leq T < 33^{\circ}\text{C}$	< 8 m/s	$4 < \bar{U} < 25$ mb
Tipo 6a	≥ 9 h	=0 mm	$\geq 18^{\circ}\text{C}$	< 12 m/s	$25 \text{ mb} \leq \bar{U} < 31,3 \text{ mb}$
Tipo 6b	≥ 9 h	=0 mm	$\geq 33^{\circ}\text{C}$	< 12 m/s	$< 31,3 \text{ mb}$
Tipo 7	≥ 9 h	=0 mm	$18^{\circ}\text{C} \leq T < 33^{\circ}\text{C}$	$8 \text{ m/s} \leq V < 12 \text{ m/s}$	$4 < \bar{U} < 25$ mb
Tipo 8		$1 \text{ mm} \leq P \leq 5$	-	≥ 12 m/s	
Tipo 8b	< 3 h	> 5 mm	-	-	-

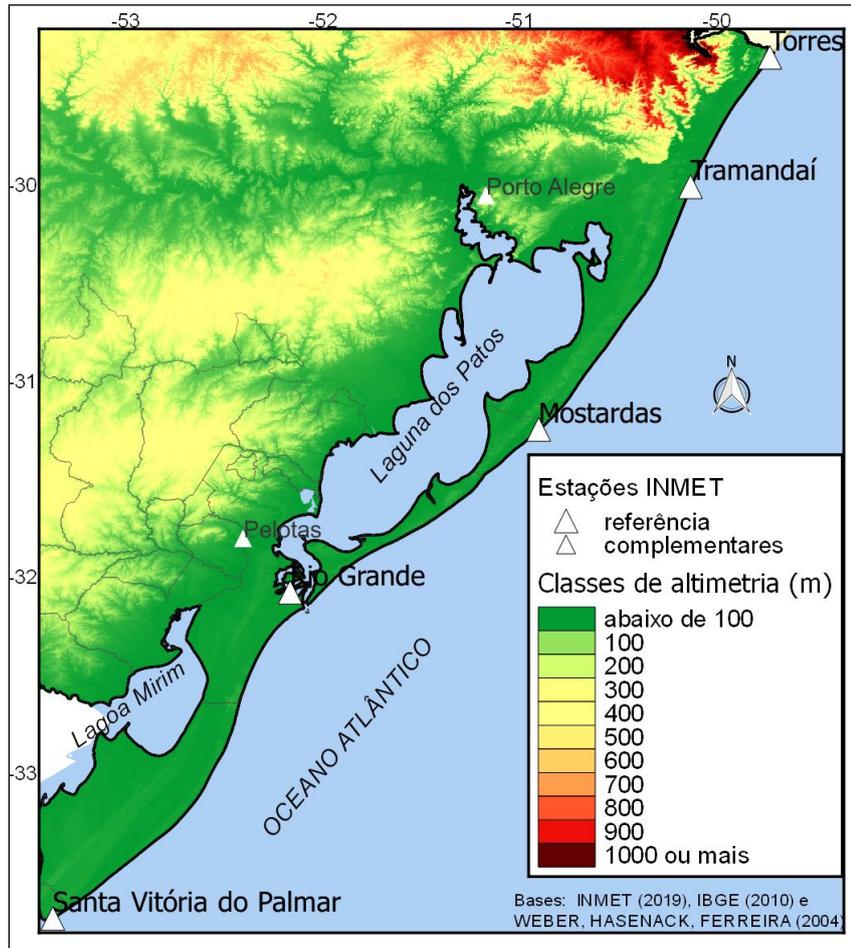
Fonte: Brandolt, 2020.

Com base nestes limiares, Brandolt (2020) criou rotinas no Excel® visando transformar os dados brutos das cinco variáveis nas classificações dos 10 tipos diários de tempo. O resultado desta classificação, além de permitir a confrontação entre estações meteorológicas, permitiu a comparação de uma mesma estação de um ano para outro.

RESULTADOS

A linha de costa do Rio Grande do Sul tem orientação NE-SW, desde a foz do Rio Mampituba, ao norte ($29^{\circ}19'32''\text{S}$ e $49^{\circ}42'47''\text{O}$), onde se localiza a estação meteorológica de Torres, até a foz do Arroio Chuí, na fronteira com a República Oriental do Uruguai ($33^{\circ}44'37''\text{S}$ e $53^{\circ}22'13''\text{O}$), onde se localiza a estação meteorológica de Santa Vitória do Palmar (Figura 5).

Figura 5 - Localização das estações meteorológicas e balneários de referência.



Fonte: Brandolt, 2020.

Com exceção de Torres, que é recortada por falésias de arenito e basalto à beira mar (Figura 6a), os demais balneários são formados por praias retas (Figura 6b), nas quais as únicas alternâncias na paisagem se formam em desembocaduras de rios ou lagoas (Figura 6c). O Programa de Gerenciamento Costeiro (FEPAM, 2019) subdivide este litoral em norte, médio e sul. O litoral norte é marcado pela proximidade (~50km a oeste) da escarpa do Planalto Arenito Basáltico (Figura 6d), com desníveis altimétricos em torno de 1000 m, e, neste setor, se encontram as estações

meteorológicas de Torres e Tramandaí. O litoral médio, onde se encontra a estação meteorológica de Mostardas, abrange toda a restinga com muitos campos de dunas (Figura 6e) a leste da Laguna dos Patos, corpo d'água que é localmente denominado "Mar de dentro", dada a sua extensão. Por fim, o litoral sul, que se estende do estuário da Laguna dos Patos (Figura 6f) até a Barra do Chuí, é uma extensa faixa de areia (Figura 5g) banhada pela lagoa Mirim a oeste, contando com as estações meteorológicas de Rio Grande e Santa Vitória do Palmar.

Figura 6 - Paisagens do Litoral do Rio Grande do Sul a) praia de Torres, b) praias planas, c) cursos d'água mudando a paisagem, d) escarpa do planalto próximo à praia, e) campos de Dunas em Mostardas, f) molhes da barra da Laguna dos Patos e g) extensão de praia no litoral sul.



Fonte: Fotos de Erika Collischonn.

Antes de analisar a distribuição diária ou mensal dos tipos de tempo, considerou-se fundamental comparar os dados de precipitação de cada período em relação à normal climatológica (NC), já que esta é requisito fundamental para o turismo de sol e praia. Os três períodos em questão foram: 1) de dezembro de 2017 a março de 2018; 2) de dezembro de 2018 a março de 2019; e 3) de dezembro de 2019 a março de 2020. No primeiro período, a precipitação, durante os quatro meses (dezembro a março) no litoral norte, esteve próxima da NC/1981-2010. Já no extremo sul não chegou à metade da normal. No segundo período, a precipitação acumulada dos quatro meses também esteve próxima a

normal em Torres, enquanto na fronteira com o Uruguai foi 21% maior que a normal. Já no verão de 2019/2020 ocorreu menos chuva em ambos os extremos, 54% da NC em Torres e 39,2% em Santa Vitória, configurando, portanto, um verão muito favorável ao turismo de sol e praia.

Para a análise diária dos tipos de tempo, Brandolt (2020) adequou uma legenda usando cores (Figura 7) àquela proposta por Bensancenot, Mounier e de Lavenne (1978), que sintetiza as diferentes tipologias, agrupando-as em ordem diferente para destacar a ocorrência de precipitação.

Figura 7 - Legenda descritiva dos tipos de tempo vivenciados pelo turista de sol e praia.

8b	Tempo péssimo - Chuva intensa, nublado	  
8	Tempo desfavorável ao turismo de sol e praia*	
5	Bom com breve episódio de chuva, temperatura variável, vento fraco	
7	Ensolarado mas ventoso, temperatura variável	
6b	Quente e pesado, temperatura elevada, intenso abafamento	
6a	Temperatura amena, moderado abafamento, calmo ou com brisa	
4	Parcialmente nublado, temperatura variável, brisa	
3	Ensolarado, fresco, vento de calmo a brisa	
2	Ensolarado, temperatura amena, calmo ou com brisa	
1	Ensolarado, temperatura elevada, calmo ou com brisa	
* Todos os outros tipos de tempo, a exceção do tipo 8b		

Fonte: Brandolt, 2020.

Nesta legenda, os tons em amarelo são os mais propícios ao turismo de sol e praia, os tons avermelhados indicam abafamento, o tom areia escuro, muito vento e os tons em azul, presença menor ou maior de precipitação no período. A aplicação dos parâmetros definidos pela metodologia na delimitação dos tipos de tempo resultou na distribuição, dia a dia, para os três períodos (Figura 8), na qual constam sempre as cinco estações meteorológicas: Torres (TOR), Tramandaí (TRA), Mostardas (MOS), Rio Grande (RG) e Santa Vitória do Palmar (SVP).

Constata-se, nesta sucessão de tipos de tempo, que há um alinhamento de dias com chuva em todo o litoral. Estes alinhamentos tem relação com a passagem de frentes frias que, segundo Pampuch e Ambrizzi (2015), no verão, ocorrem em média a cada 11 dias nesta latitude. No geral, contudo, observa-se uma

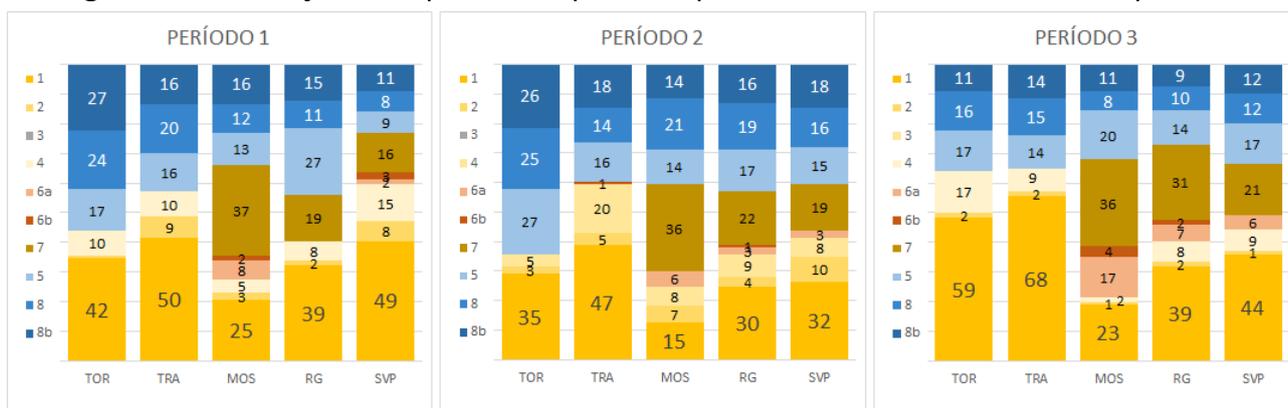
diversidade diária de tipos de tempo entre o norte e o sul do Rio Grande do Sul. A Figura 9 sintetiza estes dados, procurando confrontar a participação dos tipos de tempo nos cinco balneários em cada um dos três períodos analisados.

Com base na classificação adotada, constata-se que em Torres e Tramandaí raramente ocorreu o tipo de tempo 7 (ensolarado com muito vento); já em Mostardas, Rio Grande e Santa Vitória do Palmar este tipo foi bem frequente. Em Mostardas, em todos os três anos analisados, esta tipologia foi a mais frequente para o período do ano em estudo. Já os tipos de tempo com ocorrência de precipitação (tipo 5, 8 e 8b), no geral, foram mais frequentes em Torres e Tramandaí.

Figura 8 - Distribuição das classificações dos tipos de tempo diário nos três períodos.

	Período 1					Período 2					Período 3				
	TOR	TRA	MOS	RG	SVP	TOR	TRA	MOS	RG	SVP	TOR	TRA	MOS	RG	SVP
01-dez-2017	5	2	7	5	1	8	5	5	7	5	1	1	7	7	7
02-dez-2017	5	2	7	5	4	8	2	5	7	7	2	2	7	7	7
03-dez-2017	8	5	8b	8b	4	2	1	7	7	5	2	2	7	2	4
04-dez-2017	8	8	5	5	7	1	1	5	5	7	4	8b	7	1	8
05-dez-2017	8	5	7	5	5	1	1	7	7	7	8b	8	7	7	7
06-dez-2017	8	2	5	5	4	1	1	7	7	7	1	1	7	7	7
07-dez-2017	8b	8b	8	8	1	2	2	7	2	2	1	1	1	1	7
08-dez-2017	5	5	1	5	2	2	2	7	2	1	1	1	1	1	1
09-dez-2017	1	2	5	8b	4	5	1	2	7	1	1	1	1	1	1
10-dez-2017	1	8	8	5	5	1	1	1	1	5	5	1	1	1	1
11-dez-2017	1	5	7	7	7	1	1	6a	7	8	1	1	5	1	1
12-dez-2017	2	7	7	2	2	8	5	8	8b	7	8b	4	4	6a	8
13-dez-2017	1	7	7	1	1	1	5	7	7	7	5	1	7	7	7
14-dez-2017	4	4	7	4	1	5	8b	8	8	8b	4	4	7	8	7
15-dez-2017	1	1	1	1	1	8	5	8b	4	4	5	8	5	8b	8b
16-dez-2017	1	6a	1	1	1	8b	8	8b	8	8b	8b	8b	8	2	2
17-dez-2017	8b	8b	8	8b	8b	8b	8b	8	8	8b	8b	8b	8	2	8b
18-dez-2017	8b	5	7	7	2	8b	8b	8	5	8	1	1	7	1	1
19-dez-2017	8	5	7	7	8	8	5	8	5	8	1	1	7	7	1
20-dez-2017	8	5	7	7	4	8b	5	8b	8b	8b	4	1	7	7	7
21-dez-2017	1	1	6a	1	8	8b	8	8	8b	5	5	8	8b	8b	8b
22-dez-2017	5	5	1	1	1	1	1	8	1	5	1	1	5	5	8
23-dez-2017	8b	8b	8b	8	5	2	1	2	1	2	1	1	5	7	7
24-dez-2017	8b	8b	5	5	1	5	1	2	1	1	1	1	7	7	1
25-dez-2017	4	2	2	1	1	1	5	7	7	7	1	1	6a	1	6a
26-dez-2017	1	1	1	1	1	5	1	7	7	1	1	1	6a	4	5
27-dez-2017	1	1	1	1	1	1	1	7	1	1	1	1	6a	6a	1
28-dez-2017	1	1	1	1	4	1	1	7	1	1	1	1	6a	6a	2
29-dez-2017	4	4	6a	1	1	1	1	2	7	6a	1	1	6a	8	1
30-dez-2017	5	2	7	7	1	1	1	5	6b	8	1	1	1	1	1
31-dez-2017	1	1	1	1	1	1	1	1	7	6a	1	1	6a	4	8b
01-jan-2018	5	8	4	8	8b	1	1	7	7	6a	1	1	8b	8	8b
02-jan-2018	5	8	8b	8b	8	02-jan-2018	1	1	7	8b	8b	8	8	6a	6a
03-jan-2018	1	5	7	5	1	03-jan-2018	8	8	8	8	8	8	1	5	1
04-jan-2018	1	1	6b	1	1	04-jan-2018	8b	4	2	1	8a	5	7	7	1
05-jan-2018	1	1	6b	1	6b	05-jan-2018	8	1	7	1	7	5	5	7	7
06-jan-2018	1	8	7	5	8b	06-jan-2018	1	1	8	6a	7	1	8b	8	8
07-jan-2018	4	1	1	1	1	07-jan-2018	8	4	8b	8b	8b	4	1	6a	5
08-jan-2018	5	7	7	7	7	08-jan-2018	5	4	7	7	6a	8b	8	1	7
09-jan-2018	8b	8	7	7	1	09-jan-2018	4	4	8	8b	8	8	6a	5	5
10-jan-2018	8	8	7	5	8	10-jan-2018	8	4	8	8b	8b	8	8	4	8
11-jan-2018	8b	5	7	5	1	11-jan-2018	8b	4	8	8	5	5	8b	1	4
12-jan-2018	8b	5	6a	5	1	12-jan-2018	8	8	7	8	8	8	1	6a	6a
13-jan-2018	8	1	6a	7	1	13-jan-2018	5	1	7	5	8b	1	1	1	1
14-jan-2018	8b	8b	8	8b	8	14-jan-2018	4	1	5	8b	8b	8	1	7	7
15-jan-2018	8b	8	6a	8b	8	15-jan-2018	8	4	8b	8b	8b	8b	1	4	8b
16-jan-2018	8b	4	1	1	1	16-jan-2018	8b	6b	8b	8b	8	8	8	8b	8b
17-jan-2018	8	4	5	5	1	17-jan-2018	8b	8	8b	5	7	1	1	1	1
18-jan-2018	8	8	8b	8b	8b	18-jan-2018	8b	8	8b	8b	8b	8b	1	1	1
19-jan-2018	1	5	7	1	1	19-jan-2018	8b	4	5	8b	8b	8	1	1	1
20-jan-2018	1	5	7	1	1	20-jan-2018	8b	5	7	5	1	1	7	1	5
21-jan-2018	8b	8b	8	8b	7	21-jan-2018	8	8b	1	1	5	5	7	5	4
22-jan-2018	8b	8b	8b	8	8b	22-jan-2018	1	1	5	8	2	1	8	7	1
23-jan-2018	8b	8b	4	8b	1	23-jan-2018	1	4	5	4	8	8	8b	1	1
24-jan-2018	1	8	7	8	8b	24-jan-2018	5	8b	6a	1	7	7	6a	1	1
25-jan-2018	5	5	7	1	1	25-jan-2018	1	1	7	6a	1	1	8	5	8b
26-jan-2018	8	1	7	5	7	26-jan-2018	5	1	7	1	1	1	1	1	1
27-jan-2018	8	1	7	5	7	27-jan-2018	1	1	6a	1	1	1	4	5	6a
28-jan-2018	8	8b	8b	5	7	28-jan-2018	1	1	1	1	1	1	6a	6b	5
29-jan-2018	8b	1	5	7	1	29-jan-2018	8b	8	5	8b	8b	8b	5	4	8b
30-jan-2018	5	1	7	1	1	30-jan-2018	5	1	1	8b	8b	8b	8	4	8b
31-jan-2018	5	1	7	1	1	31-jan-2018	8b	8b	8	8	1	8b	8b	8b	5
01-fev-2018	5	1	7	1	1	01-fev-2018	8b	8b	8	8	4	8	1	7	5
02-fev-2018	1	1	5	5	1	02-fev-2018	8	8b	8	5	5	1	6a	1	1
03-fev-2018	1	1	5	5	1	03-fev-2018	8b	5	7	1	1	1	7	7	7
04-fev-2018	1	1	7	4	4	04-fev-2018	8	5	4	1	2	2	8	8	7
05-fev-2018	4	1	7	5	1	05-fev-2018	8	1	1	4	1	1	8	8	7
06-fev-2018	1	1	7	1	1	06-fev-2018	4	4	4	5	1	1	6b	1	1
07-fev-2018	1	1	7	1	1	07-fev-2018	1	1	1	4	8	1	1	1	1
08-fev-2018	1	1	7	7	7	08-fev-2018	1	1	1	5	1	1	7	6a	8b
09-fev-2018	8b	8b	8	8b	6b	09-fev-2018	1	1	1	4	1	1	8	8	8
10-fev-2018	8	8b	8b	5	8b	10-fev-2018	8b	8	8	8	5	5	5	5	7
11-fev-2018	8	8b	8b	8	7	11-fev-2018	5	8b	8b	8b	5	8	8	8	8
12-fev-2018	8b	5	7	8	7	12-fev-2018	8b	8	5	7	7	7	5	5	7
13-fev-2018	1	1	2	2	2	13-fev-2018	8	8	4	5	8	8	1	7	7
14-fev-2018	1	1	7	7	1	14-fev-2018	1	1	1	4	7	1	7	8b	8b
15-fev-2018	1	1	7	7	1	15-fev-2018	8	5	8b	7	1	1	8	8	5
16-fev-2018	1	1	7	5	1	16-fev-2018	8	8b	8b	1	1	1	5	5	1
17-fev-2018	1	1	7	1	1	17-fev-2018	5	1	7	1	1	1	8b	8b	6a
18-fev-2018	1	1	7	1	1	18-fev-2018	5	1	7	1	1	1	8b	8b	7
19-fev-2018	8	8b	7	1	1	19-fev-2018	5	5	1	1	8	1	1	1	5
20-fev-2018	8b	8b	8	5	4	20-fev-2018	5	1	1	1	1	1	6b	7	7
21-fev-2018	8b	8b	8	8b	8	21-fev-2018	5	1	1	1	1	1	1	7	5
22-fev-2018	5	8	5	8b	1	22-fev-2018	1	1	1	8	1	4	7	7	7
23-fev-2018	1	1	8	1	1	23-fev-2018	1	1	4	8	8	1	1	1	1
24-fev-2018	8	1	1	1	1	24-fev-2018	8b	8	8b	8	8b	1	1	7	7
25-fev-2018	1	1	8b	1	1	25-fev-2018	8	8b	8b	5	5	8	8b	7	5
26-fev-2018	8	1	5	1	1	26-fev-2018	8b	8b	5	2	2	2	8	8b	7
27-fev-2018	8	5	8	8b	4	27-fev-2018	5	5	2	1	2	2	1	1	1
28-fev-2018	8	1	1	5	4	28-fev-2018	5	5	2	1	1	1	1	1	1
01-mar-2018	8	4	8	1	5	01-mar-2018	8	1	7	1	1	1	1	1	1
02-mar-2018	5	1	1	1	4	02-mar-2018	8b	5	7	1	1	1	7	1	1
03-mar-2018	1	1	1	5	1	03-mar-2018	1	4	1	5	2	2	1	7	7
04-mar-2018	8b	5	8b	8	4	04-mar-2018	8	1	2	8	6a	1	1	1	1
05-mar-2018	5	1	1	1	5	05-mar-2018	8	8b	8	8	8b	1	1	1	1
06-mar-2018	5	5	7	7	7	06-mar-2018	8b	5	8b	1	4	4	1	1	1
07-mar-2018	1	1	7	1	2	07-mar-2018	5	4	5	4	1	1	1	1	1
08-mar-2018	1	4	1	5	2	08-mar-2018	8b	8	5	8	8b	1	1	1	1
09-mar-2018	1	1	7	1	1	09-mar-2018	8b	8b	8b	8	5	8	1	1	1
10-mar-2018	1	1	1	1	1	10-mar-2018	5	4	7	5	2	1	1	1	4
11-mar-2018	1	1	5	8	7	11-mar-2018	8b	4	7	7	4	4	5	5	8b
12-mar-2018	6	8	7	7	7	12-mar-2018	5	4	5	7	8b	1	1	7	7
13-mar-2018	1	1	1	5	1	13-mar-2018	8	4	5	4	5	8	1	7	6b

Figura 9 - Distribuição dos tipos de tempo diário para os cinco balneários em cada período.



Fonte: Brandolt, 2020.

Os três períodos se diferenciam na participação de cada tipo de tempo. No primeiro período houve muitos dias com alguma precipitação pluviométrica ao longo do litoral, no entanto, a frequência deste tipo de tempo diminuiu nas estações meteorológicas no litoral médio e sul. Nestas, apesar dos menores registros de precipitação, aumentou a frequência de dias em que foi possível desfrutar do turismo de sol e praia com certo grau de desconforto, devido à presença de ventos moderados a fortes ou por sensações de abafamento oriundas da análise da tensão de vapor.

O segundo período apresentou distribuição semelhante ao primeiro, diferenciando-se na redução de dias com Tipo 1 em todas as estações, com maior expressão em Mostardas e Santa Vitória do Palmar. Neste período, o litoral sul apresentou mais dias com tempo propício ao turismo do que o litoral norte, onde os tipos com chuva foram mais frequentes. Nota-se aí como valores totais médios mensais e sazonais podem ser enganadores, porque Santa Vitória do Palmar, neste período, teve precipitação 20% superior a sua média, chegando a valores similares aos

do litoral norte no conjunto dos meses do verão. No entanto, esta precipitação ocorreu de forma concentrada em alguns dias.

O terceiro período foi o que apresentou as melhores classificações dos tipos de tempo para as práticas de turismo de sol e praia, principalmente pelo menor número de dias com chuva. Houve baixa frequência dos dias com precipitação acima de 5 mm, o que favoreceu principalmente os balneários de Torres e Tramandaí. No entanto, foi nítido o acréscimo de dias ventosos em Rio Grande e Santa Vitória do Palmar. Ainda que o vento seja a variável limitante no Tipo 7, Besancenot, Mounier e de Lavenne (1978) não consideraram o mesmo um tempo impossível para turismo de sol e praia. Para determinados esportes náuticos (*kitesurf*, *windcar* e *windsurf*) este é, de fato, o tempo ideal.

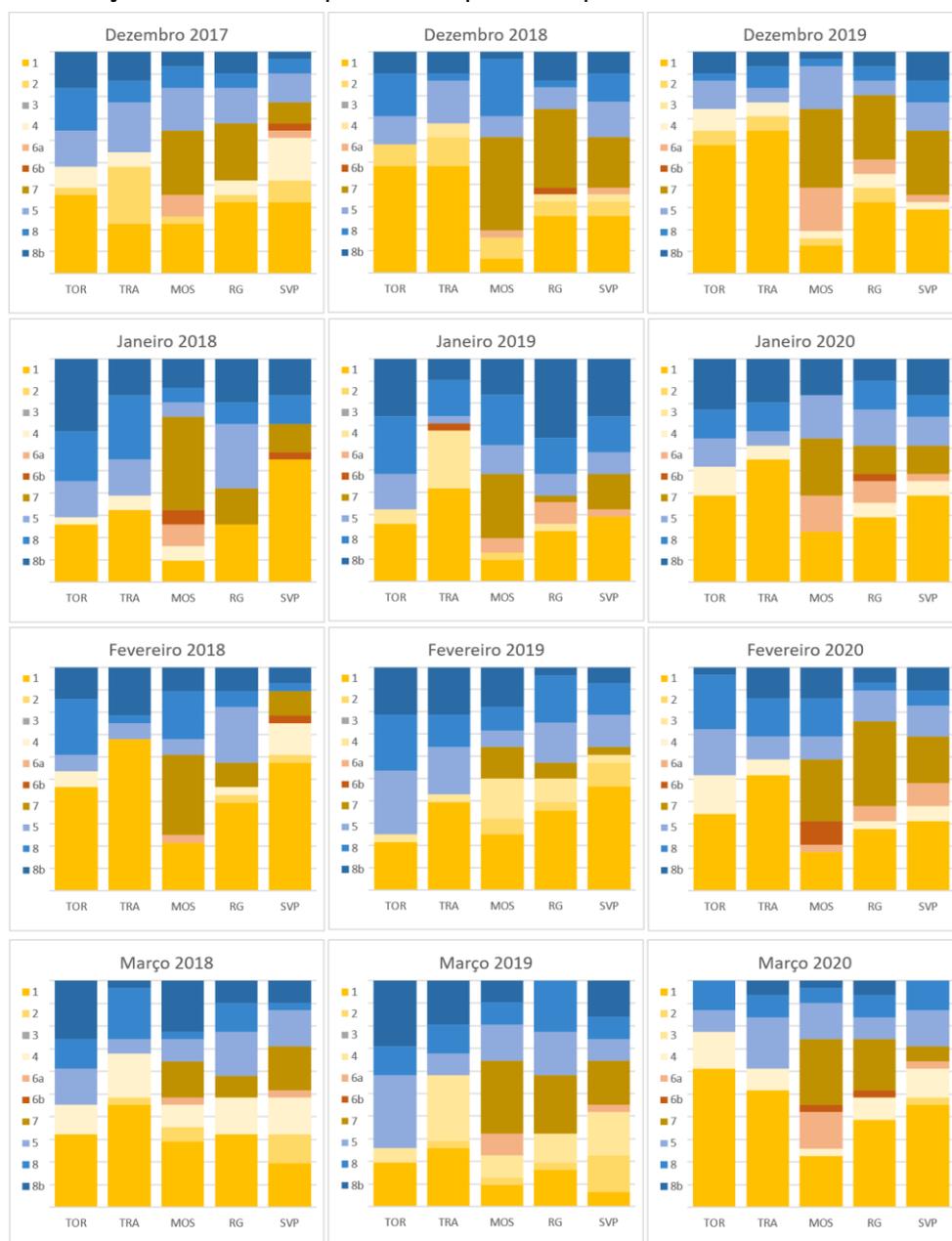
Por fim, ainda foi realizada uma análise da frequência dos tipos de tempo para cada localidade, mês a mês, nos períodos analisados (Figura 10). A representação mais uma vez demonstra a variabilidade interanual do clima característico desta porção do litoral brasileiro. Dezembro de 2019, por exemplo, foi excepcional em Torres e Tramandaí; já o ano

anterior não foi tão bom e, em 2017, mais da metade dos dias apresentaram alguma restrição devido à precipitação.

O mês de dezembro para os balneários do litoral médio e sul foi, em média, aquele com mais dias ventosos. Em termos absolutos, porém, o mês de janeiro de 2018, foi o que apresentou mais dias de vento forte, justamente em Mostardas que, como

demonstrado anteriormente, é a localidade na qual os dias com vento forte sempre dominam. Na última temporada analisada, todos os meses foram muito favoráveis no litoral norte, médio e sul, quando se considera que houve menos dias com ocorrência de precipitação; no entanto, nos litorais médio e sul, foram frequentes os dias com vento forte.

Figura 10 - Distribuição mensal dos tipos de tempo diário para os cinco balneários em cada período.



Fonte: Brandolt, 2020.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com a aplicação das metodologias selecionadas para compreender a dinâmica espacial e temporal dos elementos meteorológicos mais importantes para o desfrute do turismo de sol e praia, pode-se delimitar setores nos quais determinadas características se sobressaem às outras, como a intensidade dos ventos. Esta variável não apresenta valores tão relevantes nos resultados das análises para os balneários do litoral norte do estado, Torres e Tramandaí, provavelmente pela influência exercida pela escarpa do planalto arenito-basáltico.

Em contraponto a este litoral aparentemente protegido pelo relevo (norte) a situação é outra nos registros de vento tanto do litoral médio (Mostardas), que apresenta a maior frequência média de dias, como do litoral sul. A maior frequência de ventos fortes, pode ser inferida dos extensos campos de dunas que se encontram no setor intermediário do litoral sulriograndense. A presença de extensa área plana da Laguna dos Patos a oeste, inclusive denominada “Mar de dentro” contribui para que o vento em terra seja similar ao que ocorre no oceano.

Nesta mesma perspectiva, entende-se ser de igual maneira importante a presença da escarpa na maior precipitação encontrada no litoral norte, principalmente para a estação meteorológica de Torres. Quanto às classificações de tipo de tempo diários no recorte temporal proposto, no litoral norte, principalmente em Torres, são mais frequentes os dias menos propícios ao turismo de sol e

praia devido a precipitação (tipos 8 e 8b); contudo, este tipo também é frequente nos outros setores. Destaca-se ainda a variabilidade, de um ano para o outro, na frequência destes tipos de tempo para os meses analisados.

A análise dia a dia, empreendida neste trabalho, a partir do proposto por Bensancenot, Mounier e de Lavenne (1978), comprova que o conceito de tipo de tempo, que já foi tão caro aos geoclimatólogos, como já disseram Mendonça e Danni-Oliveira (2007), tem ainda muito a nos dizer, principalmente no que se refere a produzir diretrizes referentes aos padrões e configurações da atmosfera que se relacionem às atividades turísticas nos lugares.

A continuidade da pesquisa conduz a uma análise temporal mais ampla destes dados diários (uma década), que abrange também anos caracterizados como de El Niño ou de La Niña, o que permitirá prestar atenção especial à variabilidade do potencial turístico em anos sucessivos, conforme a fonte de variabilidade interanual (El Niño - Oscilação Sul, Oscilação Antártica). Também se pretende segmentar os períodos analisados quinzenalmente com o objetivo de verificar a quinzena de veraneio mais propícia em cada uma das localidades analisadas. A realização de análise rítmica para estes mesmos períodos, conforme proposto por Monteiro (1971) e aplicada por Barbiéri (1981), tornariam o trabalho ainda mais completo. Por fim, estes estudos ainda poderiam ser complementados com um calendário climático turístico anual para as diferentes zonas no litoral do Rio Grande do Sul.

REFERÊNCIAS

- ABRAHÃO, Cinthia S; TOMAZZONI, Edegar L. Turismo de Segundas residências no litoral sul do Brasil: uma discussão sobre seu dimensionamento e relevância para a atividade turística contemporânea. **Revista Brasileira de Pesquisa em Turismo**, São Paulo, v. 12, n. 1, p. 80-101, jan./abr. 2018.
- ANDRADE H.; ALCOFORADO Maria J.; OLIVEIRA, Sandra (2007). Methodologies to assess the effects of climate on tourism: weather type and individual perception. *In*: MATZARAKIS, A.; de FREITAS C. R., SCOTT, D. (eds) **Developments in tourism climatology**. Commission on Climate, tourism and recreation, International society of Biometeorology. Freiburg: 74-79. Disponível em: <http://www.ceg.ul.pt/urbklim/Methodologies%20effects%20climate%20in%20tourism.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2018.
- BARBIÉRI, Evandro. O fator climático nos sistemas territoriais de recreação. **Revista Brasileira de Geografia**, ano 43, n. 2, p. 143-332, abr/jun, 1981.
- BESANCENOT, Jean-Pierre, MOUNIER, J.; de LAVENNE, F. Les conditions climatiques du tourisme litoral: une méthode de recherche compréhensive. **Norois**, n. 99, 1978, p. 357-382. Disponível em: https://www.persee.fr/doc/noroi_0029-182x_1978_num_99_1_3717. Acesso em: 10 jul. 2019.
- BESANCENOT, Jean-Pierre. **Climat et tourisme**. Paris: Masson, 1990.
- BRANDOLT, Ricardo. **Subsídios para a definição de zoneamento climático para o turismo de sol e praia no litoral Rio Grande do Sul**. 2020. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Centro de Ciências Humanas, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2020.
- BRASIL. Ministério do Turismo. **O Brasil que você procura**. Brasília: Ministério do Turismo. Disponível em: http://antigo.turismo.gov.br/sites/default/turismo/o_ministerio/publicacoes/downloads_publicacoes/CARTILHA_SOL_E_PRAIA_PORT_ESP.pdf. Acesso em: 10 jun. 2018.
- BRASIL. Ministério do Turismo. **Segmentação do Turismo: Marcos Conceituais**. Brasília: Ministério do Turismo, 2006. Disponível em: turismo.gov.br/sites/default/turismo/o_ministerio/publicacoes/. Acesso em: 10 jun. 2018.
- BRASIL. Ministério do Turismo. **Sol e Praia: orientações básicas**. Secretaria Nacional de Políticas de Turismo, Departamento de Estruturação, Articulação e Ordenamento Turístico, Coordenação-Geral de Segmentação. 2. Ed. Brasília: Ministério do Turismo, 2010. 59 p. Disponível em: turismo.gov.br/sites/default/turismo/o_ministerio/publicacoes/. Acesso em: 10 jun. 2018.
- CAVALCANTI, Iracema F. A.; KOUSKY, Vernon E. Frentes frias sobre o Brasil. *In*: CAVALCANTI, I. F. A. *et al.* **Tempo e clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009, p. 135-147.
- DE FREITAS Christopher R. Tourism climatology: evaluating environmental information for decision making and business planning in the recreation and tourism sector. **International Journal of Biometeorologie**, v. 48, p. 45-54, 2003. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00484-003-0177-z>. Acesso em: 20 jun. 2020.
- DE FREITAS, Christopher R.; SCOTT, Daniel; MCBOYLE, Geoff. A second generation climate index for tourism (CIT): specification and verification. **International Journal of Biometeorology**, v. 52, p. 399-407, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00484-007-0134-3>. Acesso em: 20 jun. 2020.
- DUBREUIL, Vincent; FANTE, Karime Pechutti; PLANCHON, Olivier; SANT'ANNA Neto, João Lima. Les types de climats annuels au Brésil: une application de la classification de Köppen de 1961 a 2015. **Echo Géó**, n. 41, p. 1-26, 2017. Disponível em: <https://journals.openedition.org/echogeo/15017>. Acesso em: 18 set. 2019.
- FEPAM – Fundação Estadual de Proteção Ambiental. **Programa de Gerenciamento Costeiro-GERCO**. Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro – PNGC. Disponível em: <http://www.fepam.rs.gov.br/programas>

/programa_gerco.asp. Acesso em: dez. 2019.

GRIMM, Alice. Clima da Região Sul. In: CAVALCANTI, Iracema F. A.; FERREIRA, Nelson J. **Clima das regiões brasileiras e variabilidade climática**. São Paulo: Oficina de textos, 2021, p. 70-83.

INMET, 2016. **Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa**. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/projetos/rede/pesquisa/inicio.php>. Acesso em: 2019 e 2020.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo. Análise rítmica em climatologia. **Climatologia**, USP/IG, São Paulo, n. 1, p. 1-21, 1971.

NASA Prediction of Worldwide Energy Resources. **POWER Project Data Sets**. Disponível em: <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>. Acesso em: 2019 e 2020.

PAMPUCH, L. A.; AMBRIZZI, T. IX Workshop Brasileiro de Micrometeorologia, 11 a 13 de novembro de 2015. Santa Maria-RS, Brasil.

SACCHINI, Alexandro O.; FERRARIS, Francesca; FACCINI, Francesco; FIRPO, Marco (2012) Environmental climatic maps of Liguria (Italy), **Journal of Maps**, v. 8, n. 3, p. 199-207, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/17445647.2012.703901>. Acesso em: mar. 2020.

SARRAMEA, Jean. Un index climatico-touristique pour quelques stations balneaires francaises. **Annales de Geographie**, 89, p. 92-107, 1980. Disponível em: https://www.persee.fr/doc/geo_0003-4010_1980_num_89_495_1_9982. Acesso em: 21 mar. 2020.

SCHOSSLER, Joana C. **Patrimônio balneário: a cultura do veraneio no Rio Grande do Sul e Uruguai**. IPHAN, Rio de Janeiro, 2017. Disponível em: <http://portal.iphan.gov.br/>. Acesso em: 21 mar. 2020.

SNYDER, Richard L. **Wton 1.01** - Converts Solar Radiation to Hours of Bright Sunshine. Version 1.01- Nov. 2001. UC Davis Biometeorology Group. Disponível em: <http://biomet.ucdavis.edu/biomet/Radiation/Wton.htm>. Acesso em: 2 out. 2019.

STRAHLER, Arthur N.; STRAHLER, Arthur H. **Geografia física**. Barcelona: Omega, 1986.

VIGNEAU, Jean-Pierre. Un siècle de "Type de temps"- Epistemologie d'un concept ambigu. **Norois**, v. 191, n. 2, p. 17-27, 2004.

WEBER, Eliseu; HASENACK, Heinrich; FERREIRA, C. J. S. 2004. **Adaptação do modelo digital de elevação do SRTM para o sistema de referência oficial brasileiro e recorte por unidade da federação**. Porto Alegre, UFRGS. Centro de Ecologia. ISBN 978-85-63843-02-9. Disponível em <http://www.ecologia.ufrgs.br/labgeo>. Acesso em: 12 fev. 2019.

AGRADECIMENTOS

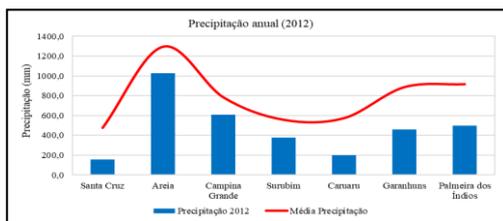
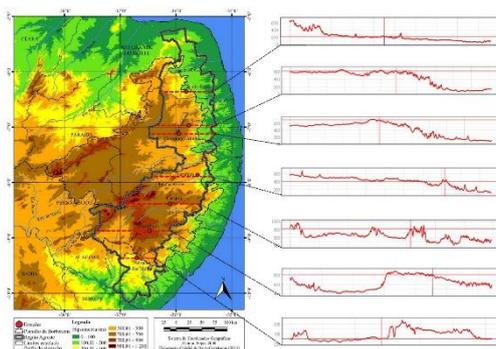
O presente trabalho apresenta parte dos resultados de dissertação de mestrado desenvolvida no Programa de Pós-Graduação em Geografia, que teve o apoio de um bolsa de mestrado da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

PADRÃO HABITUAL E EXCEPCIONAL DAS CHUVAS NA REGIÃO AGRESTE DA BORBOREMA

Gabriel de Paiva Cavalcante
Marcelo de Oliveira Moura
Daisy Beserra Lucena

RESUMO

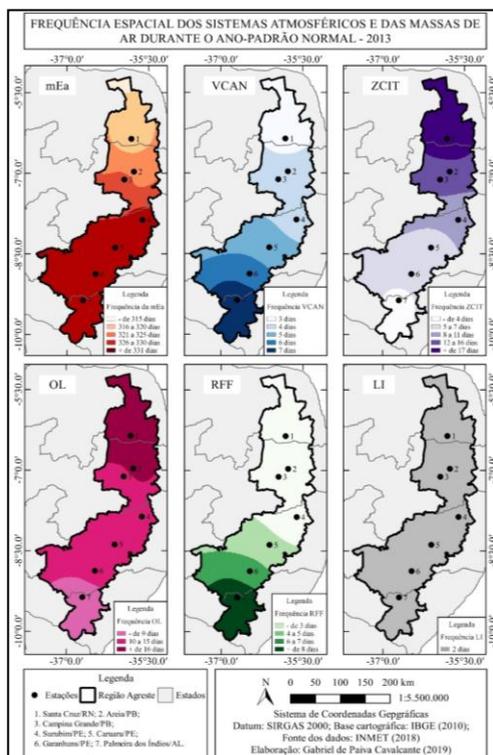
O objetivo central deste texto foi o de analisar a variação espaço-temporal da precipitação pluviométrica, período de 2005 a 2017, a partir da aplicação da técnica da análise rítmica. Por meio da aplicação da técnica elegeram-se três “anos-padrão” (Muito Seco, Normal e Muito Chuvoso) para a identificação da frequência e da atuação das massas de ar e dos sistemas atmosféricos atuantes sobre a região do Agreste da Borborema e seus reflexos no ritmo da precipitação, expondo, portanto, a gênese de tais variações.



USUAL AND EXCEPTIONAL RAINFALL PATTERNS IN THE AGRESTE BORBOREMA REGION

ABSTRACT

The main objective of this research was to analyze the spatial-temporal variation of rainfall, from 2005 to 2017, through the application of the technique of rhythmic analysis. Through the application of the technique, three "standard years" were chosen (Very Dry, Normal and Very Rainy) for the identification of the frequency and action of air masses and atmospheric systems acting on the region of Agreste da Borborema and their reflections on the rhythm of precipitation, thus exposing the genesis of such variations.



INTRODUÇÃO

A região Agreste do Nordeste brasileiro é marcada pela grande diversidade paisagística percebida em curtas distâncias, em especial pela marcante variação espaço-temporal da precipitação pluviométrica. A região é formada por uma estreita faixa de terra, na zona de transição entre a Zona da Mata e o Sertão nordestino, que engloba, de forma latitudinal, os estados de Rio Grande do Norte a Bahia (ANDRADE, 1986). O maior domínio morfoestrutural do Agreste é o planalto da Borborema, situado entre os estados do Rio Grande do Norte e Alagoas que, em sua faixa exposta aos ventos oceânicos, recebe chuvas orográficas – barlavento. Já nas áreas a oeste, apresenta características climáticas mais quentes e secas – sotavento. Além de sua posição morfológica, a variação dos patamares altimétricos do planalto da Borborema também interfere nas características climáticas da região, que condicionam a existência dos brejos de altitude, principalmente nos estados da Paraíba e Pernambuco (VASCONCELOS SOBRINHO, 1971; TABARELLI e SANTOS, 2004).

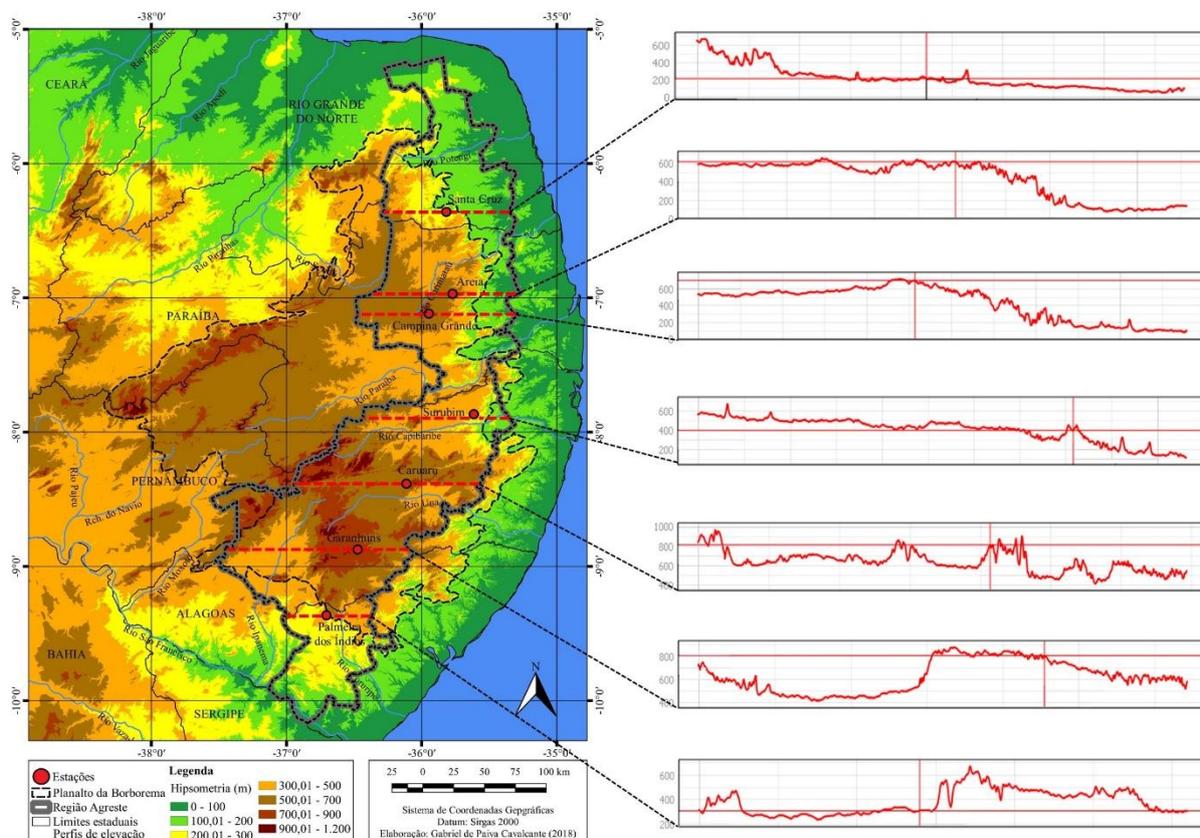
O termo “Agreste da Borborema” é adotado na obra de Melo (1962), a qual apresenta as principais características físico-naturais e sociais das áreas de exceção de Pernambuco e da Paraíba. No trecho em que o autor descreve a região Agreste da Borborema é destaque a feição morfológica do planalto:

[...] o seu aparecimento está em correspondência com determinadas características fisiográficas do espaço territorial onde se encontra, o qual tem a configuração de uma faixa de terras de posição geográfica intermediária [...]. Essa posição reflete-se nos diferentes elementos do quadro natural do planalto da Borborema, de relevo ondulado ou pouco acidentado, a oeste e noroeste dos quais se estendem os espaços dos pediplanos secos e, a leste, as áreas de relevo movimentado com que se inicia a descida da escarpa do mesmo planalto. (MELO, 1962, p. 265).

As feições que ocorrem na descida da escarpa do planalto correspondem às regiões próximas ao litoral do Rio Grande do Norte, ao Brejo Paraibano, à Depressão Sublitorânea (presente também no estado da Paraíba), além da extensão do planalto até as proximidades do litoral nos estados de Pernambuco e de Alagoas. São regiões que possuem contato imediato com o planalto da Borborema, com influências diretas nas características paisagísticas e climáticas.

A delimitação regional do Agreste do Nordeste brasileiro, eleita neste trabalho, considera a presença do planalto da Borborema como um dos principais controles climáticos da região. A região representa o compartimento estrutural da Borborema, delimitado por Corrêa *et al.* (2010). A Figura 1 apresenta essa delimitação com destaque para os limites espaciais do planalto e para os perfis transversais de elevação do terreno que mostram os diferentes patamares altimétricos, nos quais se encontram os municípios de origem das estações meteorológicas utilizadas na pesquisa.

Figura 1 - Mapa hipsométrico da região Agreste da Borborema.



Fonte: Cavalcante, 2019.

No primeiro perfil da Figura 1, região que engloba o município potiguar **Santa Cruz**, o planalto da Borborema apresenta-se no setor noroeste do Agreste, com cotas acima dos 600 metros. Trata-se da região na qual o planalto ocorre mais afastado da costa. O segundo e o terceiro perfil representam, de modo respectivo, as regiões de origem dos municípios paraibanos **Areia** e **Campina Grande**. Nessas regiões, os pontos de maior elevação estão acima dos 600 metros. A leste desses municípios, a altimetria é inferior a 200 metros (podendo ser identificadas cotas abaixo de 100 metros). É nessa região que se encontra a Depressão Sublitorânea, feição que ocorre

em uma estreita faixa de terras entre a Zona da Mata e o Agreste paraibano. Imediatamente a oeste da Depressão Sublitorânea, percebe-se nos perfis a ocorrência dos primeiros morros da Borborema, com acréscimos abruptos na elevação. No que diz respeito às partes a oeste dos municípios de Areia e Campina Grande, o relevo ocorre, notadamente, em caráter menos acidentado, típico das regiões localizadas a sotavento do planalto.

Em continuidade, o quarto, o quinto e o sexto perfil, representam as cotas do planalto no estado pernambucano, com perfis representativos dos municípios **Surubim** (400 metros), **Caruaru** e **Garanhuns** (a cerca de 800

metros). Em Garanhuns, destaca-se o decréscimo da altimetria do planalto devido à existência da bacia hidrográfica do Rio Ipanema, que tem sua nascente no Agreste pernambucano e deságua no Rio São Francisco, região do Sertão Alagoano. Tal característica insere a região em um patamar mais elevado de sotavento devido à diminuição abrupta da altimetria. Nesses casos, o ar úmido que transcende a barreira orográfica da Borborema se expande em curto período de tempo, dificultando, portanto, a formação de nuvens de chuva.

No último perfil da figura, o destaque é para região de origem do município alagoano **Palmeira dos Índios** (340 metros), o único a se localizar em uma região de sotavento na área de estudo, no que diz respeito à entrada dos sistemas atmosféricos e das massas de ar oriundos do Atlântico (sentido leste-oeste). A leste da região, registra-se cotas com mais de 600 metros, decaindo de forma abrupta ao chegar no município em tela. No tocante aos sistemas atmosféricos que se deslocam no sentido sul-norte, o município localiza-se a barlavento, já que sua posição ocorre no início da subida da Borborema. Desse modo, a umidade de tais sistemas, em especial das Repercussões de Frentes Frias (RFF), precipita primordialmente nesta região da área de estudo.

O contexto morfométrico da região do Agreste da Borborema foi o principal motivador para a investigação da variação espaço-temporal das chuvas na região. Assim, buscou-se investir no melhor entendimento da variação dessa variável meteorológica, a partir da aplicação da técnica da análise rítmica

proposta por Monteiro (1969, 1971, 2015). Mediante a aplicação da técnica, elegeram-se três “anos-padrão” (Muito Seco, Normal e Muito Chuvoso) para a identificação da frequência e da atuação das massas de ar e dos sistemas atmosféricos atuantes sobre região do Agreste da Borborema, e seus reflexos no ritmo da precipitação, expondo, portanto, a gênese de tais variações.

METODOLOGIA

A análise rítmica é o subsídio metodológico e técnico na investigação geográfica dos tipos de tempo em sua sucessão habitual e extrema, condição que configura o paradigma do ritmo climático. A insatisfação no tratamento climatológico através dos métodos separativos da climatologia clássica fez Monteiro (1969, 1971, 1976) buscar no conceito de clima proposto por Sorre (1951), a noção de ritmo climático. Tal paradigma se define como “o encadeamento, sucessivo e contínuo, dos estados atmosféricos e suas articulações no sentido de retorno dos mesmos estados.” (MONTEIRO, 1976, p. 30).

Um roteiro de procedimentos a serem adotados na análise rítmica é ofertado por Monteiro (1969, 1971), e um deles inclui a escolha de períodos “padrão” (anual, estacional, mensal, episódico ou horário), que expressem um quadro dinâmico das situações concretas, demonstrando a amplitude de ocorrência dos tipos de tempo habituais, ao lado daqueles afetados por irregularidades na circulação regional com capacidade de produzir situações adversas (excepcionalidade).

origem dos municípios eleitos, conforme mostra o Quadro 1.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para o desenvolvimento da pesquisa, realizaram-se levantamentos exploratórios das séries temporais da precipitação pluviométrica em níveis horário e diário, no período de 2005 a 2017. As séries foram adquiridas no Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa do Instituto Nacional de Meteorologia (BDMEP/INMET) e nas agências estaduais de

Após a aquisição dos dados, estes foram tabulados em planilhas eletrônicas para sistematização e verificação de falhas. Posteriormente, aplicou-se a técnica dos quantis para a classificação da pluviosidade anual e do período chuvoso (sequência dos quatro meses que apresentam os maiores valores médios de pluviosidade em cada estação).

Quadro 1 - Localização das estações meteorológicas e suas fontes.

UF	Município/Estação	Coordenadas	Fonte dos dados
RN	Santa Cruz	6,23°S; 36,03°O	Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio Grande do Norte (EMPARN)
PB	Areia	6,97°S; 35,68°O	Instituto Nacional de Meteorologia (INMET)
	Campina Grande	7,23°S; 35,91°O	Agência Executiva de Águas do Estado da Paraíba (AESA)
PE	Surubim	7,84°S; 35,79°O	Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC)
	Caruaru	8,24°S; 35,99°O	
	Garanhuns	8,91°S; 36,49°O	
AL	Palmeira dos Índios	9,42°S; 36,62°O	Instituto Nacional de Meteorologia (INMET)

Fonte: Cavalcante, 2019.

A técnica dos quantis foi proposta por Pinkayan (1966) e amplamente divulgada nos trabalhos de Xavier e Xavier (1999), Xavier (2001) e Xavier, Silva e Rebello (2002), além de outras pesquisas. A técnica visa classificar e monitorar os períodos secos e chuvosos de uma determinada localidade. Os intervalos

quantílicos representam as probabilidades ou frequências esperadas para cada um dos eventos que podem ocorrer na série de dados. Este trabalho utiliza as ordens quantílicas $Q_{0,15}$; $Q_{0,35}$; $Q_{0,65}$ e $Q_{0,85}$ para estabelecer as classes de precipitação, conforme mostra o Quadro 2.

Quadro 2 - Classificação das categorias e probabilidades da precipitação anual relacionada às ordens quantílicas para a região do Agreste da Borborema.

Categorias	Probabilidade
Muito Seco (MS)	$p(x) \leq Q_{0,15}$
Seco (S)	$Q_{0,15} < p(x) \leq Q_{0,35}$
Normal (N)	$Q_{0,35} < p(x) < Q_{0,65}$
Chuvoso (C)	$Q_{0,65} \leq p(x) < Q_{0,85}$
Muito Chuvoso (MC)	$p(x) \geq Q_{0,85}$

Fonte: Adaptado de Xavier (2001).

Com os limiares do volume anual das chuvas estabelecidos, elegeram-se três anos representativos para o estudo do ritmo pluviométrico na área de estudo, ou seja, três “anos-padrão”: Muito Seco (MS), Normal (N) e Muito Chuvoso (MC). Para eleição desses anos, foram considerados três critérios: 1) características pluviométricas anuais semelhantes para a maioria das estações, observando-se as categorias estabelecidas pela aplicação da técnica dos quantis; 2) características pluviométricas semelhantes entre os quadrimestres chuvosos das séries temporais das estações meteorológicas eleitas; e 3) condições da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) do Atlântico Tropical e do Pacífico Equatorial. Dos “anos-padrão” eleitos:

Muito Seco (MS) - 2012: apresentou o maior quantitativo de estações na categoria MS. Na síntese anual, seis das sete estações eleitas se enquadram nesta categoria - a exceção foi a estação de Campina Grande/PB, que registrou ano seco; já na síntese que abarca os quadrimestres chuvosos, cinco das sete estações (Santa Cruz/RN, Surubim/PE, Caruaru/PE, Garanhuns/PE e Palmeira dos Índios/AL) apresentaram dados pluviométricos que categorizaram o ano como MS. A estação de Campina Grande/PB mais uma vez se enquadrou na categoria Seco, enquanto Areia/PB na categoria Normal. Com relação às condições da TSM, o Dipolo do Atlântico se apresentou positivo, e, no Oceano Pacífico, o fenômeno La Niña configurava-se de forma moderada. Nenhum dos demais anos analisados apresentou condições pluviométricas negativas extremas que se aproximaram ao ano 2012, o que o isola nas características da categoria MS.

Normal (N) - 2013: dois anos apresentam características próximas à normalidade pluviométrica na região: 2006 e 2013. Na comparação desses anos na síntese anual pluviométrica, em 2006, seis das sete estações apresentaram-se na categoria Normal, ao passo que em 2013, a quantidade de estações nesta categoria diminuiu para cinco. Na síntese do quadrimestre chuvoso, foi o ano 2013 que apresentou as características mais próximas à normalidade: seis das sete estações se classificaram na categoria Normal (exceção da estação de Garanhuns/PE, que apresentou registros na categoria Seco); o ano 2006, por sua vez, apresentou uma estação a menos na categoria Normal (cinco estações), sendo que as duas estações restantes se enquadraram em duas categorias diferentes: Areia/PB na categoria Seco e Campina Grande/PB na categoria Chuvoso. Por fim, considerando o terceiro critério de escolha (TSM), o ano 2013 apresentou novamente as condições próximas à normalidade pluviométrica ao mostrar tanto a TSM do Atlântico, quanto a do Pacífico com condições neutras. Assim, o ano eleito para a representação da categoria Normal foi 2013 devido à quantidade superior de estações na categoria Normal no quadrimestre chuvoso e às condições de neutralidade oceano-atmosfera do Atlântico e do Pacífico.

Muito Chuvoso (MC) - 2011: apresentou o maior quantitativo de estações categorizadas como MC. Na síntese anual, seis das sete estações se classificam nesta categoria, com exceção de Garanhuns/PE, categorizada como Normal. Já na síntese que engloba os quadrimestres chuvosos, quatro das sete estações enquadram-se na categoria MC (Areia/PB, Campina Grande/PB, Surubim/PE e

Palmeira dos Índios/AL); uma estação na categoria Chuvoso (Caruaru/PE); e duas estações na categoria Normal (Santa Cruz/RN e Garanhuns/PE). No que corresponde às condições da TSM, o Dipolo do Atlântico se apresentou neutro no período, e o evento La Niña manifestou-se forte no biênio 2010-2011 e moderado no biênio 2011-2012.

Na identificação da frequência e da atuação das massas de ar e dos sistemas atmosféricos atuantes sobre a região, e de seus reflexos no ritmo da precipitação nos “anos - padrão” eleitos, foram utilizadas as imagens do satélite meteorológico de órbita geoestacionária GOES-12, canal infravermelho, banda 4, projeção América do Sul, horário 12 GTM (9 horas local) disponibilizadas no banco de imagens do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

DESENVOLVIMENTO

Inicialmente, apresenta-se a distribuição espacial da normal climatológica para a precipitação pluviométrica (1991 - 2010) na região de estudo, conforme mostra a Figura 2. Na elaboração dessa figura foram utilizados dados pluviométricos de 16 estações convencionais do INMET, cinco delas inseridas na região Agreste da Borborema (Areia/PB, Campina Grande/PB, Surubim/PE, Garanhuns/PE e Palmeiras dos Índios/AL), além de 11 estações localizadas em regiões circunvizinhas a essa região (Ceará Mirim/RN, Natal/RN, Cruzeta/RN, João Pessoa/PB, Monteiro/PB, Patos/PB, Recife/PE, Arcoverde/PE, Maceió/AL, Porto de Pedras/AL e Pão de Açúcar/AL).

Os setores que apresentaram as normais mais elevadas estavam localizados a leste da região Agreste. Neste setor da região, os valores das isoietas apresentam-se iguais ou superiores a 1.300 mm nas porções do território potiguar e de Areia/PB, além da porção mais a leste do agreste alagoano.

No Agreste de Pernambuco, este valor é atingido em apenas um ponto, fato que está ligado à distância entre as estações climatológicas do leste do estado e a região. Por outro lado, as isoietas com os menores valores (abaixo dos 800 mm) circundam duas estações climatológicas (Campina Grande/PB e Surubim/PE). O ponto da região que se destaca pelos menores valores de isoietas é na região de Surubim/PE, com variação de 900 mm a 700 mm em um curto espaço.

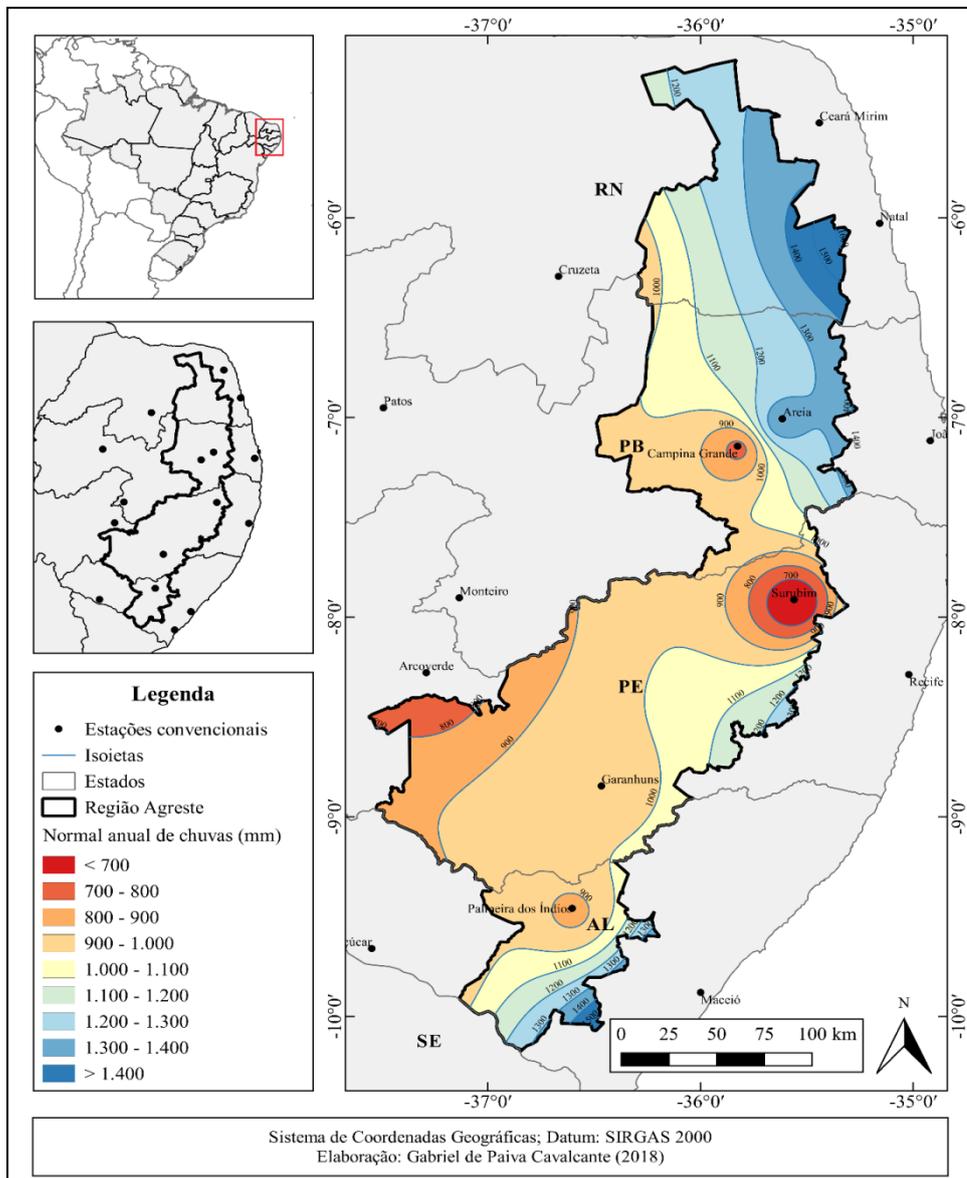
No que se refere às diferenças pluviométricas no sentido leste-oeste, destaca-se a divisão da região por meio da isoietas no valor de 1.000 mm. Através dela, delimita-se a influência dos brejos de altitude em Areia/PB e em Garanhuns/PE, além dos avanços em regiões de vales de rios importantes: vale dos rios Curimataú/PB, do Paraíba/PB e do Una/PE, fato este que pode ser justificado pela eventual facilidade de entrada dos sistemas atmosféricos por meio dos vales desses rios.

Em continuidade, na Figura 3, apresenta-se a distribuição espacial da precipitação para os “anos-padrão” eleitos. Para a elaboração dos mapas dessa figura, foram utilizados os dados das estações meteorológicas selecionadas na pesquisa, além de 100 postos pluviométricos ou estações meteorológicas adquiridos nos órgãos estaduais EMPARN, AESA/PB, APAC/PE, SEMARH/AL e no INMET. Vale

ressaltar que foram utilizadas informações de postos ou estações localizadas fora do recorte regional do Agreste da Borborema para uma

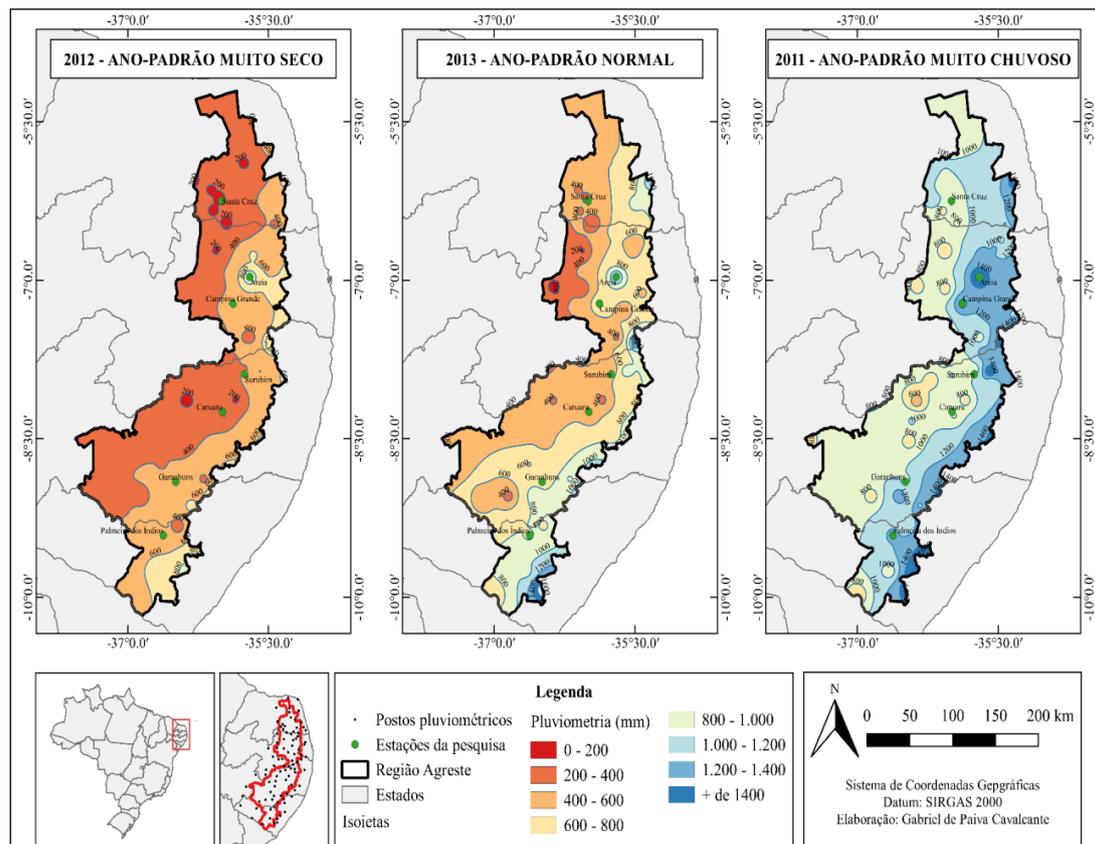
interpolação de valores mais confiável no ambiente SIG.

Figura 2 - Mapa de isoietas das normais climatológicas da região Agreste da Borborema.



Fonte: INMET, 2018.

Figura 3 - Mapas de pluviosidade da região Agreste da Borborema nos “anos-padrão”.



Fonte: Cavalcante, 2019.

Observa-se que os registros pluviométricos também são mais elevados no setor leste da região para os três “anos-padrão”, condição que revela o papel do controle da maritimidade, das massas e dos sistemas atmosféricos oriundos do Oceano Atlântico na produção das chuvas. No “ano-padrão” **Muito Seco (2012)** os valores das isoietas variaram de 200 mm a 900 mm, com aumento progressivo no sentido oeste-leste. Os dois setores com os maiores registros pluviométricos são o centro-leste do Agreste da Paraíba (região de Areia/PB) e o sudeste do Agreste de Alagoas, que apresentaram os maiores registros pluviométricos do ano de 2012.

O “ano-padrão” **Normal (2013)** apresentou aumento progressivo dos registros

pluviométricos mais notáveis no sentido oeste-leste, se comparados ao “ano-padrão” Muito Seco, visto que, os valores das isoietas apresentaram variação de 200 mm a 1.400 mm. Quatro setores se destacaram no que tange aos valores pluviométricos mais elevados no ano de 2013: leste do Agreste potiguar, centro-leste do Agreste da Paraíba (região de Areia/PB), extremo norte do Agreste de Pernambuco, faixa leste do Agreste de Pernambucano e o sudeste do Agreste de Alagoas. Os pontos com os menores valores ocorreram na faixa oeste da região em todos os quatro estados, com destaque para a parte que compreende o estado da Paraíba.

O “ano-padrão” **Muito Chuvoso (2011)** revela a maior uniformidade das chuvas entre

os três anos analisados. Percebe-se que o decréscimo gradual no sentido oeste-leste é marcante nos três “anos-padrão” – uma característica da região – com os menores valores ocorrendo por volta dos 800 mm (com exceção para um setor da porção noroeste do Agreste de Pernambuco, com registro de 600 mm). Os valores mais elevados compreenderam toda a faixa leste da região, contendo valores mais expressivos para o interior da região: regiões de Campina Grande/PB e de Areia/PB, ambas com isoietas de valores acima dos 1.400 mm. Destaca-se, também, o setor sudeste do Agreste de Alagoas, com isoietas de valores acima dos 1.500 mm.

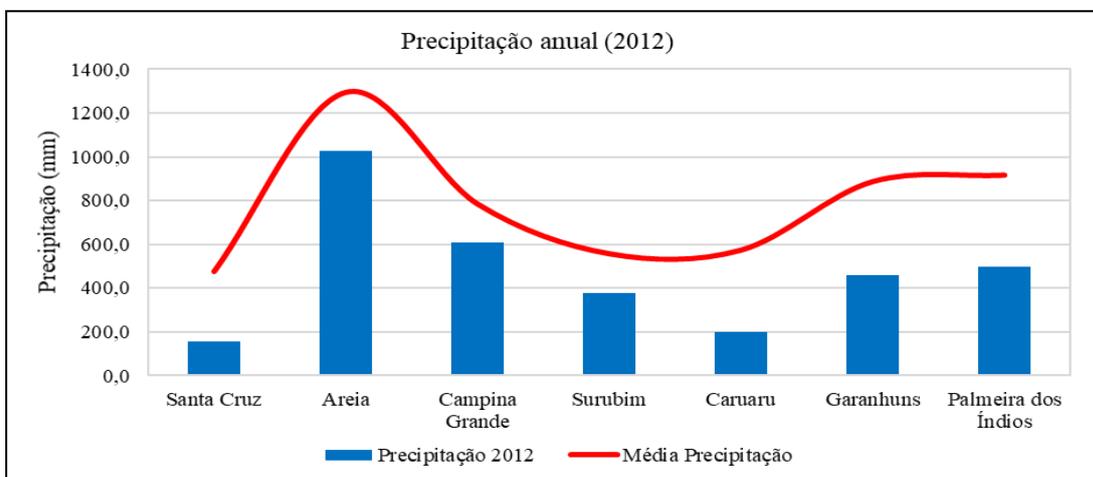
O aumento dos registros pluviométricos no sentido oeste-leste pode possuir ligação com a influência orográfica do planalto da Borborema, que barra a atuação das massas e dos sistemas atmosféricos produtores de chuva que adentram ao continente sem a intensidade suficiente para a superação desta barreira natural. Assim, a precipitação torna-se maior na faixa leste da

região Agreste, sobretudo nas regiões de escarpa do planalto da Borborema, como nos setores de Areia/PB e de Garanhuns/PE, chamados de brejos de altitude.

Participação das massas de ar e dos sistemas atmosféricos nos “anos-padrão”

O “ano-padrão” **Muito Seco (2012)** apresentou desvios negativos de precipitação em todas as estações meteorológicas, conforme é apresentado na Figura 4. Os desvios negativos totais de precipitação apresentaram valores entre 176,2 mm em Campina Grande/PB e 431,9 mm na estação de Garanhuns/PE. A estação a apresentar o menor acumulado pluviométrico anual foi a de Santa Cruz/RN, com registro de 157,8 mm (320,5 mm abaixo da média histórica), enquanto que o maior acumulado no ano foi registrado na estação de Areia/PB que, mesmo enquadrando-se em um ano muito seco, apresentou precipitação de 1.024,5 mm, ou seja, 272,1 mm abaixo da média.

Figura 4 - Precipitação para o ano Muito Seco (2012) por estação meteorológica.



Fonte: Cavalcante, 2019.

A Figura 5 mostra a espacialização de cada sistema atmosférico e massa de ar atuante na região durante o ano de 2012. A **Massa Equatorial Atlântica (mEa)** apresentou variação de atuação entre 328 dias na estação de Santa Cruz/RN (a única estação a registrar atuação da massa em menos de 90% dos dias do ano) e 349 dias nas estações pernambucanas de Caruaru e Garanhuns. Desta forma, comparando-se a atuação da mEa na região Agreste da Borborema durante os três “anos-padrão”, concluiu-se que sua participação é inversamente proporcional aos quantitativos de chuva, ou seja, quanto maiores os quantitativos de chuva na região, menor é a participação da referida massa de ar nos tipos de tempo.

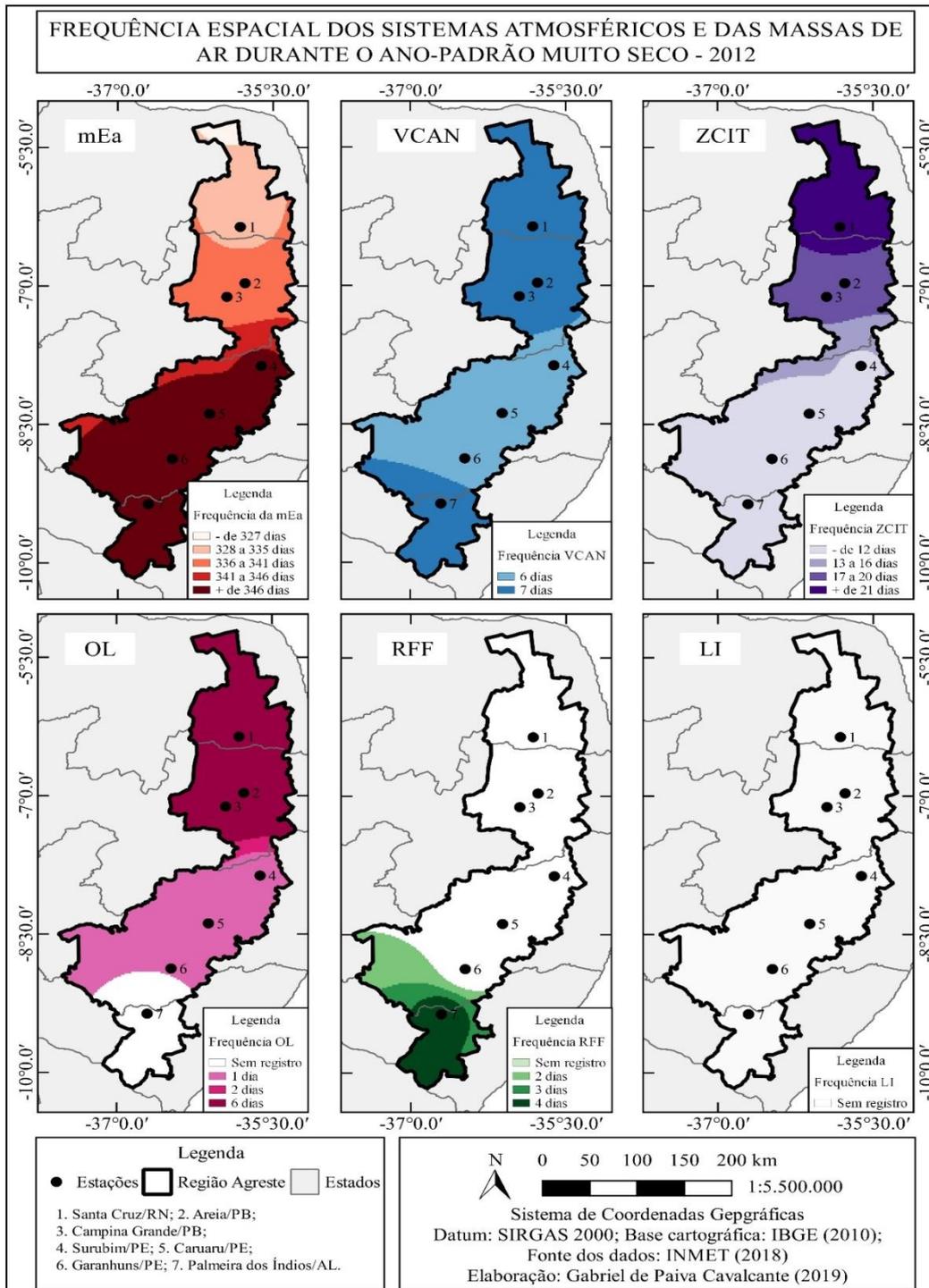
Os **Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN)** se apresentam como o segundo sistema atmosférico produtor de chuva na região, sendo o terceiro sistema mais atuante durante os dias dos “anos-padrão”. Foram registradas 46 ocorrências (a maior quantidade dentre os anos-padrão, superando o ano-padrão muito chuvoso (2011), que registrou 35 ocorrências entre as estações e o ano-padrão normal (2013), com 33 registros entre as estações). A distribuição espacial do sistema ocorreu de forma bastante homogênea, com sete ocorrências nas estações de Santa Cruz/RN, Areia/PB, Campina Grande/PB e Palmeira dos Índios/AL. As estações pernambucanas, por sua vez, apresentaram seis ocorrências (Surubim, Caruaru e Garanhuns).

A **Zona de Convergência Intertropical (ZCIT)** apresentou 97 registros de atuação entre as estações (15 ocorrências a mais do

que o registrado durante o ano-padrão Normal, 2013), configurando, portanto, o segundo sistema atmosférico mais atuante na região. A estação de Santa Cruz/RN apresentou a maior quantidade de ocorrências (25 ocorrências), seguida pelas estações paraibanas de Areia e Campina Grande, que registraram 17 ocorrências durante o ano. A estação de Surubim/PE apresentou 11 ocorrências, enquanto as estações pernambucanas de Caruaru e Garanhuns apresentaram 10 ocorrências. Já a estação de Palmeira dos Índios/AL apresentou sete ocorrências. Por ser um sistema atmosférico de baixa latitude, a ZCIT apresentou maior atuação nas estações localizadas no setor norte da região, comportamento que se repete na análise dos três “anos-padrão”.

As **Ondas de Leste (OL)** apresentaram redução bastante relevante no que tange à comparação aos demais “anos-padrão”. Foram 21 ocorrências entre as estações durante o ano de 2012, ao mesmo tempo em que, nos anos de 2011 e 2013, foram registradas 87 ocorrências. Tal fato apresenta-se como determinante na redução da precipitação na região durante o ano de 2012, o que impulsionou os registros de chuva para abaixo da média histórica. Nesse sentido, foram registradas seis ocorrências de OL nas estações de Santa Cruz/RN e Areia/PB, cinco ocorrências na estação de Campina Grande/PB, duas ocorrências em Surubim/PE e uma ocorrência nas estações pernambucanas de Caruaru e Garanhuns. Não houve registro de atuação do sistema atmosférico na estação de Palmeira dos Índios/AL.

Figura 5 - Frequência espacial de atuação dos sistemas: ano Muito Seco (2012).



Fonte: Cavalcante, 2019.

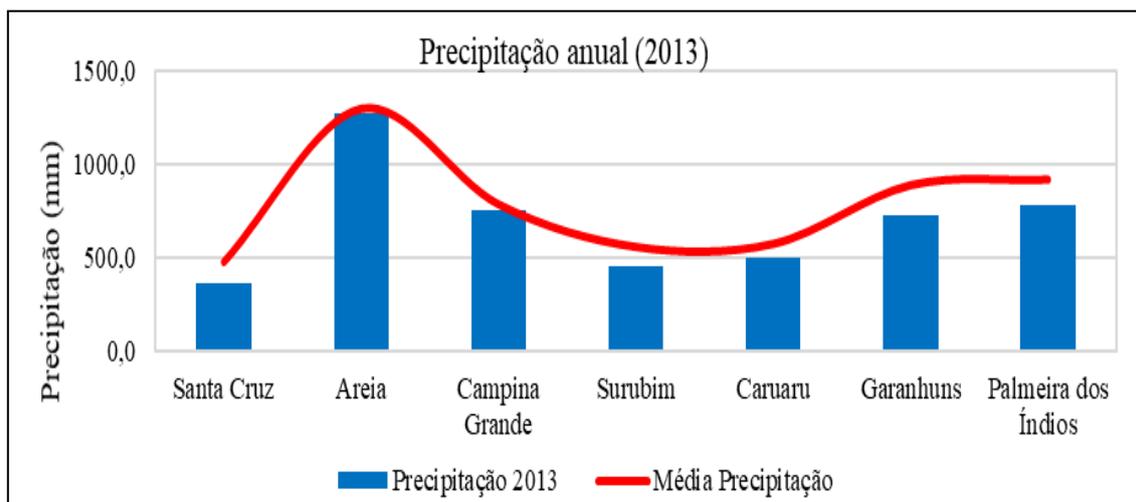
As **Repercussões de Frentes Frias (RFF)**, assim como as **OL**, apresentaram redução substancial de atuações na região, sobretudo quando se compara ao “ano-padrão” Normal (2011), que apresentou 31 ocorrências. Foram

registradas apenas quatro ocorrências de RFF, todas na estação de Palmeira dos Índios/AL. As **Linhas de Instabilidade (LI)**, por sua vez, não apresentaram registro de atuação durante o ano de 2012.

No “ano-padrão” Normal (2013) todas as estações apresentaram registros pluviométricos abaixo da média histórica, conforme mostra a Figura 6. Apesar disso, tais registros foram próximos à média, o suficiente para a classificação das chuvas na categoria

“Normal” na maioria das estações. Desta forma, os desvios pluviométricos mais marcantes registraram valores negativos entre 23,3 mm (em Areia/PB, que registrou 1.273,3 mm) e 164,8 mm (em Garanhuns/PE, que registrou 724,1 mm).

Figura 6 - Precipitação para o ano Normal (2013) por estação meteorológica.



Fonte: Cavalcante, 2019.

A Figura 7 mostra os registros de espacialização das massas de ar e dos sistemas atuantes na região durante o ano de 2013. A atuação da **mEa** durante os dias do ano ocorreu com mais frequência dentre todas as estações meteorológicas, com variação de registros entre 319 dias e 337 dias de participação nas estações de Santa Cruz/RN e Palmeira dos Índios/AL, respectivamente. Em comparação com o “ano-padrão” Muito Chuvoso (2011), nota-se maior uniformidade de participação da massa, ou seja, os registros apresentam-se mais próximos entre as estações meteorológicas, com aumento das ocorrências nas estações localizadas ao norte da região e diminuição nas estações localizadas ao sul. As estações de Campina Grande/PB, Surubim/PE, Caruaru/PE, Garanhuns/PE e Palmeira dos

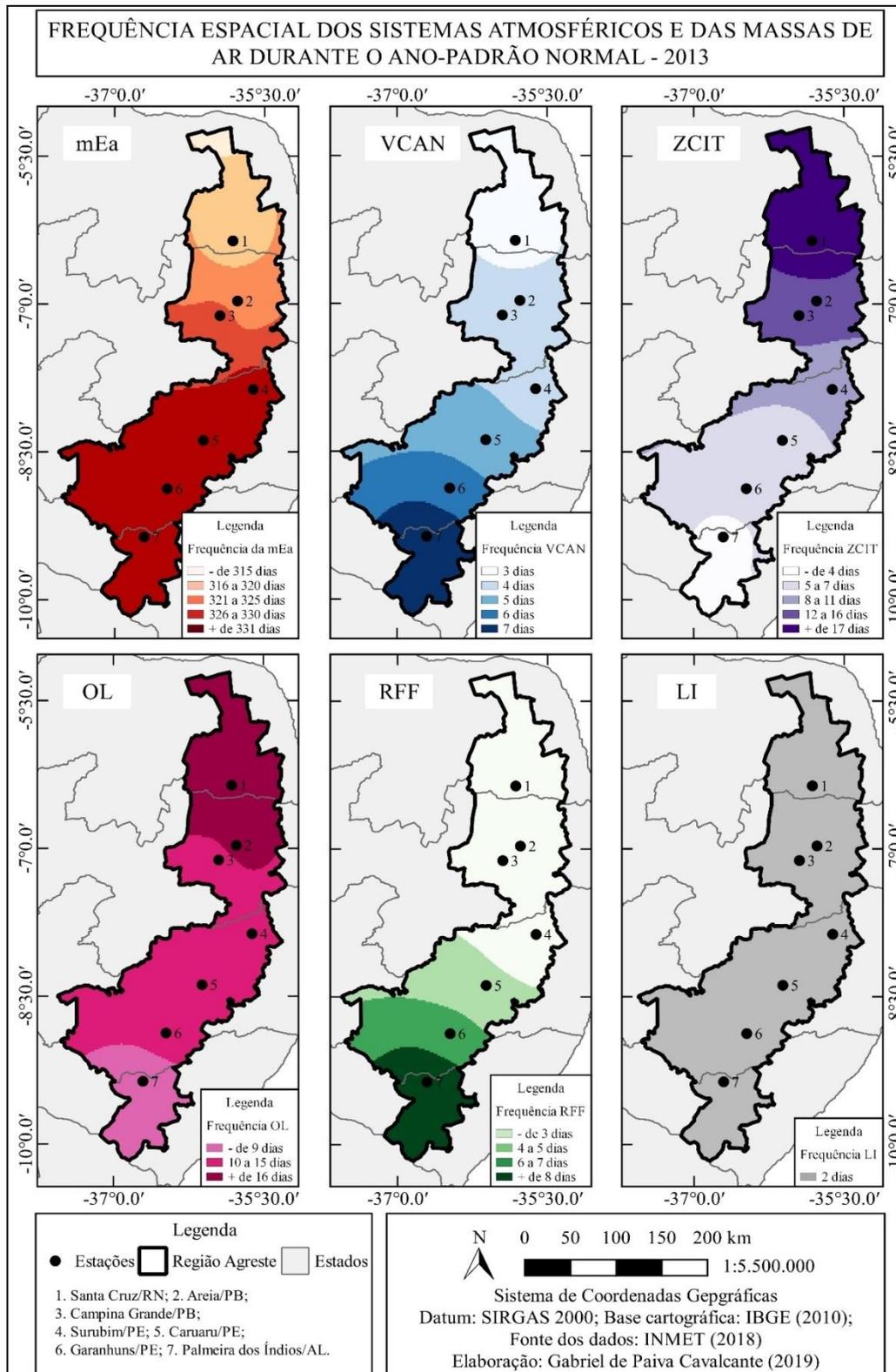
Índios/AL apresentaram valores de participação da mEa acima dos 90%.

Os **VCAN** atuaram 33 vezes entre as estações da região. Sua distribuição entre as localidades ocorreu com o aumento progressivo de ocorrências no sentido norte-sul da região, com os seguintes registros: sete ocorrências em Palmeira dos Índios/AL, seis em Garanhuns/PE, cinco em Caruaru/PE, quatro em Surubim/PE, Campina Grande/PB e Areia/PB e três ocorrências em Santa Cruz/RN. Ao contrário do que ocorreu durante o “ano-padrão” Muito Chuvoso (2011), quando o sistema ocorreu em mesma quantidade em todas as estações meteorológicas, nota-se que o registro durante o “ano-padrão Normal” ocorreu com aumento gradual na medida em

que o sistema se deslocava para o setor sul da região. Isso significa dizer que o centro dos VCAN durante este ano se posicionou mais ao

sul e, por consequência, as bordas também apresentaram tal comportamento.

Figura 7 - Frequência espacial de atuação dos sistemas: ano Normal (2013).



Fonte: Cavalcante, 2019.

A **ZCIT** apresentou 72 registros de atuação entre as estações meteorológicas. A estação de Santa Cruz/RN apresentou a maior quantidade de ocorrências (20 ocorrências), seguida pelas estações paraibanas de Areia e Campina Grande, que registraram 16 e 14 registros de atuação da ZCIT durante os dias do ano de 2013, de forma respectiva. As demais estações da região não chegaram a 10 ocorrências (oito ocorrências em Surubim/PE, seis ocorrências em Caruaru/PE, cinco ocorrências em Garanhuns/PE e três ocorrências em Palmeira dos Índios/AL).

As **OL** foram dos sistemas mais atuantes da região no ano de 2013, com registros de 87 ocorrências entre as estações meteorológicas. A estação de Santa Cruz/RN apresenta o maior quantitativo de registros, com 18 ocorrências, seguida por Areia/PB (16 ocorrências), Surubim/PE (13 ocorrências), Campina Grande/PB (12 ocorrências), Caruaru/PE (11 ocorrências), Garanhuns/PE (10 ocorrências) e Palmeira dos Índios (sete ocorrências). Embora a distribuição espacial do sistema se apresente de forma mais uniforme, se comparada às ocorrências em 2011, ano Muito Chuvoso, os registros apresentaram diminuição em quatro das sete estações. Por outro lado, três estações registraram aumento da atuação do sistema (Caruaru/PE, Garanhuns/PE e Palmeira dos Índios/AL). Assim, com o aumento das ocorrências do sistema na porção sul da região, os registros totais de ocorrência (87 registros) na região foram rigorosamente iguais a 2011. Desta forma, as OL ocorreram em mesma escala na região entre os anos Muito Chuvoso e Normal, e, o que mudou, foi a distribuição espacial de suas ocorrências na região Agreste

da Borborema.

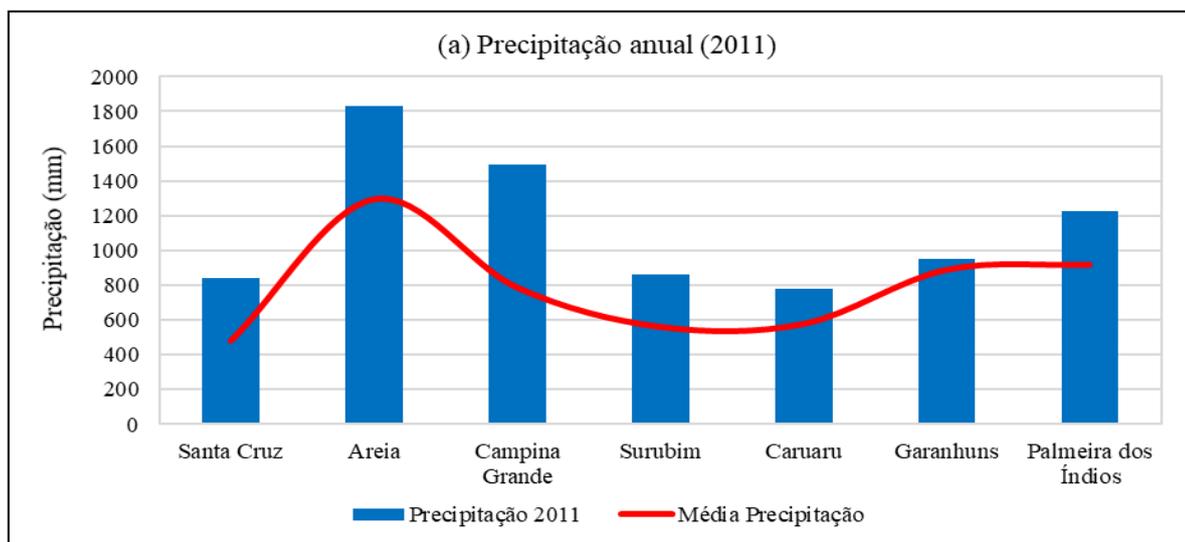
Foram registradas 31 ocorrências de **RFF** na região durante o ano-padrão Normal. Destas, nove ocorreram na estação de Palmeira dos Índios/AL, seis ocorrências na estação de Garanhuns/PE, quatro na estação de Caruaru/PE e três ocorrências nas demais estações meteorológicas da região. Quanto às **LI**, foram registradas duas ocorrências em cada estação, totalizando 14 ocorrências durante o ano de 2013.

O “ano - padrão” **Muito Chuvoso (2011)** apresentou registros pluviométricos acima da média histórica em todas as estações meteorológicas, com destaque para os desvios positivos apresentados nas estações de Campina Grande/PB (com registro total de 1.495,4 mm, ou seja, 708,9 mm acima da média histórica) e Areia/PB (com 1.827,6 mm observados, totalizando 531,0 mm acima da média). As demais estações apresentaram desvios positivos que variaram entre 62,2 mm (Garanhuns/PE) e 363,6 mm (Santa Cruz/RN), conforme mostra a Figura 8.

A Figura 9 mostra a espacialização de cada sistema atmosférico e massa de ar atuante na região durante o ano de 2011. A **mEa** atuou com maior frequência em todas as estações meteorológicas, com variação de atuação entre 306 dias e 352 dias de participação nas estações de Areia/PB e Palmeira dos Índios/AL, respectivamente. Merecem serem mencionadas as estações de Caruaru/PE, Garanhuns/PE e, novamente, Palmeira dos Índios/AL, por registrarem atuação deste sistema em mais de 90% dos dias do ano de 2011. Nota-se que a massa

atuou com mais frequência na parte sul da região, fato este que está ligado à maior frequência de outros sistemas atmosféricos na porção norte do Agreste.

Figura 8 - Precipitação para o ano Muito Chuvoso (2011) por estação meteorológica.



Fonte: Cavalcante, 2019.

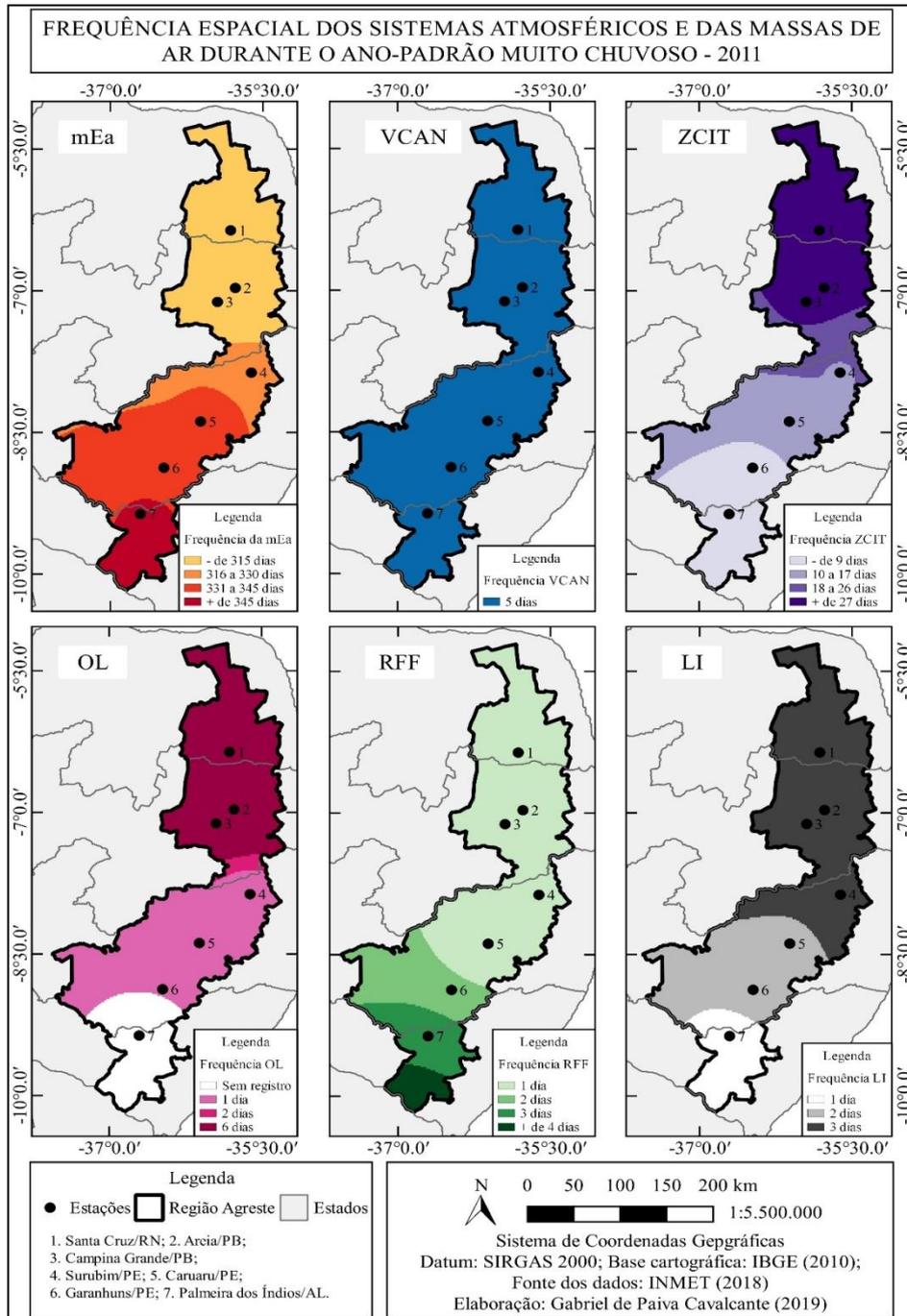
Os **VCAN** atuaram cinco vezes em todas as estações meteorológicas. Em Palmeira dos Índios/AL foi o sistema atmosférico produtor de chuva com mais atuação. Destaca-se que os **VCAN**, sistema atmosférico de mesoescala, quando ocorrem, provocam precipitações em todo o Agreste em um único registro de atuação, já que a sua borda proporciona atividade convectiva suficiente para cobrir toda a região.

A **ZCIT** foi o sistema mais atuante em cinco das sete estações meteorológicas da região, a saber: Santa Cruz/RN (31 ocorrências), Areia/PB e Campina Grande/PB (27 ocorrências), Caruaru/PE, com (13 ocorrências) e Garanhuns/PE (sete ocorrências). Na estação de Surubim/RN, a **ZCIT** apresentou atuação durante 17 dias, já na estação de Palmeira dos Índios/AL esse sistema atuou apenas em 2 dias.

O fato da baixa frequência de atuação desse sistema na estação de Palmeiras dos Índios pode ser explicado pela distância entre a área de atuação mais comum da **ZCIT** (próxima à linha do Equador) e a estação, a qual se localiza mais ao sul dentre as estações meteorológicas da pesquisa. Assim, a **ZCIT** só alcança a região em eventos mais excepcionais.

As **OL** são dos sistemas mais atuantes da região; o segundo em produção de chuvas durante o ano de 2011. A estação de Areia/PB possui o maior quantitativo de registros de atuação (23 ocorrências), seguida por Campina Grande/PB (22 ocorrências), Surubim/PE (17 ocorrências) e Santa Cruz/RN (14 ocorrências). As estações de Garanhuns/PE, Caruaru/PE e Palmeira dos Índios/AL registraram entre duas e cinco ocorrências, de modo respectivo.

Figura 9 - Frequência espacial de atuação dos sistemas: ano Muito Chuvoso (2011).



Fonte: Cavalcante, 2019.

Quanto à participação das **RFF** no ano de 2011, só houve registro de suas atuações um único dia em Areia/PB, Campina Grande/PB, Surubim/PE, Caruaru/PE e Garanhuns/PE. Em Palmeira dos Índios, por sua vez, o sistema atuou durante três dias, sendo o segundo

sistema atmosférico produtor de chuva mais atuante nesta estação meteorológica. Na estação de Santa Cruz/RN não houve registro de participação das RFF no ano em análise. Assim sendo, tal sistema atmosférico atuou com mais frequência na porção sul da região,

com diminuição gradativa da atuação na medida em que se avança em direção ao norte do Agreste. Já as LI, registraram três ocorrências nas estações de Santa Cruz/RN, Areia/PB, Campina Grande/PB e Surubim/PE, duas ocorrências em Caruaru/PE e Garanhuns/PE, e apenas uma ocorrência em Palmeira dos Índios/AL.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Massa Equatorial Atlântica (mEa), por apresentar atuação durante a maior parte dos dias do ano na região Agreste da Borborema, é a responsável pela gênese do maior volume anual das chuvas nas estações meteorológicas. No “ano-padrão” Muito Chuvoso (2011), ano em que a massa atuou com menor frequência, foram registrados, em média, um acumulado de 394,9 mm durante os dias do ano, o que representa 47,1% da média de chuvas entre as estações meteorológicas. No “ano-padrão” Normal (2013), a mEa é a responsável pelo maior volume pluviométrico em todas as estações. O total médio de participação da mEa nos registros de precipitação aumenta ainda mais durante o “ano-padrão” Muito Seco (2012), visto que a média de chuvas na região, neste ano, foi de 399,9 mm, enquanto que a mEa produziu isoladamente, em média, 259,4 mm. De modo muito diferente, os Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis (VCAN) apresentaram baixa participação na produção de chuvas na região; as médias percentuais de participação na gênese das chuvas não ultrapassaram 2,5% durante os “anos-padrão”.

As Repercussões de Frentes Frias (RFF) e as Linhas de Instabilidade (LI), assim como os VCAN, não apresentam participação significativa nos quantitativos de chuvas no Agreste da Borborema. No que diz respeito às RFF, a participação média foi de 3,7% das chuvas no “ano-padrão” Muito Chuvoso (2011), 2,5% no “ano-padrão” Normal (2013) e de 0,8% de participação no “ano-padrão” Muito Seco (2012). Já com relação às LI, a participação é ainda menor, pois os registros médios percentuais não ultrapassam 1,2% de participação na gênese das chuvas durante os “anos-padrão”.

A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) apresenta participação bastante significativa na produção das chuvas na região, sobretudo, nas estações meteorológicas localizadas no setor mais norte da região. Destaca-se, nesse sentido, a participação do sistema nas chuvas registradas durante o “ano-padrão” Muito Chuvoso (2011) na estação de Santa Cruz/RN (registro de 458,8 mm, o que representa 59,1% das chuvas registradas durante o ano nessa estação). Em síntese, a ZCIT apresentou em média 29,7% de participação na gênese das chuvas na região durante o “ano-padrão” Muito Chuvoso (2011); 11,8% durante o “ano-padrão” Normal (2013) e 15,2% de participação no “ano-padrão” de Muito Seco (2012).

As Ondas de Leste (OL) também apresentaram participação significativa na gênese das chuvas na região, sobretudo, nas estações dos estados do Rio Grande do Norte e da Paraíba. Nestas estações, os registros percentuais médios ocorreram sempre acima dos 20% em todos os “anos-padrão” (com

exceção do registro de 11,2% de participação no acumulado anual do ano de 2011 na estação de Santa Cruz/RN). Destacam-se os acumulados de 615,4 mm e de 527,0 mm nas estações de Areia/PB (participação de 33,3%) e de Campina Grande/PB (participação de 40,6%), respectivamente. No que se refere à participação média desse sistema, o ano de maior atuação foi durante o “ano-padrão” Normal (2013), quando as OL produziram, em média, 21,8% das chuvas na região, embora os registros pluviométricos médios de 2011 tenham sido maiores (registro médio de 219,7 mm em 2011 e 132,2 mm em 2013). Em 2012, “ano-padrão” Muito Seco, as OL produziram, em média, 73,2 mm, o que representa uma média de 16,2% das chuvas registradas durante o ano.

Em conclusão, com base na frequência de participação das massas de ar e dos sistemas atmosféricos durante os “anos-padrão”, é proposta a seguinte setorização pluviométrica para a região do Agreste da Borborema: Agreste Setentrional e Agreste Meridional. O Agreste Setentrional engloba as estações de Santa Cruz/RN, Areia/PB e Campina Grande/PB, tratando-se da região na qual atuam com mais frequência e intensidade os sistemas meteorológicos que mais produzem chuvas na região. Já no Agreste Meridional, composto pelas estações de Surubim/PE, Caruaru/PE e Garanhuns/PE além da estação de Palmeira dos Índios/AL, a atuação da mEa e das RFF são mais frequentes.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, M. C. **A terra e o homem no Nordeste**: contribuição ao estudo da questão agrária no Nordeste. 5. ed. São Paulo: Atlas, 1986, 334 p.

BDMEP/INMET. **Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa/ Instituto Nacional de Meteorologia**. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>. Acesso em: 6 jun. 2017.

CAVALCANTE, G. P. **As chuvas na região Agreste da Borborema, Nordeste do Brasil**: proposta de setorização climática sob o enfoque da análise rítmica. 2019. 164 f. Dissertação. (Mestrado em Geografia). Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, 2019.

CORRÊA, A. C. B; TAVARES, B. A. C; MONTEIRO, K. A; CAVALCANTI, L. C. S; LIRA, D. R. Megageomorfologia e morfoestrutura do Planalto da Borborema. **Revista do Instituto Geológico**, São Paulo, 31 (1/2), 35-52, 2010. Disponível em: http://www.igeologico.sp.gov.br/downloads/revista_ig/31_3.pdf. Acesso em: 6 jun. 2017.

MELO, M. L. Bases Geográficas dos problemas do Nordeste. **Revista Brasileira de Geografia**, Ano XXIV, n. 4, p. 503-542, 1962.

MONTEIRO, C. A. F. A Frente Polar Atlântica e as chuvas de inverno na fachada Sul-Oriental do Brasil (Contribuição metodológica à análise rítmica dos tipos de tempos no Brasil). **Série Teses e Monografias**, n. 1, São Paulo: Instituto de Geografia/USP, 1969.

MONTEIRO, C. A. F. Análise Rítmica em Climatologia: problemas da atualidade climática em São Paulo e achegas para um programa de trabalho. **Série Climatologia**, n. 1. São Paulo: Instituto de Geografia/USP, 1971.

MONTEIRO, C. A. F. Teoria e Clima Urbano. **Série Teses e Monografias**, n. 25. São Paulo: Instituto de Geografia/USP, 1976, 181 p.

MONTEIRO, C. A. F. A Climatologia Geográfica no Brasil e a Proposta de um Novo Paradigma. p. 61-153. *In*: MONTEIRO, C. A. F.; MENDONÇA, F. A.; ZAVATTINI, J. A.; SANT'ANNA NETO, J. L. A. (org.). **A Construção da Climatologia Geográfica no Brasil**. Campinas: Alínea, 2015, 194 p.

PINKAYAN, S. **Conditional probabilities of occurrence of Wet and Dry Years Over a Large Continental Area**. Colorado: State University, Boulder-Co, Hydrology Papers, n. 12, 1966.

TABARELLI, M; SANTOS, A. M. M. Uma Breve Descrição Sobre a História Natural dos Brejos Nordestinos p. 17-24. *In*: PORTO, K. C.; CABRAL, J. J. P.; TABARELLI, M. (org.) **Brejos de altitude em Pernambuco e Paraíba: história natural, ecologia e conservação**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2004, 324 p.

SORRE, M. **Les fondements de la Géographie Humaine**. Tome I: Les fondements Biologiques- Essai d'une écologie de l'homme. Paris: Librairie Armand Colin, 1951, 440 p.

VASCONCELOS SOBRINHO, J. **As regiões naturais do Nordeste, o meio e a civilização**. Recife: Conselho do Desenvolvimento de Pernambuco, 1971, 442 p.

XAVIER, T. M. B. S.; XAVIER, A. F. S. Caracterização de períodos secos ou excessivamente chuvosos no Estado do Ceará através da Técnica dos Quantis: 1964-1998. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 14, n. 2, p. 63-78, 1999.

XAVIER, T. M. B. S. **Tempo de Chuva: Estudos Climáticos e de Previsão para o Ceará e Nordeste Setentrional**. Fortaleza: ABC Editora, 2001, 478 p.

XAVIER, T. M. B. S.; SILVA, J. F.; REBELLO, E. R. G. **A técnica dos quantis e suas aplicações em meteorologia, climatologia e hidrologia, com ênfase para as regiões brasileiras**. Brasília, DF: Thesaurus Editora, 2002, 144 p.

MODELOS MATEMÁTICOS E O PREENCHIMENTO DE FALHAS: A AVALIAÇÃO DE DENSIDADE DA REDE PLUVIAL DA REGIÃO CENTRO-SUL DE MATO GROSSO DO SUL

Lorrane Barbosa Alves
Charlei Aparecido da Silva

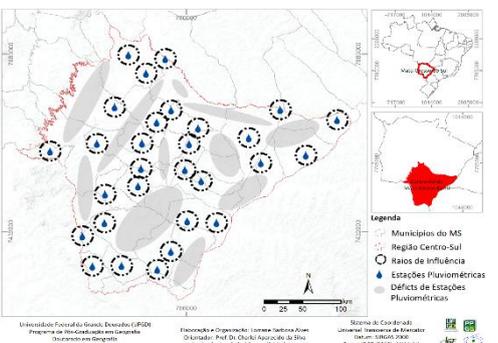
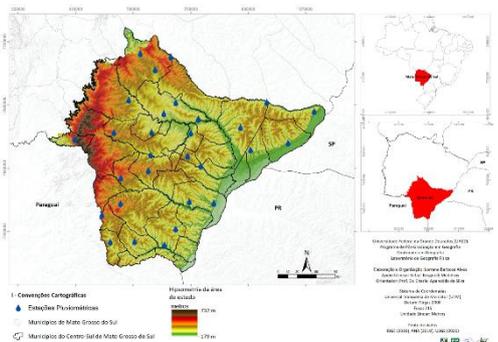
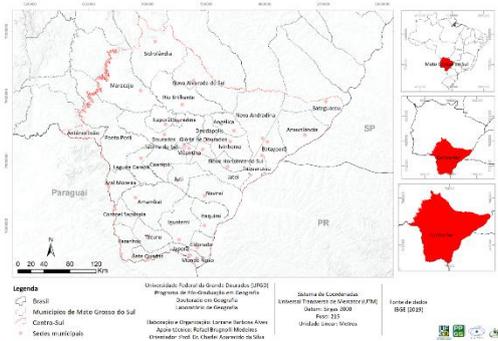
RESUMO

O estudo ora apresentado visa expor a distribuição das redes de monitoramento pluvial e avaliar sua densidade, na região centro-sul de Mato Grosso do Sul. Para tanto, foi feita uma análise preliminar do banco de dados das estações pluviométricas ativas e efetuado o cálculo de densidade e área de influência. Os resultados encontrados possibilitaram evidenciar rupturas nas séries históricas de algumas estações pluviométricas, o que revelou a necessidade de corrigi-los por meio de modelos matemáticos, além de apontar baixa densidade na rede de monitoramento. Portanto, esse trabalho ambiciona atribuir maior confiabilidade ao banco de dados, subsidiando tomadas de decisão e contribuindo em outros estudos que se embasam na dinâmica pluvial.

MATHEMATICAL MODELS AND FAULT FILLING: THE ASSESSMENT OF THE DENSITY OF THE PLUVIAL NETWORK IN THE CENTER-SOUTH REGION OF MATO GROSSO DO SUL

ABSTRACT

This study aims to expose the distribution of rainfall monitoring networks and assess their density in the south-central region of Mato Grosso do Sul. For this purpose, a preliminary analysis of the database of active rainfall stations was made and the calculation of density and area of influence was performed. The results found made it possible to evidence ruptures in the historical series of some rainfall stations, which revealed the need to correct them by means of mathematical models, besides pointing out low density in the monitoring network. Therefore, this work aims at attributing greater reliability to the database, supporting decision making and contributing to other studies that are based on rainfall dynamics.



INTRODUÇÃO

Os aspectos climáticos são fenômenos que impactam direta e indiretamente na qualidade de vida da população. Diante de sua repercussão no espaço geográfico, torna-se necessário compreender as dinâmicas dos fatores e elementos que compõem a Climatologia, uma ciência que “busca por essência, no estudo da atmosfera, a compreensão do ritmo e sucessão habitual dos estados do tempo, reconhecendo que essa dinâmica atua como elemento regulador da organização do espaço.” (ALMEIDA, 2005, p. 15).

Em se tratando das interações e relações dos elementos que compõem o espaço geográfico, Conti (2001, p. 92) menciona que a Climatologia Geográfica “concentra suas atenções na superfície do planeta, onde se dá a conexão dos processos atmosféricos, geomorfológicos e biológicos e onde o homem, vivendo em sociedade, produz e organiza o espaço geográfico, isto é, constrói seu ecúmeno.”

A relevância desta ciência fica evidente quando aplicada em estudos relacionados ao planejamento agrícola e urbano, gestão de recursos hídricos, na prevenção de desastres naturais, na produção de energia, dentre outros setores no âmbito socioambiental e socioeconômico. O comportamento dos elementos climáticos discutidos na ciência climatológica é monitorado por satélites e radares meteorológicos, estações meteorológicas de superfície (automáticas e convencionais), dentre outras fontes. Este trabalho procurou avaliar a densidade da rede de monitoramento desta última.

Quando os instrumentos de medições que compõem tais redes de monitoramento não são calibrados e/ou não são manuseados de forma adequada pelos operadores, pode-se comprometer a série histórica por não dispor o dado do dia/mês/ano, ocasionando uma ruptura na série temporal do banco de dados. Dentro desta perspectiva, o elemento climático enfatizado neste trabalho foi a precipitação. Os instrumentos responsáveis em registrar e medir seu volume e intensidade nas estações meteorológicas de superfície são os pluviômetros (*Non-recording*) e os pluviógrafos (*Recording*), que dispõem de dados que auxiliam na compreensão do regime e variabilidade pluvial, construindo, assim, um banco de dados. Contudo, quando as séries temporais a serem trabalhadas se mostram incompletas é necessário aferir, corrigir, gerar e verificar seu grau de homogeneidade, submetendo-os a tratamentos estatísticos.

Os modelos matemáticos que visam completar as séries históricas pluviais são diversos, tendo como exemplo o Método de Regressão Linear Simples e Múltipla, a Média Aritmética Simples, o Método de Ponderação Regional com base em Regressão Linear, o Método de Ponderação Regional (PR), dentre outros, sendo este último o utilizado no presente artigo. Tal método é frequentemente empregado por autores que têm como objetivo preencher séries históricas em escalas mensais e anuais, como utilizado por Bertoni e Tucci (2001), Rohn e Freiria (2003), Bier e Ferraz (2017); Soares (2018); Alves e Silva (2020), dentre outros pesquisadores. Assim, a Ponderação Regional consiste, de acordo com Bertoni e Tucci (2001), em selecionar, a partir da

identificação da estação a ser preenchida,

[...] pelo menos três que possuam, no mínimo, dez anos de dados. Os postos vizinhos escolhidos devem estar numa região climatológica semelhante ao posto a ser preenchido. Para o preenchimento de valores diários de precipitação não se deve utilizar esta metodologia, pois os resultados podem ser muito ruins. (BERTONI; TUCCI, 2001, p. 183).

Os autores Pereira, Angelocci e Sentelhas (2007), Schneider (2014) e Almeida (2016) enfatizam que a distância máxima entre duas estações sinóticas seja de 150 km, como recomendado pela Organização Meteorológica Mundial (OMM), sendo esta a distância máxima adotada. Em um segundo momento, a fim de apurar a consistência da série histórica pluviométrica, buscou-se, na literatura, métodos que avaliassem a homogeneização do banco de dados estruturado, como o método do Vetor Regional, o método de Correlação com as Normais Climáticas e o método Dupla Massa, que não será tratado nesta discussão.

Portanto, ao identificar as estações pluviométricas que compõem a rede de monitoramento da unidade de estudo, e ao avaliar o banco de dados das estações e sua consistência, cabe, agora, analisar se estas estão

distribuídas de forma adequada no espaço geográfico para gerar informações relevantes para os múltiplos estudos que utilizam deste elemento climático. Tais distribuições podem ser consideradas, segundo a Organização Meteorológica Mundial (2008, p. 24), por meio da avaliação de densidade das estações pluviométricas.

As recomendações da Organização Meteorológica Mundial - OMM visam nortear a quantidade mínima de estações, a fim de fornecer dados consistentes e capazes de compreender e relatar as condições climáticas reais. Segundo o Guia de Práticas Hidrológicas da Organização Meteorológica Mundial (OMM, 2008), a densidade das redes recomendadas é revisada por meio de estudos da Comissão de Hidrologia, sendo estes estudos apresentados no site da instituição, como parte da versão eletrônica do guia. “Dessa forma, a OMM estabeleceu regras gerais para o dimensionamento das redes hidrológicas, bastante utilizadas desde 1965, segundo suas atualizações e reedições, caracterizadas pela facilidade de aplicação.” (DIAS, 2014, p. 66-67). Logo, o Quadro 1 apresenta tais recomendações propostas.

Quadro 1 - Densidade mínima recomendada de estações pluviométricas, segundo a Organização Meteorológica Mundial (OMM).

Unidades Fisiográficas	Pluviômetro (1)	Pluviógrafo (2)
	(Non-recording)	(Recording)
	km ² /estação	
Litoral/Região Costeira	900	9.000
Montanhas	250	2.500
Planícies Interioranas	575	5.750
Ondulada/Montanhosa	575	5.750
Pequenas Ilhas (< 500 km ²)	25	250
Áreas Urbanas	-	10 a 20
Polar/Árida	10.000	100.000

Fonte: Organização Meteorológica Mundial (OMM), 2008, p. 24.

Como observado no Quadro 1, os intervalos são classificados de acordo com as unidades fisiográficas, visto que os elementos da paisagem influenciam na dinâmica pluvial. Todavia, o guia ora citado desconsidera algumas variáveis como a distância e o alcance de influência entre as estações, “envolvendo como parâmetros somente o número de estações e a área da bacia, de modo a promover uma avaliação generalizada.” (SALGUEIRO, 2005, p. 82). Contudo, é possível inserir métodos e técnicas que complementem essas avaliações, como o método das variáveis regionalizadas.

Assim sendo, este trabalho objetiva expor a distribuição das redes de monitoramento pluvial da região centro-sul de Mato Grosso do Sul (Figura 1), preocupando-se em averiguar, estimar e corrigir o banco de dados disponibilizado pela instituição responsável selecionada neste estudo, isto é, a Agência Nacional das Águas. Ao identificar tal distribuição, buscou-se trabalhar com estações pluviométricas que apresentassem uma série temporal ativa e com poucas falhas, entre 1980 a 2019, além de avaliar a densidade de tais redes na região supracitada, de acordo com as recomendações do Guia de Práticas Hidrológicas da Organização Meteorológica Mundial (2008, p. 24).

Neste ínterim, é válido salientar que a região centro-sul de Mato Grosso do Sul foi selecionada por estar localizada em uma área de transição climática, na qual atuam sistemas polares e tropicais, o que justifica a necessidade em compreender a dinâmica pluvial, elemento indispensável no setor agrícola, uma das principais atividades

econômicas do estado. Outro fato que reforça a seleção da área envolve a concentração das culturas inseridas no contexto agrícola de Mato Grosso do Sul: 72,3% das culturas que compõem a área agrícola do estado, no ano de 2018, segundo o IBGE (2020), estavam inseridas na região centro-sul.

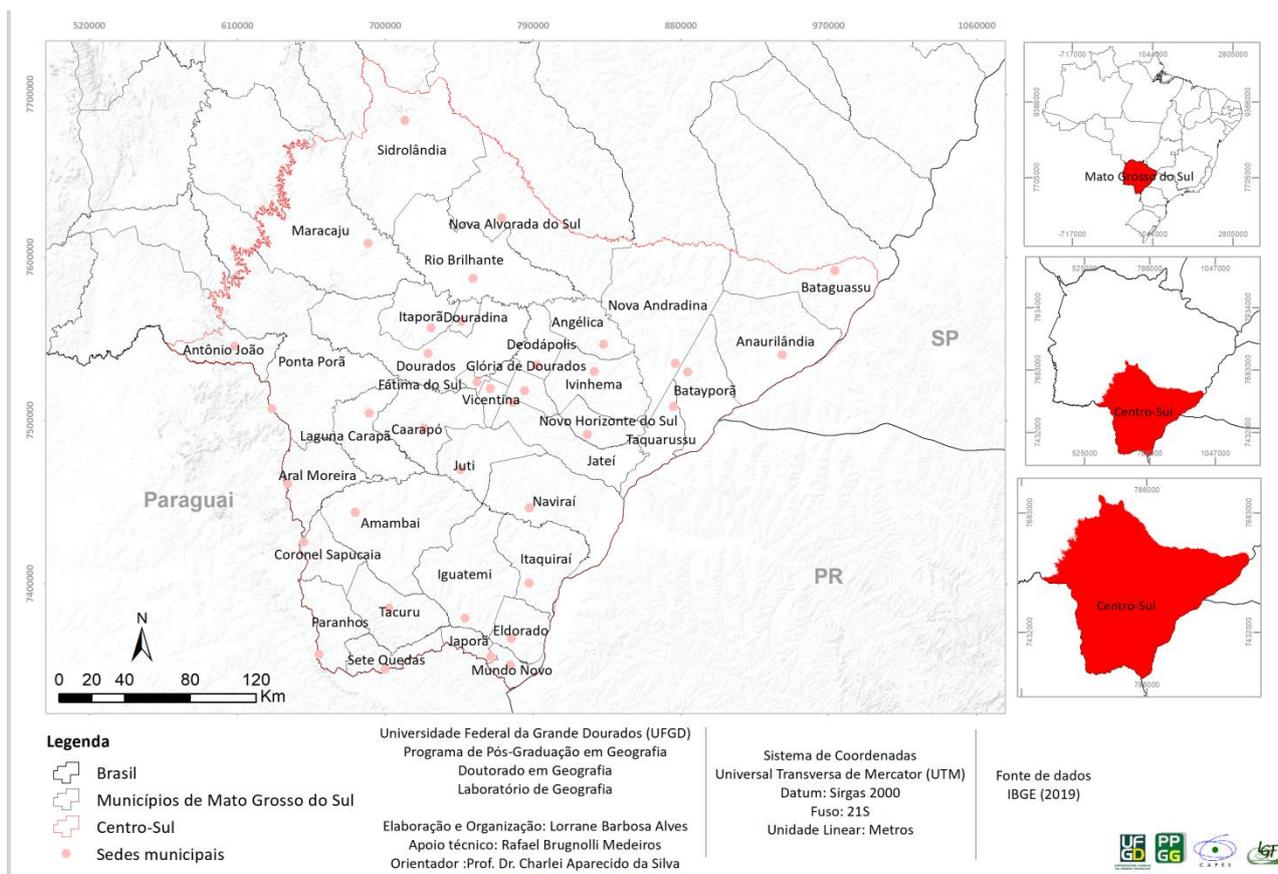
METODOLOGIA

Analisar séries temporais é de suma relevância nos estudos que buscam compreender as oscilações dos elementos climáticos, pois revelam o comportamento destes, apontando aumento, estabilidade ou declínio dos valores (REIS; REIS, 2002). Para tanto, antes de embasar estudos que necessitem compreender a dinâmica climática é necessária uma avaliação da consistência do banco de dados e a quantidade de estações pluviométricas responsáveis em evidenciar tais dinâmicas.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Os dados pluviais analisados neste artigo foram adquiridos no site da Agência Nacional de Águas – ANA, onde buscou-se trabalhar com banco de dados que apresentassem uma série histórica de 1980 a 2019 e ativas. Os dados foram organizados e tabulados com o auxílio do software Microsoft Excel® (2016). Executado esta etapa, verificou-se que algumas séries temporais dos bancos de dados selecionados apresentaram dados faltantes, sendo necessário preencher as lacunas preexistentes.

Figura 1 - Localização da área em estudo.



Fonte: IBGE, 2019. Organizado pelos autores.

Todavia, antes de aplicar o modelo matemático responsável por este feito, pesquisaram-se dados pluviométricos em outras entidades que também dispunham deste elemento climático – as estações de apoio – com o intuito de utilizar o dado real da mesma para o preenchimento dos dados faltantes, atentando-se em selecionar estações situadas no mesmo município e em condições altimétricas semelhantes.

Para tanto, algumas séries históricas ainda apresentaram falhas devido à ausência de dados. Partiu-se, então, para a aplicação de modelos matemáticos, isto é, o Método de Ponderação Regional (PR), que consiste na seguinte equação, segundo Bertoni e Tucci (2001, p. 183):

$$y = \frac{1}{3} + \left[\frac{x_1}{xm_1} + \frac{x_2}{xm_2} + \frac{x_3}{xm_3} \right] * ym \quad (1)$$

Onde:

y = precipitação do posto Y a ser estimada;

x1, x2, x3 = as medidas correspondentes ao mês (ou ano) que se deseja preencher, observadas em três estações vizinhas X1, X2, X3;

xm1, xm2, xm3 = as médias mensais ou anuais das três estações vizinhas x1, x2, x3;

ym = precipitação média do posto Y.

Com o propósito de selecionar as estações de apoio, que disponibilizaram os dados para aplicação da equação do método de Ponderação Regional, atentou-se para alguns critérios, como:

- Identificar as estações de apoio localizadas nas mesmas condições climáticas que a estação principal.
- Priorizar as três estações de apoio mais próximas da estação principal, descartando estações que estão além do raio de 150 km - recomendação da OMM.
- Escolher estações de apoio com menos falhas.
- Verificar se os dados possuem uma série histórica de no mínimo 10 anos.

Um software utilizado com o propósito de auxiliar na seleção das estações foi HidroPlu 4.1 (2010), que expõe o distanciamento (km) entre as estações pluviais. Contudo, segundo Amador (2017, p. 67), “o programa encontra-se desatualizado e não são todas as

ferramentas que estão disponíveis.” Porém, o *software* disponibiliza informações sobre as estações pluviométricas que estão próximas da estação principal, sendo possível estipular o raio de influência e as entidades responsáveis em coletar os dados pluviais no território nacional e, conseqüentemente, na área a ser estudada.

Após a análise exploratória do banco de dados das estações pluviométricas pertencentes à região, e, ao adequar a série histórica a ser trabalhada, foi avaliada a densidade da rede de monitoramento pluvial das estações já estabelecidas. Assim, foi possível verificar se esta rede encontra-se em concordância com a estipulada pela Organização Meteorológica Mundial (OMM, 2008, p.24). Para se avaliar a densidade foi necessário aplicar a seguinte equação:

$$\text{Densidade} = \frac{\text{Área total da unidade de estudo}}{\text{nº de estações pluviométricas inseridas na unidade de estudo}} \quad (2)$$

Posteriormente, foi calculado, também, o raio de abrangência dos postos pluviométricos por meio da fórmula da área do círculo, como aplicado por Corrêa (2013):

$$A = \pi r^2 \quad (3)$$

Onde:

A = área da circunferência;

π = valor aproximadamente 3,1415;

r^2 = quadrado do raio da circunferência.

Finalizada esta etapa, as estações pluviométricas trabalhadas com seus respectivos raios de influência foram espacializadas utilizando o software ArcGis 10® (ESRI). Além disso, foram elaborados os mapas temáticos que embasaram a discussão. Os

produtos cartográficos elaborados foram georreferenciados para o Datum SIRGAS 2000, 21 S (Sistema de Referência Geocêntrico das Américas), pois, segundo o IBGE (2018), desde 25 de fevereiro de 2015 o SIRGAS2000 (Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas) é

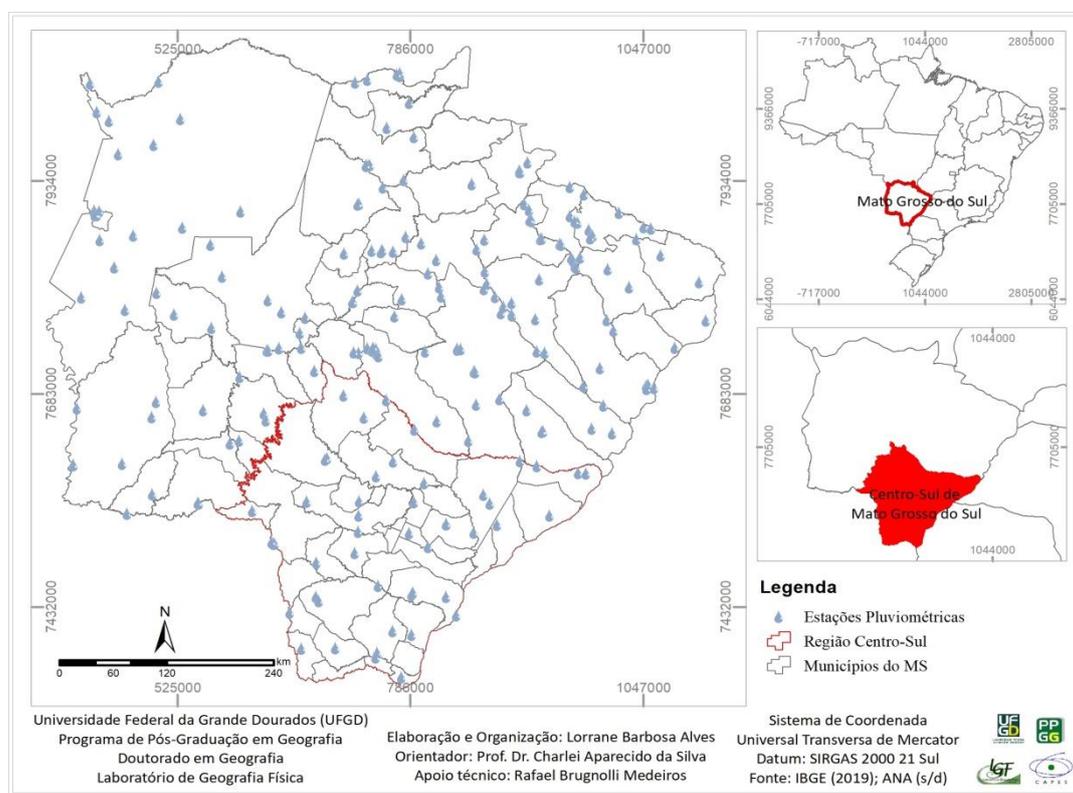
o único sistema geodésico de referência oficialmente adotado no Brasil. Para tanto, o sistema de coordenadas utilizado foi o UTM (*Universal Transversa de Mercator*), tendo como unidade o metro.

DESENVOLVIMENTO

No estado do Mato Grosso do Sul foram identificadas 229 estações

pluviométricas, de acordo com a Agência Nacional das Águas (Figura 2), operadas, em sua maioria, por órgãos governamentais, como: o Centro Nacional de Monitoramento e Alerta de Desastres Naturais (CEMADEN), o Centro de Monitoramento do Tempo e do Clima de Mato Grosso do Sul (CEMTEC-MS), a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) e o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

Figura 2 - Localização das estações pluviométricas de Mato Grosso do Sul.



Fonte: IBGE, 2019; ANA, 20--? Organização: Autores, 2021.

Isto posto, das 229 estações pluviométricas identificadas, 48 estão inseridas na região centro-sul de Mato Grosso do Sul, responsáveis em dispor de dados que auxiliem na compreensão do regime e variabilidade pluvial da área. Ao identificar tais estações, efetuou-se uma análise exploratória

de seus respectivos bancos de dados, buscando verificar a consistência da série histórica e preenchendo os dados faltantes, quando identificados.

Posto isto, constatou-se que, das 48 estações pluviométricas presentes na região centro-sul de Mato Grosso do Sul, apenas 29

estações apresentaram os requisitos estipulados, isto é, com uma série temporal de 1980 a 2019, e ativas. Contudo, 59% destas manifestaram inconsistência devido às falhas existentes, aplicando-se, após a exploração de outros bancos de dados, o método de Ponderação Regional (Quadro 2).

Em um segundo momento, a fim de aferir a homogeneidade da série histórica

preenchida, aplicou-se métodos estatísticos. Todavia, tal procedimento não foi descrito no presente trabalho, mas foi verificada a consistência dos 17 bancos de dados que apresentaram dados faltantes por meio do método Dupla Massa, resultando em um grau de homogeneidade acima de 99,0%, o que corresponde à eficiência do método de Ponderação Regional.

Quadro 2 - Estação principal com suas respectivas estações de apoio para o preenchimento de falhas.

Estação Principal/ Código	Estações de Apoio/ Código/ Distância entre a estação principal
Antônio João/ 2255002	Maracaju/ 02155000/ 110 km; Dourados/ 2254001/130 km; Amambaí/ 2355000/130 km.
Bataiporã/ 02253014	Rosana /02253003/ 50 km; Anaurilândia/ 02252000/ 70 km; Ivinhema/02253004/ 70 km.
Bocajá/ 2255003	Dourados/ 2254001/ 70 km; Amambaí/ 2355000/ 50 km; Flórida/ 2354002/ 80 km.
Caarapó/ 2254000	Dourados/ 2254001/ 30 km; Flórida/ 2354002 / 50 km; Bocajá/ 2255003/ 50 km.
Capão Bonito/ 02154007	Vau do Bálsamo/ 02154002/ 40 km; Porto Pindaíba/ 02153000/ 40 km; Sidrolândia/ 02054021/ 40km.
Colônia Bom Jesus/ 2354004	Naviraí/ 2354000/ 50 km; Flórida/ 2354002/ 60 km; Altônia/ 2353003/ 80 km.
Coronel Sapucaia/ 2355001	Amambaí/ 2355000/50 km; Flórida/ 2354002/ 120 km; Dourados/ 2254001/130 km.
Fazenda Jangada/ 2253015	Glória de Dourados/ 2254003/ 50 km; Naviraí/ 2354000/ 70 km; Flórida/ 2354002/ 80 km.
Fazenda Vaca Branca/ 2353048	Naviraí/2354000/ 50 km; Icaraíma/ 2353031/ 50 km; Querência do Norte/ 2353010/ 50 km.
Itaporã/ 2254005	Porto Rio Brilhante/ 02154001/ 50 km; Dourados/ 2254001/50 km; Maracaju/ 02155000/ 70 km.
Itaum/ 2255004	Porto Rio Brilhante/ 02154001/ 90 km; Dourados/ 2254001/ 80 km; Maracaju/ 02155000/ 60 km.
Porto São Domingos/ 2355002	Amambaí/ 2355000 / 70 km; Flórida/ 2354002/ 120 km; Dourados/ 2254001/160 km.
Porto Wilma/ 2254004	Glória de Dourados/ 2254003/ 50 km; Aroeira/ 02154000/ 60 km; Porto Rio Brilhante/ 02154001/ 60 km.
Retiro Guarujá/ 02154006	Aroeira/ 02154000/ 50 km; Glória de Dourados/ 2254003/ 60 km; Porto Rio Brilhante/ 02154001/ 70 km.
Sidrolândia/ 02054021	Vau do Bálsamo/ 02154002/ 60 km; Porto Pindaíba/ 02153000/ 60 km; Maracaju/02155000/ 80 km.
Tacuru/ 2355003	Amambaí/ 2355000/ 70 km; Flórida/ 2354002/ 100 km; Dourados/ 2254001/150 km.
Xavante/2153003	Bataiporã/02253014/39 km; Porto Pindaíba/ 02153000/ 57km; Retiro Guarujá/02154006/ 67,5 km.

Fonte: ANA, 2019; HidroPlu 4.1, 2010. Organização: Autores, 2021.

Ao efetuar os procedimentos supracitados, partiu-se, então, para a verificação dos tipos de medidores de chuvas adotados pelas 29 estações, isto é, se as chuvas foram registradas por pluviômetros (1) ou por pluviógrafos (2) (Quadro 3). Logo, constatou-se que todas as estações pluviométricas

trabalhadas são compostas por pluviômetros, o que corresponde a uma leitura direta. Ao identificar tal medidor foi possível, então, apontar a densidade mínima de estações de acordo com suas respectivas unidades fisiográficas.

Quadro 3 - Estações Pluviométricas da região Centro-Sul de Mato Grosso do Sul utilizadas na avaliação da densidade.

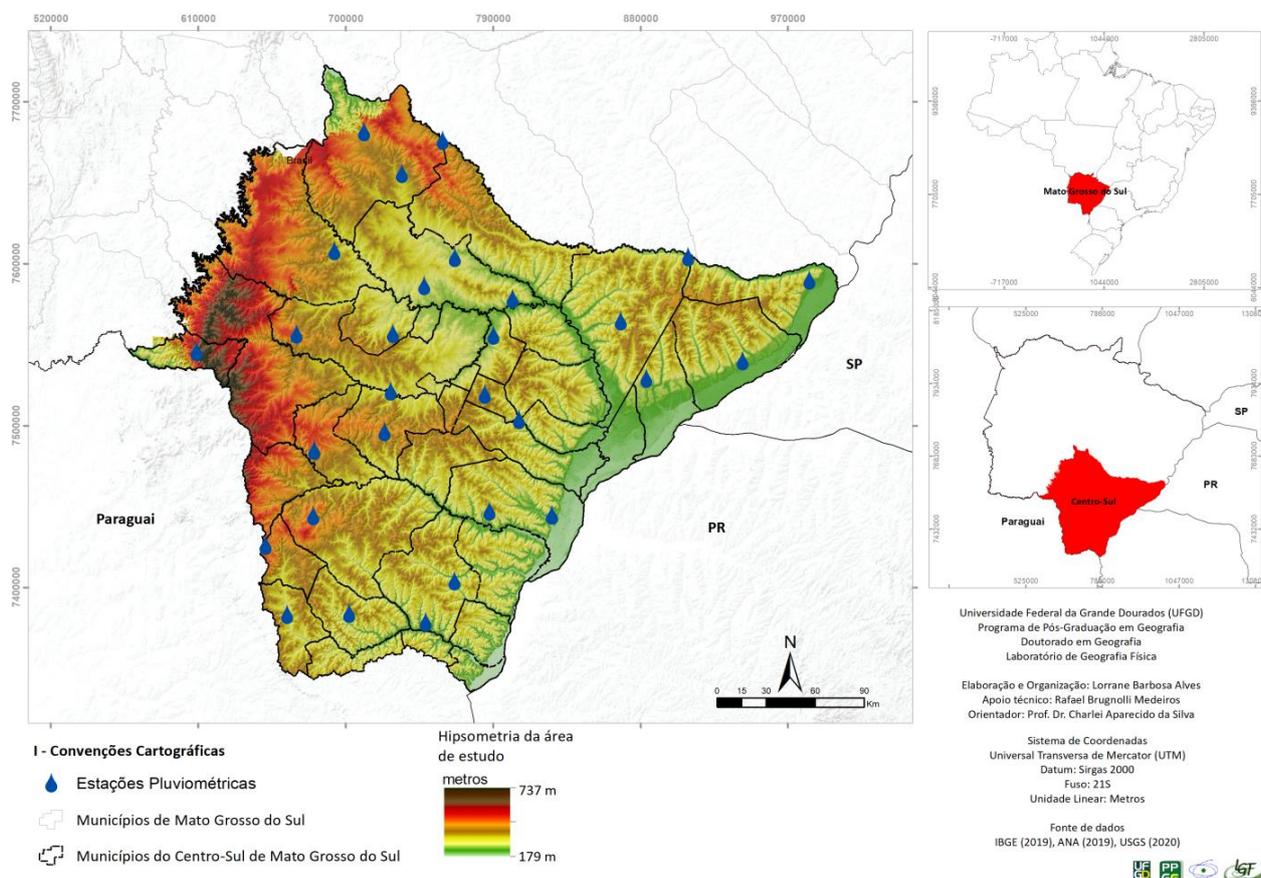
Estação/ Código	Tipo de Medidor	Período de Leitura	Estação/ Código	Tipo de Medidor	Período de Leitura
	1			1	
Amambai (2355000)	X	10/1972 a 04/2021	Itaum (2255004)	X	04/1984 a 11/2020
Anaurilândia (2252000)	X	10/1972 a 11/2020	Iguatemi (2354001)	X	05/1972 a 04/2021
Antônio João (2255002)	X	04/1984 a 11/2020	Maracajú (02155000)	X	10/1972 a 11/2020
Aroeira (02154000)	X	04/1972 a 11/2019	Naviraí (2354000)	X	05/1972 a 04/2021
Bataiporã (02253014)	X	01/1984 a 12/2020	Porto Pindaíba (02153000)	X	10/1972 a 08/2020
Bocajá (2255003)	X	01/1984 a 04/2021	Porto Rio Brilhante (02154001)	X	10/1972 a 05/2020
Caarapó (2254000)	X	10/1972 a 12/2020	Porto São Domingos (2355002)	X	04/1984 a 04/2021
Capão Bonito (02154007)	X	04/1984 a 08/2019	Porto Uerê (02152001)	X	10/1972 a 11/2020
Colônia Bom Jesus (2354004)	X	03/1984 a 04/2021	Porto Wilma (2254004)	X	01/1984 a 04/2021
Coronel Sapucaia (2355001)	X	04/1984 a 04/2021	Retiro Guarujá (02154006)	X	01/1984 a 12/2020
Dourados (2254001)	X	06/1972 a 12/2020	Sidrolândia (02054021)	X	04/1984 a 08/2019
Fazenda Jangada (2253015)	X	01/1984 a 12/2020	Tacuru (2355003)	X	04/1984 a 04/2021
Fazenda Vaca Branca (2353048)	X	06/1984 a 04/2021	Xavante (2153003)	X	04/1984 a 04/2021
Glória de Dourados (2254003)	X	01/1976 a 04/2021	Val do Bálsamo (02154002)	X	01/1973 a 11/2020
Itaporã (2254005)	X	01/1984 a 11/2020			

Fonte: Agência Nacional das Águas, 2021. Organização: Autores, 2021.

As unidades fisiográficas da região centro-sul de Mato Grosso do Sul foram distinguidas como base no mapa hipsométrico (Figura 3) extraído da imagem de satélite SRTM. Nela, foi possível observar uma variância de 558 metros no terreno, isto é, altitudes que oscilaram entre 179 a 737 metros. As áreas de maiores altitudes localizam-se no extremo

oeste da unidade em estudo, o que corresponde à serra de Maracaju. Frente a estas características, a região centro-sul ficou definida, de acordo com as unidades fisiográficas propostas pela OMM, como planícies interioranas e onduladas/montanhasas, unidades estas em que se recomendam uma estação pluviométrica a cada 575 km².

Figura 3 - Distribuição dos postos pluviométricos sobre a hipsometria da área de estudo.



Fonte: IBGE, 2019; ANA, 2019; USGS, 2020. Organização: Autores, 2021.

Ao definir as unidades fisiográficas da área em estudo, permitindo-nos discernir a recomendação mínima de estações estipuladas pela OMM (2008), efetuou-se o cálculo da densidade das estações pluviométricas. Pode-se confirmar a

deficiência de redes de monitoramento pluvial, visto a região centro-sul de Mato Grosso do Sul ser composta por 2.715,26 km²/estação. Isto poderá acarretar prejuízos em diversos estudos que dependem e envolvem os dados dispostos por estas estações pluviométricas.

$$\text{Densidade} = \frac{78.742,51 \text{ km}^2}{29} = 2.715,26 \text{ km}^2/\text{estação}$$

Determinada a densidade da rede de monitoramento pluvial que compõem a região centro-sul de Mato Grosso do Sul, calculou-se o raio de influência destas (29 estações pluviométricas) com o objetivo de verificar seu grau de atuação, logo:

$$A = \pi * r^2 \quad (3)$$

$$575 = 3,1415 * r^2$$

$$r = \sqrt{575/3,1415}$$

$$r = 13,5 \text{ km}$$

Com isso, constatou-se que do centro do raio à sua extremidade tem-se 13,5 km. A área total da circunferência corresponde a 575 km², como consta na Figura 4. Desse modo, ao avaliar os raios de abrangência dos postos pluviométricos foi possível detectar o déficit de cobertura, o que dificulta a análise e exige a inserção de métodos que auxiliem na compreensão do regime e da variabilidade das chuvas da área em estudo.

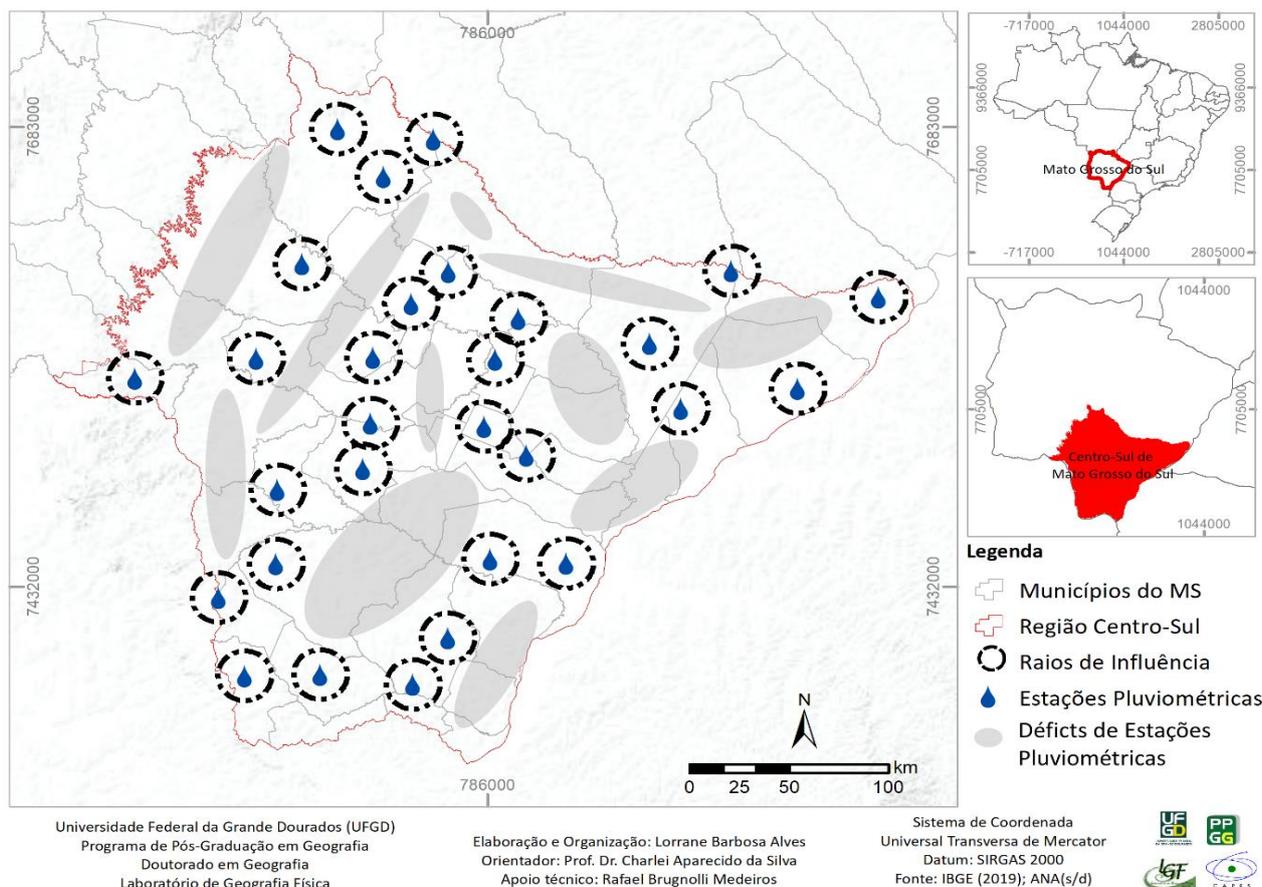
Assim, a fim de solucionar esta deficiência, sugere-se a instalação e um melhor direcionamento de novos postos pluviométricos com o objetivo de auxiliar nas tomadas de decisões para a instalação destas novas estações. A Figura 4 nos apresentou, também, áreas com a ausência de estações pluviométricas que utilizam o pluviômetro como medidor, o que facilita o diagnóstico.

Santos *et al.* (2018, p. 3) descrevem que tal proposta deve ser efetivada de forma racional e que não podem ser locadas de forma

aleatória, sob pena de não terem desempenho nem produzirem dados consistentes. Logo, ao propor a instalação de novas estações na rede de monitoramento pluvial da região centro-sul de Mato Grosso do Sul, é necessário avaliar algumas variáveis, como a distribuição espacial das estações já instaladas e ativas, o alcance e distância destas, a caracterização do relevo, e a distância de obstáculos, como retratado por Marcuzzo e Melati (2015), e Melati e Marcuzzo (2015), tendo três dessas informações expostas neste artigo.

Todavia, quando estas novas instalações se tornam incompatíveis ao orçamento do estado, ou não são inseridas no planejamento dos órgãos gestores, os pesquisadores utilizam outras ferramentas a fim de alcançarem o objetivo do estudo, que, neste caso, é o de compreender o regime e a variabilidade das chuvas em uma determinada área, com a aplicação de métodos e técnicas geoestatísticas.

Figura 4 - Localização das estações pluviométrica selecionadas e o raio de abrangência destas.



Fonte: IBGE, 2019; ANA, 2021. Organização: Autores, 2021.

A interpolação é um método muito utilizado nos estudos climáticos, pois, ao avaliar os dados de seus elementos, adquiridos, em sua maioria, em grade de pontos, possibilita “estimar um valor para o qual não existe informação disponível, considerando-se que os pontos próximos no espaço tendem a ter valores mais semelhantes do que pontos mais afastados” (SOUZA; ROTUNNO FILHO; MOREIRA, 2020, p. 36).

Frente ao explicitado, é notória a complexidade em se trabalhar e compreender o comportamento dos elementos climáticos, em especial as chuvas, visto requerer uma série de métodos e técnicas que auxiliem nesta compreensão. Os estudos que envolvem a

dinâmica pluvial, a exemplificar, necessitam de uma sequência de procedimentos para a seleção e utilização dos bancos de dados que compõem a rede de monitoramento, além de ponderações que buscam avaliar a densidade de postos pluviométricos das áreas a serem estudadas. Tais cuidados evitam ou minimizam prejuízos aos órgãos e entidades que utilizam os dados dispostos pelas estações pluviométricas nas tomadas de decisão ou em estudos que objetivam compreender a relação e interação das chuvas com uma variável estabelecida, tendo como exemplo a estimativa da produção agrícola.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em síntese, é fato a necessidade cada vez maior de dados e informações relacionados à dinâmica pluvial como instrumento de auxílio, o que envolve estudos cada vez mais complexos, capazes de apontar as condições climáticas reais. Logo, o estudo aqui apresentado visa atribuir maior confiabilidade ao banco de dados trabalhado, fundamentando-o por meio de modelos matemáticos que objetivam atribuir-lhe consistência em sua série temporal.

Desse modo, em um primeiro momento, apontou-se considerações sobre os bancos de dados pluviométricos dispostos pela Agência Nacional das Águas e inseridos no contexto da região centro-sul de Mato Grosso do Sul. Em uma análise preliminar, foram identificadas rupturas na escala temporal em análise, o que compromete a pesquisa caso não seja sanada esta deficiência por meio de métodos e técnicas, como o método de Ponderação Regional aplicado neste estudo. É importante salientar que a validação deste método foi verificada com o auxílio do método Dupla Massa, o que representou uma consistência de mais de 99%, evidenciando a eficiência e desempenho do método de Ponderação Regional no preenchimento das falhas das séries históricas das estações pluviométricas trabalhadas.

Ao verificar e homogeneizar a série temporal das 29 estações, calculou-se a densidade da rede de monitoramento pluvial e o raio de influência de cada estação, onde verificou-se baixa densidade, representando uma cobertura de 2.715,26 km² por estação,

tendo como medidor o pluviômetro, enquanto que o recomendado é no mínimo 575 km² por estação. Diante das informações dispostas, propõem-se a instalação de novas estações na rede de monitoramento pluvial da região centro-sul de Mato Grosso do Sul, trazendo consigo uma otimização dos estudos que se embasam em compreender a dinâmica pluvial e auxilia nas tomadas de decisão.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA. **Sistema de Informações Hidrológicas**. Disponível em: <http://hidroweb.ana.gov.br> Acesso em: 10 jun. 2021.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS - ANA; Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL; Universidade Federal de Viçosa - UFV; Fundação Arthur Bernardes - FUNARBE. **Hidro-Plu: Programa de Homogeneização de Dados Pluviométricos**. Viçosa, MG: GPRH/UFV, 2010, 39 p.

ALMEIDA, Hermes Alves de. **Climatologia Aplicada à Geografia**. Universidade Estadual da Paraíba, Capina Grande: Publicação Didática, 2016.

ALMEIDA, I. R. de. **O clima como fator de expansão da cultura da soja no Centro Oeste de Presidente Prudente**. 2005. 112 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2005.

ALVES, L. B.; SILVA, C. A. da. A homogeneização do banco de dados pluviométricos: um estudo de caso da estação Amambaí, Mato Grosso do Sul. *In*: 14^º ENEPE – ENCONTRO DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO, 2020. **Anais [...]**. Dourados, 2020.

AMADOR, M. C. **Variabilidade e Regime das Chuvas na Unidade de Planejamento e Gerenciamento Ivinhema no Período de 1980 a 2010**. 2017. 236 f. Dissertação (Mestrado em

Geografia) – Faculdade de Ciências Humanas, Universidade Federal da Grande Dourados, UFGD, Dourados, 2017.

BERTONI, Juan C.; TUCCI, Carlos E. M. **Precipitação**. In: TUCCI, Carlos E. M. **Hidrologia Ciência e Aplicação**. 2. ed. Porto Alegre: UFRGS, 2001. Cap. 5, p. 177-241.

BIER, A. A.; FERRAZ, S. E. T.; BIER, A. A.; FERRAZ, S. E. T. Comparação de Metodologias de Preenchimento de Falhas em Dados Meteorológicos para Estações no Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, Rio de Janeiro, v. 32, n. 2, p. 215–226, 2017.

CONTI, J. B. Geografia e Climatologia. **GEOUSP Espaço e Tempo (Online)**, v. 5, n. 1, p. 91-95, 10 dez. 2001.

CORREA, M. G. G. **Distribuição Espacial e Variabilidade da Precipitação Pluviométrica na Bacia do Rio Piquiri-PR**. 2013. 102 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo. Departamento de Geografia. São Paulo - SP, 2013.

DIAS, F. S. **Definição de Rede Adaptativa de Monitoramento Hidrometeorológico com suporte de Sensoriamento Remoto na Bacia do Dois Rios – RJ**. 2014. 111 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – UFRJ/COPPE, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 2014.

ESRI 2011. **ArcGIS Desktop: Release 10**. Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute.

EXCEL®, Microsoft Corporation®, 2016.

INSTITUTO NACIONAL DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Monitoramento da cobertura e uso da terra no Brasil 2016-2018**. Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/informacoes-ambientais/15831-cobertura-e-uso-da-terra-do-brasil.html>. Acesso em: 20 out. 2020.

MARCUZZO, F. F. N.; MELATI, M. D. Cálculo de Densidade pelos Critérios da OMM e Espacialização de novas Estações P e Pr na

Sub-Bacia 85. Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Brasília. **Anais[...]**. Brasília, 22 - 27 de nov. 2015.

MELATI, M. D.; MARCUZZO, F. F. N. Espacialização da recomendação de novas estações pluviométricas na sub-bacia 87 segundo os critérios de densidade da Organização Mundial de Meteorologia. XVII Simp. Bras. de Sens. Remoto. **Anais [...]**. João Pessoa, PB, 25 a 29 de abril, 2015.

NASA. **Imagens de Radar SRTM**. In: USSG: Science for a Changing World. Disponível em: http://dds.cr.usgs.gov/srtm/version2_1/SRTM3/South_America/. Acesso em: 4 set. 2021.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Meteorologia Agrícola**. Departamento de Ciências Exatas – Universidade de São Paulo. Piracicaba/SP, 2007.

REIS, E. A.; REIS I. A. **Análise Descritiva de Dados**. Relatório Técnico. Departamento de Estatística da Universidade Federal de Minas Gerais, 2002. Disponível em: www.est.ufmg.br. Acesso em: 5 jan. 2020.

ROHN, M. da C.; FREIRIA, N. T. **Estudos de consistência e reconstituição de séries de vazões naturais na bacia do rio Paranapanema**. Instituto de tecnologia para o desenvolvimento/Centro de hidráulica e hidrologia. Projeto HG-194, Relatório Técnico, n. 6, 2003.

SALGUEIRO, J. H. P. B. **Avaliação de rede pluviométrica e análise de variabilidade espacial da precipitação: estudo de caso na Bacia do Rio Ipojuca em Pernambuco**. 122 f. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Pernambuco, 2005.

SANTOS, S. C. dos; CALHEIROS, C. B. M.; LUCENA, C. R. C.; CORDEIRO, E. C. L. **Densidade Mínima de Rede Pluviométrica para o Município de Rio Largo, Alagoas, com Base na Diversidade Fisiográfica**. Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC'2018, 21 a 24 de agosto de 2018, Maceió, AL, Brasil.

SCHNEIDER, Heverton. **A geografia do clima na microrregião de Dourados/MS: regime e excepcionalidades pluviais no período de 1980 a 2012.** 2014. Dissertação (Mestrado em Geografia), Faculdade de Ciências Humanas – Universidade Federal da Grande Dourados, 2014.

SOARES, Nathália Karoline de Carvalho. **O regime e a variabilidade das chuvas na porção centro-sul de Mato Grosso do Sul, a expansão da cana-de-açúcar e o cenário das mudanças climáticas globais.** 2018. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2018.

SOUZA, V. A. S de; ROTUNNO FILHO, O. C.; MOREIRA, D. M. Avaliação de métodos de interpolação espacial aplicados à estimativa de chuva em Região Amazônica: Bacia do Rio Madeira. **Revista de Geografia**, Recife, v. 37, n. 2, 2020, p. 34-52.

WMO, Water Meteorological Organization. (2008). **Guide to Hydrological Practices. Volume I. Hydrology – From Measurement to Hydrological Information. Nº 168.** 6th edition. Geneva, Switzerland.

WMO. **Guindace to Meteorological Instruments and Methods of Observation.** World Meteorological Organization, n. 8, 5th edition.

AGRADECIMENTOS

À CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pela concessão da bolsa de doutorado à primeira autora.

Aristoteles Teobaldo Neto

<http://lattes.cnpq.br/4184492250481590>

<https://orcid.org/0000-0002-8624-2961>

Doutor em Geografia pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (Unesp), Faculdade de Ciências e Tecnologia (FCT), campus de Presidente Prudente (2019). Bolsista FAPESP (2016 a 2019) com período sanduíche na Universidade de Coimbra (Portugal, 2018). Mestre e graduado em Geografia (licenciatura e bacharelado) pela Universidade Federal de Uberlândia/MG (2008). Professor no ensino básico (2004 a 2010), professor no ensino superior (2008 a 2010) e pós-graduação (2010). Analista em Geoprocessamento no IBGE desde 2010. Coordenador da pesquisa de pós-enumeração do Censo Demográfico 2022 (IBGE). Principais áreas de pesquisa e atuação: Geotecnologias, Clima Urbano, Riscos e Vulnerabilidade Social.

E-mail: aristoteles.neto@ibge.gov.br

Camila de Moraes Gomes Tavares

<http://lattes.cnpq.br/1901101292643191>

<https://orcid.org/0000-0002-8373-0468>

Geógrafa, licenciada pela Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), mestre pela Universidade Federal de Juiz de Fora (PPGEO- UFJF) e doutoranda em Geografia pela Universidade Federal do Rio de Janeiro. Atua no desenvolvimento de pesquisas junto ao Laboratório de Climatologia e Análise Ambiental (LabCAA-UFJF) nas temáticas de Clima Urbano, Climatologia Regional e Variabilidade.

E-mail: camila.tardeli.tavares@gmail.com

Cássia de Castro Martins Ferreira

<http://lattes.cnpq.br/0162282706353980>

<https://orcid.org/0000-0002-6070-7257>

Doutora em Geografia Física pela Universidade de São Paulo (USP). Professora Titular do Departamento de Geociências da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF). Coordenadora do Laboratório de Climatologia e Análise Ambiental (LabCAA-UFJF). Pesquisadora do Núcleo de Estudos Climáticos em Territórios Apropriados (Necta-UFJF/UFV). Membro do quadro permanente do Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Federal de Juiz de Fora e da Universidade Federal de Viçosa. Faz pesquisas na área de Climatologia Geográfica, na escala regional e local.

E-mail: cassia.castro@ufjf.br

Charlei Aparecido da Silva

<http://lattes.cnpq.br/1949183981749520>

<https://orcid.org/0000-0002-5598-7848>

Geógrafo. Doutor em Geografia pela Unicamp (2006). Mestre em Geociências pela Unesp de Rio Claro (2001). Realizou pós-doutoramento na Unesp de Presidente Prudente, no curso de Geografia, no ano de 2014. Docente e pesquisador do curso de Geografia e do Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Federal da Grande Dourados. Coordenador do Laboratório de Geografia Física (LGF-NEEF). Editor científico da Revista Brasileira de Climatologia. Consultor *ad hoc* de agências de fomento. Parecerista de periódicos científicos nacionais e internacionais. Possui experiência nas áreas de Climatologia Geográfica, Dinâmicas territoriais, Paisagem e Turismo de Natureza.

E-mail: charleisilva@ufgd.edu.br

Daisy Beserra Lucena

<http://lattes.cnpq.br/5887402447942244>

<https://orcid.org/0000-0002-1645-9743>

Meteorologista. Doutora em Meteorologia pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), 2008. Mestra em Meteorologia pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB), 2001. Professora associada do Departamento de Geociências (DGEOC) da UFPB. Professora do Programa de Pós-graduação em Geografia da UFPB. Vice-líder do Grupo de Estudo e Pesquisa em Geografia Física e Dinâmicas Socioambientais (GEOFISA) da UFPB. Colaboradora do Laboratório de Climatologia Geográfica (CLIMAGEO) da UFPB. Tem experiência na área de Climatologia, com ênfase em interação oceano/atmosfera, Climatologia Regional, Climatologia do Semiárido Brasileiro, Eventos climáticos extremos e Métodos e técnicas estatísticas em Climatologia.

E-mail: daisy.beserra.lucena@academico.ufpb.br

Edson Soares Fialho.

<http://lattes.cnpq.br/7634405077673773>

<https://orcid.org/0000-0002-1162-632X>

Geógrafo e licenciado pela UFRJ (1998). Mestre em Geografia pela UFRJ (2002). Doutor em Geografia pela USP (2009). Pós-doutor em Geografia na UFJF (2018). Docente e pesquisador do curso de Geografia da Universidade Federal de Viçosa (UFV) e do Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Federal de Viçosa e do Espírito Santo. Coordenador do Laboratório de Biogeografia e Climatologia (BIOCLIMA). Pesquisador associado ao Núcleo de Estudos Climáticos do Território Apropriado (NECTA-UFJF/UFV). Coordenador do PIBID (2014-2017 e 2020-2022) e do Residência Pedagógica (2022-2024) da Geografia UFV. Consultor *ad hoc* de agências de fomento. Parecerista de periódicos científicos nacionais e internacionais, possui experiência nas áreas de Climatologia Geográfica, Clima urbano, Análise da Paisagem, Geociências e Ensino.

E-mail: fialho@ufv.br

Emerson Galvani

<http://lattes.cnpq.br/2026434763745090>

<https://orcid.org/0000-0002-8082-5963>

Concluiu o doutorado em Agronomia (Energia na Agricultura) pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho em 2001. Mestre em Agrometeorologia pela ESALQ/USP em 1995. Atualmente é Professor Doutor da Universidade de São Paulo. Em seu currículo Lattes os termos mais frequentes na contextualização da produção científica e tecnológica são: microclima, balanço de energia, atributos climáticos, microclima de ambientes específicos. Bolsista de pesquisa e produtividade do CNPq (1D). Presidente da Associação Brasileira de Climatologia - ABCLIMA (gestão 2008 - 2010), é coordenador do programa de Pós-Graduação em Geografia Física - Universidade de São Paulo (2007 a 2011) e representante da área de Geografia junto ao CNPq (3/7/2020 até o momento).

E-mail: egalvani@usp.br

Ercília Torres Steinke

<http://lattes.cnpq.br/3758831342495343>

<https://orcid.org/0000-0002-0220-9620>

Possui graduação em Geografia pela Universidade de Brasília - UnB (1994), mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos pela Universidade de Brasília (1997) e doutorado em Ecologia pela Universidade de Brasília (2004). Professora e pesquisadora do Departamento de Geografia da UnB. Fundadora do Laboratório de Climatologia Geográfica - LCGea da Universidade de Brasília. Coordenadora do Curso de Mestrado Profissional em Ensino de Geografia em Rede Nacional - PROFGEO desde 2021. Tem experiência na área de Geografia, com ênfase em Climatologia Geográfica, atuando principalmente no ensino de Climatologia.

E-mail: erciliaunb@gmail.com

Erika Collischonn

<https://lattes.cnpq.br/9149982511285040>

<https://orcid.org/0000-0001-7290-9190>

Licenciada em Geografia. Mestre em Geografia pela UFSC (1998). Doutora em Geografia pela UFSC (2009). Realizou pós-doutoramento na UFPR, no curso de Geografia, no ano de 2017/2018. Docente e pesquisadora dos cursos de Geografia - Licenciatura e Bacharelado - e do Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Federal de Pelotas. Parecerista de periódicos científicos nacionais. Integra a equipe de professores do Laboratório de Estudos Aplicados em Geografia Física - LEAGEF/UFPEL (<http://ich.ufpel.edu.br/leagef/>). Possui experiência nas áreas de Climatologia Geográfica, Geotecnologias aplicadas à Saúde e Segurança Pública e Turismo de Natureza.

E-mail: erika.collischonn@ufpel.edu.br

Fabio Sanches

<http://lattes.cnpq.br/8393955035468390>

<https://orcid.org/0000-0001-5629-8350>

Doutor em Geografia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), é Professor Associado do Departamento de Geociências da Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF). Bolsista de Produtividade em Pesquisa 2. Pesquisador do Núcleo de Estudos Climáticos em Territórios Apropriados (Necta-UFJF/UFV). Membro do quadro permanente do Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Federal de Juiz de Fora. Membro do quadro permanente do programa de Pós-graduação em Ambiente Construído. Faz pesquisas na área de variabilidade climática, mudanças climáticas, ocorrência de eventos extremos e influência de lagos artificiais e reservatórios hídricos na climatologia local.

E-mail: fabio.sanches@ufjf.br

Gabriel de Paiva Cavalcante

<http://lattes.cnpq.br/3411398931950550>

<https://orcid.org/0000-0002-6515-5818>

Geógrafo. Mestre e doutorando em Geografia pela Universidade Federal da Paraíba (UFPB). Integrante do Laboratório de Climatologia Geográfica (CLIMAGEO) e do Grupo de Estudo e Pesquisa em Geografia Física e Dinâmicas Socioambientais (GEOFISA) da UFPB. Tem experiência na área de Geografia, com ênfase em Climatologia Geográfica, Bioclimatologia e Climatologia Regional.

E-mail: cavalcantegp.geo@gmail.com

Guilherme Luis Barduco

<http://lattes.cnpq.br/1695640225311438>

<https://orcid.org/0000-0003-4259-7434>

Possui graduação em Geografia pela Universidade de São Paulo (2012) e mestrado em Geografia Física também pela Universidade de São Paulo (USP). Atualmente é professor de Geografia no Colégio Jardim São Paulo. Tem experiência na área de Geografia, com ênfase em Geografia Física, Bioclimatologia e Climatologia.

E-mail: guilhermeluisbarduco@gmail.com

João Cândido André da Silva Neto

<http://lattes.cnpq.br/6693264591240467>

<https://orcid.org/0000-0001-7313-9837>

Atualmente é professor adjunto do Departamento de Geografia e Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Federal do Amazonas, e integra o Laboratório HidroGeo - Hidrogeografia, Climatologia e Análise Ambiental da Amazônia. Coordenou o comitê de iniciação científica de Ciências Humanas da UFAM. Atuou como editor chefe da Revista Geonorte (UFAM) de 2017 a 2021. Possui graduação em Geografia pela UFMS/CPAQ (2005), mestrado em Geografia pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul CPAQ (2008) e doutorado em Geografia pela Universidade Estadual Paulista (UNESP), Campus de Presidente Prudente (2013). Tem experiência na área de Geografia Física, com ênfase em Análise Ambiental, Biogeografia, Sistemas de Informações Geográficas e Sensoriamento Remoto.

E-mail: joaocandido@ufam.edu.br

Lorrane Barbosa Alves

<http://lattes.cnpq.br/7929365947112687>

<https://orcid.org/0000-0002-0789-7186>

Graduada em Geografia (bacharelado e licenciatura) pela Universidade Federal de Uberlândia - Campus Pontal em 2017. Mestre em Geografia pela Universidade Federal da Grande Dourados/UGD em 2019, está, atualmente, em processo de doutoramento pela Universidade Federal da Grande Dourados/UGD. Pesquisadora associada ao Laboratório de Geografia Física da Universidade Federal da Grande Dourados, desenvolve pesquisas na área da Geografia Física, com ênfase em Climatologia, Geoestatística e Recursos Hídricos.

E-mail: lorrane.geo@gmail.com

Mamedes Luiz Melo

Possui graduação em Meteorologia pela Universidade Federal de Pelotas (1994), especialização em Sensoriamento Remoto pela UNB.PROFORM pela UCB e mestrado em Geografia pela UnB (2021). É meteorologista do Instituto Nacional de Meteorologia.

E-mail: mamedes.melo@gmail.com

Marcela Beleza de Castro

<http://lattes.cnpq.br/6920370160603821>

<https://orcid.org/0000-0002-6764-2927>

Doutoranda em Geografia pela Universidade Federal do Amazonas, integra o Laboratório de Hidrogeografia, Climatologia e Análise da Amazônia - HIDROGEO-UFAM. Mestre em Geografia na Universidade Federal do Amazonas (UFAM - 2021), possui graduação em Geografia, licenciatura, (2013-2017) pela UFAM. Foi aluna PIBIC no Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) 2014 a 2016, e integrante do projeto nacional "Clima e Dengue nas Cidades Brasileiras: Riscos e Cenários em face das Mudanças Climáticas Globais" coordenado pelo Prof. Dr. Francisco de Assis Mendonça (UFPR). Foi tecnóloga em geoprocessamento em saúde no Instituto Leônidas & Maria Deane (ILMD/FIOCRUZ Amazônia) - Laboratório de Território, Ambiente, Saúde e Sustentabilidade (LTASS 2021-2022).

E-mail: marcelabelezah@gmail.com

Marcelo de Oliveira Moura

<http://lattes.cnpq.br/9288185279020542>

<https://orcid.org/0000-0003-4884-6534>

Geógrafo. Doutor e mestre em Geografia pela Universidade Federal do Ceará (UFC), anos 2006 e 2013, é professor associado do Departamento de Geociências (DGEOC) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), professor do Programa de Pós-graduação em Geografia da UFPB, professor colaborador do Mestrado Profissional em Ensino de Geografia em Rede Nacional (PROFGEO) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). É coordenador do Laboratório de Climatologia Geográfica (CLIMAGEO) da UFPB e pesquisador do Grupo de Estudo e Pesquisa em Geografia Física e Dinâmicas Socioambientais (GEOFISA) da UFPB e vice-presidente da Associação Brasileira de Climatologia (ABCLIMA), gestão 2021-2023. Tem experiência na área de Geografia, com ênfase em Climatologia Geográfica e Ensino de Geografia.

E-mail: marcelomoura@ccen.ufpb.br

Margarete Cristiane de Costa Trindade Amorim

<http://lattes.cnpq.br/6644811083291335>

<https://orcid.org/0000-0002-3975-493X>

Livre-docente em Climatologia Geográfica pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (Unesp), Faculdade de Ciências e Tecnologia (FCT), campus de Presidente Prudente, possui pós-doutorado pela Universidade do Porto (UP), Faculdade de Letras da Universidade do Porto (FLUP), Portugal, e estágio de pesquisa na Universidade de Rennes II, França, e Universidade de Coimbra, Portugal. Doutora em Geografia (Geografia Física) pela Universidade de São Paulo (USP), Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas (FFLCH), mestre e graduada (licenciatura e bacharelado) em Geografia pela Unesp-FCT, é docente da graduação e da pós-graduação em Geografia da Unesp-FCT. Bolsista de produtividade em pesquisa do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), é líder do grupo de pesquisa Interações na Superfície Terrestre, Água e Atmosfera (GAIA) credenciado pelo CNPq. Possui experiência nas áreas de Climatologia Geográfica, Clima urbano e Qualidade Ambiental Urbana.

E-mail: margarete.amorim@unesp.br

Maria Luisa Monks de Paula.

<http://lattes.cnpq.br/6544924737288429>

<https://orcid.org/0000-0002-0789-7186>

Graduada em Geografia, bacharelado (2015) e licenciatura (2017) pela Universidade Federal do Espírito Santo, é mestre em Geografia pela Universidade Federal do Espírito Santo-UFES (2020). Pesquisadora associada ao Laboratório de Biogeografia e Climatologia (BIOCLIMA), desenvolve pesquisas na área da Geografia Física, com ênfase em Climatologia urbana e Paisagem.

E-mail: luisamonks@hotmail.com

Natacha Cíntia Regina Aleixo

<http://lattes.cnpq.br/9509290240626293>

<https://orcid.org/0000-0001-7021-0730>

Licenciada e bacharel em Geografia pela UNESP, campus de Ourinhos (2008), é doutora em Geografia pela UNESP, campus Presidente Prudente (2012) com período sanduíche na Universidade de Coimbra-Portugal. Atuou de 2013 a 2017 como docente na Universidade do Estado do Amazonas (UEA). Atualmente é docente na Universidade Federal do Amazonas (UFAM) no departamento de Geografia e no Programa de Pós-graduação em Geografia (PPGEOG/UFAM). Participou de 2019-2021 do conselho consultivo da ANPEGE. É pesquisadora da Rede de Geógrafos para Saúde e participa na função de diretora tesoureira da gestão atual da ABCLIMA (2021-2023). Reúne atividades de pesquisa nas áreas de Climatologia Geográfica, Geografia do Clima, Geografia da Saúde, Bioclimatologia Humana, Climatologia urbana, Climatologia da Amazônia, Riscos e Vulnerabilidades.

E-mail: natachaaleixo@ufam.edu.br

Rafael Rodrigues da Franca

<http://lattes.cnpq.br/2530058025139960>

<https://orcid.org/0000-0002-3029-7461>

Possui graduação em Geografia (bacharelado) pela Universidade Federal de Minas Gerais (2006), mestrado em Geografia (Análise Ambiental), com ênfase em Climatologia, pela UFMG (2009) e doutorado em Geografia, com ênfase em Climatologia, pela Universidade Federal do Paraná (2015). É professor do Departamento de Geografia da Universidade de Brasília (UnB) e ministra disciplinas nesse e nos cursos de Engenharia Florestal e Ciências Ambientais. Tem experiência em Geografia Física, atuando principalmente em Climatologia, dinâmica e variabilidade climática e clima urbano. Desde 2017 é coordenador do Laboratório de Climatologia Geográfica da UnB. Desde 2020 é coordenador de graduação presencial do Departamento de Geografia (UnB) e vice coordenador local do Programa de Mestrado Profissional em Geografia (2021-UnB).

E-mail: rrfranca@unb.br

Ricardo Brandolt

<http://lattes.cnpq.br/0625461332472584>

<https://orcid.org/0000-0002-2524-9406>

Bacharel em Geografia pela Universidade Federal de Pelotas (2017) e mestre em Geografia pela UFPEL (2019). Ao longo da trajetória acadêmica foi aluno pesquisador no Laboratório de Estudos Aplicados em Geografia Física na UFPEL em projetos na área do clima urbano e incidência de doenças transmitidas pelo *Aedes aegypti* (dengue) e de clima e turismo. Também foi membro do grupo de pesquisa CNPq “Clima e Organização do Espaço” do Instituto Geológico de São Paulo, quando bolsista de iniciação científica daquela instituição.

E-mail: brandolt.ricardo@gmail.com

Thiago Alves de Oliveira

<http://lattes.cnpq.br/5305558868551051>

<https://orcid.org/0000-0002-7520-2251>

Licenciado em Geografia pela Universidade Federal de Juiz de Fora-UFJF, mestre pela Universidade Federal de Juiz de Fora (PPGEO/UFJF), doutorando em Geografia Física pela Universidade de São Paulo (USP), desenvolve pesquisas junto ao Laboratório de Climatologia e Análise Ambiental - LabCAA nos seguintes temas: Climatologia Urbana; Riscos Climáticos; Eventos extremos; Variabilidade Pluviométrica.

E-mail: thiago.a.oliveira@usp.br

Valdir Adilson Steinke

<http://lattes.cnpq.br/5334844470201838>

<https://orcid.org/0000-0002-8738-6975>

Geógrafo, doutor em Ecologia pela UnB (2007), mestre em Geologia pela UnB (2003), é docente e pesquisador do curso de Geografia e dos Programas de Pós-graduação em Geografia da Universidade de Brasília (acadêmico e profissional). Pesquisador vinculado à Universidade Autônoma de Madrid no grupo de pesquisa de Dinâmicas da Paisagem, é coordenador do Laboratório de Geoiconografia e Multimídias – LAGIM/UnB e do Núcleo de Estudos da Paisagem - VERTENTE/UnB.

E-mail: valdirsteinke@gmail.com

Wallace Vieira da Silva

<http://lattes.cnpq.br/4370353345638662>

<https://orcid.org/0000-0001-5001-3238>

Geógrafo pela UnB (2020), atua nas áreas de Cartografia, Sensoriamento Remoto, Pedologia, Geomorfologia, Biogeografia e nas linguagens JavaScript e Python. Se interessa especialmente pelo Cerrado e no estudo do fogo em ambientes naturais. Analista de pesquisa no Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia, onde integra os grupos de trabalho do MapBiomias-Fogo e MapBiomias-Solos.

E-mail: wallacevds22@gmail.com

A

Agência Nacional de Águas 74, 187
Alagamento 51, 54, 55, 58, 61, 62, 65, 66, 80, 89, 98, 108
Albedo 127
Alterações antrópicas 71
Amazonas 55, 60, 66
Amazônia 56, 58, 61
Amplitude térmica 42, 115, 118, 120, 121, 149
Análise rítmica 161, 164, 167
Análise sinótica 76, 98
Análises Fatoriais 13
Anos-padrão 94
Atlântico Tropical 169

B

Balneários 155, 157, 159, 160, 161
Box plot 92, 94, 97, 135
Brasília 36, 43

C

Campo térmico 36, 126, 127, 128, 129, 138, 139, 140, 141
Célula de Hadley 56
Censo Demográfico 10, 12, 13, 15, 30, 78, 79
Cerrado 42
Cidade 13, 19, 20, 26, 27, 35, 36, 37, 51, 53, 57, 61, 64, 65,
67, 71, 72, 73, 82, 90, 95, 97, 98, 99, 101, 104, 105, 106,
108, 114, 127, 132, 140
Cidade litorânea 126
Clima local 41, 112, 141
Climate Change 10, 93
Climatologia Geográfica 185
Climatologia regional 71
Cobertura do solo 37, 43, 44, 45, 48
Cobertura vegetal 36, 73, 112
Crianças 10, 15, 18, 22, 25, 27, 28, 53, 59

D

Defesa civil 61, 65, 98
Desenvolvimento sustentável 27, 37
Desigualdade social 15
Dinâmica pluvial 184, 187, 195, 196
Dipolo do Atlântico 169, 170
Distrito Federal 33, 35, 36, 41, 42, 44
Dupla Massa 186, 191, 196

E

Edificações 34, 45, 48, 73, 139, 140, 141
Educação 11, 14, 15, 27, 28, 30, 61, 70, 78
El Niño 52, 56, 59, 149, 161
Elementos climáticos 51, 147, 151, 185, 187, 195
Enchente 58, 61, 65, 66
Episódios extremos 92, 93, 94, 108
Escarpa 155, 156, 161, 165, 173
Estação meteorológica 130, 134, 135, 154, 155, 161
Estações meteorológicas 127, 150, 153, 154, 155, 157, 159,
165, 168, 169, 170, 173, 176, 178, 179, 181, 185
Estatística 13, 17, 24, 25, 135, 136

Eventos extremos 10, 11, 15, 27, 52, 70, 71, 74, 75, 76, 79,
80, 81, 90, 93, 94, 97, 101, 105
excepcionalidade 54, 167
expectativa de vida 15, 18, 22, 23, 24, 27, 28

F

Frente fria 100

G

Geoestatística 194
Guia de Práticas Hidrológicas 186, 187

H

Hazard 11

I

Idosos 10, 15, 22, 24, 27, 28, 59
Ilha de calor 35, 38, 111, 112, 115, 117, 118, 120, 121, 123,
127
Impactos socioambientais 71
Insolação 42, 154
Instabilidade atmosférica 57, 113
Instituto Nacional de Meteorologia 54, 129, 133, 134, 147,
168, 190
Inundação 11, 59, 98
Inverno 43, 57, 59, 60, 61, 96, 111, 113, 114, 115, 117, 120,
121, 124, 133, 135, 137, 141, 149, 150
Isoietas 170, 171, 172, 173

J

Jatos de baixos níveis 96

L

La Niña 60, 149, 161, 169, 170
Lagoas 155
Linhas de instabilidade 98, 105, 175, 181
Litoral médio 150, 155, 159, 160, 161
Litoral norte 149, 150, 155, 156, 159, 160, 161
Litoral sul 149, 150, 155, 156, 159, 161

M

Manaus 51, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66
Mapa hipsométrico 166, 193
Mares de morros 95
Massa Equatorial Atlântica 174, 181
Massa Tropical Atlântica 76, 92, 95, 96, 98, 101, 126, 149
Massas de ar 76, 164, 167, 170, 173, 176, 182
Miniabrigo meteorológico 131
Moradia 11, 15, 18, 24, 28
Movimentos de massa 11, 71, 77, 84, 89, 105, 106, 108

N

Nordeste brasileiro 165
Normais climatológicas 43, 129, 171

O

Ondas de leste 174, 181
Organização Meteorológica Mundial..... 36, 186, 187, 189

P

Pacífico Equatorial 169
Paisagem.....35, 36, 38, 127, 155, 156, 187
Percentis 93, 97
Perigosidade 11, 27
Petrópolis..... 70, 71, 72, 73, 74, 76, 78, 79, 81, 84, 86, 87, 89
Planalto da Borborema..... 165, 166, 173
Planejamento 30, 34, 101, 112, 129, 141, 185, 194
Pobreza 14, 15, 18, 19, 26
Ponderação Regional..... 185, 188, 189, 191, 196
População urbana 112
Postos pluviométricos..... 170, 189, 193, 194, 195
Precipitação . 36, 43, 52, 53, 54, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 64,
66, 71, 74, 75, 81, 93, 94, 95, 97, 98, 99, 100, 101, 103,
105, 106, 108, 149, 152, 153, 156, 157, 159, 160, 161,
164, 165, 167, 168, 170, 173, 174, 176, 179, 181, 185,
186, 188
Primavera 43, 59, 60, 96, 126, 135, 136, 137, 139
Promoção da saúde 67

Q

Qualidade de vida 34, 37, 185

R

Radiação solar global 154
Raio de influência 189, 194, 196
Regime e variabilidade pluvial 185, 190
Regiões urbanas 101, 104, 105
Relevo 38, 41, 47, 72, 95, 112, 127, 161, 165, 166, 194
Renda 11, 15, 20, 21, 22, 23, 26, 27, 28, 52, 70, 78
Repercussões de Frentes Frias..... 167, 175, 181

S

Saneamento básico.....14, 15, 18, 24, 27, 28
Saúde 14, 15, 23, 30, 34, 37, 48, 51, 52, 53, 55, 58, 59, 61, 64,
65, 66, 67, 141
Sazonalidade.....42, 51, 52, 54, 58, 60, 61, 149
Segunda residência 149
Setor censitário.....13, 14, 17, 19, 27, 30, 78
Sistemas atmosféricos ... 76, 82, 95, 96, 98, 99, 108, 127, 164,
167, 170, 172, 173, 179, 182
Sistemas frontais 56, 95, 96, 98, 99, 101, 108, 149
Situação sinótica 136
Socioambiental 34, 51, 53, 67, 70, 71, 78, 84, 185

T

Taubaté 111, 112, 124
Técnica dos quantis 168, 169
Técnicas estatísticas 10, 27, 55, 93, 108, 133
Temperatura. 13, 33, 34, 36, 37, 38, 41, 43, 47, 52, 54, 57, 58,
59, 60, 61, 62, 63, 64, 71, 112, 113, 114, 115, 116, 117,
118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 127, 129, 130, 134,
137, 138, 140, 141, 152, 153, 154
Temperatura da Superfície do Mar 169
Temperatura de Superfície 37
Temperatura do ar 37, 58, 59, 60, 93, 114, 115, 116, 117,
119, 120, 121, 122, 134, 140
Tensão de vapor 154, 159
Termohigrômetro digital 130
Tipo Climático Anual 149, 150
Tipo de tempo 94, 150, 154, 157, 159, 161
Tipologias de construção 38, 43, 46
Tipos de tempo 74, 76, 77, 82, 83, 94, 127, 147, 149, 151,
152, 156, 157, 158, 159, 160, 161, 167, 174
Topografia 41, 71
Transectos móveis 111, 112, 114, 115, 117, 120, 121
Turismo de sol e praia 147, 148, 149, 150, 151, 156, 157,
159, 161

U

Umidade relativa do ar 33, 47, 52, 54, 61, 62, 63, 66, 112,
114
Unidades fisiográficas 186, 187, 192, 193
Urbanização 13, 27, 33, 37, 112, 113, 114, 115, 117, 118, 120,
121, 124, 129
Urbano ... 13, 26, 34, 35, 36, 37, 38, 45, 53, 66, 70, 71, 73, 75,
90, 93, 105, 106, 108, 116, 127, 129, 137, 141, 185
Uso da terra 45, 129, 137, 140, 141
Uso do solo 35, 38

V

Velocidade do vento 135, 137, 152, 153
Verão 43, 56, 59, 60, 61, 82, 96, 111, 113, 114, 120, 121, 124,
126, 132, 133, 135, 136, 137, 139, 140, 149, 150, 152,
156, 157, 159
Vitória 126, 127, 129, 130
Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis 174, 181
Vulnerabilidade social 10, 11, 12, 13, 14, 17, 18, 19, 20, 22,
24, 26, 27, 28, 29, 30, 70, 71, 74, 77, 78, 79, 84, 85, 86,
88, 89, 105, 106, 108

Z

Zona de Convergência de Umidade 76, 95
Zona de Convergência do Atlântico Sul . 71, 76, 92, 95, 98, 99,
101, 105, 108
Zona de Convergência Intertropical 56, 174, 181

