UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

REBECCA NOGUEIRA LOPES

OS ELEMENTOS DO CLIMA E SUA (CO) RELAÇÃO COM OS CASOS DE COVID-19/SARS-COV-2 EM FORTALEZA/CE

FORTALEZA
2024

REBECCA NOGUEIRA LOPES

OS ELEMENTOS DO CLIMA E SUA (CO) RELAÇÃO COM OS CASOS DE COVID-19/SARS-COV-2 EM FORTALEZA/CE

Dissertação apresentada ao curso de Mestrado em Geografia do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Ceará, como requisito para obtenção do título de Mestre. Área de Concentração: Dinâmica Territorial e Ambiental.

Orientadora: Dra. Maria Elisa Zanella

FORTALEZA

2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Sistema de Bibliotecas
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

L855e Lopes, Rebecca Nogueira.
Os elementos do clima e sua (co) relação com os casos de Covid-19/SARS-CoV-2 em Fortaleza/CE / Rebecca Nogueira Lopes. – 2024.
100 f. : il. color.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Programa de Pós-Graduação em Geografia, Fortaleza, 2024.
Orientação: Profa. Dra. Maria Elisa Zanella.

1. COVID-19. 2. Climatologia médica. 3. Homem - Efeito do clima - Fortaleza (CE). 4. Correlação de Spearman. 5. Climatologia e saúde. I. Título.

CDD 910

REBECCA NOGUEIRA LOPES

OS ELEMENTOS DO CLIMA E SUA (CO) RELAÇÃO COM OS CASOS DE COVID-19/SARS-COV-2 EM FORTALEZA/CE

Dissertação apresentada ao curso de Mestrado em Geografia do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Ceará, como requisito para obtenção do título de Mestre. Área de Concentração: Dinâmica Territorial e Ambiental.

Aprovada em: 30/09/2024

BANCA EXAMINADORA

_____

Professora Dra. Maria Elisa Zanella (Orientadora)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

_____

Professora Dra. Maria Jaqueline Batista (Coorientadora)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

_____

Professor Dr. Antonio Ferreira Lima Júnior
Universidade Federal do Ceará (UFC)

_____

Professor Dr. Jader de Oliveira Santos
Universidade Federal do Ceará (UFC)

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, ao meu Deus, meu pai, bondoso e justo por nunca soltar minhas mãos e por me acolher em seus braços todas as noites. Por sempre guardar o melhor para mim e por habitar no meu coração, fazendo-me ser uma mulher melhor todos os dias.

Agradeço a minha mãe, Ruth, que tornou todas minhas (nossas) conquistas possíveis. Agradeço por abdicar de tantos momentos de sua vida em prol de mim e de seus filhos. Todos os seus esforços serão recompensados porque te amo e porque você é merecedora. Tudo que estiver ao meu alcance estará ao seu. Tudo que for meu será seu também. Obrigada por me fazer um ser humano justo, leal, honesto, positivo e cheio de fé. O melhor que há em mim vem de você, mãe. “Da minha água beberá quem comigo passou sede”.

Agradeço ao meu irmão, Renan, por indiretamente me estimular a ser mais justa e dedicada e por me fazer acreditar, diariamente, que o mundo pode ser bom no futuro. Trabalho para ser um exemplo positivo para você e para lhe proporcionar boas experiências. Desejo que você seja cada dia melhor, porque ser sua irmã me faz melhor também.

Agradeço ao meu namorado, Rafael, por não desacreditar, por me estimular, pelos dias noites de apoio e parceria. Obrigada por não soltar minha mão e fazer o possível e o impossível para que eu pudesse alcançar mais essa realização. Essa conquista também é sua. Obrigada por chorar, sorrir e estar comigo. Você mudou e muda minha vida para melhor todos os dias.

Agradeço a minha família, as Nogueiras, por serem meu exemplo de união, força, parceria, estímulo, amor, acolhimento e afeto. Tenho orgulho de todas vocês. Como sempre digo: “Eu sou porque nós somos”. Quero todos os dias honrar e retribuir o amor que me foi ofertado, desde minha infância, pelas minhas tias, sobretudo Noelia, Suzana e Mirian. Agradecer pelos estímulos, palavras positivas e correções necessárias das minhas irmãs, sobretudo Suzyane e Sergiane. Agradeço por terem me feito uma pessoa melhor, mais madura e conseguir dimensionar meu impacto no mundo, aos meus sobrinhos, em especial Gabriela e Gustavo, mas, indiscutivelmente, especial, incomparável e grandioso, amor e agradecimento ao

meu afilhado, Yan. Agradeço eternamente a minha avó, Ozana, por apoiar e dar suporte, de muitas maneiras, sobretudo a mim, minha mãe e irmão.

Agradeço a professora e orientadora, Elisa Zanella, por me estimular a realizar esse mestrado, por acreditar em mim em todos os momentos e por ser um grande exemplo de mulher, professora, mãe e amiga. Sua existência me estimula a ser melhor pesquisadora, melhor profissional e a ser mais competente, nunca perdendo o olhar para o ser humano e para as demandas pessoais, sem isso, o resto não seria possível. Devo essa realização a senhora.

Agradeço a minha coorientadora, Maria Jacqueline Batista, por ser solícita desde o primeiro contato. Pelas horas de reunião e por buscar realizar tudo da melhor forma possível. Foi uma honra tê-la como minha coorientadora. Obrigada pela parceria sem medidas antes, durante e depois deste trabalho, ele não seria possível sem sua sensibilidade, competência e disponibilidade em ajudar.

Agradeço a banca, que tão prontamente, propôs-se a fazer dar certo, mesmo diante das intempéries. Por todas as sugestões, críticas e elogios, que foram fundamentais para meu crescimento como pesquisadora.

Agradeço a todos os meus amigos pelo apoio constante, pela compreensão interminável neste momento. A caminhada com eles é mais leve e mais gostosa. Amizade faz muitas coisas ganharem sentido. Agradeço em especial os que sempre estiveram comigo e aos que chegaram atualmente, em especial Larissa Karla, Paulo, Liz, Wellyson, Beatriz, Erick e Gilda.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001

This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Finance Code 001

Agradeço a Universidade Federal do Ceará (UFC) e ao Programa de Pós-graduação em Geografia (PPgGEO).

Agradeço aos colegas da Secretaria Municipal das Finanças de Fortaleza.

RESUMO

No último quadriênio, o mundo enfrentou a pandemia do vírus Covid-19/SARS-CoV-2. Sua rápida disseminação elucidou debates sobre os impactos das atividades humanas no meio ambiente e suas consequências para a saúde. Iniciaram-se esforços para investigar a relação entre clima e casos da doença, dado que já se reconhece a influência do Clima na manifestação destas. A cidade de Fortaleza se destacou como epicentro nacional da pandemia, com um aumento acelerado do número de casos. Este estudo buscou compreender mais satisfatoriamente, as interações entre o Clima e o quadro pandêmico. Tendo como objetivo principal analisar a (co) relação entre os elementos climáticos notáveis na cidade de Fortaleza/CE e os casos de Covid-19/SARS-CoV-2, o estudo a seguir trabalhou com análises qualitativas e quantitativas, tendo em vista que uma pandemia perpassa por todos os aspectos de uma sociedade. Para a análise quantitativa, a pesquisa se apoiou na estatística da Correlação de Spearman, cujo objetivo é determinar o grau de correlação entre as duas variáveis. A determinação dos coeficientes foi feita por meio do Software R. No aspecto qualitativo, a técnica da Análise Rítmica foi adotada, utilizando dados em decomposição cronológica para avaliar o Ritmo Climático, abrangendo a análise dos sistemas atmosféricos atuantes, as massas de ar e a determinação dos tipos de tempo. Para tanto, utilizaram-se cartas sinóticas e imagens de satélite. Como produto da aplicação das técnicas estatística e climatológica, serão determinados os níveis de correlação entre todos os elementos do clima em relação ao número de casos de Covid-19, entre 2020 e 2023. Além disso, serão produzidos gráficos provenientes da aplicação da técnica da Análise Rítmica. Considera-se, de antemão, que um cenário de pandemia possui complexidade ímpar em qualquer estudo a ser realizado. A quantidade de variáveis incomuns ao estudo climático é abrangente. Sabendo desse fato, os resultados obtidos por meio dos procedimentos adotados apontam para a existência significativa de (co) relação entre os elementos climáticos trabalhados e os casos da doença, máxime a velocidade dos ventos. É possível também associar os elementos climáticos predominantes com a dinâmica estabelecida pela entrada de variantes e subvariantes no curso da pandemia na cidade. As conclusões extraídas reforçam a necessidade de integrar os estudos de Climatologia e Saúde com as políticas de saúde adotadas para as sociedades, especialmente considerando suas

particularidades climáticas e a crescente interação entre as sociedades e o Clima em suas diferentes escalas.

Palavras-chave: COVID-19; climatologia e saúde; correlações.

ABSTRACT

In the last quadrennium, the world faced the Covid-19/SARS-CoV-2 pandemic. Its rapid spread sparked debates about the impacts of human activities on the environment and their consequences for health. Efforts began to investigate the relationship between climate and disease cases, recognizing the influence of climate on the manifestation of such conditions. The city of Fortaleza emerged as a national epicenter of the pandemic, experiencing a rapid increase in cases. This study aimed to better understand the interactions between climate and the pandemic scenario. The main objective was to analyze the (co)relationship between notable climatic elements in Fortaleza/CE and Covid-19/SARS-CoV-2 cases. The study employed both qualitative and quantitative analyses, acknowledging that a pandemic intersects all aspects of society. For the quantitative analysis, the research relied on Spearman's Correlation statistical method to determine the degree of correlation between the two variables. The coefficients were calculated using R software. On the qualitative side, the Rhythm Analysis technique was adopted, using chronologically decomposed data to evaluate the climatic rhythm. This included analyzing active atmospheric systems, air masses, and determining weather types, utilizing synoptic charts and satellite images. As a result of applying statistical and climatological techniques, the study determined the levels of correlation between all climatic elements and Covid-19 cases from 2020 to 2023. Additionally, graphs generated through the application of Rhythm Analysis were produced. It is preliminarily considered that a pandemic scenario presents unparalleled complexity for any study. The number of variables uncommon in climatological studies is extensive. Acknowledging this, the results obtained through the adopted procedures indicate a significant (co)relationship between the studied climatic elements and disease cases, especially wind speed. It is also possible to associate predominant climatic elements with the dynamics established by the emergence of variants and subvariants during the course of the pandemic in the city. The conclusions reinforce the need to integrate Climatology and Health studies with health policies adopted for societies, particularly considering their climatic specificities and the growing interaction between societies and climate on various scales.

Keywords: COVID-19; climatology and health; correlations.

LISTA DE SIGLAS

AR	Análise Rítmica
ASAS	Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul
AMB	Associação Médica Brasileira
CEVEPI	Célula de Vigilância Epidemiológica
CPTEC	Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
COP	Conference of the Parties
DENA	Departamento de Engenharia Agrícola
DOLs	Distúrbio Ondulatórios de Leste
ESPII	Emergência de Saúde Pública de Importância Internacional
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
LC	Lag Correlation
NEB	Nordeste do Brasil
OMS	Organização Mundial da Saúde
PMF	Prefeitura Municipal de Fortaleza
UFC	Universidade Federal do Ceará
SDE	Secretaria de Desenvolvimento Econômico
SMS	Secretaria de Municipal de Saúde de Fortaleza
SESA	Secretaria da Saúde do Ceará
VCAS	Vórtice Ciclônico de Ar Superior
WHO	World Health Organization
ZCIT	Zona de Convergência Intertropical

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Mapa 1 -	Localização da área de estudo	20
Quadro 1 -	Síntese do arcabouço teórico	21
Figura 1 -	Fórmula da Correlação Spearman	46
Quadro 2 -	Interpretação da Correlação de Spearman	47
Figura 2 -	Climograma da Normal Climatológica de Fortaleza/CE	54
Quadro 3 -	Resultado da Correlação de Spearman 2020	69
Quadro 4 -	Resultado da Correlação de Spearman 2021	74
Quadro 5 -	Resultado da Correlação de Spearman 2022	80
Quadro 6 -	Resultado da Correlação de Spearman 2023	85

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Análise Rítmica e casos de Covid-19/SARS-CoV-2 em Fortaleza/CE (2020) 64

Gráfico 2 - Análise Rítmica e casos de Covid-19/SARS-CoV-2 em Fortaleza/CE (2021) 65

Gráfico 3 - Análise Rítmica e casos de Covid-19/SARS-CoV-2 em Fortaleza/CE (2022) 66

Gráfico 4 - Análise Rítmica e casos de Covid-19/SARS-CoV-2 em Fortaleza/CE (2023) 67

Gráfico 5 - Análise de 2020 sem a utilização de LC 71

Gráfico 6 - Análise de 2020 com a utilização de LC de 6 dias 72

Gráfico 7 - Análise de 2020 com a utilização de LC de 12 dias 73

Gráfico 8 - Análise de 2021 sem a utilização de LC 77

Gráfico 9 - Análise de 2021 com a utilização de LC de 6 dias 78

Gráfico 10 - Análise de 2021 com a utilização de LC de 12 dias 79

Gráfico 11 - Análise de 2022 sem a utilização de LC 82

Gráfico 12 - Análise de 2022 com a utilização de LC de 6 dias 83

Gráfico 13 - Análise de 2022 com a utilização de LC de 12 dias 84

Gráfico 14 - Análise de 2023 sem a utilização de LC 87

Gráfico 15 - Análise de 2023 com a utilização de LC de 6 dias 88

Gráfico 16 - Análise de 2023 com a utilização de LC de 12 dias 89

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 13

1.2 Aspectos gerais da área de estudo 18

2 ARCABOUÇO TEÓRICO 21

2.1 Climatologia e Saúde 23

2.2 As alterações ambientais e os impactos climáticos na saúde 26

2.3 Ponto de inflexão a partir da Covid-19/Sars-CoV-2 30

2.4 A Covid-19/Sars-CoV-2 e a Climatologia 33

3 MÉTODOS E TÉCNICAS 37

3.1 A aquisição dos dados climáticos e epidemiológicos 37

***3.1.1 Dados climáticos* 37**

***3.1.2 Dados epidemiológicos* 40**

3.2 Análise Rítmica 41

3.3 Aplicações de correlações estatísticas 45

***3.3.1 A correlação de Spearman* 46**

***3.3.2 Utilização de Lag Correlation* 48**

***3.3.3 Utilização do Software R* 49**

4 PANORAMAS EM FORTALEZA/CE: O CLIMA E PANDEMIA 51

4.1 Características e predominâncias climáticas em Fortaleza/CE 51

***4.1.1 Os sistemas atmosféricos e a precipitação* 52**

***4.1.2 As temperaturas* 53**

***4.1.3 O nível de radiação* 55**

***4.1.4 A insolação* 55**

***4.1.5 A velocidade dos ventos* 56**

4.2. Cenário Epidemiológico 57

5 ANÁLISE RÍTMICA: RESULTADOS E ANÁLISES 62

6 CORRELAÇÕES DE SPEARMAN: RESULTADOS E ANÁLISES 68

6.1 Resultados das Correlações de Spearman e gráficos 68

6.1.1 Resultados para 2020* *68

6.1.2 Resultados para 2021 **74**

6.1.3 Resultados para 2022 **80**

6.1.4 Resultados para 2023 **85**

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS **90**

REFERÊNCIAS **93**

1. INTRODUÇÃO

Durante toda a existência da humanidade, sua relação com a natureza construiu e reconstruiu o espaço, tanto no sentido usual da expressão (com a ocupação dos destes, construção de prédios gigantescos praticamente na faixa de praia, por exemplo), quanto dentro do que se concebe como espaço enquanto categoria geográfica (tais como: modificação das relações sociais por meio do acesso ou falta dele a certos espaços, adaptação do ambiente para o desenvolvimento de atividades culturais).

A produção dos espaços é permanente na história do homem e do meio. As implicações dessa interação contínua, definitiva e contraditória de dependência e vínculo orgânicos e afastamento gradual do homem de sua própria natureza (HAESBAERT; GONÇALVES, 2008; GODOY, 2004), podem desenrolar-se como fenômenos, e posteriormente, impor cenários favoráveis ou desfavoráveis (a depender do prisma e para ambos os atores), que são criados e percebidos com o avançar social e ambiental, que em alguns momentos cruzam-se, anulam-se ou estimulam-se.

Um exemplo de implicação, problemática e negativa, dessa influência para a sociedade em geral, mas sobretudo em espaços e grupos em que é possível adicionar as variáveis de vulnerabilidade (sejam espaciais, ambientais, sociais e econômicas), é a disseminação de doenças e a possibilidade de intensificação de sua severidade mediante condições sociais e ambientais as quais algumas populações estão submetidas.

Estas condições são fortemente acentuadas quando se consideram as várias condições de susceptibilidade que podem ser apresentadas dentro do contexto de saúde e doença, como, por exemplo, o acesso aos meios de prevenção, a infraestrutura deficitária no entorno das moradias, pouca instrução referente a disseminação de patologias, assentamento em áreas de risco ou próximas de vetores de doenças.

A própria ampliação da possibilidade do contato entre diversas sociedades e pessoas ao redor do mundo facilita a dispersão em massa de doenças em um curtíssimo período. Além do surgimento de doenças derivadas ou agravadas pelo desequilíbrio ambiental, como a destruição de *habitats* naturais de animais que migram para áreas limítrofes com o espaço urbano, facilitando a disseminação

doenças que, em seu ecossistema, não causam grandes alterações, mas que nos ambientes de ocupação humana podem causar impactos sem precedentes. A situação se apresenta, para além das repercussões diretas, em outras circunstâncias que se agravam paulatinamente, como, por exemplo, a contaminação dos recursos hídricos devido à atividade de mineração, dentre tantos outros exemplos de impactos provenientes das relações desarmônicas na sociedade-natureza.

Consequências impactantes dessa relação de extrapolação de limites naturalmente definidos pelos próprios sistemas de funcionamento da natureza, por fatores e motivações mais diversos, têm se tornado não somente comuns, mas também previsíveis, diante de prognósticos e estudos realizados. Como, por exemplo, de Winck *et al.* (2022), que mostra a probabilidade do surgimento de novos ciclos de doenças infecciosas em decorrência da devastação do ecossistema Amazônico e a consequente inserção de animais silvestres como vetores de novas doenças aos seres humanos.

Além do fator biológico, tipicamente estudado em casos de surtos de novas ou antigas doenças, dinâmicas inerentes à Ciência Geográfica também são afetadas em situações similares. A repercussão de atividades antrópicas ultrapassa as questões locais e se enquadram no contexto global, criando uma cadeia de sucessivos acontecimentos e mudanças nos sistemas naturais em sua complexidade, incluindo o aspecto climático, sobretudo devido ao arranjo das sociedades atuais e do modelo de produção adotado, que afeta diretamente a forma com que estes se manifestam para a própria sociedade que o modificou.

A dinâmica climática foi considerada, por muito tempo, um fator determinante no estabelecimento de uma sociedade, assim como em sua forma de produzir e desenvolver-se nos âmbitos econômicos, sociais e culturais. As afirmações nesse sentido são verídicas em diversos aspectos. Porém, o movimento contrário de influência, sobretudo nos últimos séculos, com a “universalização da mercadoria” (MOREIRA, 1983), que transforma a natureza e o próprio homem em mercadoria, deixou ainda mais em evidência os efeitos dessa interferência.

As alterações climáticas observadas, sobretudo no último século, em sua maioria são oriundas do modo de vida e consumo e do modelo econômico imposto das/pelas sociedades atuais, ou seja, são derivadas direta ou indiretamente de ações antrópicas, que oscilam conforme as numerosas variáveis sociais,

econômicas, políticas e ambientais e podem ser observadas por meio da ocorrência de diferentes episódios com diversos níveis de impactos.

Exemplos dessas alterações climáticas, que já são perceptíveis e muitas vezes banalizadas, são alterações no microclima das cidades, surgimento de ilhas de calor, identificação de novos climas urbanos, aumento progressivo no número de eventos extremos, poluição das águas, disseminação de viroses, alterações no ciclo da chuva. Apesar de muitos fenômenos ocorrerem em microescala, ecoam em escala regional. Consentindo com Parreira (2021, p. 55) “os estudos climáticos devem ser analisados em escala mundial, pois todo o sistema está interligado”.

Surge, nessas condições, a relevância dos diagnósticos e prognósticos para compreensão da complexidade desses vínculos, que são sistemáticos e dinâmicos. Não se limitando a compreender, estudos nessa área se estendem à possibilidade de servirem como aporte para a mitigação das repercussões, que já se tornam corriqueiras nas condições desafiadoras impostas pela emergência climática.

O contexto pandêmico da Covid-19/Sars-CoV-2, de 2019 a 2023, foi a manifestação mais nítida e atual das transformações citadas, tendo em vista, sobretudo, origem, disseminação, formas de contaminação e prevenção, distribuição espacial de casos e de mortes. Todos esses aspectos apresentam-se com variação de intensidade quando analisados sob a ótica geográfica.

O vírus agente da pandemia (coronavírus) que iniciou no ano de 2019 não é totalmente desconhecido, mas sim uma variação de um vírus que causou uma endemia no começo do milênio, em 2002. Apesar de não ter atingido as proporções alcançadas pela sua nova variante, possuía os mesmos precedentes. Posto isso, algumas ponderações podem ser consideradas:

a) a problemática não é atual;

b) os grandes e gerais impactos do modo de vida e consumo são subestimados;

c) estudos são desenvolvidos a bastante tempo, contudo para a estipulação de risco (científico) se tornar percepção de risco (para a população) é necessário mais do que as repercussões regionais há muito sentidas;

d) as abordagens institucionais-metodológicas das ciências dos riscos ainda não está totalmente conectada com a práxis (BECK, 2010), ou seja, as pesquisas sobre o mais diversos tipos de riscos aos quais a população

> em geral está exposta, ainda não são suficientes para antecipar medidas de prevenção ou frear catástrofes ambientais que repercutem na saúde e no bem-estar social.

Assim como as dinâmicas sociais influenciam o comportamento de um vírus ao nível dos índices de casos e de mortes, por exemplo, muitas vezes o aspecto climático também interfere no quão suscetível uma determinada localidade estará ao acontecimento de um fenômeno, mediante as condições dos sistemas climáticos em atuação. A dinâmica climática, assim como todas as outras áreas, dentro dos estudos da área geográfica, não atua sozinha como fator determinante ou limitante na instauração, dissipação e/ou severidade de um vírus, sobretudo numa conjuntura pandêmica como a da Covid-19/Sars-CoV-2.

Ainda que o aspecto climático não explique sozinho a oscilação e a disseminação dos casos e da doença, estudos neste sentido servem para auxiliar na compreensão do evento, ainda existindo a possibilidade de utilizar dos resultados na análise e na previsibilidade de repetições de padrões. Um exemplo disso são as arboviroses que se associam diretamente com o período considerado a “quadra chuvosa” em Fortaleza.

Considerando a consolidada associação entre os numerosos tipos de quadros que afetam diretamente a saúde de uma sociedade e suas características respeitantes à sua dinâmica climática, tem-se como hipótese que as variações nos elementos climáticos e dos tipos de tempo influenciam o decréscimo e o acréscimo no número de casos de Covid-19/ Sars-CoV-2 em Fortaleza.

Avaliar a positividade ou não de uma relação entre a doença e elementos climáticos dentro do momento do curso de uma pandemia enfrenta muitas adversidades, visto que muitos aspectos externos aos de análise climatológica entram como parte da lógica, como, por exemplo, as políticas de controle, a utilização de máscaras de proteção e a vacinação. Este tipo de interferência, inevitavelmente, cria tendências dentro da leitura e da análise da situação.

Em 5 de maio de 2023, a Organização Mundial de Saúde / World Health Organization (OMS/WHO) declara o fim da Covid-19/ Sars-CoV-2 como uma emergência global. Mesmo diante desse novo contexto menos emergencial, o quadro continua desafiador devido à grande probabilidade de existência da passagem de situação epidêmica para endêmica (TIRADO; AGUIRRE; CARDELLÁ, 2023). Pela maior estabilidade no quadro, a análise do quadro se torna ainda mais

adequada para a realização das pesquisas e das análises de (co) relação, tendo em vista que os dados sofrem menos interferências da dinâmica epidemiológica.

O acompanhamento do quadro pós-pandêmico tem grande potencial de identificar com mais especificidade e segurança o nível de (co)relação e a possível periodicidade que poderá passar a existir dentro desse novo arranjo, sabendo que os elementos climáticos também são vistos e avaliados pelos padrões atmosféricos ao longo de períodos, como do ano, por exemplo.

Esse tipo de lógica não é novidade dentro dos estudos de climatologia e saúde. As arboviroses, como supracitado, também apresentam padrões em anos típicos de “surtos”. Geralmente o número de casos sofre acréscimo no período mais chuvoso em Fortaleza (LIMA, 2019), pois propicia o acúmulo de água parada, por exemplo. Essa averiguação pode ser constatada em anos típicos de disseminação e contaminação da população, algo mais complexo de ser realizado quando o surto está em curso, como, no caso da pandemia.

A realização da pesquisa determinando os níveis de (co) relação entre ambos os aspectos é fundamental para compreender a possibilidade de determinar certa previsibilidade dos possíveis surtos de Covid-19 na cidade, sobretudo por ser capaz de abarcar diferentes momentos de propagação da doença, contemplando desde o cenário de emergência sanitária até sua estabilização. Assim, investigar o quadro em Fortaleza oferece uma oportunidade para compreender como o clima local pode ser um fator determinante na propagação do coronavírus.

Além disso, a identificação de padrões climáticos que favorecem a propagação do SARS-CoV-2 pode contribuir para a elaboração de políticas de saúde pública mais eficazes. Compreender o nível de influência e interação do clima e dos tipos de tempo com a dinâmica epidemiológica permite antecipar surtos e orientar ações de prevenção, como campanhas de conscientização durante períodos críticos.

Pelo fato da abordagem tratar de uma temática muitíssimo atual, a metodologia de realização precisa ser diversificada e ajustada constantemente, verificando necessidades com base nos resultados já obtidos. A geoestatística e as técnicas consolidadas de análises em climatologia, nesse caso, contribuem consideravelmente nesse tipo de análise, logo, serão os principais produtos avaliados no momento da interpretação do fenômeno. Sabendo da complexidade de fatores que contribuem para a ampliação ou redução de casos de uma doença

infecciosa pandêmica, objetivando contemplar o máximo de variáveis possíveis, o presente estudo terá como subsídio as análises quantitativas e qualitativas.

O estudo será realizado tendo como base os dados obtidos desde o início da instauração da pandemia na cidade de Fortaleza, em 2020, até o final do ano de 2023. Neste sentido, será possível avaliar as interações entre a temperatura, precipitação, radiação, insolação e a velocidade dos ventos nos mais diversos cenários epidemiológicos ocorrido ao longo dos quatro anos, bem como as suas as interferências típicas de uma doença epidêmica, como com a entrada de novas variantes e subvariantes que sofrem alterações ao longo dos anos, ainda que não se apresentem mais em um quadro de iminência sanitária.

A condição climática e sua relação com o número de casos de Covid-19 auxilia na compreensão do fenômeno em sua totalidade dentro da realidade da cidade de Fortaleza, sem deixar de integrar as outras diversas dimensões de análise. Sabendo disso, estabeleceu-se como objetivo da pesquisa “Analisar a relação entre os elementos climáticos na cidade de Fortaleza/CE e os casos de Covid-19/ Sars-CoV-2” e para tanto, os objetivos específicos, são norteadores, são eles:

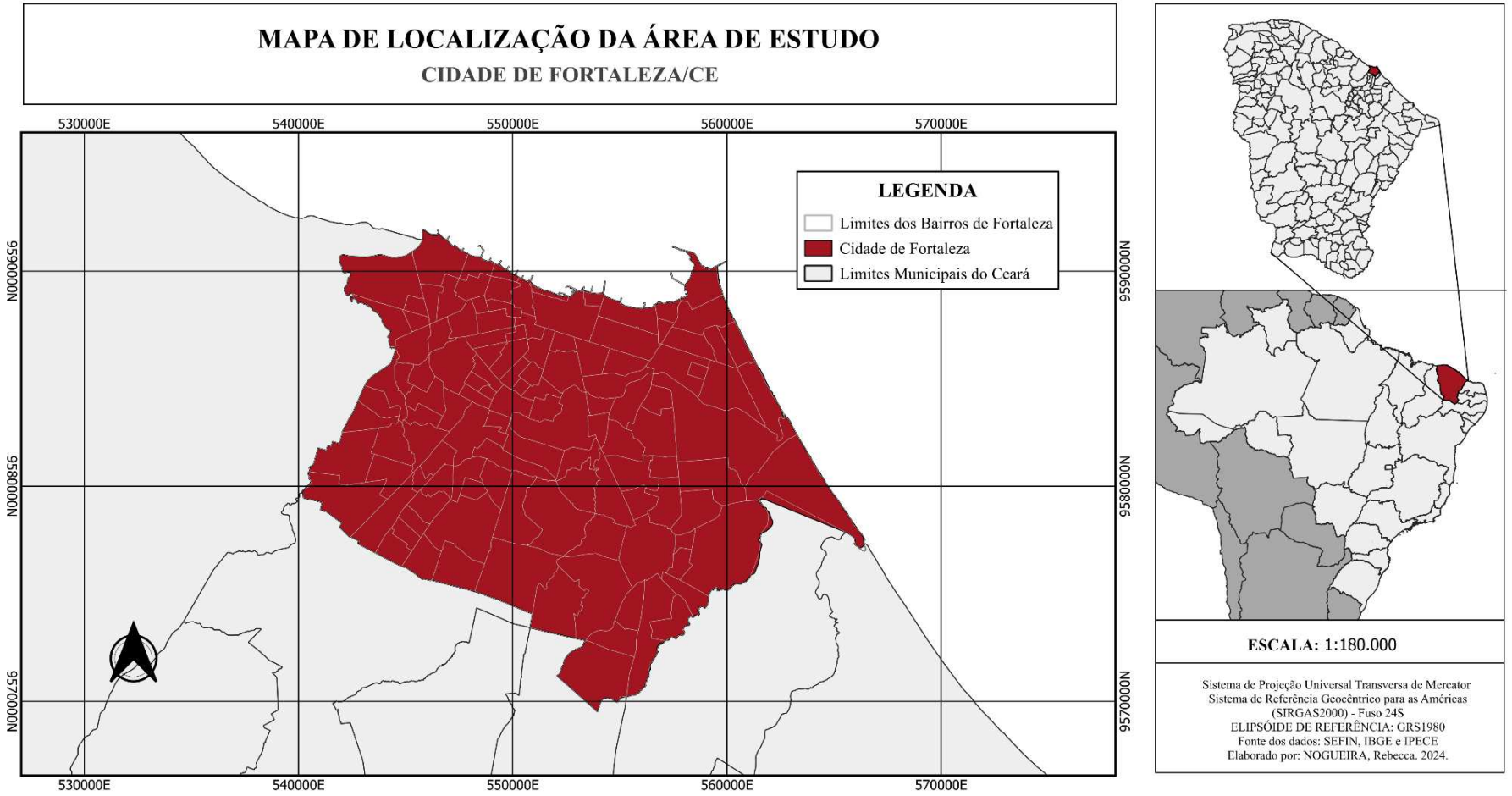
a) Estabelecer a relação entre a distribuição temporal dos casos de Covid-19/Sars-CoV-2 com a sazonalidade e padrões climáticos;
b) Correlacionar os elementos do clima (precipitação, insolação, radiação solar, temperatura e velocidade dos ventos) com os casos de Covid-19/ Sars-CoV-2;
c) Detalhar os casos de Covid-19/ Sars-CoV-2 e estabelecer relações com os diferentes tipos de tempo considerando a dinâmica atmosférica que se estabelece durante o período seco e o período chuvoso;
d) Caracterizar a Covid-19/ Sars-CoV-2 em Fortaleza, sua distribuição temporal e ocorrência das ondas relacionando-as às entradas de novas variantes.

1.2. Aspectos gerais da área de estudo

A cidade de Fortaleza, área de estudo do presente trabalho, é a capital do estado do Ceará, possuindo coordenada Latitude: -3.71839 e Longitude: -38.5434 (mapa 1). Fortaleza é uma cidade banhada pelo Oceano Atlântico, fazendo limite

com outras cinco cidades. Possui extensão territorial 312,353 km² e com população residente de 2.428.708 habitantes, sendo estabelecida como a quarta maior do Brasil pelo censo demográfico de 2022. Com isso, estabelece o valor de 7.775,52 hab/km² para sua densidade demográfica (IBGE, 2022). A cidade possui 121 bairros e 12 regionais administrativas. O percentual de escolarização da população é de 96,1% (na população entre 6 e 14 anos). O PIB *per capita* é de R$ 27.164,45. A desigualdade é uma característica da cidade de Fortaleza, tendo em vista que, utilizando dados do Censo Demográfico de 2010, pode-se verificar que o menor IDH por bairro da cidade é 0,2716 e o maior 0,9530, assemelhando-se ao do Níger e do Reino Unido, respectivamente.

Mapa 1: Localização da área de estudo



Fonte: SEFIN, IBGE e IPECE
Elaboração: Autora, 2024

2. ARCABOUÇO TEÓRICO

Tendo como objetivo a realização da estruturação da pesquisa e baseando-se nos principais componentes que serão trabalhados (aspectos climáticos e pandemia), o referencial teórico foi subdivido em quatro segmentos de discussão: 3.1 Climatologia e Saúde; 3.2 Alterações ambientais e impactos climáticos na saúde; 3.3 Ponto de inflexão a partir da Covid-19/Sars-CoV-2 e 3.4 A Covid-19/Sars-CoV-2 e a Climatologia. Além disso, objetivando sistematizar e categorizar os autores trabalhados no decorrer da pesquisa, foi realizada a elaboração do quadro síntese do arcabouço teórico (Quadro 1).

Quadro 1: Síntese do arcabouço teórico

SÍNTESE DO ARCABOUÇO TEÓRICO	
CATEGORIA	AUTORES
Dimensões climáticas	AYOADE (1988) CARPENEDO; AMBRIZZI (2023) INMET (2024) FERREIRA ([s.d]) SAN'TANNA NETO (2003) SILVA (2011) SORRE (1934) YNOUE *et al.* ([s.d]) ZANELLA; MELLO (2006) MOURA (2015)
Sociedade e Natureza	BECK (1986) CONAMA (1986) ARTAXO (2020) DANTAS; COSTA; SILVA (2020) JONES (2008) MOREIRA (1983) PARREIRA (2021) PMF (2024) WERNECK (2020) WINCK (2022) GODOY (2004) LOPES *et al.* (2021)

Geografia, Climatologia e Saúde	CHEN et al. (2020) CHIN et al. (2020) CRUZ (2023) DECKER (2021) FERREIRA (1991) HERNANDEZ; GARCÍA (2020) LIMA (2019) MAGALHÃES (2015) MAZZETO (2008) MENDONÇA (2000) MURARA; ALEIXO (2020) SAGRIPANTI; LYTLE (2020) SANTANA (2014) SILVA (2023) TIRADO; AGUIRRE; CARDELLÁ (2023) MENDONÇA (2000) SILVA; VALVERDE (2023) GONZAGA; FREITAS (2020) ANDRADE et al. (2022) JÚNIOR (2018) JÚNIOR (2023)
Covid-19/Sars-CoV-2	BUTANTAN (2022) BEYER; MANICA, MORA (2020) BUKHARI; JAMEEL (2020) CEARÁ (2022) HERCULANO (2021) WHO (2023) MICHELON (2021) AMB (2022) OPAS (2010) PMF (2024) QIU (2022) ROSA; SIMIONI; DAMIÃO (2020) SAPS (2020) SOUSA (2021) VIEIRA (2022) FIOCUZ (2021)
Análise Rítmica	MONTEIRO (1971) ZAVATTINI (2003) SEVERINO; COSTA (2016) SOUZA; SANT’ANNA NETO (2006)
Análises de Correlação	ASSIS; SOUSA; DIAS (2019) SILVESTRE (2016) VIALI ([s.d]) MONTGOMERY (2012)

Fonte: Elaborado pela autora, 2024.

2.1 Climatologia e Saúde

Para pensar sobre a forma com que uma ciência, independente de qual seja, se desenvolve e estabelece seus preceitos, é inevitável realizar associações com outras ciências correlatas. Nesta perspectiva, na ciência geográfica, algumas dessas relações podem ser identificadas de pronto, como, por exemplo, a Geografia e a Geologia. Todavia, outras demandam mais aprofundamento para que, os estudos que relacionam com ambas comecem a se firmar e, consequentemente, a relevância destes possam ser vistos e sentidos tanto dentro ambiente acadêmico, mas principalmente no contexto social.

Antes da sistematização científica de qualquer interrelação entre mais de uma ciência, elas já são pensadas, previamente, mediante as tentativas de compreender cenários impostos, como, por exemplo, a motivação de determinada doença se estabelecer em uma região e não em outra. As reflexões inerentes aos seres humanos servem como guia para o início de uma estruturação e integração entre ciências distintas, como a Geografia e a Saúde.

O conceito de saúde dentro do campo geográfico e a posterior a aproximação de ambas as ciências, ficou conhecida como “Geografia Médica”. Esta, remonta desde o início da civilização e possui como marco a obra de Hipócrates, “Dos ares, das águas e dos lugares”, com publicação em 480 a.C., sendo assim, o autor, considerado o “pai da Geografia Médica”.

Logo, é possível afirmar que a relação entre ambas as áreas é conhecida há muitos séculos, contudo sua sistematização como ciência ocorreu apenas no século XIX, ainda sob influência do positivismo (FERREIRA, 1991). Neste cenário, a Geografia se apresentava como ferramenta diagnóstica para descrever e mapear a distribuição de doenças em dadas regiões, baseando-se, sobretudo, nos aspectos físicos dos estudos geográficos e aproximando do que se chamava de “epidemiologia geográfica”.

A utilização desse tipo de estudo era baseada principalmente considerando a colonização europeia em países, especialmente africanos, de modo a compreender a distribuição espacial das “doenças tropicais” e o nível de interferência do meio nas endemias e epidemias vivenciadas nestes países. Sendo utilizada, naquele momento, como instrumento para o estabelecimento do domínio territorial de uma região (MAZZETO, 2008).

Além do desenvolvimento das pesquisas financiadas pelos Estados interessados no domínio de territórios asiáticos e africanos, outras pesquisas surgiram com o intuito de compreender o cenário das doenças em determinadas regiões europeias, além de, dessa vez, avaliar sua distribuição, condicionando esta não apenas aos fatores naturais, mas sim de estruturação social, iniciando as tentativas e pesquisas que previam a relação entre doença e aspectos populacionais, demográficos, socioeconômicos e de saneamento básico. (idem, MAZZETO, 2008).

Com o desenvolvimento de pesquisas ampliando as possibilidades de estudo integrando os dois conhecimentos, outras possibilidades, como associação direta entre os aspectos climáticos e o estabelecimento de doença no meio, foram possíveis. O conceito de referência para trabalhos com essas temáticas foi desenvolvido no século XX, por Max Sorre: Complexos Patogênicos, parte da obra *Les Fondements De La Geographie Humaine.*

A obra foi considerada uma das mais relevantes para a Geografia, principalmente tendo e vista que os conceitos apresentados integram pontos diversos entre sociedade, Geografia, saúde, doenças, Biologia e Ecologia. Ainda que não contemplasse por inteiro os aspectos sociais que a dinâmica que uma doença pode assumir, já pôde ser considerada uma obra que rompeu com o que estava sendo estabelecido como “Geografia Médica” até aquele momento.

O conceito foi desenvolvido baseado na ideia de que cada doença tem seu próprio desenvolvimento, pois não apenas o meio físico atua sobre sua evolução, mas sim, um complexo contexto de progressão e de disseminação singulares, que consideram fatores de naturezas diferentes, principalmente tendo o homem como agente de transformação do espaço (FERREIRA, 1991). Por este motivo, os estudos das doenças atreladas aos aspectos geográficos segue um caminho mais amplo.

Este fato marca os estudos da área, transformando a papel da Geografia nas pesquisas, saindo de apenas um recurso utilizado para descrever o meio no qual o distúrbio estava contido, para uma ferramenta abrangente e analítica na compreensão do cenário de desdobramento de dada enfermidade.

Ademais, para além de uma nova estruturação dos estudos, a então “Geografia Médica” passa a ser usualmente chamada de “Geografia da Saúde”, como símbolo de rompimento com o arranjo descritivo que assumira até o momento,

acompanhando a renovação da Geografia (a partir de 1960) e com os geógrafos protagonizando os estudos da área e não mais os médicos (SANTANA, 2014).

A partir da nova configuração, é possível destrinchar esta área para os diversos aspectos abordados pela ciência geográfica, sabendo que agora estes trabalhos seriam desenvolvidos por geógrafos e não prioritariamente por médicos. Sendo assim, um dos campos tocados pelas mudanças ocorridas após a conceituação dos Complexos Patogênicos, inevitavelmente, foi a Climatologia, pela narrativa também voltada para os ritmos do clima e a relação entre os diferentes tipos de tempo (MURARA; ALEIXO, 2021).

As análises feitas por Sorre foram de extrema relevância para o desenvolvimento de uma corrente de novos estudo e teorias referentes ao ritmo climático, tipos de tempo e até o método de Análise Rítmica desenvolvida por Monteiro (1971) e, por conseguinte, a possibilidade de avaliar a influência dos aspectos climáticos e sua estruturação periódica (ou não) às oscilações ocorridas em determinado período do ano, por exemplo.

Diante da base, inicialmente estabelecida, principalmente no final o século XX, os estudos dedicados a investigar as relações entre o clima e saúde puderam ter base teórica e desenvolver-se de forma sistematizada e ordenada metodologicamente, bem como categorizado. Exemplo disso, Murara e Aleixo (2021), que classificam estes estudos em quatro categorias: a) o estudo das variações sazonais das mortalidades; b) estudo de variações da mortalidade; c) o estudo do impacto dos parâmetros "globais" climáticos sobre a saúde e d) avaliação das consequências que o aquecimento do planeta pode vir a ter sobre a saúde.

Perante a dinamicidade com que o sistema atmosférico se modifica, atrelado às alterações bruscas (considerando as suaves mudanças que ocorriam nos séculos passados) nos padrões climáticos observadas nos últimos anos e décadas, tudo que é potencialmente influenciado por sistema, também sofre modificação e dentre as classes supracitadas, todas as vertentes são eventualmente reajustadas em estudos com temáticas atuais e pertinentes como, por exemplo, análises sobre as epidemias/pandemias/endemias e os estudos do clima urbano.

Hoje, mais do que nunca, os estudos de Climatologia e Saúde vinculam-se ao cerne do conceito de Geografia e Saúde, com a compreensão e constatação das alterações e efeitos sofridos, tanto pelo meio quanto pelas sociedades em que nele se encontram, ao mesmo passo que são responsáveis por estes impactos. Como

essa relação estabelecida é mutuamente, os resultados são impactantes para os próprios atores que a desenham.

Os estudos na área da Climatologia e Saúde melhor se estabelecem a cada década que passa, possuindo fundamental importância para a cognição dos processos e padrões climáticos e de saúde estabelecidos nos cenários típicos e atípicos que envolvem ambas as pautas, estando intimamente ligados aos processos sociais e ambientais, reciprocamente.

Podem ser apontados como exemplo desses estudos, os que tratam das arboviroses, como a dengue, e o clima. O trabalho intitulado como: “Análise Espaço-Temporal da dengue em Fortaleza e sua relação com o Clima Urbano e Variáveis Socioambientais” (JÚNIOR, 2018), que identifica o município de Fortaleza como um ambiente vulnerável à dengue, associado o panorama climático aos casos de dengue estimados.

Outro exemplo de trabalho que analisa as variáveis de saúde e clima é o “Estudo da variação temporal e espacial da pneumonia em Fortaleza/CE e em Sobral/ce: relação com o clima e variáveis sociais, econômicas e ambientais”, (JÚNIOR, 2023), que também utiliza de técnicas estatísticas para estabelecer os níveis de correlação entre os elementos climáticos e os índices de internações por pneumonia nas cidades de Fortaleza/CE e Sobral/CE.

2.2 As alterações ambientais e os impactos climáticos na saúde

O destaque dado para a debate sobre as questões ambientais, fugindo da visão naturalista, começa a acontecer a partir do final do século XX, passando a incluir a interferência humana nos debates (MENDONÇA, 2000). As alterações climáticas, que estão sendo noticiadas e tratadas com mais frequência atualmente, ligam-se diretamente ao “modelo de desenvolvimento econômico, orientado pelo maior lucro no menor espaço de tempo, não importando as consequências futuras” (ARTAXO, 2020, p. 53), adotado por grande parte das nações, tendo em vista a intensa emissão de CO^2 e outros gases poluentes, os alarmantes níveis de desmatamento, poluição dos rios e mares

Para compreendê-las, faz-se necessário dimensionar o quão impactante é uma alteração no clima e, principalmente, direcionar a compreensão ao seu

potencial de repercussão na saúde das sociedades, pois demonstra as interferências nas escalas micro, meso e macro do clima.

A definição de “clima” modifica-se a depender das concepções admitidas por diferentes autores. Duas das mais adotadas dentro da ciência climatológica são as de Julius Hann (1882), que define o clima como o conjunto de fenômenos meteorológicos que caracterizam o estado médio da atmosfera sobre um ponto da superfície terrestre e Max Sorre (1934), que o indica como o ambiente atmosférico constituído pela série de estados da atmosfera e em um determinado lugar e sua sucessão habitual - definição admite que tais estados atmosféricos viriam com o tempo e com um certo ritmo (SANT’ANNA NETO, 2003).

Apesar de ambos os autores desenvolverem suas teorias e conceitos em momentos diferentes do processo de sistematização dos conceitos essencialmente geográficos, é possível estimar o nível de modificações necessárias a ser alcançado para que alterações sejam percebidas em um sistema tão complexo e integrado entre si quanto o sistema climatológico.

Ainda que a temática tenha avançado bastante nas últimas décadas, a atenção voltada para ao potencial negativo desses impactos, provocados pela ação do homem, permeia os estudos de pesquisadores da área há bastante tempo. O exemplo disso é Resolução 001, de 1986, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), que determina desde então, o conceito de impacto, em seu 1° artigo:

> “Para efeito desta Resolução, considera-se impacto ambiental qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam: I - a saúde, a segurança e o bem-estar da população; II - as atividades sociais e econômicas; III - a biota; IV - as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; V - a qualidade dos recursos ambientais” (BRASIL. Resolução 001 - CONAMA, 1986).

A partir desta resolução supracitada é possível admitir que a definição de impacto pode assumir níveis diferenciados, ainda que todos sejam considerados impactos. Por exemplo, desde a intensificação do processo de erosão próximo a um pequeno sistema lacustre, provocado pela remoção da mata ciliar até o agravamento das consequências sofridas em diversas partes do mundo com a intensificação de um fenômeno natural, como o El Niño, assim podendo ser também compreendido como o rompimento de um equilíbrio natural.

O rompimento desses equilíbrios (que muitas vezes possuem como produto as alterações climáticas), tem ocorrido com cada vez mais frequência e sempre tomando maiores proporções, sendo mais visíveis e abrangendo ainda mais aspectos respeitantes a saúde humana.

Além da percepção das situações supramencionadas serem sentidas em escala global, muitas vezes, esses rompimentos do equilíbrio tem gerado constantes crises que afetam de modo direto e indireto o bem-estar de várias sociedades e em situações extremas, a humanidade em sua completude. O avanço do desmatamento, por exemplo, tem impactado de forma direta o *habitat* natural das mais diversas espécies de faunas nativas, em partes distintas do planeta, a Amazônia é um exemplo disso (LOPES, *et al., 2020)*.

Esse tipo de situação gera um encadeamento de consequências que são estudadas e previstas há um tempo considerável e sempre vem sendo apresentadas e debatidas em encontros globais, como, por exemplo, na Conference of the Parties (COP) 28, que visa discutir sobre as políticas que devem ser adotadas em prol da mitigação da crise climática global.

A COP 28 foi realizada em 2023 e determinou que as mudanças climáticas ocorridas atualmente tem íntima relação com a emergência de saúde e climática ocorridas em todo o mundo. Dois dos encaminhamentos e decisões tomadas e objetivos acordados entre as nações durante a conferência, foi limitar o aumento da temperatura em 1,5°C e mudar o uso dos combustíveis fósseis para as energias renováveis, evidenciando a crise derivada do desequilíbrio atualmente (HABITAT PARA A HUMANIDADE, 2023).

Inevitavelmente, nos contextos das mudanças climáticas e ambientais, uma relevante problemática que destaca os impactos ambientais sofridos em decorrência das ações antropogênica (sob a ótica climática), que é a questão da saúde. Consentindo com Ayoade (1988), esta é fortemente influenciada pelo clima:

> “A saúde humana, a energia e o conforto são afetados mais pelo clima do que por qualquer outro elemento do meio ambiente (Critchfield, 1974). As funções fisiológicas do homem respondem às mudanças no tempo atmosférico. Certas doenças são induzidas pelo clima em tempos diferentes; [...] demonstram em suas incidências correlações íntimas com as condições climáticas e com a estação do ano. Os elementos do clima que afetam diretamente as funções fisiológicas do homem incluem radiação (insolação), temperatura, umidade, vento e pressão atmosférica” (AYOADE, 1988, p. 289)

Pesquisas realizadas visando relacionar os aspectos do clima e a saúde, inicialmente, buscavam desvendar como os elementos climáticos, em seus arranjos naturais, poderiam ser capazes de afetar a saúde dos seres humanos e a partir disso, estudos diversos foram desenvolvidos dentro desta lógica, são exemplos: interações entre qualidade do ar e o desenvolvimento de doenças respiratórias; particularidades do nível de umidade com a irradiação maior ou menor de doenças advindas do aumento da propagação e crescimento microrganismos; características climáticas que induzem ou dificultam a atuação e crescimento na quantidade de vetores, dentre outras (AYOADE, 1988).

Contudo, para além das características climáticas habituais e sua associação com determinadas moléstias que certos países e/ou regiões comumente desenvolvem, por exemplo, no contexto mais recente é possível encontrar estudos que são desenvolvidos considerando até mesmo cenários atípicos de disseminação de moléstias com as mudanças nos padrões climáticos, tamanho impacto e influência que o clima é capaz exercer na saúde humana e mediante trabalhos anteriormente desenvolvidos que são capazes de comprovar essa relação.

Um dos estudos mais atuais, relativo ao cenário pandêmico da Covid-19/Sars-CoV-2, vivenciado a partir de 2019, nomeado de "*Shifts in global bat diversity suggest a possible role of climate change in the emergence of SARS-CoV-1 and SARS-CoV- 2*", de Beyer *et al.* (2021) avalia a possibilidade de as alterações climáticas possuírem relação direta com o surgimento, tanto da Sars-CoV-2 (Covid-19) quanto da Sars-CoV-1, epidemia vivenciada na província de Foshan, na China, no final de 2002 (SIMIONI *et al.*, 2020).

O estudo de Beyer *et al.* baseia-se na realização de uma projeção global de como seria o meio físico no século XX, mediante um clima considerado a partir das normais climatológicas, objetivando definir a distribuição das espécies de morcegos no século XX e XXI, levando em conta o *habitat* natural ideal para a manutenção das espécies e as mudanças climáticas ocorridas no decorrer do século.

A partir disso, o estudo sugere que, as transformações climáticas podem ter afetado substancialmente certas áreas, como, por exemplo, no sul da China, podendo ter havido um incremento na riqueza de espécie de morcegos agentes transmissores de patologias, chegando a totalizar cerca de 40 espécies migratórias de morcegos.

A elaboração de pesquisas com esse nível complexidade tem sido cada vez mais frequentes e são bons indicadores do quanto as grandes transformações vivenciadas atualmente pelo mundo inteiro, mesmo que possuindo diferentes nuances, contextos e temáticas, podem (e geralmente estão) relacionadas com as alterações ambientais causadas pela própria ação humana, quando esta foge dos ajustes naturais previstos e suportados para manter o equilíbrio da relação sociedade e natureza.

2.3 Ponto de inflexão a partir da Covid-19/Sars-CoV-2

Na história da humanidade, as questões de saúde e o aparecimento de doenças faz parte do desenvolvimento natural das sociedades e nações. Porém, as formas de lidar com estas, foram mudando conforme o avanço dos estudos e da ciência. A origem, transmissão, distribuição, tratamento, cura e letalidade puderam ser compreendidas, tando para doenças mais comuns quanto para as endemias e pandemias ocorridas no decorrer da história.

O surgimento, esporadicamente, de pandemias ao longo do tempo ocorreram em cenários distintos e com diferentes arranjos sociais, econômicos, ambientais e tecnológicos, sendo estes fatores que influenciam desde a motivação do seu aparecimento até a concepção da sua prevenção e cura. As origens para tais pandemias e endemias são das mais diversas e completamente consonantes com a realidade vivida no momento de sua ocorrência.

Um dos exemplos dessas correspondências é a peste bubônica, ocorrida no século XIV, com os primeiros focos no Egito, porém com identificação de maior agressividade no nível de letalidade e transmissão na Europa. O contexto observado naquele momento era de cidades com um adensamento populacional gigantesco, crescimento demográfico em alta, saneamento básico que não conseguia acompanhar a concentração de habitantes na cidade e, como consequência, a facilitação para a disseminação da bactéria nas péssimas condições de vida da população (SILVA *et al.*, 2023), além do limitado nível de conhecimento dos processos e dinâmicas epidemiológicas.

Sabendo desses episódios comumente ocorridos durante todos os períodos da história da humanidade, em maiores ou menores proporções, é notório que diante do estabelecimento alguns cenários, a percepção de risco passa a ser não

apenas mais uma constatação científica, mas o risco se torna visível a sociedade: “a ciência ‘estipula riscos’ e a população ‘percebe riscos’” (BECK, 2010).

A partir dos momentos de vulnerabilidade respeitante a saúde de toda uma população é que ocorrem as reconfigurações, em todos os aspectos sociais, que objetivam adaptar o novo e atípico cenário à realidade atual, utilizando as ferramentas disponíveis no dado momento para compreender e mitigar situações de emergências sanitárias, especialmente em momentos mais recentes, com o avanço da ciência e da tecnologia, como tomaremos como referência a emergência da pandemia da Covid-19/Sars-CoV-2.

“A doença é considerada uma zoonose, infecção naturalmente transmissível entre animais vertebrados e seres humanos” (SOUZA *et al.*, 2021. p. 31). A primeira conclusão que pode ser feita é sobre as repercussões do modo de vida adotado pelas mais diversas sociedades, destacando seu modo de consumir, fator determinante na intensa e rápida dissipação do vírus.

Estudos cientificamente aceitos e relevantes indicam sua origem advinda de espécies de morcegos e o início da espacialização da sua distribuição na província de Wuhan, na China, mais especificamente no Mercado Úmido Atacadista de Frutos-do-Mar, “onde aves e mamíferos vivos são vendidos e abatidos no local” (QIU, 2022), sendo considerado o epicentro global da pandemia.

Mercados úmidos são bastante comuns na China e sempre foram pontos de “alerta vermelhos” quando o assunto era a disseminação dos mais diversos tipos de patógenos advindo de animais. Ainda desconsiderando as problemáticas por trás da cultura de venda desenfreada de animais silvestres, a forma com que essa comercialização é feita, não considera a suscetibilidade da disseminação de zoonoses já conhecidas e até das ainda não descobertas.

Em face do exposto, respeitante ao contexto no qual o surgimento da Covid-19/Sars-CoV-2 estava inserido e aos pontos mencionados, algumas reflexões são pertinentes:

> a) os Mercados Úmidos existentes na China são apenas exemplos de como o modelo econômico e, neste caso, consequentemente, o comércio de animais tem pouca ou nenhuma preocupação com a forma com que as transações são conduzidas (*business as usual*). Principalmente sabendo do alto risco e da grande exposição a patologias pelas quais quem realiza a venda e os consumidores, são submetidos, sendo estes parte da ponta

de um complexo sistema lucra com o intenso fluxo de consumo e com a pouca preocupação com a saúde e a salubridade desses locais e da realização dessas vendas;

b) o comércio pouco regulamentado e pouco fiscalizado de animais silvestres, principalmente em países que cultivam a cultura de consumi-los, gera uma aproximação desmensurada entre o ambiente silvestre que deveria ser, essencialmente, reservado para as interações naturais de fauna e flora, com o meio urbano. A forma com que as doenças se dissipam nos ambientes naturalmente desenvolvidos e nos artificialmente criados são totalmente diferentes. Enquanto o primeiro ambientes está totalmente adaptado a conviver com certos patógenos de forma orgânica, em vista que são processos parte da sua dinâmica biológica, o segundo, meio artificialmente criado, com altas taxas de adensamento populacional, integrando pessoas e lugares das mais diversas partes do mundo, não possui capacidade natural de lidar com certos tipos de moléstias advindas do meio silvestre;

c) a biodiversidade e os ecossistemas são afetados em diversos níveis pela atuação do homem nessas áreas, seja com desmatamento; poluição dos rios com atividades de minérios; destruição do *habitat* de espécies diversas, tanto marinhas quanto terrestres; interferências que tornam o meio natural inadequado para a sobrevivência de espécies nativas, impulsionando os movimentos migratórios. Todas essas consequências repercutem no rompimento dos limites saudáveis e, naturalmente, necessário entre o *habitat* dos animais e as zonas ocupadas pela sociedade.

A pandemia pode ser considerada um ponto de inflexão sobre os mais diversos prismas da sociedade, sobretudo, mediante sua escalada mundial, destacando diversas crises simultaneamente, como, por exemplo, nos sistemas de atenção à saúde, desarmonias ambientais e destaque das desigualdades sociais. Situações como essas são pontos de partida para a realização em massa de pesquisas, visando compreender, em diferentes faces, o cenário vivido e suas possíveis reverberações em um futuro próximo.

2.4 A Covid-19/Sars-CoV-2 e a Climatologia

No momento de eclosão da pandemia, por dizer respeito, de forma direta e indireta, com uma reconfiguração do espaço geográfico por intermédio de novos arranjos sociais instaurados naquele momento, mesmo que provisoriamente, as diversas áreas trabalhadas dentro da ciência geográfica iniciaram o desenvolvimento de pesquisas que avaliavam, não apenas a conjuntura posta, como também as formas com que as possibilidades de relação entre esta e a ciência em questão poderia se relacionar.

A ciência geográfica abrange os mais diversos aspectos sociais e ambientais que podem ser vivenciado pelas sociedades em geral e os esforços para compreender as mais diversificadas circunstâncias, sejam elas comuns ou fora da curva, rendem produtos de relevância ímpar para a compreensão e/ou intervenção em situações-chave da dinâmica global.

Pode-se tomar como exemplo a Geografia do Turismo. Grandes associações entre os movimentos turísticos e a propagação veloz da doença puderam ser feitas, em especial considerando o fluxo de pessoas exercendo as mais diversas atividades e integrando-se aos mais diferentes lugares e países (SACRAMENTO, 2022), sobretudo antes da declaração da situação como uma emergência global, em janeiro de 2020 e posteriormente, em março do mesmo ano, a definição do quadro como pandêmico.

Diante disso, considerando toda a narrativa discorrida nos tópicos anteriores, foi mais que plausível e adequado que os estudos na área da Climatologia também fossem desenvolvidos a partir daquele momento. Corroborando com esse empenho justificado, mediante as primeiras informações noticiadas, a chance da situação possuir relação com as mudanças e impactos ambientais vivenciados atualmente, era uma possibilidade bastante verossímil.

Devido ao momento com pouco acesso a todos os dados necessário para a realização das análises, com a pouca bagagem científica da estruturação do vírus, bem como as possibilidades de transmissão, aparição de sintomas, grupos e situações de riscos, alguns dos trabalhos desenvolvidos, máxime, no primeiro ano, tiveram subsídios pela realização de paralelos com vírus similares. Estes foram de extrema relevância para compreender e informar sobre os fatores de agravamento ou de diminuição da dispersão do vírus.

A pesquisa de Hernández e García (2020), realizada no início da pandemia compila e analisa várias pesquisas realizadas anteriormente até o momento de sua publicação, referentes a associação de elementos do clima com a dissipação de doenças infecciosas, principalmente as com características biológicas semelhantes as do vírus da Covid-19/Sars-CoV-2. Grande parte dos testes foram realizados de forma controlada e em laboratório. O destaque do trabalho para o fator radiação, que permeia a maioria das pesquisas e demonstra grande influência na inativação do vírus, quando sujeito a condições mais extremas.

Já em teste realizado com o próprio vírus da Covid-19/Sars-CoV-2, presente na pesquisa e desenvolvido por Chin *et al*. (2020) comprova a instabilidade que a composição viral sofre com a exposição a altas temperaturas, por exemplo.

Outro exemplo é o trabalho de Decker *et al.* (2021) que mostrava resultados de testes realizados em salas de hospitais com pacientes que possuíam diversos tipos de doenças (como tuberculose, rinovírus e síndrome respiratória) que também eram transmitidas por gotículas infecciosas no ar. O elemento climático estudado era a ventilação. No teste realizado foi verificado que a ventilação natural atuou como dispersora do vírus em salas que possuíam esse tipo de circulação.

Mais extremamente relevante desenvolvido no início da pandemia foi o de Sagripanti e Lytle (2020), que também trabalhou com o elemento climático radiação. Este realiza um paralelo entre a genética do vírus da gripe comum e da Sars/CoV com o da Covid-19/Sars-CoV-2. Diferente dos demais, foi realizado em ambiente aberto, sofrendo as mesmas interferências que naturalmente existem em um sistema aberto. O trabalho constatou a inativação do vírus da COVID-19 em até 99% quando exposto por duas horas a radiação UV a partir do meio-dia no verão de cidades dos EUA.

As hipóteses consideradas no momento foram as mais diversas: desde a verificação da possibilidade de associação das estações do ano com a incidência de casos, como é o exemplo dos estudos de Bukhari e Jameel (2020), incorporando os elementos climáticos e padrões climáticos observados em diferentes partes do mundo, por diferentes meses do ano ao número de casos; até o desenvolvimento de um modelo meteorológico que realiza uma estimativa de locais que possuíam maiores chances de vivenciar a pandemia de forma mais intensa, elaborado por Chen *et al.* (2020).

É importante destacar e considerar alguns fatos e entraves sobre o desenvolvimento de pesquisas com estas magnitude e com a utilização destas variáveis, realizadas em momento de auge pandêmico:

a) é difícil existir uma unificação no acordo e adequação de metodologias a serem implementadas na elaboração das pesquisas;

b) um fator de suma relevância em pesquisas que avaliam modificações e associações entre clima e saúde é a escala temporal. Os estudos realizados nesse período não puderam ter uma abrangência tão grande devido ao próprio tempo decorrido entre o fato e a análise

c) os dados utilizados para a elaboração dos trabalhos eram bastante limitados e, muitas vezes, inconsistentes, especialmente em locais em que existia a problemática da realização de testes em massa da população, aspecto que faz singular diferença no momento da análise, pois é a variável principal a ser estudada;

d) devido ao curto espaço de tempo decorrido entre a situação (no caso, estava em curso) e o estudo, era difícil observar as flutuações e oscilações que, sem dúvida alguma, aconteceriam;

e) grande parte delas foram desenvolvidas nos Estados Unidos e na própria China (como exposto logo acima), o que acaba não sendo representativo para países tropicais. Nesse caso, as diferenciações climáticas de cada localidade impactam diretamente nos resultados obtidos, principalmente sabendo que o próprio agente etiológico possui particularidades que se ligam diretamente com o seu meio de propagação e características de inativação.

Mesmo diante das inevitáveis intempéries, as pesquisas tiveram resultados positivos no que tange a temática. Grande parte das avaliadas demonstrou a maior influência da incidência em locais e épocas mais frias e secas. Neste caso convém considerar que os estudos preliminares tiveram grande relevância científica para a ciência climatológica, pois puderam nortear pesquisas posteriores e em várias partes do mundo, sendo grandes auxiliares nos seus processos de desenvolvimento.

Apesar de os principais elementos climáticos serem abordados nas pesquisas já elaboradas, a forma com que estes se manifestam em cidades litorâneas, como Fortaleza/CE, é bastante particular. A interferência das maresias, a baixa amplitude térmica, alto nível de insolação durante, praticamente, o ano inteiro, faz com que os

estudos mais específicos sejam de importância ímpar no diagnóstico e proposição nestas regiões.

Os critérios a serem considerados dentro de pesquisas devem ser alterados conforme sua delimitação espacial. Logo, quanto mais pesquisas com essa temática surgirem dentro da base climatológica, mais os resultados poderão ser representativos em menores escalas de avaliação.

3. MÉTODOS E TÉCNICAS

Atentando ao inerente teor analítico dos resultados provenientes das correlações estudadas entre os cenários climático e epidemiológico, no qual se fundamenta o objetivo principal da pesquisa apresentada, definem-se como formas de abordagem de análise: quantitativa, baseando-se na representação numérica que estas variáveis assumem, suas respectivas formas de representação, interpretação e utilização de técnicas estatísticas (FONTELLES *et al*., 2009); e qualitativa, sabendo que haverá considerações de cartas sinóticas e imagens de satélite, assim como a verificação dos fatores que influenciaram direta ou indiretamente na quantidade dos casos de Covid-19/Sars-CoV-2 constatados no decorrer da evolução do quadro epidemiológico na cidade de Fortaleza. Os procedimentos metodológicos para o desenvolvimento e execução desta pesquisa foram ser subdivididos em três momentos e também segmentados nos tópicos inframencionados: 4.1 A aquisição dos dados climáticos e epidemiológicos; 4.2 Análise Rítmica e 4.3 Aplicações de correlações estatísticas.

3.1 A aquisição dos dados climáticos e epidemiológicos

Ambos os tipos de dados e variáveis foram obtidos por meio de requisições e consultas em portais e sites oficiais dos produtores ou organizadores da base de dados de interesse.

3.1.1 Dados climáticos

Para a elaboração da pesquisa os dados climáticos escolhidos para a realização da análise foram a precipitação (mm), a temperatura (°C), o nível de radiação (kj/m2), a insolação (hs) e a velocidade dos ventos (m2/s). A escolha ou não de elementos climáticos foi feita com base na sazonalidade climática, sistemas atmosféricos predominantes na cidade de Fortaleza, tal qual os maiores influenciadores na composição do perfil climático.

Importantes destacar a decisão pela não utilização do elemento umidade pelo fato de que as bibliografias similares que utilizaram o elemento o apresentaram com os menores índices de correlação, como, por exemplo, o trabalho de Gonzaga e

Freitas (2020), intitulado de “Análise da relação entre condições meteorológicas, poluição atmosférica e infecções respiratórias virais: o caso COVID-19”, que aponta a unidade relativa como a possuidora dos menores índices de correlação dentre as seis variáveis utilizadas, sendo os outros cinco elementos os mesmos utilizados para a presente pesquisa. Trabalhos em que a umidade apresenta uma correlação significativa, de modo geral, não possuem foco na determinação da correlação por meio do número de casos ou de disseminação do vírus, mas sim num contexto mais específicos, como a quantidade de pacientes internados em leitos críticos, como é o exemplo do trabalho de Andrade *et al.* (2021).

Para os cinco tipos de dados climáticos a serem trabalhados existem algumas possibilidades de obtenção. No país estão disponíveis diversas plataformas e portais que atendem tanto ao público geral quando os pesquisadores da área como, por exemplo, o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) por meio Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC), o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), além de outros postos de coletas locais que estão presentes nas cidades e disponibilizam seus dados por meio de solicitação, formulários e afins.

Para tanto, os postos de coleta utilizados para esta pesquisa foram os do INMET e do Posto de Coleta Agrometeorológica do Departamento de Engenharia Agrícola (DENA) da Universidade Federal do Ceará (UFC).

Como supramencionado, existem diversas formas de adquirir os dados basilares para o desenvolvimento desta pesquisa, contudo o portal do INMET foi escolhido pelo fato de possuir uma base de dados consistente e reconhecida nacionalmente, sobretudo pelo fato de que este é um órgão do Ministério da Agricultura e Pecuária. Além de que, algumas atribuições deste órgão são “elaborar e divulgar, diariamente, ao nível nacional, a previsão do tempo, avisos e boletins meteorológicos especiais” (PORTAL DO INMET). Ou seja, considerando a necessidade de fazer os estudos em escala diária, em concordância com os procedimentos necessários para a realização da Análise Rítmica, a prerrogativa referente a disponibilização dos dados diários na plataforma foi de extrema relevância no momento da escolha da base de dados.

O INMET conta com uma robusta base de dados climáticos e meteorológicos, que se estende do ano 2000 até a data mais recente, no caso o dia que a consulta for realizada pelo usuário. Estes dados são disponibilizados por ano, dentro do

intervalo supracitado. São dispostos em formato .ZIP, com planilhas separadas por cidades do Brasil, estando presentes as que dispõem de pontos de observação, como o caso de Fortaleza.

Acessando a planilha (em formato .csv) da cidade de Fortaleza, encontram-se diversos tipos de dados climáticos, com medições horárias, ou seja, cada dia possui vinte e quatro dados de cada elemento climático observado no posto. Dos cinco elementos selecionados para a pesquisa, quatro foram coletados do INMET, sendo: precipitação, temperatura, nível de radiação e velocidade dos ventos.

Importante destacar que os dados de velocidade dos ventos, inicialmente, seriam utilizados da base dos valores colhidos pelos dados do DENA, contudo, no ano de 2023 os dados apresentaram inconstância, possuindo valores precisos em algumas datas e ausência total destes em outras. Logo, para garantir o padrão de segurança das análises realizadas, as informações do elemento em questão também foram provenientes do INMET.

Tendo em vista que as planilhas disponibilizadas possuíam todos os elementos separados e por valores horários, o primeiro tratamento a ser realizado foi a remoção dos elementos que não seriam trabalhados (como pressão atmosférica, dentre outros) e desenvolvimento das operações matemáticas necessárias para agrupar os valores em escala diária, utilizando as fórmulas disponíveis no *Software* Planilhas, do pacote Google.

Para temperatura, nível de radiação e velocidade dos ventos foram calculadas as médias aritméticas de todos os vinte e quatro horários do dia. Já para a precipitação, tendo em conta o teor acumulativo quando se avalia este elemento, foi calculada a soma dos valores colhidos durante o dia. O produto destas operações, a título de organização, foram novas tabelas agrupadas por ano, de 2020 até 2023, que se tornaram as planilhas elementares da pesquisa e foram utilizadas diretamente para a criação dos gráficos.

Para a insolação, os dados utilizados foram oriundos do DENA. A estação está situada no Campus do Pici da UFC e conta com todos os equipamentos necessários para a realização das medições, que são feitas diariamente e para alguns elementos, três vezes ao dia. No caso da insolação existe apenas um dado por dia, sua medição é diária, logo, não houve necessidade de realizar nenhum tipo de tratamento.

Os dados são disponibilizados por meio de solicitação feita por e-mail para ao coordenador do departamento. Para tal, foi elaborado um ofício de solicitação e em seguida foi realizado o envio e os dados foram enviados de pronto. Estes também foram disponibilizados em formato .csv. É importante frisar que alguns dados de insolação o ano de 2023, disponibilizados pelo mesmo, possuíam lacunas, principalmente do mês de janeiro.

3.1.2 Dados epidemiológicos

Tanto a Secretaria de Municipal de Saúde de Fortaleza (SMS) quanto a Secretaria da Saúde do Ceará (SESA) dispõem em suas plataformas Boletins Epidemiológicos, que foram intensamente, divulgados sobretudo nos momentos mais críticos da pandemia. Estes boletins foram utilizados como ferramenta de consulta a fim de esclarecer e verificar os pontos-chave e marcos que pudessem impactar em uma oscilação ou mudança brusca dos indicadores e número de casos, como, por exemplo, adesão às campanhas de vacinação, *lockdown* e momentos similares.

Os dados mais específicos de quantidade diária de casos foram solicitados por meio do site da Ouvidoria Digital da Prefeitura Municipal de Fortaleza. Como retorno foi disponibilizado um contato de e-mail de um representante da Célula de Vigilância Epidemiológica (CEVEPI) da SMS. A solicitação feita foi dos dados de casos de Covid-19/Sars-CoV-2 confirmados no município em escala diária, desde o início de 2020, momento inicial da pandemia em Fortaleza.

As informações requeridas foram retornadas rapidamente e em formato .csv, exatamente com os atributos solicitados, de data e quantidade de casos confirmados no dia, não havendo necessidade de realizar nenhum tipo de tratamento ou ajuste. Os valores correspondentes a determinadas datas são referentes ao relato de início dos sintomas feito pelos pacientes.

Os valores de todos os anos foram agrupados em uma única tabela. Estes dados foram alocados em coluna nas planilhas basilares anuais, agora contendo os dados climáticos e epidemiológicos, tanto em tabela única com dados gerais, quanto em tabelas separadas por ano. Desta forma foi possível criar a base dos dados numéricos para ser possível a avaliação quantitativa de escala local.

3.2 Análise Rítmica

Para o desenvolvimento da pesquisa será utilizada a técnica de Análise Rítmica, amplamente abordada por Monteiro, a partir da década de 1970. Considerando o que expõe Max Sorre, em "*Traité de climatologie biologique et medicale*", de 1934, a definição de clima, de modo mais amplo, é estabelecida por meio da sucessão habitual dos seus estados atmosféricos, que pode ser compreendido como os tipos de tempo. Assim, é possível definir seu ritmo climático.

A adoção da técnica de Análise Rítmica dentro dos estudos de Climatologia surgem a partir do questionamento da adequabilidade da atribuição do conceito de clima a uma concepção de situação estática da atmosfera, considerando apenas seu estado médio e não como um fenômeno rítmico, considerando os extremos e não apenas as médias. A viabilidade de trabalhar com todos os valores fora da curva padrão que a média cria, sem necessidade de mascará-los, torna a observação e o estudo mais consistente. Logo, este tipo de análise se fundamenta, inicialmente, na caracterização do ritmo climático de uma determinada área de estudo.

Para possibilitar a determinação do ritmo climático, existe a necessidade de realizar o que Monteiro chama de "decomposição cronológica", devendo a análise ser feita em uma escala temporal, no mínimo, diária, tendo em vista que somente assim será possível identificar os tipos de tempo e posteriormente seu ritmo (MONTEIRO, 1971), como supramencionado no tópico anterior.

Como exemplo da utilização da técnica da AR nos estudos de climatologia e saúde é o intitulado "Análise climática e a distribuição dos casos de dengue em Fortaleza", (ALVES *et al.,* 2017), que confirma, por meio da técnica a existência de relação entre os elementos climáticos e a propagação da doença"

A necessidade da avaliação com este nível de detalhamento escala temporal também se dá pela necessidade de identificar os tipos de tempo, sabendo da condição de dinamicidade em que um sistema atmosférico está submetido, assim como o desenvolvimento e evolução pandêmica, que também é alta e rapidamente mutável. Logo, realizar a observação em outras escalas temporais, como mensais, por exemplo, mostram-se menos efetivas, visando que a cada dia, o funcionamento de ambas as conjunturas verificadas em determinado momento pode apresentar-se completamente diferentes do período observado anteriormente.

É de acentuada relevância para a pesquisa realizar tanto o trato individualizado e local dos elementos climáticos, quanto o estudo regional do sistema atmosférico, sobretudo quando se sabe que:

> a) a cidade de Fortaleza possui um perfil climático singular e com muitos elementos que influenciam e até determinam direta e fortemente na forma com que estes se apresentam diariamente no cenário meteorológico local;
> b) a forma inesperada e veloz com que a pandemia evoluiu na cidade, bem como as medidas restritivas adotadas em alguns momentos pelo poder público local. Com isto torna-se essencial realizar a pesquisa baseada em critérios e vieses plurais de observação.

Considerando os fatores aludidos anteriormente, a técnica da Análise Rítmica mostra-se adequada quando se faz a consideração das características de desenvolvimento que esta segue como preceitos para sua elaboração. Para tanto, a técnica adapta-se para a realidade do estudo com a verificação dos cinco elementos (já expostos) de maior relevância dentro do contexto de estudo do quadro climático local, com valores obtidos por meio de medições *in loco,* estas sendo feitas tais quais os procedimentos expostos no tópico 4.1.1 de “Dados climáticos”. Este tipo de análise, observando o teor numérico da base obtida, enquadra-se no segmento da abordagem quantitativa da pesquisa por meio do estabelecimento dos níveis de correlação estatística.

A outra face para a elaboração do procedimento, se adequa ao contexto da pesquisa que está em consonância com o método qualitativo de abordagem. Nesta etapa a análise é realizada em escala regional, tendo em vista que os sistemas atmosféricos existentes não se formam, tampouco podem ser avaliados, verificando apenas sua manifestação em localidade específica, mas sim, compreendendo os fenômenos observados em sua totalidade, sendo assim, possível avaliar os tipos de tempo e sucessivamente o ritmo climático da cidade. Principalmente, destaca-se a importância, dentro deste cenário, de ser possível identificar a dinâmica dos grandes sistemas atmosféricos, das massas de ar e, consequentemente, dos tipos de tempo identificados para que este passo da análise seja bem estruturado (ZAVATTINI, 2003).

Como ferramenta para o procedimento referenciado, utilizar-se-á as cartas sinóticas e imagens de satélite disponibilizadas na plataforma do CPTEC/INPE, a fim de compreender, juntamente com os dados climáticos locais e epidemiológicos, a

predominância de determinados padrões de repetição nas ocorrências de altas e baixas nos valores obtidos de casos de Covid-19/Sars-CoV-2, em face dos mecanismos da circulação atmosférica em dado período. Os principais satélites utilizados forma o Meteosat-9, no canal 2 e imagens do tipo realçada; e do Goes-16, no canal 13.

Como suporte à utilização das cartas sinóticas e das imagens de satélite, a verificação dos sistemas e seus respectivos períodos de atuação durante o ano serão consultados nas literaturas, tendo em vista o extenso volume de dados a ser analisado. A principal base referencial de determinação dos sistemas atmosféricos predominantes durante o ano na cidade de Fortaleza será de Zanella e Mello (2006).

Os trabalhos realizados com a aplicação da técnica (e/ou elementos desta) em associação às análises de saúde e doença são comuns, tanto para moléstias que se caracterizam como endêmicas; quanto as que se apresentam corriqueiramente, contudo, que podem ser avaliados seus picos de casos em determinado intervalo de tempo. Para tanto, podem ser citados dois trabalhos que realizam a avaliação da distribuição de casos de doenças em associação da aplicação da técnica da Análise Rítmica.

No trabalho “Ritmo Climático e Doenças Respiratórias: interações e paradoxos”, de Souza e Sant’Anna Neto (2008), a técnica de Análise Rítmica propriamente dita não é aplicada, tendo em vista que a análise dos dados locais é realizada utilizando as médias mensais entre os anos 2000 e 2005. Não obstante, a utilização dos gráficos e do conceito de “Ritmo Climático”, característicos da técnica, são empregados para realizar a avaliação da correlação entre os aspectos climáticos e o número de internações por doenças respiratórias na cidade de Presidente Prudente. Os resultados da avaliação demonstram a existência de uma relação entre ambos, tendo em vista que nos períodos de mais “estiagem prolongada, oscilações e quedas de temperatura e umidade relativa, na maioria das vezes, abaixo de 60%, estiveram presentes nos momentos em que houve aumento do número de casos de internação” (SOUZA; NETO, 2008, p. 83).

Já no trabalho “O estudo da influência do Ritmo Climático no agravamento de doenças circulatórias em Ituiutaba – MG”, realizado por Severino e Costa (2016), além da análise do ritmo climático, a adoção da técnica é realizada com o intuito de identificar a correspondência entre os aspectos climáticos da cidade em análise e a quantidade de casos das doenças. No estudo, foi possível observar que o que

terminava o aumento dos casos era a variação brusca em valores dos elementos climáticos, particularmente no que se refere à temperatura e umidade relativa do ar, ou seja, o fator de influência no caso não eram os valores em si, mas sim sua grande amplitude, principalmente quando a ocorrência se dava no período de 2 (dois) dias.

A Análise Rítmica tem sua aplicação constatada nestes casos tendo em vista que a análise dos dados realizada isoladamente pode não ser a conclusão completa para a identificação da relação, mas sim pode ser feita atrelada ao uso do recurso de visualização, por meio das oscilações nos gráficos produtos, ou seja, a observação do ritmo.

O produto da Análise Rítmica consiste em gráficos[1] de barras e linhas que representam os valores obtidos nas observações locais dos elementos climáticos escolhidos e os sistemas atmosféricos identificados por meio da análise qualitativa das cartas sinóticas e imagens de satélite. Importante reforçar que estes dados serão apresentados por dia, logo será formada uma base de dados gráficos bastante considerável, em quesitos de volume numérico e de conteúdo produzido. Para tanto, cabe salientar que a visualização dos gráficos da AR em documentos padrão não é totalmente otimizada.

Como mencionado anteriormente, todos os dados de ambas as variáveis foram compilados em tabelas subdivididas apenas pelos anos. Utilizando o recurso disponibilizado pelo próprio meio de armazenamento de dados em nuvem, foram criados os gráficos individualmente, por elemento climático e pelo número de casos de Covid-19 segmentados por ano, totalizando seis gráficos por ano de análise. Devido à numerosa quantidade de dados a ser apresentado, sabendo da decomposição cronológica ao nível diário, foi necessário escolher uma ferramenta de que suportasse a visualização no formato .svg (Gráfico Vetorial Escalonável), visando manter o máximo de qualidade possível na visualização. Foram utilizadas as ferramentas de *design*, editor gráfico de vetor e prototipagem Canva e Figma, que possuem versões gratuitas e abertas.

A avaliação desses produtos gráficos é feita por meio da leitura da interconexão entre os atributos climáticos e os epidemiológicos, como, por exemplo,

[1] Os gráficos com melhor resolução podem ser solicitados pelo *e-mail:* rebecca.geografa@gmail.com.

quais os sistemas operantes e qual estado atmosférico atuante na cidade no período de picos e quedas significativa no número de casos de Covid-19/Sars-CoV-2 confirmados; verificar os padrões que as curvas epidemiológicas podem assumir conforme os tipos climáticos vão sucedendo-se; identificar a relação existente entre o ritmo climático da cidade e as oscilações do quadro e avaliações similares que podem ser vistas com a representação visual dos itens trabalhados.

Com a análise realizada em uma escala de tempo precisa e com o padrão operacional da Análise Rítmica, é possível observar variações mais precisas dentro do contexto epidemiológico em que essa observação se faz. Com a avaliação diária tanto dos casos de Covid-19/Sars-CoV-2 quanto dos dados climáticos qualitativos e quantitativos é possível avaliar as oscilações nos padrões, assim como a qual tempo e em qual ponto dentro da avaliação baseada nos tipos de tempo identificados, estes se fazem presentes.

3.3 Aplicações de correlações estatísticas

Dentro dos estudos de climatologia, sobretudo os que se aproximam de temáticas que, de modo geral, não são inerentes ao cerne da Ciência Geográfica, como, por exemplo, os de saúde e doenças, apresenta-se de forma bem consistente a integração entre estes com os preceitos e teorias da área estatística.

São exemplos desses estudos as questões voltadas para verificação de correlações entre o panorama climático de determinada área de estudo com a incidência de picos de doenças endêmicas ou até mesmo, no contexto mais recente, doenças epidêmicas. Para tanto, são utilizados como recursos gráficos, tabelas, realização de correlações, dentre outros atributos típicos dos estudos estatísticos.

Um exemplo de pesquisa que utilizou os recursos da análise Estatística atrelado à temática climatológica foi a dissertação de Moura (2015), intitulada de “Transporte atmosférico de umidade para a Bacia do Paraná: análise da Climatologia, sazonalidade e variabilidade interanual via trajetórias de massas de ar” que utilizada do Coeficiente de Correlação de Spearman para determinar o nível de correlação entre o balanço hídrico atmosférico e diversas regiões sobre a Bacia do Paraná.

A realização das correlações visa estabelecer o grau de associação entre duas ou mais variáveis, a depender da proposta de análise. A associação pode ser

classificada em dois tipos: correlacional e experimental. Para o trabalho apresentado, a associação classifica-se como o primeiro tipo, que determina que as variáveis são observadas dentro do contexto natural, não são escolhidas, tendo em vista que não se seleciona a amostra, os valores a serem avaliados são atribuídos pelo meio, ou seja, os valores trabalhados estão no nível de população e não de amostra. (VIALI, [s.d.]).

Para a realização das correlações, os dados epidemiológicos serão associados a um elemento climático por vez, sabendo que a manifestação de um desses elementos, apesar de fazer parte de um todo, nem sempre está 100% vinculado com a atuação dos demais. A associação existe, contudo, é de suma importância realizar as correlações de forma individualizada. As constatações podem, naturalmente, apresentar resultados díspares quando se sabe da possibilidade de variação de intensidade das correlações.

3.3.1 A correlação de Spearman

Reunindo as características e necessidades dos atributos identificados anteriormente, a correlação a ser utilizada é a de Spearman, uma medida estatística não paramétrica que avalia a relação entre duas variáveis ordenadas ou entre variáveis que não seguem uma distribuição normal - como é o caso dos dados a serem analisados. Em contraste, a correlação de Pearson assume uma relação linear entre as variáveis e requer que estas sejam normalmente distribuídas (MONTGOMERY et al., 2012). A correlação utiliza as duas variáveis escolhidas, realizando operações matemáticas entre estas e sendo ele representado pela equação a seguir:

Figura 1: Fórmula da Correlação Spearman

$$\rho = 1 - \frac{6\sum_{i=1}^{n} {d_i}^2}{n(n^2-1)}$$

Fonte: World Press, 2013.

Em que:

d_i é a diferença entre os postos de cada par de observações;

n é o número de observações.

O coeficiente de correlação pode variar entre -1 e +1. A interpretação do resultado obtido com a realização da operação é a seguinte: um valor 0 a variação de uma variável não está associada à variação da outra; um valor entre 0 e +1 significa que existe correlação positiva, que significa dizer que, conforme a variável x cresce, a variável y também cresce, com relação diretamente proporcional; um valor entre -1 e 0 pode-se considerar que, ao passo que a variável x aumenta, a y diminui, sendo estas inversamente proporcionais; um valor de +1 representa uma correlação positiva perfeita, em que os aumentos de x correspondem perfeitamente aos aumentos de y. Um valor de -1 representa uma correlação negativa perfeita, em que os aumentos de x correspondem perfeitamente às diminuições de y.

Dentro da ampla variedade de resultados possíveis entre -1 e +1, foi estabelecida a utilização de classificações de intensidade de correlação em intervalos específicos, conforme apresentado no Quadro abaixo. É importante destacar que essa gradação dos valores e suas respectivas classificações não são um consenso entre todos os pesquisadores. No entanto, de maneira geral, a categorização tende a se alinhar a esses valores.

Quadro 2: Interpretação da Correlação de Spearman

Coeficiente de Spearman (ρ)	**Classificação da Correlação**
0	Ausência de correlação
0,01 a 0,19	Muito fraca
0,20 a 0,39	Fraca
0,40 a 0,69	Moderada
0,70 a 0,89	Forte
0,90 a 0,99	Muito forte
1	Correlação perfeita

Fonte: BABA; GOMES; COSTA (2014). Adaptado pela autora, 2024.

Visando determinar as correlações de maneira condizente com as possibilidades estatisticamente relevantes para o Quadro, inicialmente é necessário que alguns testes sejam realizados para assegurar a relevância das correlações obtidas durante o estudo. Com esta finalidade, calcula-se, inicialmente, o valor da correlação entre as duas variáveis para então determinar a relevância dos resultados que serão obtidos.

A princípio, para atestar a existência da correlação entre as variáveis, é necessário realizar o teste de hipóteses. O teste considera duas hipóteses, sendo "H_0" a Hipótese nula, ou seja, a hipótese que considera, dentro do contexto da pesquisa, que as variáveis x e y (casos de Covid-19/Sars-CoV-2 e o elemento climático estudado, respectivamente) não possuem correlação alguma, são independentes. E "H_1" a Hipótese alternativa, que considera que existe correlação entre as variáveis (BABA; GOMES; COSTA (2014).

Para avaliar a significância estatística do coeficiente de correlação de *Spearman*, podemos utilizar o *t-teste*. Este teste ajuda a determinar se a correlação observada entre duas variáveis é estatisticamente diferente de zero, ou seja, se há evidência de uma associação significativa entre as variáveis, e neste caso encontramos também o *p-valor* (ou *valor p*), ou seja, representa a probabilidade de observar uma correlação tão "extrema" quanto a calculada, assumindo que a hipótese nula é verdadeira. Para tal, é necessário assumir o nível de significância que o estudo terá, para este será assumido 5% de significância (ou 0,05).

Para a realização da estatística do teste do *p-valor* é necessário admitir duas variáveis por vez, assim sendo, para a determinação do resultado, os cálculos foram separados por elemento, ano e utilização ou não do *Lag Correlation* (LC)*,* no próximo tópico discorrido. Para sua determinação, bem como os níveis de correlação foi adotada o *Software* R (que será apresentada na Seção 3.3.3).

3.3.2 Utilização de Lag Correlation

Para a obtenção das correlações, além da análise do teor dos dados numéricos *per si,* também é de suma importância avaliar o contexto - extremamente singular, diga-se de passagem - em que estes estão inseridos. Uma das considerações a se fazer é sobre a própria dinâmica de transmissão, contaminação, instalação do vírus e início dos sintomas. O tempo em que estas fases podem

ocorrer é variável de organismo para organismo, contudo é possível, com base nas observações e estudos realizados no decorrer do período pandêmico e pós, estabelecer estimativas.

Uma das etapas de contaminação mais importantes para este trabalho, estatisticamente falando, é o período de incubação do vírus. Este consiste no intervalo entre a contaminação e o início da apresentação dos sintomas (ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE, 2010). No caso da Covid-19/Sars-CoV-2 a média de dias em que este período pode ser estimado é de 5 a 6 dias, contudo pode variar entre 0 e 14 dias (SAPS, 2020).

Esta estimativa é importante, pois a partir dela é possível verificar a interação entre o estado atmosférico e a sua possível reverberação no número de casos, cerne desse debate. Pode-se exemplificar, em mesmo sentido, que o número de casos de dengue não aumenta no mesmo dia em que ocorrem as chuvas. A título de completude da pesquisa os dados com correspondência dia a dia também serão utilizados, porém, destaca a utilização de LC.

A ferramenta supramencionada é amplamente utilizada em estudos estatísticos, que significa correlação defasada, quando uma das séries é analisada temporalmente defasadamente perante a outra variável (ASSIS; SOUSA; DIAS, 2019). No caso apresentado, a variável que sofrerá a defasagem é a epidemiológica, pois são estes os números em que se pressupõe que são afetados, posteriormente, pela forma como a dinâmica atmosférica se apresenta em determinado intervalo de tempo.

Tendo em conta o período de incubação do vírus Covid-19/Sars-CoV-2, optou-se por utilizar LC de 6 e 12 dias. Ou seja, ao passo que se avaliou o elemento climático do dia 01/01/2020, por exemplo, utilizou-se o dado epidemiológico de 07/01/2020, para o LC de 6 dias, e de 13/01/2020, para o LC de 12 dias. Além da utilização da correlação convencional, dia a dia, sem LC, como aludido.

3.3.3 Utilização do Software R

O uso de *softwares* permite que o processo de análise de dados seja desenvolvido, incluindo a realização dos testes e correlações mencionados. Alguns *softwares*, especialmente os estatísticos, possibilitam a execução desses testes de correlação, além de outros testes de hipóteses, estimativa de *p-valor* e demais

cálculos necessários. Exemplos incluem o *RStudio*, gerenciadores de bancos de dados que utilizam a linguagem *Python* e extensões em *softwares* de gerenciamento e manipulação de planilhas, como o *Excel*.

Para a pesquisa apresentada, o *software* escolhido foi o *RStudio*, amplamente utilizado e consolidado nas análises estatísticas. O R, como também é conhecido, é uma linguagem de programação e um ambiente para desenvolvimento de análises estatísticas e gráficos. Nele, é possível aplicar diversas técnicas em análises estatísticas. Sendo *Open Source*, o R é de domínio público. Neste estudo, o *software* foi utilizado para o cálculo dos coeficientes de correlação de *Spearman* e a realização de testes de hipóteses.

4. PANORAMAS EM FORTALEZA/CE: O CLIMA E PANDEMIA

O estabelecimento de uma avaliação dos níveis de uma relação e correlação entre duas variáveis aleatórias presume a compreensão a fundo dos aspectos que tangem a existência de ambos os fatores que serão analisados. O comportamento climático de Fortaleza/CE exprime muitas particularidades que podem afetar os mais diversos contextos de promoção de saúde e disseminação de doenças.

O cenário de propagação do novo coronavírus era completamente inédito, incorporando quase totalmente as interferências do meio no qual estava inserido, como políticas públicas adotadas, isolamento social empregados, além das possibilidades de sofrer interferências do ambiente em que se propaga.

4.1 Características e predominâncias climáticas em Fortaleza/CE

Ainda que a definição de “clima” tenha passado por sucessivas evoluções durante toda a história da ciência climatológica, esta sempre infere um espaço de tempo considerável para que sua determinação seja feita, baseada nos estudos que consideram algumas décadas. Os elementos que caracterizam o clima são parte dos aspectos avaliados para sua determinação.

De modo geral, cada localidade possui elementos que se destacam no quesito “influência” dentro do sistema, possuindo maior ênfase quando se trata da sazonalidade climática. Essa “predominância de influência” de alguns elementos, de modo geral, diz respeito a distância dos oceanos, atuação dos sistemas das maresias, posicionamento geográfico, sazonalidade climática, dentre outros que se conectam diretamente com a atuação dos sistemas de mesoescala, como, por exemplo, quais as massas de ar atuantes e os sistemas atmosféricos de maior expressão em dada região.

Todas essas condições supramencionadas compõem o perfil climático de uma cidade, sendo o caso de estudo, Fortaleza/CE. Independente dos estudos serem desenvolvidos, é sempre importante considerar e ponderar bem a escolhas dos elementos que comporão as análises. É um fato que os elementos não possuem atuações totalmente independentes, visto que são parte de um sistema, contudo, alguns podem desempenhar papéis mais significativos a depender da análise a ser feita, como mencionado.

Para tanto, faz-se de suma importância avaliar os elementos considerados e escolhidos para o desenvolvimento da pesquisa, levando em conta o teor do estudo e os objetivos da realização das relações e correlações a serem estabelecidas. Como mencionado em capítulo anterior, os elementos selecionados são: precipitação (mm), a temperatura (°C), o nível de radiação (kj/m2), a insolação (hs) e a velocidade dos ventos (m2/s). Compreender como cada um destes atua na formação do perfil da cidade e como sua distribuição ocorre, também serve como suporte para associá-los às oscilações nos números de casos constatados.

4.1.1 Os sistemas atmosféricos e a precipitação

Quanto a precipitação, a cidade de Fortaleza, devido sua posição geográfica, é contemplada por diversos tipos de sistemas atmosféricos. Dentre estes, podem ser citados os Distúrbio Ondulatórios de Leste (DOLs), que são “sistemas de escala sinótica que ocorrem na baixa Troposfera Tropical. Os DOLs que se formam na região do Oceano Atlântico Sul deslocam-se para oeste e se intensificam a medida que se aproxima da costa leste do Nordeste do Brasil (NEB)” (CHOU *apud* SILVA, 2011, p.1). Os DOLs são um sistema causador de chuvas, que atinge boa parte do NEB, incluindo a cidade de Fortaleza, que quando, afetada pelo DOL, recebe chuvas nos meses de junho e julho.

Além dos DOLs, outro sistema atuante na cidade é o Vórtice Ciclônico de Ar Superior (VCAS), que atuam principalmente na pré-estação chuvosa e se estendem até março, com maior intensidade nos meses de janeiro e fevereiro. As chuvas que ocorrem fora do período da chamada “quadra chuvosa”, que acontece de fevereiro a abril, são geralmente formadas em decorrência desses sistemas, abrindo também para a possibilidade de ocorrerem devido a outros sistemas sinóticos, com as Linhas de Instabilidade e aos Complexos Convectivos de Mesoescala (ZANELLA; MELLO, 2006).

Contudo, o sistema atmosférico que mais impacta no volume de chuvas no NEB e especificamente em Fortaleza, é a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), atuante no período da quadra chuvosa. Como o próprio nome diz, é um sistema que atua entre os trópicos e chegando a latitudes de -4º de latitude Sul (idem, ZANELLA; MELLO, 2006), quando atinge de forma expressiva Fortaleza.

A ZCIT atua nos Hemisférios Norte e Sul, em estações diferentes, a depender da sua predominância da localização no dado momento, logo, é um sistema que interfere em escala global, concordando, novamente, com Ferreira:

> Além da influência da ZCIT no tempo e no clima das áreas tropicais, ela também está envolvida na manutenção do balanço térmico global. Na escala planetária, a ZCIT está localizada no ramo ascendente da célula de Hadley, atuando no sentido de transferir calor e umidade dos níveis inferiores da atmosfera das regiões tropicais para os níveis superiores da troposfera e para as médias e altas latitudes (FERREIRA, [s/d]).

O regime pluviométrico em Fortaleza não é bem distribuído em todas as épocas e meses do ano. O volume de chuvas é concentrado na “quadra chuvosa” com precipitações mais dissipadas nos momentos precedentes e subsequentes. Contudo, a cidade possui alguns meses (os do segundo semestre do ano) em que os sistemas causadores de chuvas estão menos expressivos, devido a um importante sistema predominante no período: o anticiclone, conceituado por Ayoade (1988):

> Os anticiclones são grandes sistemas meteorológicos, geralmente maiores que as depressões, e caracterizados por uma região central de ventos leves e de subsidência. Não há movimento ascendente pronunciado, necessário à formação de nuvens. Por isso, eles não causam tempo com tempestades. (AYOADE, 1988, p.110)

Esses sistemas são formados por zonas de alta pressão, que realizam movimentos de subsidência do ar, dissipando e inibindo a formação de nuvens causadoras de chuvas no NEB, no segundo semestre do ano. Nesta região, o anticiclone que age é o Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS), que corresponde ao ramo descendente da célula de Hadley, tipicamente localizado em 15°-45° S e 45° W-15° (CARPENEDO; AMBROZZI, 2020).

Ante o exposto, considera-se que o regime pluviométrico que caracteriza a cidade de Fortaleza, possui distribuição irregular, com meses habitualmente marcantes de alto índice pluviométrico e de estiagem (Figura 2), sendo possível, para o estudo realizado, delimitar bem as associações que podem acontecer entre os índices desse elemento com as flutuações no número de casos.

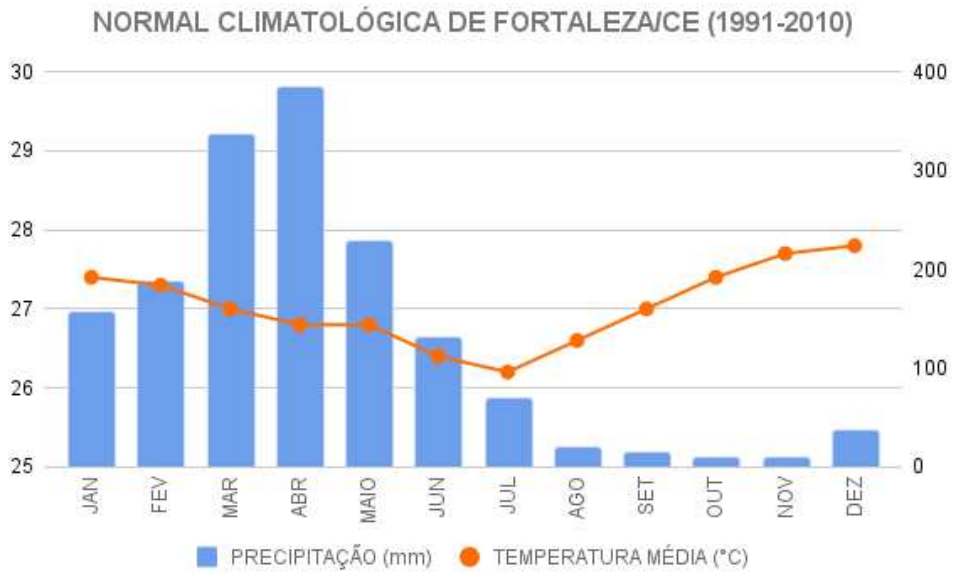
4.1.2 As temperaturas

Um fato essencial para compreender as dinâmicas das temperaturas em Fortaleza, sem dúvidas, é sua posição geográfica. Sua localização em uma latitude baixa (3° a 4° Sul), próximo ao Equador, representa o recebimento de insolação durante todo o ano, com elevadas temperaturas e baixa amplitude térmica, porém “Fortaleza se encontra próximo ao oceano, sofrendo influência marítima e, consequentemente, temperaturas mais amenas do que outras regiões do interior do Estado” (MAGALHÃES, 2015).

> A média anual de temperatura máxima corresponde a 30,5°C, com os meses de junho e julho conservam as normais mensais mais reduzidas da série histórica investigada, ambos registrando 30,1°C, enquanto em novembro e dezembro identificam-se as normais mensais mais elevadas, ambos marcando 31,1°C. Já a temperatura média possui um valor anual de 26,9°C com extremos mínimos de 26,3°C e 26,2°C em junho e julho respectivamente, extremos máximos em novembro (27,6°C) e dezembro (27,7°C). A média anual de temperatura mínima para a cidade é de 23,7°C e seus extremos são de 22,8°C em julho e agosto, e 24,6 e 24,7°C em novembro e dezembro. (MAGALHÃES, 2015. p. 112).

Ainda que, comprovado pelo trecho acima, o cenário seja de estabilidade nas temperaturas durante todo ano, sem significativas oscilações, este é um elemento que influencia de forma intensa o panorama do clima de Fortaleza, logo, possuindo grande importância na realização das análises.

Figura 2: Climograma da Normal Climatológica de Fortaleza/CE



Fonte: INMET. Elaborado pela autora, 2024.

4.1.3 O nível de radiação

Todos os elementos e sistemas que exercem atividades sob uma determinada localidade são influenciados pela sua posição geográfica e em específico, sua latitude. Contudo, a radiação é um elemento totalmente condicionado por esta. A determinação dos seus níveis é baseadas em três fatores: período do ano, período do dia e latitude. Esta afirmação e a dos próximos três parágrafos deste tópico estão em concordância com Ayoade (1988).

A influência do nível de radiação pela época do ano acontece pelo fato de que, a depender de qual o período está sendo analisado, a Terra está mais ou menos próxima do Sol, considerando sua órbita, interferindo diretamente na quantidade de radiação recebida. Logo, independente da região de estudo, as alterações já poderão ser, naturalmente, um fator de atenção nas análises de correlação.

Contudo, também deve ser considerada a altitude do Sol, que possui relação de proporção inversa com a latitude, ou seja, quanto menor a latitude, maior a altitude (que, por consequência, também é influenciada pela época do ano e pelo período do dia) e mais concentrado o nível de radiação, esta definição é exatamente o caso da cidade de Fortaleza.

Já referente a duração do dia, é avaliada a duração do período de luz, que no caso da cidade de Fortaleza e de cidades de baixa latitude, possuem equivalência entre a quantidade de horas do dia e quantidade de horas da noite, distribuindo bem a quantidade de radiação recebida durante os dias do ano, sendo possível perceber com mais nitidez as mudanças (intensificação ou diminuição) dos níveis ocorridas durante o período.

Diante da compreensão feita sobre os fatores que influenciam os níveis de radiação em determinada região, é possível afirmar que, considerando os fatores supramencionados, Fortaleza recebe alto grau de radiação durante todo ano, mesmo com as interferências, inerentes ao quadro, acontecendo. Além de ter os dias do ano com quantidades muito similares de horas de sol, facilitando a avaliação dos seus números de forma mais homogênea e a compreensão mais fidedigna das correlações estimadas.

4.1.4 A insolação

A quantia de insolação recebida por determinada porção da superfície é condicionada aos mais diversos fatores e condições da atmosfera terrestre, que por sua vez está condicionada a diversos outros elementos climáticos, assim como composição da superfície terrestre (elevação e os aspectos que o compõem). Um dos cenários que mais influência nesse número é a quantidade de nuvens presentes, sendo responsáveis pela reflexão de grande parte da radiação recebida.

Logo, a porção de insolação recebida está associada aos mais diversos fatores que englobam o estado atmosférico e as condições de tempo de um determinado local. Além disso, sua forma de difusão é por meio do ar, vapor d'água e partículas da atmosfera e essa difusão pode acontecer para dentro ou para fora da atmosfera (AYOADE, 1988).

É possível afirmar que este elemento está condicionado ao estado de vários outros condicionantes, sendo totalmente particular a depender da época do ano, por exemplo. Em dias mais chuvosos, devido à cobertura de nuvens, a quantidade de insolação diminui, naturalmente, sendo um elemento mutável, e atua em conjunto com outros mais predominantes e independentes.

4.1.5 A velocidade dos ventos

A dinâmica de circulação dos ventos é de extrema complexidade, tendo em vista que envolve sistemas que se desenvolvem em escalas diversas, desde a circulação geral (primária) até as variações mais locais (secundárias).

Como componente da circulação primária, são os ventos alísios os grandes responsáveis pelos ventos em cidades de baixas latitudes, como Fortaleza, próximas ao Equador. No caso do Hemisfério Sul, os alísios de sudeste, que fazem parte da circulação da Célula de Hadley, sendo formado por sistema de baixa pressão. Os alísios de sudeste estão diretamente conectados com a intensificação do ASA, com destaque para o segundo semestre do ano.

Já com a circulação secundárias, devido Fortaleza estar em uma região costeira, é afetada pelas brisas marinhas e terrestre, que são sistemas de alívio de pressão térmica que ocorre tanto no sentido oceano-continente pela manhã (brisa marinha), quanto no sentido continente-oceano pela noite (brisa terrestre). Este

sistema é influenciado pela dinâmica de aquecimento e resfriamento do continente e do oceano, realizando os movimentos de alívio de pressão durante todo o dia (YNOUE, S/A). Apesar de os sistemas secundários não possuírem uma intensidade comparável à dinâmica estabelecida pelos sistemas de circulação geral, estes são importantes como intensificadores na velocidade dos ventos alcançadas em toda cidade.

A compreensão do funcionamento e particularidades do perfil climático da cidade de Fortaleza/CE é fundamental para o desenvolvimento de uma análise que considera as flutuações e as dinâmicas climáticas na realização do processo de associação entre as variáveis a serem trabalhadas. Compreendendo as singularidades presentes na cidade se torna, obviamente, mais eficaz e embasado o processo de considerar elementos que possam possuir relações mais estreitas com o número de casos de Covid-19/Sars-CoV-2, bem como seus momentos de pico, platô, queda, entrada e saída de variantes.

4.2. Cenário Epidemiológico

A pandemia da Covid-19/Sars-CoV-2 foi decretada em 11 de março de 2020 pela (OMS/WHO), contudo, os casos já eram conhecidos desde novembro de 2019, assim como o seu alto poder de disseminação e letalidade. Desta forma, a doença é caracterizada pela OMS/WHO:

> “[...] doença infecciosa causada pelo vírus SARS-CoV-2. Idosos e pessoas com condições médicas subjacentes, como doenças cardiovasculares, diabetes, doenças respiratórias crónicas ou cancro, têm maior probabilidade de desenvolver doenças graves. [...] Qualquer pessoa pode ficar doente com COVID-19 e ficar gravemente doente ou morrer em qualquer idade. O vírus pode se espalhar pela boca ou nariz de uma pessoa infectada em pequenas partículas líquidas quando ela tosse, espirra, fala, canta ou respira. [...] ficar em casa e isolar-se até se recuperar, caso não se sinta bem.” (OMS/WHO, [s/d]).

O desenrolar do episódio pandêmico no mundo, passou por fases diversas, conforme as áreas iam se tornando parte do radar de alerta. Lidar com uma situação atípica que envolvia tantas variáveis ao mesmo tempo, e decidir quais os próximos passos a serem adotados, sobretudo pelos países afetados logo no início, foi um dos pontos mais influentes no número de casos e, consequentemente (visto que ainda a vacina ainda era uma realidade distante), de mortes.

A distribuição espacial dos casos, por exemplo, não foi homogênea, tanto pela própria dinâmica epidemiológica quanto por dinâmicas sociais e ainda existindo a possibilidade de ter sofrido e ainda sofrer alterações devido aos aspectos ambientais e climáticos, seja direta ou indiretamente.

O cenário era de inseguranças e incertezas, especialmente no que se refere ao que mais atraiu a atenção dos pesquisadores inicialmente: a origem do vírus, considerando que essa informação possuía considerável relevância no mapeamento de medidas de contenção da difusão, no desenvolvimento de vacinas e na aferição do grau de conhecimento do vírus pela ciência. A partir daí, rapidamente começaram a surgir bibliografias em variados campos do conhecimento que serviram de base para a realização de análises geográficas de diversas naturezas, sendo ampliadas à medida que a disseminação da doença ocorria e a mecânica do vírus se estabelecia nos locais de estudo.

A principal hipótese, de diversas pesquisas realizadas no intuito de se debruçar sobre a temática, foi a de que a doença teve sua disseminação inicial no mercado úmido de frutos-do-mar de Huanan, em Wuhan, na China, tendo o morcego como reservatório do vírus e sendo transmitida ao ser humano diretamente por meio dos pangolins.

A tomada de decisão de adotar apenas algumas medidas de prevenção não era\ suficiente para suprimir o avanço da Covid-19/Sars-CoV-2 no território de um país ou cidade. Com isso, Werneck e Carvalho (2020), subdividiram a pandemia em quatro fases: contenção, mitigação, supressão e recuperação. Todas as fases intrinsecamente ligadas à intervenção dos governos, sendo necessário que estes desenvolvessem políticas ou aplicassem medidas para controlá-las.

Certamente, nem todos os países vivenciaram estas etapas como o esperado. E o que piorava a situação de países, considerados em muitos momentos o epicentro da pandemia, foram as desigualdades sociais. O Brasil foi um desses países, sendo o 5° em número de casos e o 3° em número de mortes. Esses números possuíram agravantes mais diversos, desde a fase de contenção e até mesmo nos períodos tidos como fases de decréscimo.

Um conjunto de fatores contribuiu para que a situação do Brasil fosse tornando-se cada vez mais alarmante conforme o passar das semanas, podem ser citados: a própria desigualdade social que se tornara ainda mais visível durante a pandemia, com falta de acesso à água para realizar a higienização básica das mãos

e corpo; negacionismo difundido pelo governo brasileiro vigente na época; negligência na aquisição de vacinas e testes; incentivos financeiros escassos aos cientistas; medidas contra isolamento, dentre outros fatores.

Apesar do contexto brasileiro problemático, os estados tiveram autonomia para determinar medidas para seu território. Esse tipo de política adotada confirma a distribuição espacial desigual que a pandemia assumiu. Com isso, por um lado, algumas medidas negativas puderam ser minimizadas ou acentuadas pelas governanças locais, bem como a adoção de medidas mitigadoras ou não. Em alguns períodos da pandemia, a cidade de Fortaleza/CE se destacou pelo seu número de casos constatados, nestes momentos as que medidas de isolamento foram intensificadas.

Como reflexo do contexto brasileiro, Fortaleza/CE possui uma visível desigualdade que pode ser, inicialmente, identificada pelo Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) dos bairros, que varia de 0,953, considerado como “muito alto”, no bairro Meireles e 0,119, classificado como “muito baixo”, no Conjunto Palmeiras, segundo dados Censo de 2010, disponibilizados por meio da Secretaria de Desenvolvimento Econômico (SDE), da Prefeitura Municipal de Fortaleza (PMF).

A quantidade de casos oscilou algumas vezes, alcançando a estabilidade (ou platô) quando as medidas de maiores restrições eram implementadas, contudo, a realidade das áreas mais vulneráveis da cidade era mais complexa. Os bairros mais adensados, como, por exemplo, Cristo Redentor e Pirambu (PLANO DIRETOR PARTICIPATIVO, 2023) não possuíam as mesmas condições de enfrentamento que outros bairros, vistos os fatores econômicos, que muitas vezes impossibilitava a população autônoma de exercer seu direito de resguardo sanitário; as residências com maior quantidade de moradores incluindo a quantidade (muitas vezes) maior de crianças e a própria precarização do sistema de saneamento básico.

Com o advento do início da vacinação, em 18 de janeiro de 2021, a quantidade de mortes, sobretudo, foi sendo estabilizada, porém, o de casos permaneceu em alta. Com a diminuição do nível de letalidade, tendo em vista que a vacina não evita a contaminação, mas sim, diminui os impactos dos sintomas mais graves.

Além disso, também é de suma importância destacar a entradas das variantes afetam diretamente no número de casos, sabendo que algumas destas possuía um poder ainda maior de transmissibilidade, como é o exemplo da Variante B.1.351

(BETA). O surgimento de novas variantes é ocasionado pela própria dinâmica viral, devido à transmissibilidade tão intensa e difusa por todo o Brasil.

> “o vírus sofreu diversas mutações. As mutações são eventos naturais da replicação viral, sendo muito mais frequentes em vírus de genoma RNA. A maior parte das mutações é neutra, ou seja, não fornece qualquer vantagem ou desvantagem para o vírus. Entretanto, um pequeno número de mutações pode conferir novas propriedades químicas às proteínas virais, resultando em mudanças na forma como o vírus se comporta nas infecções” (MICHELON, 2021).

O número de casos em Fortaleza/CE teve seus picos em maio de 2020, sendo primeiro dia do mês registrado com 1.691 casos confirmados; março e abril de 2021, o dia 01 de março registrado com 2.473 casos e janeiro de 2022, tendo o ápice de toda a pandemia, com 4.598 casos confirmados e um único dia. Depois disso, houve algumas altas, porém nada comparado aos picos registrados de 2020 a 2022 (CEVEPI, 2024).

Desde o dia o primeiro dia do ano de 2020 até o dia 13 de janeiro de 2024, foram registrados 390.981 casos de Covid-19/Sars-CoV-2 na cidade de Fortalza/CE. A OMS/WHO declarou em 05 de maio de 2023 o fim da Emergência de Saúde Pública de Importância Internacional (ESPII) referente à COVID-19. Esse fato não marca o fim da existência do vírus, tendo em vista as novas configurações que esse pode assumir, como, por exemplo, uma endemia. Contudo, é necessário que a análise seja feita em uma série histórica, ainda não sendo possível realizá-la neste momento, porém, a possibilidade não é descartada pelos especialistas (FIOCRUZ, 2021). Neste sentido, com a estabilização do cenário, torna-se ainda mais possível que as associações feitas estejam ainda mais correspondentes com um cenário possivelmente habitual.

Tendo em conta a temática, que se interliga diretamente com as mais diversas faces da Ciência Geográfica, muitas análises na área começam a confirmar a relação entre a pandemia e o desequilíbrio crescente da relação que as sociedades estabelecem com meio. Pesquisas estas que também levam em conta apontamentos de problemáticas sociais e econômicas, a relação estabelecida entre estes e os danos aos *habitats* naturais, muitas vezes devido ao contato direto com animais silvestres (como, por exemplo, com a alimentação). Como uma das reverberações dessa realidade, tem-se a emergência de doenças infecciosas, como demonstra a pesquisa de Jones *et al* (2008).

Além das biografias mais gerais que sustentam as teorias, no decorrer da pandemia diversas publicações também foram realizadas em escala local, sabendo que o contexto vivido por cada município ou estado e país era diferente (SILVA; VALVERDE, 2023; CRUZ, 2022).

A dinâmica rápida de disseminação da doença serviu para que tão rapidamente, também, pudessem ser avaliadas as condições díspares dessa distribuição desigual e esse fato certamente não ocorreu devido a apenas um aspecto, mas sim a um conjunto de características que compõem uma sociedade e o espaço produzido por ela, tendo em conta a própria dinâmica espacial, social, climatológica, econômica, ambiental e de vulnerabilidades em que a cidade de Fortaleza/CE e muitas outras estão inseridas.

Trabalhos como, por exemplo, de Dantas e Costa *et al* (2020) trazem um panorama referente aos quesitos de qualidade de vida dentro da cidade de Fortaleza, como configurações socioespaciais que influenciaram os índices de casos, sobretudo de morte nas periferias, levando em conta aspectos como acesso ao sistema de saúde, condições de moradia, dentre outros prismas que revelam as diversas faces da dispersão de uma doença infecciosa em uma grande cidade inserida dentro do contexto global.

5. ANÁLISE RÍTMICA: RESULTADOS E ANÁLISES

Diante das características apresentadas no tópico anterior referente aos sistemas atmosféricos mais representativos na cidade de Fortaleza/CE, bem como contemplando um dos objetivos da pesquisa, para a Análise Rítmica será adotada a avaliação baseada nos dois períodos climáticos mais marcantes na cidade: o período seco e o período chuvoso. A quadra chuvosa compreende de fevereiro a maio, período em que a ZCIT atua com bastante intensidade, elevando os índices pluviométricos. Já no segundo semestre do ano, existe a predominância da Massa Equatorial do Atlântico Sul (MeAS), podendo haver presença do ASAS, com seu sistema de alta pressão que inibe a formação das nuvens causadoras de chuva.

Em 2020 (gráfico 1), as maiores altas no número de caso aconteceram nos dois períodos distintos, sendo a primeira durante a atuação da ZCIT na cidade, quando a pandemia começou a se instaurar de fato na cidade. Durante este ano houve um platô na curva de contaminação entre agosto e setembro, período seco, quando se inicia novamente a subida nos registros. Neste ano a atuação do VCAS foi tímida, não registrando nenhuma chuva maior que 10 mm em sua temporada típica nos meses de novembro e dezembro. É importante destacar a entrada da variante P.2 no início de novembro, sendo responsável pelas altas durante o período seco.

O ano de 2021 (gráfico 2) foi bem representativo no que diz respeito ao regime chuvoso e o incremento no número de casos. O ano já inicia com a curva se acentuando, durante a atuação do VCAN. O acréscimo passa a ser intenso no número de caos a partir do mês de fevereiro e se estendendo até maio, durante a atuação da ZCIT. Em contrapartida, durante o período seco é quando se concentram os menores números de casos do ano, mantendo a baixa entre agosto e novembro, mesmo com a entrada da variante DELTA. No período seco não há registros de chuvas com grandes repercussões. No final do ano, o VCAN volta a atuar e os números voltam a apresentar acréscimo.

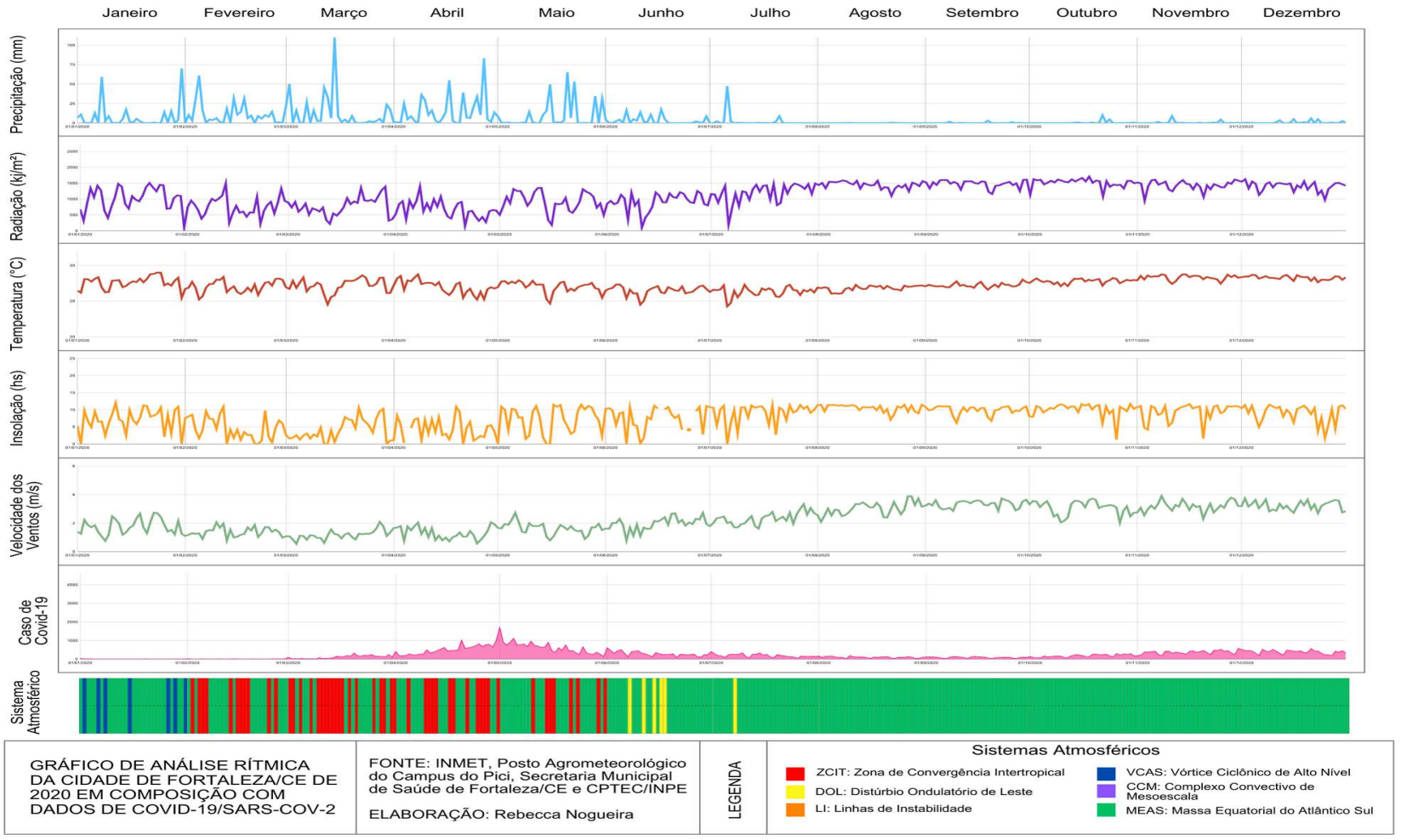
Acompanhando a curva que começa a encorpar-se no final do ano anterior, o início do ano de 2022 (gráfico 3) é marcante quanto a quantidade de registro no número de casos. Importante iniciar a análise destacando que o ano também foi marcado por alterações de restrição e flexibilização nas medidas de isolamento, o que também torna a curva do ano menos condizente com a atuação dos sistemas,

ao ter como referência os demais períodos analisados. A maior onda do ano ocorreu no mês de janeiro, com registro da atuação do VCAN. Em 5 de janeiro de 2022 fica instituído o Decreto Nº 34.541 (CEARÁ, 2022) que regulamenta e faz recomendações respeitantes ao período de Carnaval na cidade: reduz a capacidade máxima de pessoas em eventos em locais abertos e fechados, proíbe o ponto facultativo em órgãos públicos, recomenda o funcionamento das instituições de ensino e sugere o funcionamento do comércio, serviços e indústria. Todas essas medidas corroboram com a baixa brusca no número de casos nos meses seguintes. A estabilidade nos números perdura até o mês de junho, quando os DOLs estão em atuação significativa na cidade e quando os números passam a crescer. A terceira alta do ano ocorre no período seco, no mês de novembro, justificada pela entrada da subvariante BQ.1 na cidade.

No último ano da análise (gráfico 4) foi o momento em que o número de casos foi menos expressivo que os demais, existindo apenas dois momentos em que os números cresceram em comparação ao resto do ano. A primeira foi no mês de abril, com a atuação da ZCIT, na quadra chuvosa e o segundo aumento foi entre os meses de novembro e de dezembro, com o início da atuação do VCAN e também marcado pela entrada das subviariantes JN.1 e BA.2.86.1. A vacinação em massa da população, consolidada para este ano, também contribui com a baixa procura por testes, sabendo que os sintomas se apresentam de maneira mais leve e por muitas vezes são inexistentes para os vacinados.

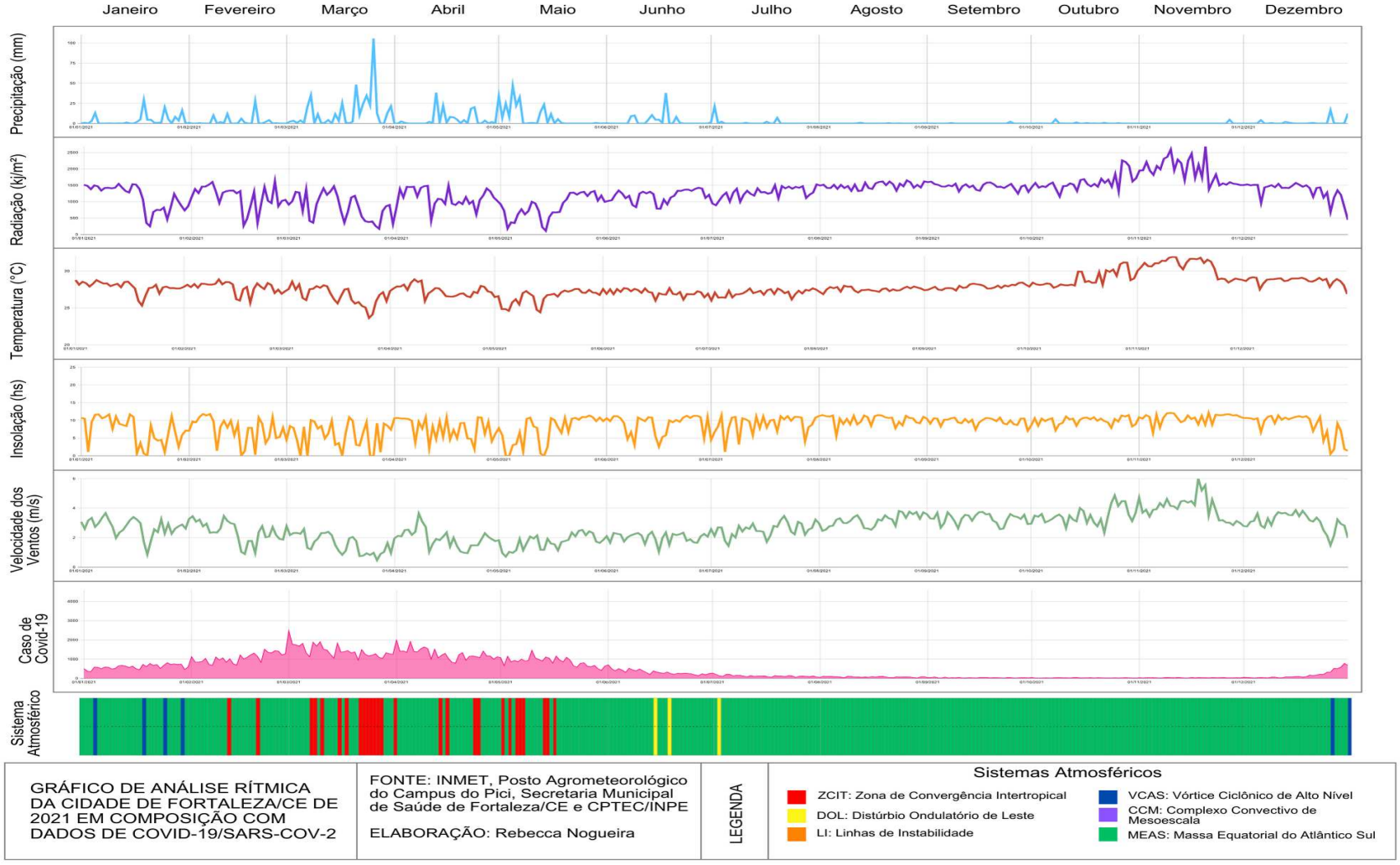
A utilização dos gráficos de Análise Rítmica auxiliaram a compreender, utilizando-se do recurso visual, as variações ocorridas entre os períodos seco e chuvoso em Fortaleza, permitindo a observar as flutuações no número de casos em face da dinâmica atmosférica analisada, traduzida por meio da identificação dos sistemas atmosféricos.

Gráfico 1: Análise Rítmica e casos de Covid-19/SARS-CoV-2 em Fortaleza/CE (2020)



Fonte: INMET, DENA, SMS e CPTEC/INPE

Gráfico 2: Análise Rítmica e casos de Covid-19/SARS-CoV-2 em Fortaleza/CE (2021)

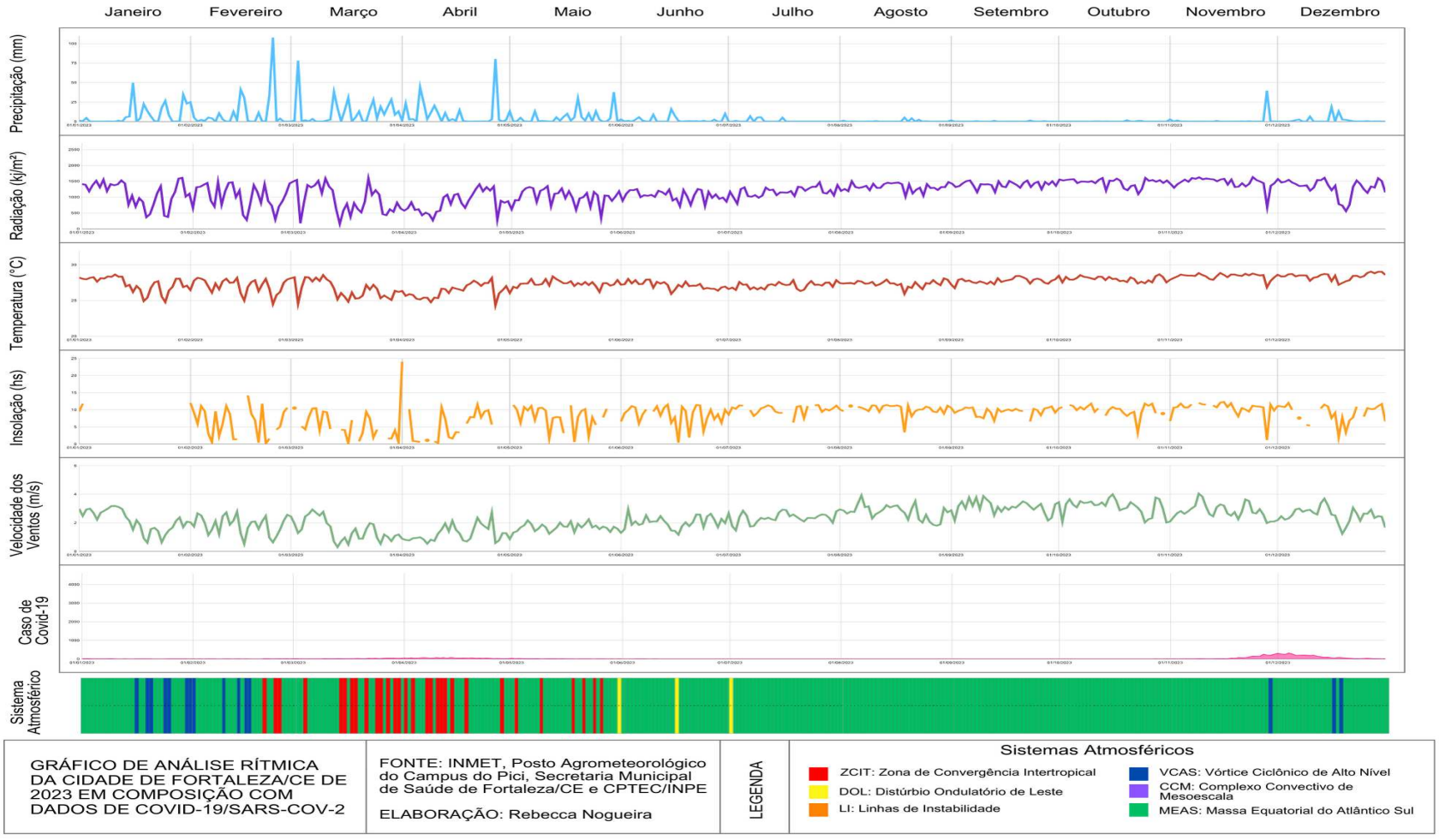


Fonte: INMET, DENA, SMS e CPTEC/INPE

Gráfico 3: Análise Rítmica e casos de Covid-19/SARS-CoV-2 em Fortaleza/CE (2022)

Fonte: INMET, DENA, SMS e CPTEC/INPE

Gráfico 4: Análise Rítmica e casos de Covid-19/SARS-CoV-2 em Fortaleza/CE (2023)



Fonte: INMET, DENA, SMS e CPTEC/INPE

6. CORRELAÇÕES DE SPEARMAN: RESULTADOS E ANÁLISES

Todos os gráficos e quadros a seguir tiveram base para sua elaboração, como aludido anteriormente, as seguintes fontes: INMET, Posto Agrometeorológico do Pici e CEVEPI (PMF) e foram adaptados pela autora. As datas representadas na parte horizontal dos gráficos dos tópicos 5.2 a 5.6 são as datas do registro do elemento climático, objetivando melhor visualização das variáveis.

6.1 Resultados das Correlações de Spearman e gráficos

Como mencionado na seção 4, as correlações serão realizados utilizando duas variáveis por vez, x e y, sendo x o elemento climático em análise e y o número de casos de Covid-19/Sars-CoV-2. A exposição dos resultados para este tópico será feita por conjunto anual, visando possibilitar a análise dos resultados obtidos, considerando os acontecimentos relevantes durante o período pandêmico e a própria dinâmica epidemiológica. É de suma importância tratar sobre a abundância de dados em formato de gráficos. Houve necessidade que estes fossem construídos por ano, elemento climático e análise estatística temporal. Isto se deve ao fato de que as unidades de medida dos elementos são díspares, logo, tornar-se-ia inadequada a possibilidade de trabalhar com a compilação dos gráficos. Além disso, a visualização destes, realizadas de forma desagregada, contribui e favorece a análise dos dados e das correlações.

6.1.1 Resultados para 2020

Como reforçado durante a pesquisa, o comportamento do número de casos no momento da instauração de uma pandemia, raramente possui padrão de desenvolvimento, tendo em vista que os métodos de prevenção e conhecimento da doença são incipientes, logo, o curso da pandemia, segue em sua dinâmica praticamente natural dada as condições encontradas, como as políticas adotadas, aglomerações, não utilização de máscaras de proteção.

O fato mencionado pode ser observado, máxime, no ano de 2020, período inicial da pandemia na cidade de Fortaleza, quando grande parte dos testes não rejeita a hipótese de ambas as variáveis não possuírem relação, bem como seus índices se mostraram baixos em todas as análises realizadas, ou seja, demonstra a

possibilidade de não existência de correlação entre o número de casos e os elementos climáticos trabalhados, como pode ser observado no Quadro 3:

Quadro 3: Resultado da Correlação de Spearman 2020

ANO DE 2020		
VARIÁVEL	RESULTADO DO P-VALOR	RESULTADO DA CORRELAÇÃO DE SPEARMAN
Sem *Lag Correlation*		
Precipitação (mm)	0,5351	0,0327
Radiação (kj/m2)	0,9814	-0,0012
Temperatura (°C)	0,0374	0,1095
Velocidade dos ventos (m/s)	0,1695	0,0724
Insolação (h/s)	0,1687	0,0725
Com *Lag Correlation* de 6 dias		
Precipitação (mm)	0,1923	0,0687
Radiação (kj/m2)	0,7811	- 0,0147
Temperatura (°C)	0,0016	0,1652
Velocidade dos ventos (m/s)	0,2866	0,0562
Insolação (h/s)	0,7828	0,0139
Com *Lag Correlation* de 12 dias		
Precipitação (mm)	0,0898	0,0898
Radiação (kj/m2)	0,6629	-0,0230
Temperatura (°C)	<0,0001	0,2236
Velocidade dos ventos (m/s)	0,3164	0,0528
Insolação (h/s)	0,5580	-0,311

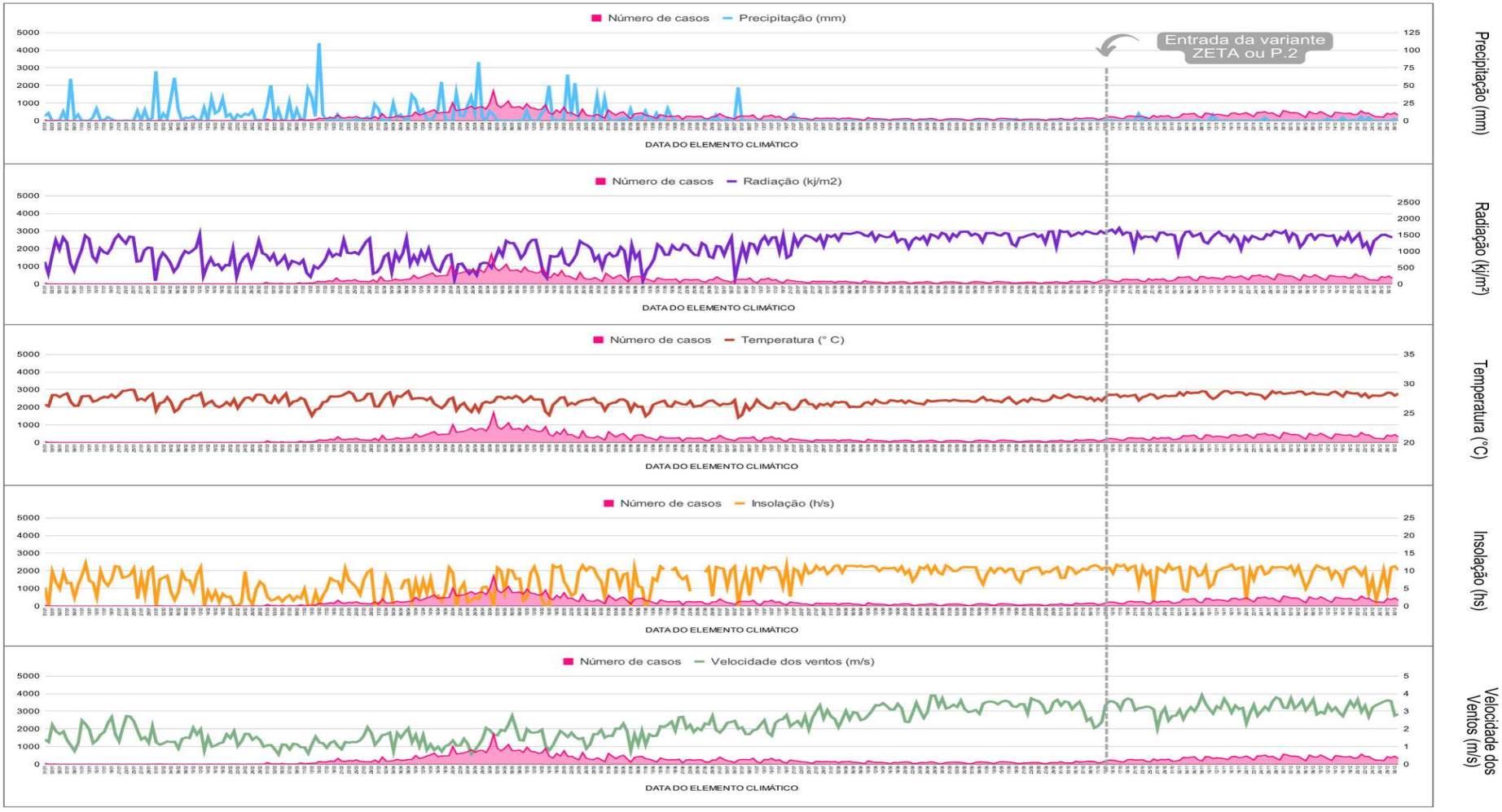
Fonte: INMET, DENA e SMS

O destaque observado para o ano é para a temperatura, que possui os p-valores aceitáveis em todas as análises. Observando a análise gráfica, é possível constatar que a primeira onda ocorreu no mês de abril, que corresponde a um dos meses em que ocorre o alívio de temperatura na cidade de Fortaleza, Concordando

com os resultados, ainda que baixos, da correlação, indicam a positividade da correlação, ou seja, quanto menor a temperatura, maior o número de casos.

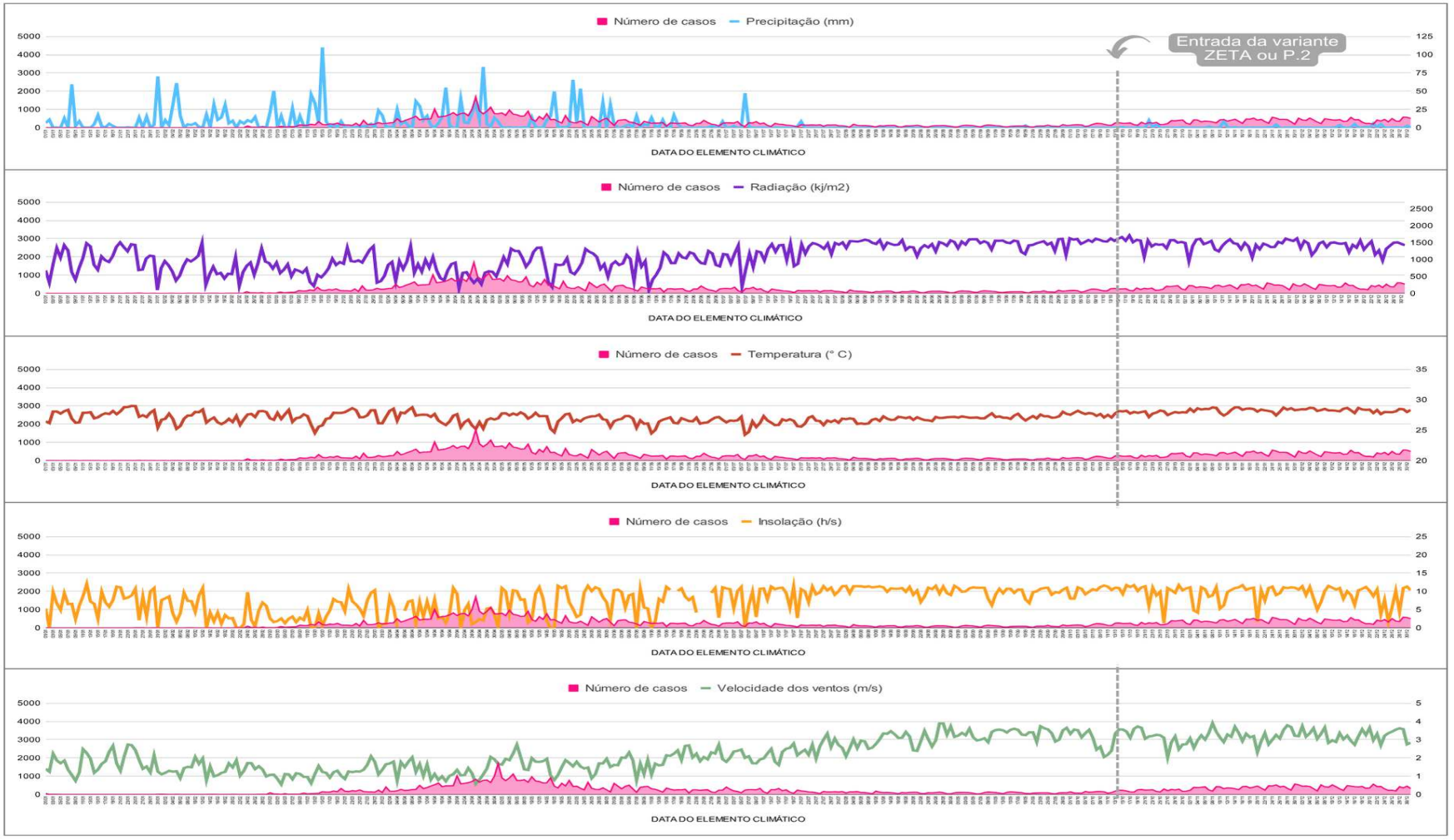
Logo após a primeira onda houve a estabilização no número de casos, que durou até o mês de outubro, quando houve a entrada da variante P.2 ou ZETA (MICHELON, 2021). Esta entrada é percebida pelos gráficos, que exibem o início de uma nova subida no mesmo mês. A análise mais satisfatória é com a utilização de LC de 12 dias, sendo reforçada com a visualização do gráfico 7, que exibe a subida no número de casos exatamente ao passo que a temperatura diminui.

Gráfico 5: Análise de 2020 sem a utilização de LC



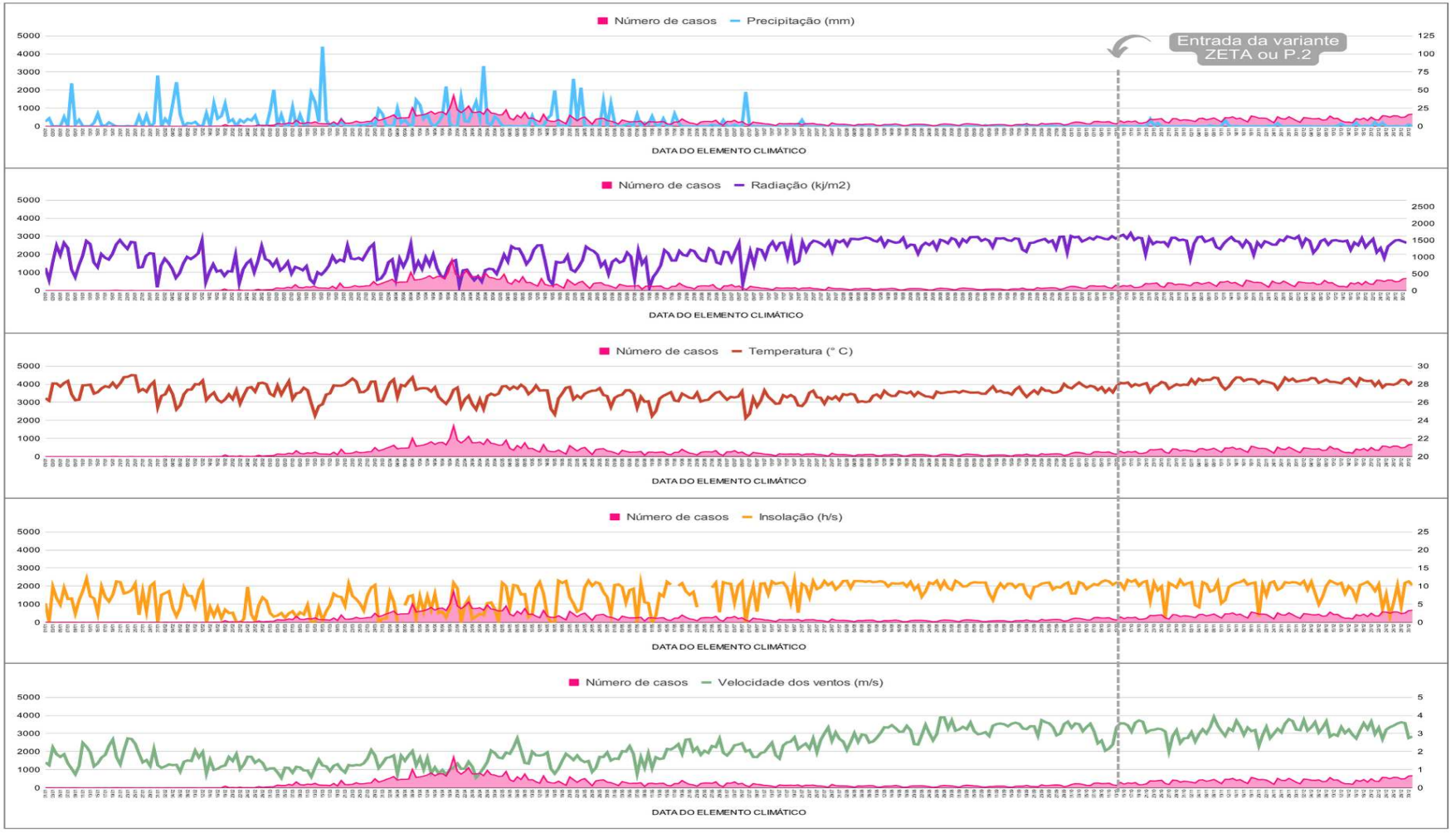
Fonte: INMET, DENA e SMS

Gráfico 6: Análise de 2020 com a utilização de LC de 6 dias



Fonte: INMET, DENA e SMS

Gráfico 7: Análise de 2020 com a utilização de LC de 12 dias



Fonte: DENA, INMET e SMS

6.1.2 Resultados para 2021

Para o ano de 2021 os resultados das correlações começam a se mostrar mais relevantes. Destaque para o resultado do p-valor, que em todas as análises feitas se mostra satisfatório, indicando que a relação entre as duas variáveis existe. Este foi o ano com correlações mais significativas, sobretudo com os dados que não utilizam LC.

Os elementos que se destacaram na análise para o ano de 2021 são a de velocidade dos ventos, variando entre -0,3318 e -0,7184, resultados extremamente significativos, indicando correlação negativa: quanto maior a velocidade dos ventos, menos casos de Covid-19 registrados. Outro elemento com resultados expressivos foi a radiação, que, com a não utilização do LC atingiu o valor de 0,6965, indicando correlação relevante entre o elemento e o número de casos, também determinando uma correlação negativa. Para a temperatura, sem LC, a correlação chega a -0,4883, também com relação inversa, reforçando os dados do ano de 2020.

Quadro 4: Resultado da Correlação de Spearman 2021

ANO DE 2021		
VARIÁVEL	RESULTADO DO P-VALOR	RESULTADO DA CORRELAÇÃO DE SPEARMAN
Sem *Lag Correlation*		
Precipitação (mm)	<0,0001	0,4862
Radiação (kj/m2)	<0,0001	- 0,6965
Temperatura (°C)	<0,0001	- 0,4883
Velocidade dos ventos (m/s)	<0,0001	- 0,7184
Insolação (h/s)	<0,0001	-0,4065
Com *Lag Correlation* de 6 dias		
Precipitação (mm)	<0,0001	0,2247
Radiação (kj/m2)	<0,0001	-0,3802
Temperatura (°C)	<0,0001	-0,3261
Velocidade dos ventos (m/s)	<0,0001	-0,4015
Insolação (h/s)	<0,0001	-0,1146
Com *Lag Correlation* de 12 dias		

Precipitação (mm)	<0,0001	0,2321
Radiação (kj/m2)	<0,0001	- 0,3775
Temperatura (°C)	<0,0001	- 0,2438
Velocidade dos ventos (m/s)	<0,0001	- 0,3318
Insolação (h/s)	<0,0001	- 0,1552

Fonte: INMET, DENA e SMS

O segundo ano epidêmico em Fortaleza foi marcado por alguns fatos que mudaram significativamente o rumo dos índices de contaminação em Fortaleza/CE. O primeiro dia do ano foi marcado pelo 10.000° (VIEIRA, 2022) registro de morte decorrido da infecção viral, estimativa alarmante para as autoridades, principalmente considerando, no mesmo mês, a entrada da variante B.1.1.28.1 ou GAMA (MICHELON, 2021).

O mês de janeiro também foi destacado pelo início da vacinação da cidade. Apesar da entrada da variante em janeiro, seu impacto foi sentido, com o acréscimo exponencial dos casos, em março do mesmo ano. Sabendo disso, é importante situar esse fenômeno à composição do estado climático neste período. A onda durou, aproximadamente, do final de fevereiro até o início de abril. Em Fortaleza, este período possui características muito singulares e marcantes.

A quadra chuvosa ocorre exatamente neste período (destaque para o gráfico 8), com índices pluviométricos mais altos, associando positivamente com o aumento de casos registrados. Além disso, com a presença maior de nebulosidade, em decorrência do estado atmosférico apresentado, o nível de insolação tem queda considerável. A radiação também é reduzida nesse período. Atentando para a chegada o equinócio de outono em 20 de março, deve ser considerada a alteração na quantidade de horas de radiação recebida na atmosfera, mesmo que não atinjam números tão díspares dos demais. A velocidade dos ventos também está em baixa, sabendo que o ASAS não está sendo o sistema predominante, em face da ocorrência da ZCIT no mesmo período.

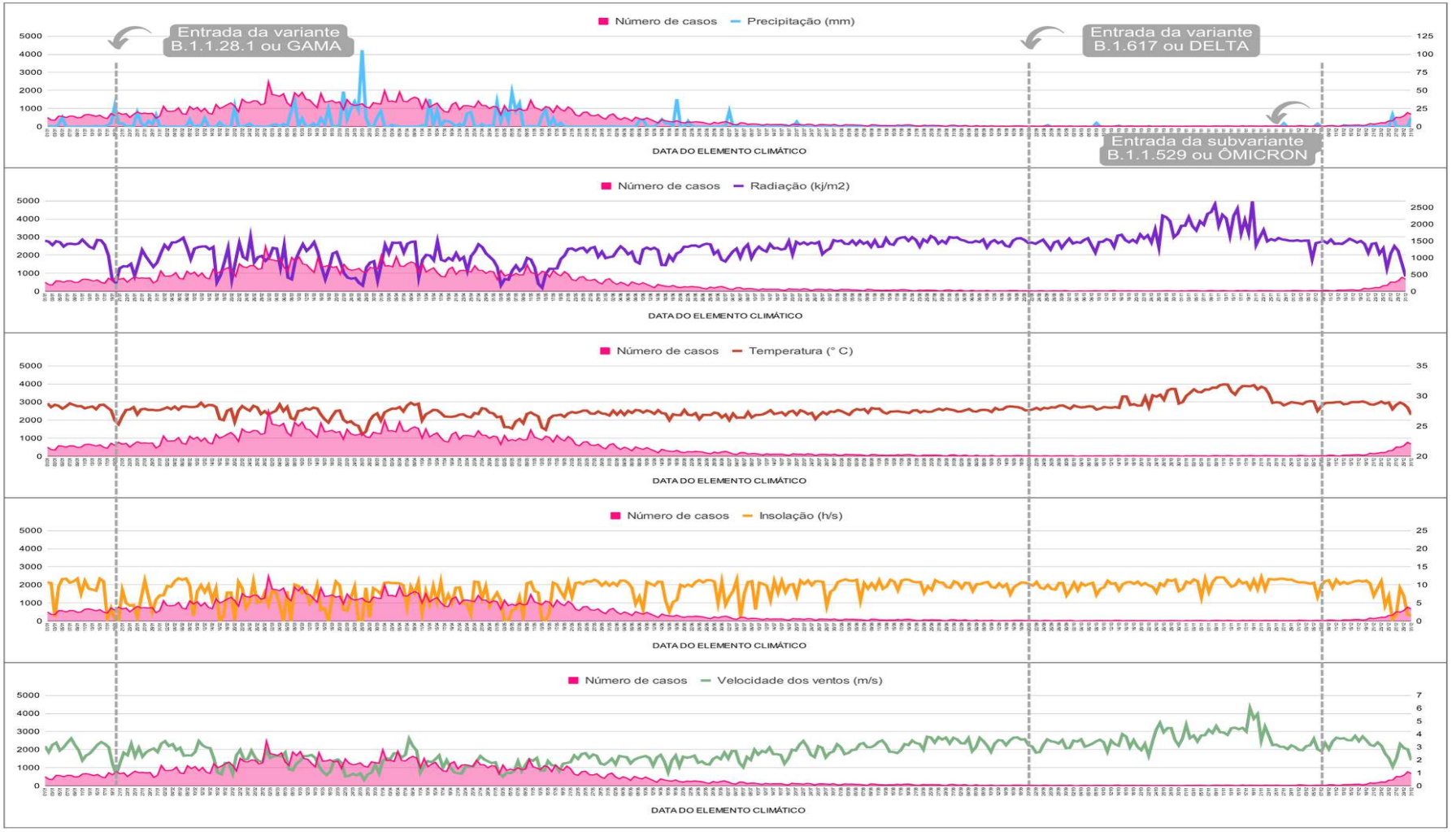
Estabelecendo este panorama, é viável atribuir total associação, tanto as proporcionalidades das correlações estabelecidas nos correlações, quanto seus índices, ao estado atmosférico em vigor no período de pico nos números de casos. Aquele pode ser descrito qualitativamente, possuindo relação intrínseca aos dados quantitativos obtidos.

Ainda no ano de 2021, houve a entrada da variante B.1.617 ou DELTA, em setembro. Apesar da preocupação pelo alto poder de transmissibilidade, a variante, surpreendentemente, não impactou significativamente no número de casos na cidade. Traçando dessa vez o paralelo oposto, o mês de setembro é caracterizado pelo aumento na velocidade dos ventos, com influência do ASAS (gráfico 8); a maior quantidade de radiação recebida; os menores níveis de precipitação, sabendo que os sistemas mais atuantes na cidade (ZCIT, DOLs e VCAS) estão concentrados nos outros meses; bem como o maior índice de insolação, por influência da baixa cobertura de nuvens na cidade. Mais uma vez, o cenário corresponde aos resultados das correlações.

Outro aumento no número de casos ocorreu dezembro. No mesmo mês houve a entrada da variante B.1.1.529 ou ÔMICRON, com alto poder de transmissibilidade. Esta variante impactou fortemente o número de casos diagnosticados em Fortaleza, justificada pelas suas características:

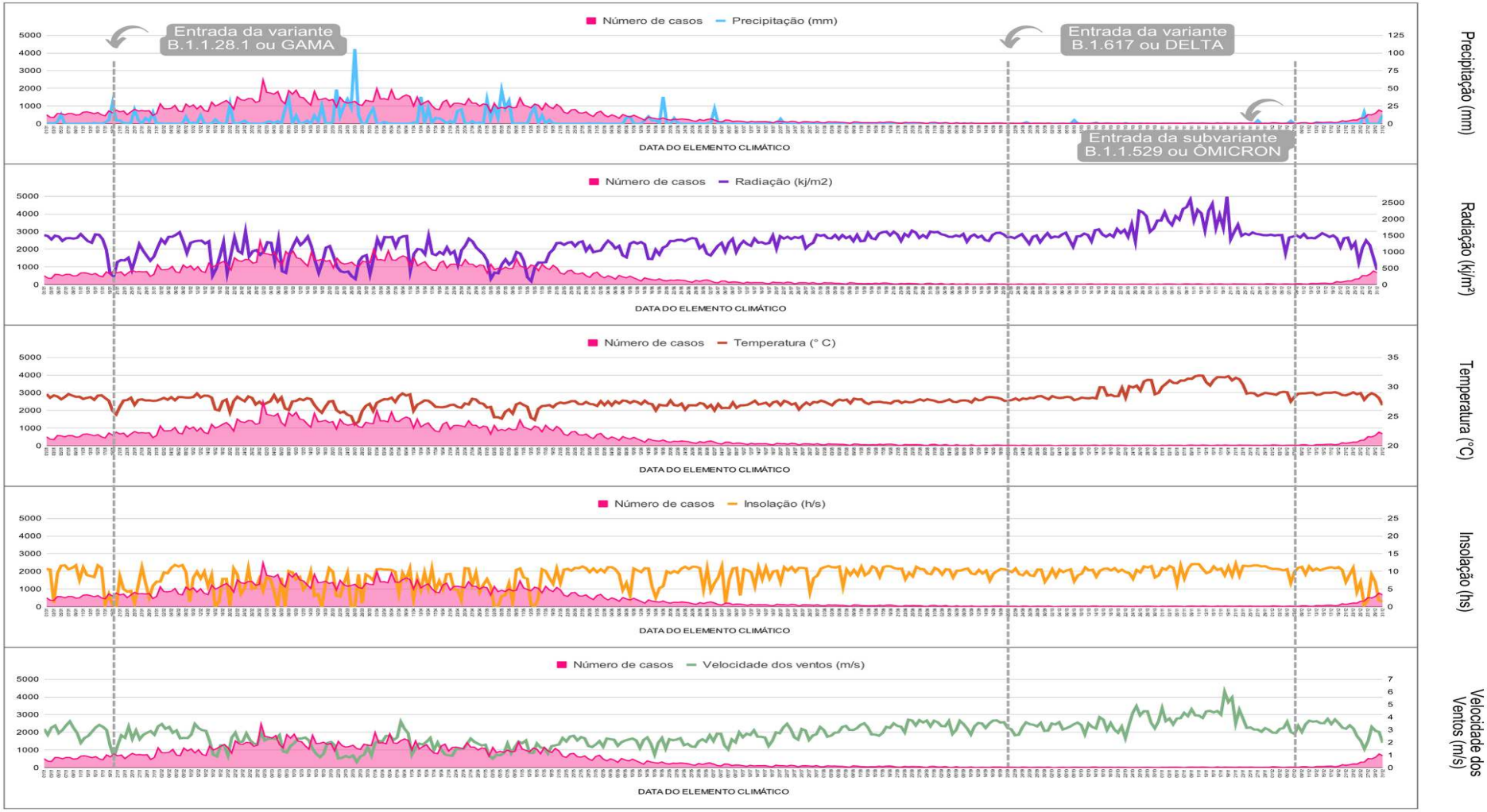
> “A ômicron possui mais de 30 mutações na proteína Spike, que tem o papel de levar o vírus do SARS-CoV-2 para dentro do organismo humano. Algumas dessas mutações estão associadas ao potencial de escape imune humoral e maior transmissibilidade. Além disso, ela infecta mais rapidamente os tecidos do trato respiratório superior em vez dos pulmões, o que também contribui para que se dissemine com mais facilidade” (BUTANTAN, 2022).

Gráfico 8: Análise de 2021 sem a utilização de LC



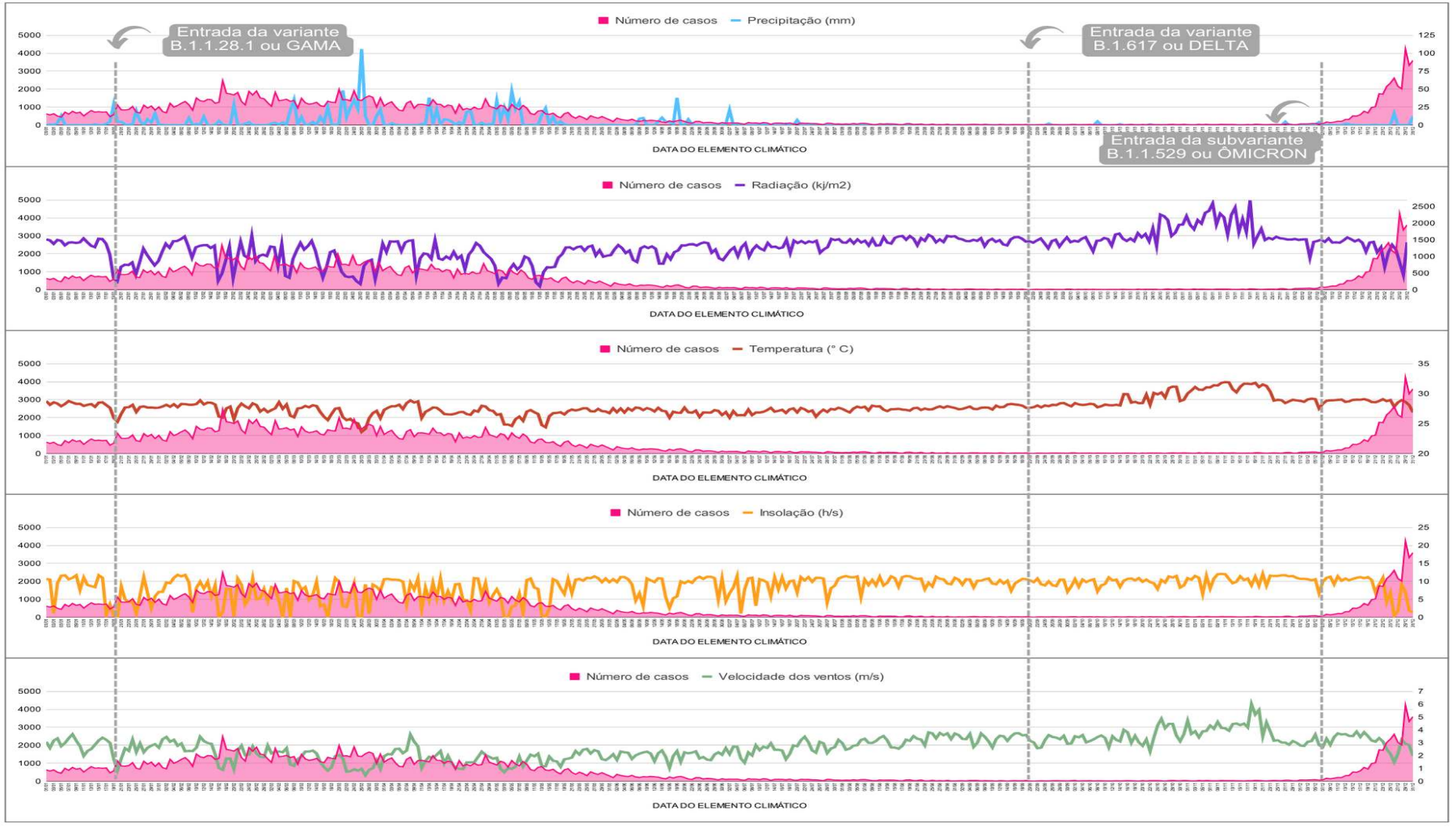
Fonte: DENA, INMET e SMS

Gráfico 9: Análise de 2021 com a utilização de LC de 6 dias



Fonte: DENA, INMET e SMS

Gráfico 10: Análise de 2021 com a utilização de LC de 12 dias



Fonte: INMET, DENA e SMS

6.1.3 Resultados para 2022

Para este ano é importante realizar algumas ponderações do cenário epidemiológico vigente e as mudanças observadas durante o terceiro e quarto anos pandêmicos. O início do ano de 2022 foi destaque pela maior onda de COVID-19 vivenciada em Fortaleza/CE. Foi neste momento que o número de casos chegou a quase 5.000 em um único dia. Esse pico perdurou de dezembro de 2021 até o final do mês de janeiro de 2022. Após isso, o número de casos tem uma queda brusca, que perdura até junho, quando ocorre o segundo pico do ano de 2022.

Neste meio tempo, ocorre no Ceará, a publicação do Decreto N° 34.693, de 14 de abril de 2022, que dispõe sobre a maior flexibilização das medidas de controle do vírus:

> "Art. 1° § 3º Além dos ambientes abertos, deixa também de ser obrigatório o uso de máscaras de proteção em ambientes fechados, à exceção do transporte coletivo, seus locais de acesso e dos equipamentos de saúde [...].
> Art. 2º É permitido o uso de espaços públicos e privados, inclusive 'areninhas', para a prática de atividade física e esportiva individual ou coletiva, desde que evitadas aglomerações [...]
> Art. 10. Os eventos esportivos, festivos, sociais e corporativos, públicos ou privados, abertos ou fechados, poderão ser realizados sem restrição quanto à ocupação, observada a capacidade máxima do ambiente" (CEARÁ, Decreto N° 34.693, 2022).

O decreto, neste sentido, pode ter exercido grande influência sobre o aumento bastante considerável no número de casos do mês de junho de 2022. O terceiro pico do ano de 2022 foi registrado no mês de novembro, desta vez devido à entrada da subvariante BQ.1, derivada da variante ÔMICRON, com características muito semelhantes, principalmente a alta taxa de transmissibilidade.

Quadro 5: Resultado da Correlação de Spearman 2022

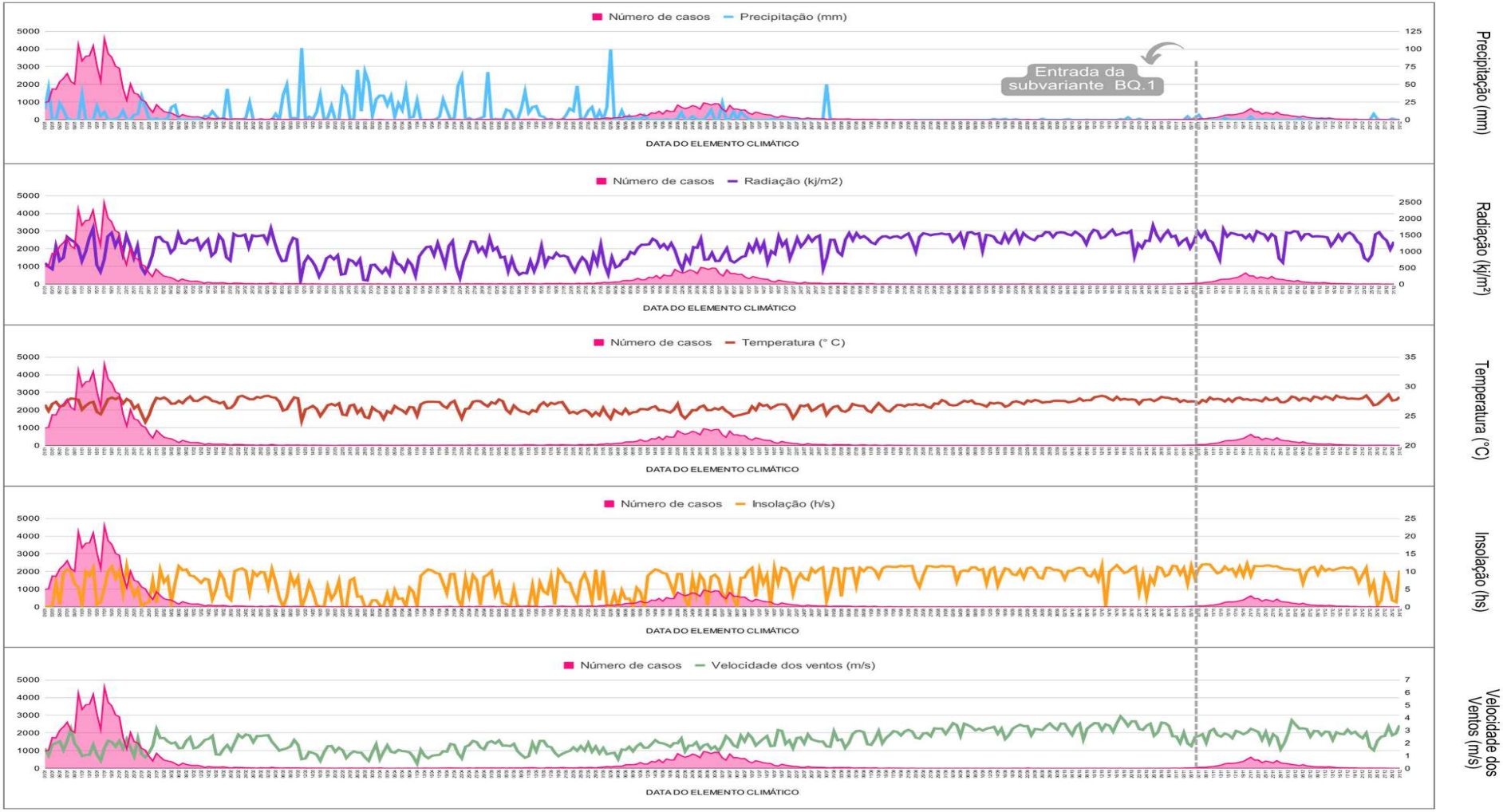
ANO DE 2022		
VARIÁVEL	RESULTADO DO P-VALOR	RESULTADO DA CORRELAÇÃO DE SPEARMAN
Sem *Lag Correlation*		
Precipitação (mm)	0,0068	0,1420
Radiação (kj/m2)	<0,0001	-0,2281
Temperatura (°C)	0,0090	-0,1371

Velocidade dos ventos (m/s)	<0,0001	-0,3481
Insolação (h/s)	0,0014	-0,1969
Com *Lag Correlation* de 6 dias		
Precipitação (mm)	0,0002	0,1921
Radiação (kj/m2)	<0,0001	-0,2743
Temperatura (°C)	0,0022	-0,1601
Velocidade dos ventos (m/s)	<0,0001	-0,3876
Insolação (h/s)	<0,0001	-0,2071
Com *Lag Correlation* de 12 dias		
Precipitação (mm)	<0,0001	0,2098
Radiação (kj/m2)	<0,0001	- 0,3224
Temperatura (°C)	0,0004	- 0,1861
Velocidade dos ventos (m/s)	<0,0001	- 0,4102
Insolação (h/s)	0,0014	- 0,2702

Fonte: INMET, DENA e SMS

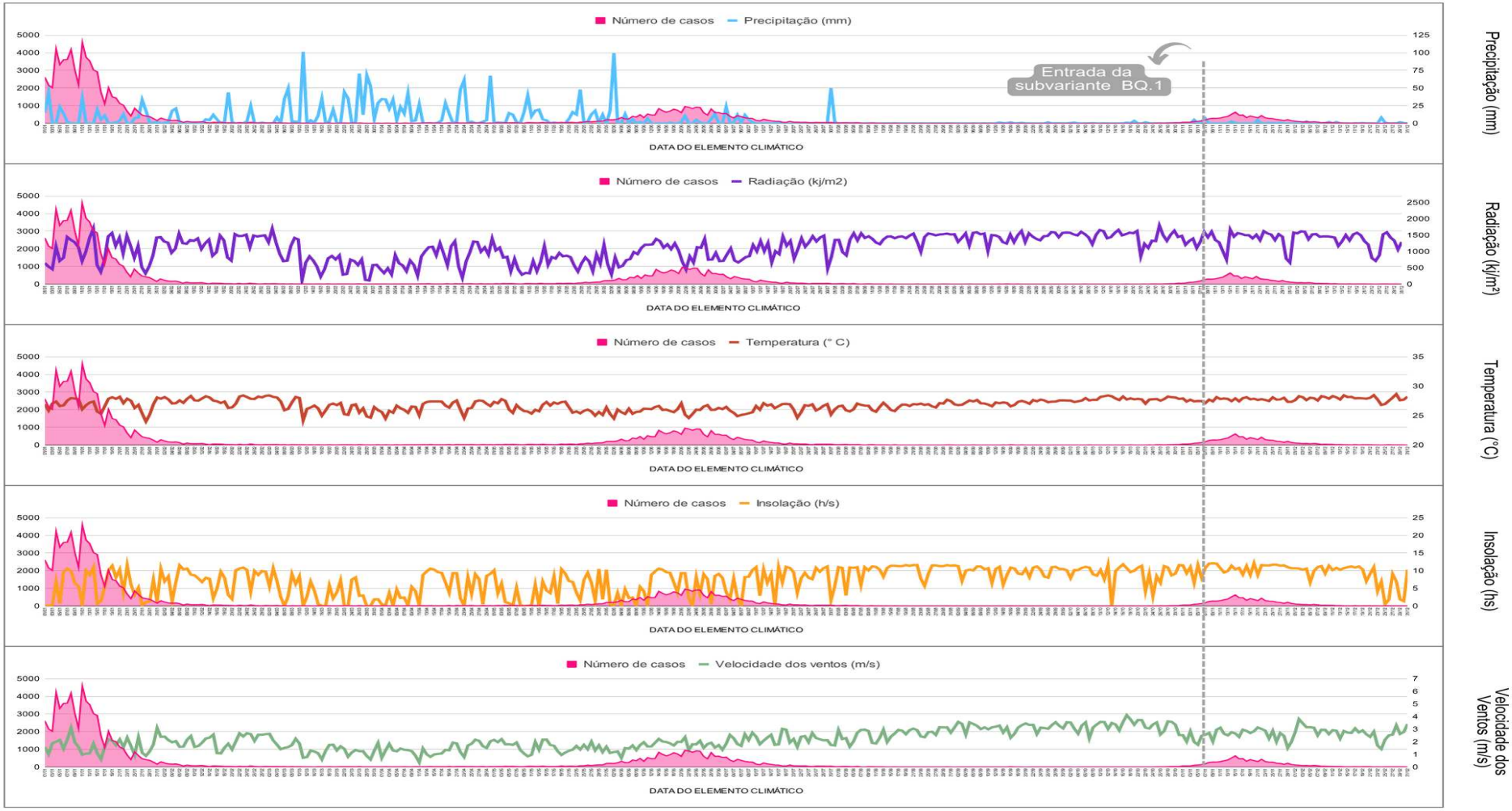
Para este período, a velocidade dos ventos se consolida como o elemento que, de forma constante, se apresenta com o nível de correlação mais alto em relação aos demais. Nesta análise, o LC de 12 teve um resultado mais significativo, dando enfoque também para os níveis de correlação com os casos e a radiação, sendo destacável o segundo semestre do ano (gráfico 13).

Gráfico 11: Análise de 2022 sem a utilização de LC



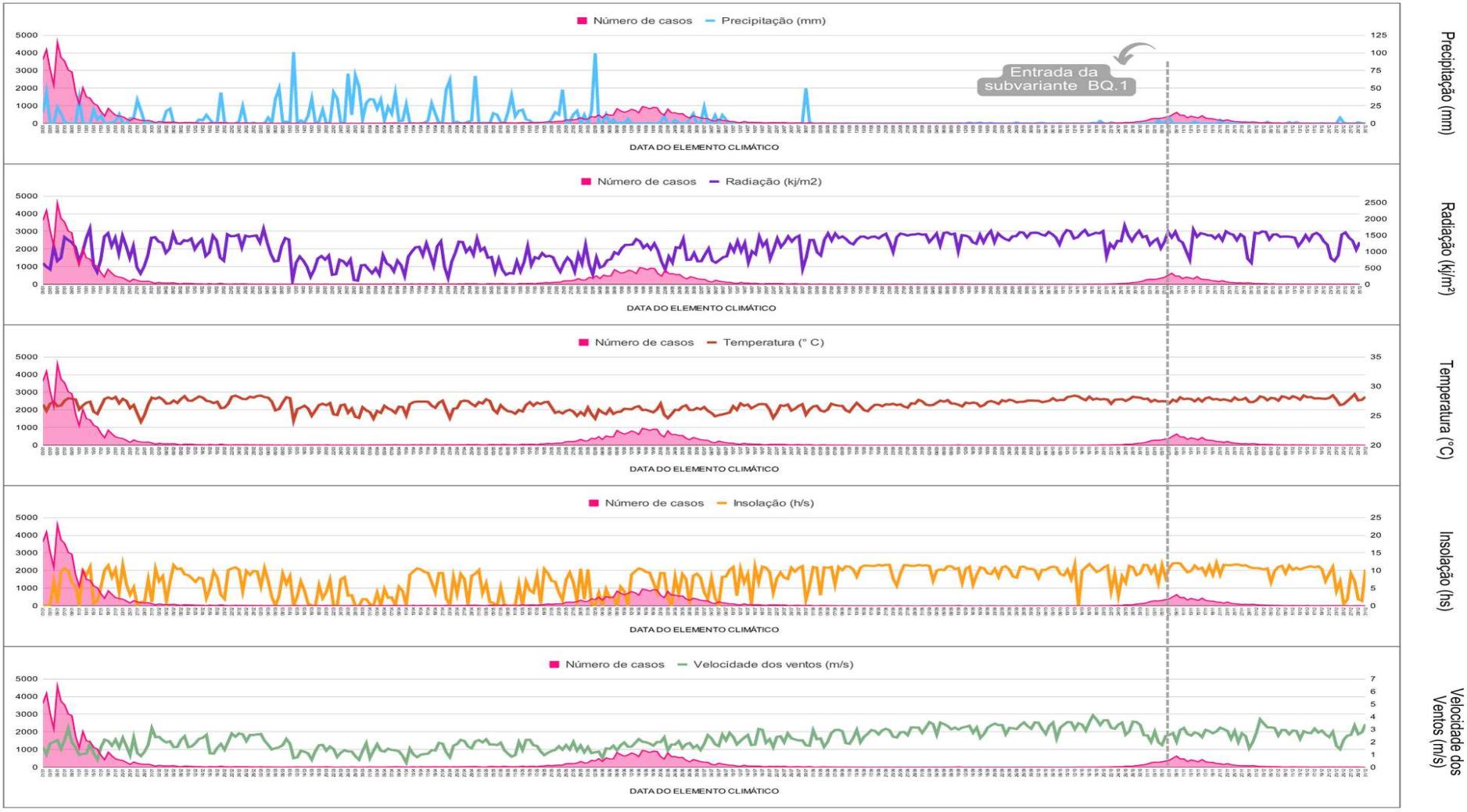
Fonte: INMET, DENA e SMS

Gráfico 12: Análise de 2022 com a utilização de LC de 6 dias



Fonte: INMET, DENA e SMS

Gráfico 13: Análise de 2022 com a utilização de LC de 12 dias



Fonte: INMET, DENA e SMS

6.1.4 Resultados para 2023

Já o ano de 2023 foi o ano com maior estabilidade dos baixos números de casos, porém teve duas altas: em março e em novembro. A alta no mês de março não é decorrente de nenhuma entrada de nova variante, o que leva a crer na possibilidade da interferência do cenário climatológico, suprarreferido, possuir, de fato, influência no aumento do número de casos em Fortaleza/CE.

No mês de novembro do mesmo ano, a Associação Médica Brasileira (AMB) se deu entrada da subvariante JN.1 e BA.2.86.1 (gráficos 14, 15 e 16):

> "[...] o surgimento de uma nova variante do vírus no país que tem causado aumento de casos da doença no Ceará, com predominância em Fortaleza. A variante BA.2.86.1 e suas sublinhagens já haviam sido identificadas em outros países, e seu primeiro caso no Brasil foi registrado pelo ministério em 17 de novembro, no Ceará. A maioria dos casos da sublinhagem da nova variante JN.1 está retida em Fortaleza, mas também foram identificadas infecções no interior do estado" (AMB, 2022).

Quadro 6: Resultado da Correlação de Spearman 2023

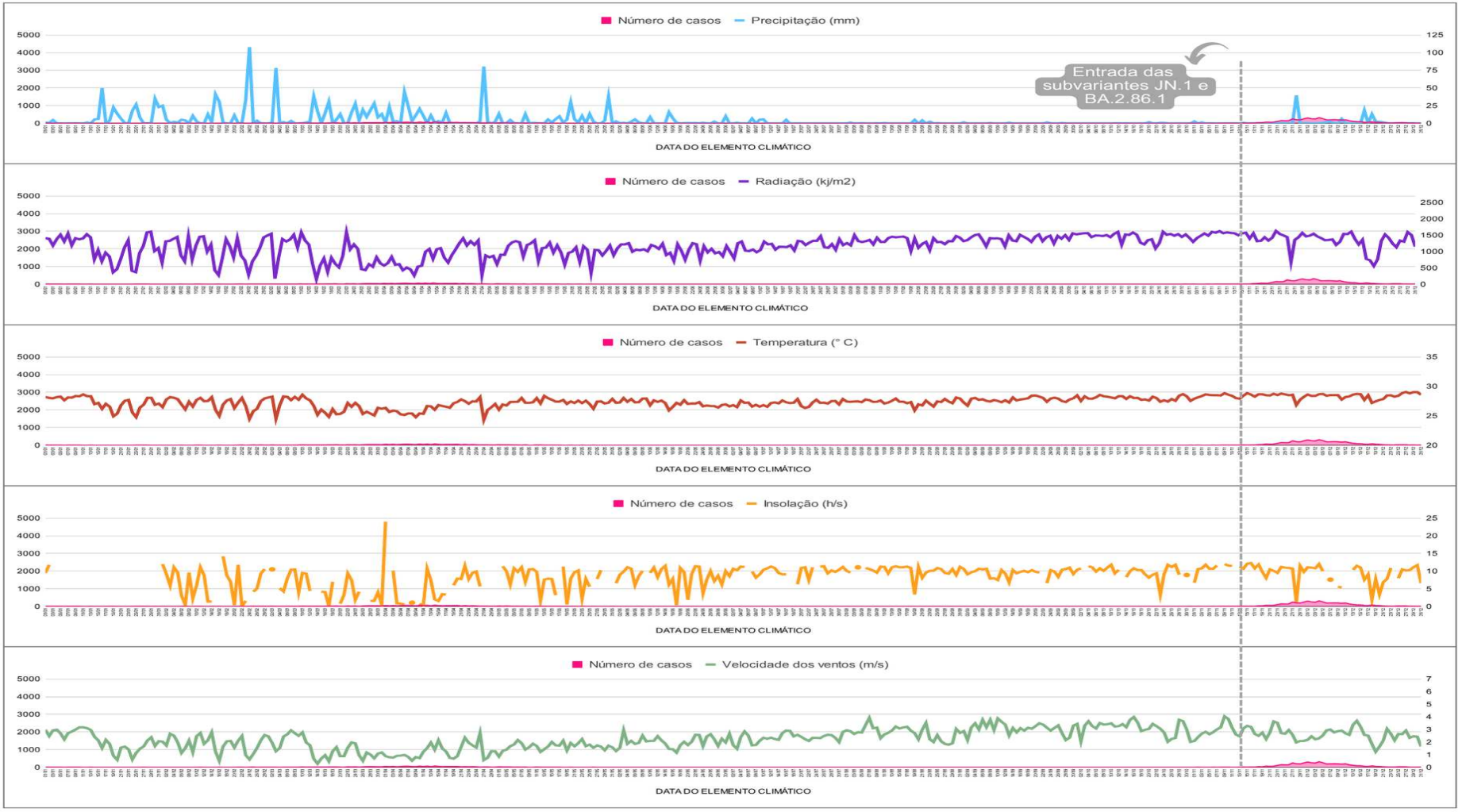
ANO DE 2023		
VARIÁVEL	RESULTADO DO P-VALOR	RESULTADO DA CORRELAÇÃO DE SPEARMAN
Sem *Lag Correlation*		
Precipitação (mm)	<0,0001	0,3017
Radiação (kj/m2)	0,0540	- 0,1129
Temperatura (°C)	0,0181	0,1383
Velocidade dos ventos (m/s)	<0,0001	- 0,3388
Insolação (h/s)	0,0002	- 0,2175
Com *Lag Correlation* de 6 dias		
Precipitação (mm)	<0,0001	0,2820
Radiação (kj/m2)	0,2509	-0,0673
Temperatura (°C)	0,0074	0,1562
Velocidade dos ventos (m/s)	<0,0001	-0,3109
Insolação (h/s)	0,0069	-0,1576
Com *Lag Correlation* de 12 dias		
Precipitação (mm)	<0,0001	0,2477

Radiação (kj/m2)	0,9584	0,0031
Temperatura (°C)	0,0009	0,1924
Velocidade dos ventos (m/s)	<0,0001	- 0,2575
Insolação (h/s)	0,0101	0,1501

Fonte: INMET, DENA e SMS

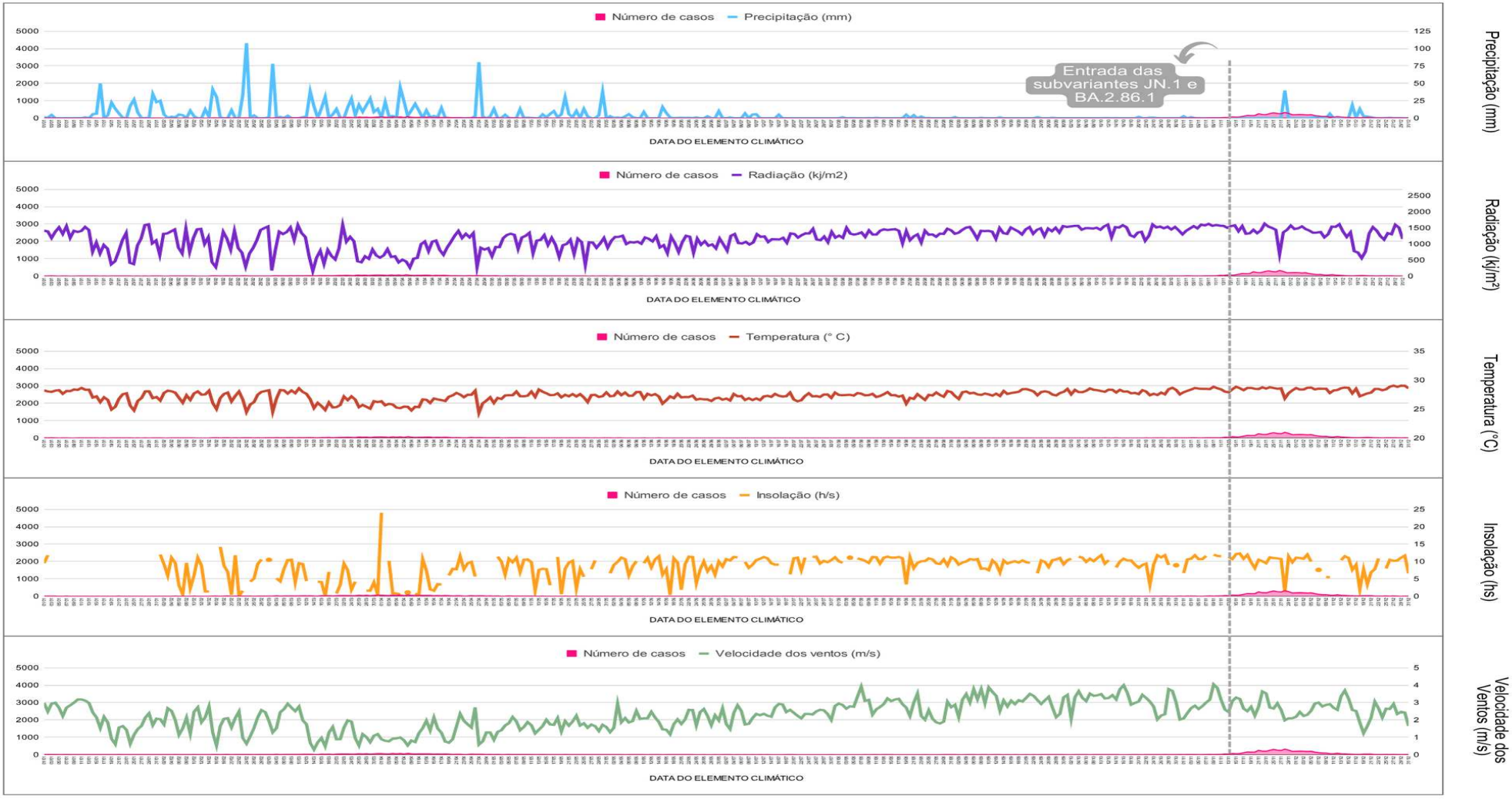
Para o ano de 2023, as correlações seguem o mesmo padrão dos demais anos, referente ao elemento climático de destaque.

Gráfico 14: Análise de 2023 sem a utilização de LC



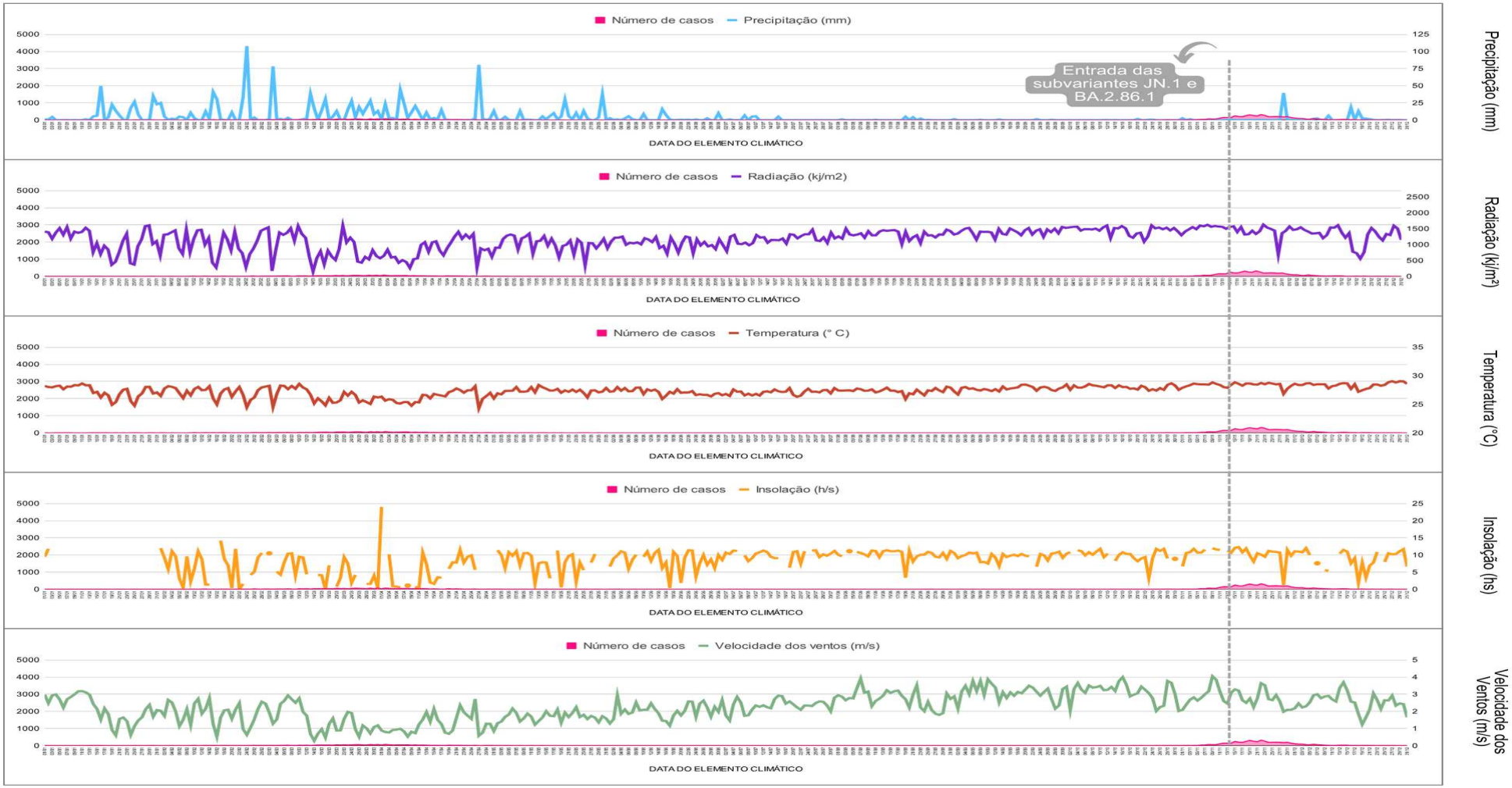
Fonte: INMET, DENA e SMS

Gráfico 15: Análise de 2023 com a utilização de LC de 6 dias



Fonte: IMET, DENA e SMS

Gráfico 16: Análise de 2023 com a utilização de LC de 12 dias



Fonte: INMET, DENA e SMS

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os quadros de disseminação de doenças infecciosas sempre estiveram presentes durante a história das sociedades, incluindo pandemias nos últimos séculos. Porém, o contexto em que estes acontecimentos estiveram inseridos era completamente distinto do arranjo em que a pandemia da Covid-19/ Sars-CoV-2 se instaurou. Trocas rápidas de informação, Ciência mais avançada, maior número de aglomerações no meio urbano, crise climática e ambiental, desigualdades profundas (principalmente nas metrópoles), “facilidade” de locomoção por grandes distâncias, fizeram com que a pandemia encontrasse um panorama em que múltiplas variáveis pudessem ser determinantes para a disseminação do quadro pandêmico.

Para coronavírus, inicialmente, não pôde ser atribuído um padrão, pois em escala detalhada se enquadrava de maneira díspar. Para desenvolver uma ideia conclusiva diante da leitura dos resultados obtidos, é importante que este aspecto seja reforçado: o estudo e a avaliação da existência de (co) relação entre os elementos climáticos e os casos de Covid-19/ Sars-CoV-2 não limita a existência e a disseminação de um vírus, com essas proporções, apenas aos aspectos climáticos. Como supracitado, uma situação completamente atípica, como uma pandemia, envolve diversos fatores, sendo muitos deles de grande importância para reflexões com a perspectiva geográfica.

Uma das variáveis mais importantes que deve ser considerada dentro de qualquer análise referente às doenças virais é a dinâmica evolutiva do próprio vírus e de sua transmissão. Inicialmente esta dinâmica e a realidade já estabelecida é o que se destaca a respeito da sua transmissibilidade e de seus números alcançados, tendo em vista que os meios de contenção e o volume e a qualidade de informações cientificamente comprovadas ainda não são suficientes para interferir de forma significativa nas suas oscilações.

Sabendo dessa dinâmica associativa aos mais diversos aspectos, a análise climatológica entra como um suporte, objetivando compreender os níveis de interação entre ambas variáveis, servindo como subsídio e como componente a ser integrado às demais análises, como as demográficas, biológicas e sociais.

Destaca-se também que a pesquisa desenvolvida se deu em um contexto local, a dinâmica do contexto nacional e global aconteceram gerando mudanças que também tiveram reverberações no número de casos, bem como em suas respectivas

ondas. Elementos da dinâmica epidemiológica, como supracitado, podem interferir direta e/ou indiretamente no quesito. Assume-se, dentro desta pesquisa, a análise em contexto local, que diz respeito aos elementos climáticos mais importantes na dinâmica climatológica de Fortaleza/CE (local) e sistemas atmosféricos atuantes na área de estudo (regional). Assim sendo, põe-se como proposição para pesquisas similares, a incorporação mais ampla de variáveis nacionais e globais, bem como a utilização do panorama de outras cidades, com dinâmicas semelhantes, para a realização de uma pesquisa ainda mais rica.

A combinação da análise qualitativa e quantitativa foi essencial para que a visão e avaliação da (co) relação fosse realizada, comprovando o quanto os dois procedimentos se integram em avaliação final. A existência da correlação estatística é confirmada a partir da indicação dos p-valores obtidos, que possuem como finalidade principal confirmar a relevância dos coeficientes obtidos. Ainda que as relações sejam estatisticamente consideradas, em sua maioria, “moderadas”, os coeficientes obtidos são significativos, tendo em vista que são nos valores que não completam a perfeita correlação que estão as múltiplas variáveis existentes.

Para a análise quantitativa, o elemento que mais possui correlação (sendo ela negativa) com os dados dos casos é a velocidade dos ventos. O resultado se justifica, sabendo que a área de estudo se encontra em porção litorânea e que a dinâmica dos ventos possui acentuação em períodos específicos do ano devido ao ASAS, de modo geral, registrando os menores números de casos no ano estudado. Os demais elementos também apresentaram certa associação, porém de maneira mais irregular ao longo das análises.

Este resultado também se justifica com a bibliografia que trata da disseminação dos vírus, confirma o fato a recomendação amplamente divulgada na pandemia sobre a priorização de manter os ambientes com a circulação de ar natural, atuando o próprio vento como dissipador do coronavírus.

Já com a utilização da técnica da Análise Rítmica foi possível identificar, de maneira mais visual, a distribuição dos casos ao longo dos períodos seco e chuvoso. Com exceção do ano de 2020, os demais anos demonstraram a existência de um padrão associado aos períodos com os maiores índices nos casos registrados. De 2021 a 2023 os picos ocorreram, em sua grande maioria, nos períodos de atuação da VCAN e da ZCIT. Enquanto os alívios ocorreram no segundo semestre, no período seco e com presença do ASAS. Afastando-se desse padrão, os episódios

ocorridos em que existiu a associação direta com a rigidez ou flexibilização das medidas de controle, ou associados à entrada de novas variantes e subvariantes no cenário epidemiológico.

Em vista do exposto, é possível confirmar o aspecto climático como um fator de influência na oscilação na quantidade de casos de Covid-19/ Sars-CoV-2, bem como na intensificação ou alívio dos picos. A singularidade dos atributos climáticos mais relevantes da cidade de Fortaleza possibilitou que os mais diversos aspectos fossem trabalhados, bem como possibilitou determinar a velocidade dos ventos como o elemento de maior relevância e interação com os casos do coronavírus dentro do contexto geográfico que a cidade de Fortaleza está inserida.

A compreensão do cenário analisado serve como suporte para previsão de quadros de surtos que possam ser ocasionados pelo aumento no número de casos a partir da influência do panorama climático apresentado durante o ano na cidade de Fortaleza, sabendo que a doença não deixou de existir por completo, ainda que os casos não possuam mais o mesmo volume que nos anos iniciais da pandemia, em que o quadro era tido como emergencial. Quando a temática envolve a saúde da população na sociedade, é de substancial importância que dados e análises desta natureza sejam consultadas, para que, em trabalho conjunto com as demais variáveis, seja possível acompanhar de forma sistemática e com a previsibilidade possível, o desenvolvimento dos episódios de surtos, endemias e pandemias.

REFERÊNCIAS

ALVES, Juliana Rodrigues *et al.* **Análise climática e a distribuição dos casos de dengue em Fortaleza.** XX Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada: Campinas, 2021. Disponível em: https://ocs.ige.unicamp.br/ojs/sbgfa/article/view/2439. 24 set. 2024.

ANDRADE, Ian Garcia Mascarenha de. *et al.* A sazonalidade da Covid-19 em 2021 na região metropolitana de Natal (RN), Brasil. **Diálogos em Saúde Pública**, Natal, 2022. Disponível em: https://periodicos.unicesumar.edu.br/index.php/rama/article/view/9608. Acesso em: 24 set. 2024.

ARTAXO, Paulo. As três emergências que nossa sociedade enfrenta: saúde, biodiversidade e mudanças climáticas. **Estudos avançados**, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.1590/s0103-4014.2020.34100.005. Acesso em: 28 jan. 2023.

ASSIS, Janilson Pinheiro de; SOUSA, Roberto Pequeno de; DIAS, Carlos Tadeu dos Santos. **Glossário de Estatística**. Edufersa, Mossoró, 2019. Disponível em: https://livraria.ufersa.edu.br/wp-content/uploads/sites/165/2019/07/Glossario-de-Estatistica_2019-1.pdf. Acesso em: 05 maio 2023.

AYOADE, J. O. **Introdução à Climatologia para os Trópicos**: Rio de Janeiro: Bertrand–Brasil, 1988.

BECK, Ulrich.**Sociedade de Risco**: rumo a uma outra modernidade. São Paulo: Editora 34, 1986.

BEYER, Robert M., MANICA, Andrea, MORA, Camilo. Shifts in global bat diversity suggest a possible role of climate change in the emergence of SARS-CoV-1 and SARS-CoV- 2. **Elsevier**: Potsdam, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145413. Acesso em: 01 set 2023.

BRASIL. Resolução 01 - Conselho Nacional do Meio Ambiente, de 23 de janeiro de 1986. **Dispõe sobre as responsabilidades, os critérios básicos e as diretrizes gerais para uso e implementação da Avaliação de Impacto Ambiental**. Diário Oficial da União: Brasília, 1986.

BUKHARI Qasim; JAMEEL, Yusuf. Will coronavirus pandemic dinamsh by summer?. **McGovern Institute for Brain Research**, Massachusetts Institute of Techonology: Cambridge, 2020. Disponível em: https://deliverypdf.ssrn.com/delivery.php?ID=442100001087088097003102085105104126033069042014023087069029085022115000096001127121107056043003059006011084112121001011074006098001090058041016064126098100084078086055054002072089112088007025114121092029125086068028076087106113115077101076076118104126&EXT=pdf&INDEX=TRUE. Acesso em: 01 set. 2023.

CARPENEDO, Camila Bertoletti; AMBRIZZI, Tércio. Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul Associado ao Modo Anular Sul e Impactos Climáticos no Brasil. **Revista Brasileira de Meotorologia (RBMET)**: São Paulo ,2020. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1590/0102-77863540066. Acesso em: 10 nov 2023.

CEARÁ. Decreto N° 34.541, de 05 de fevereiro de 2022. **Altera o Decreto Nº34.523, de 29 de janeiro de 2022, que dispõe sobre as medidas de isolamento social, no Estado do Ceará, para enfrentamento da Covid-19, e dá outras providências**. Diário Oficial do Estado: Fortaleza, 2022.

CEARÁ. Decreto N º34.693, de 14 de abril de 2022. **Dispõe sobre medidas de controle da COVID-19 no estado do Ceará**. Diário Oficial do Estado: Fortaleza, 2022.

CHEN, Biqing *et al.* Roles of meteorological conditions in COVID-19 transmission on worldwide scale. **MedRxiv,** 2020. Disponível em: https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2020.03.16.20037168v2. Acesso em: 31 ago 2023.

CHIN, Alex W. H. *et al.* Stability of SARS-CoV-2 in different environmental conditions. **MedRxiv**, 2020. Disponível em: https://www.thelancet.com/journals/lanmic/article/PIIS2666-5247(20)30003-3/fulltext. Acesso em: 31 ago. 2023

CLIMATOLOGIA e histórico de previsão do tempo em Fortaleza, BR. Climatologia em Fortaleza, BR. **Climatempo.** Disponível em: https://www.climatempo.com.br/climatologia/60/fortaleza-ce. Acesso em: 13 maio 2024.

COEFICIENTE de correlação de postos de Spearman. **World Press.** Blog de Química e Matemática, 13 out. 2013. Disponível em: https://bloqm.wordpress.com/2013/10/13/coeficiente-de-correlacao-de-postos-de-spearman/. Acesso em: 06 abr 2024.

COP 28 e as estratégias globais para a crise climática. **Habitat para a Humanindade Brasi**l. Disponível em: https://habitatbrasil.org.br/cop-28/#:~:text=O%20que%20foi%20decidido%20na,pa%C3%ADses%20impactados%20pelo%20aquecimento%20global. Acesso em: 12 dez 2023.

CORONAVIRUS disease (COVID-19). **World Health Organization**. Disponível em: https://www.who.int/health-topics/coronavirus#tab=tab_1. Acesso em: 03 jan 2023.

COVID-19: especialistas discutem possibilidade de endemia. **FIOCRUZ**. São Paulo, 08 fev. 2021. Disponível em: https://agencia.fiocruz.br/covid-19-especialistas-discutem-possibilidade-de-endemia. Acesso em: 05 jan. 2023.

CRUZ, Gilson Campos Ferreira da. **Clima e COVID 19**: as relações entre a temperatura do ar, radiação solar e os novos casos diários em Ponta Grossa, PR. Ponta Grossa: Universidade Estadual de Ponta Grossa, 2022. Disponível em: https://orcid.org/0000-0002-7804-7998. Acesso em: 25 ago. 2023.

DADOS METEOROLÓGICOS. **Instituto Nacional de Meteorologia. Banco de Dados Meteorológicos**. Disponível em: https://portal.inmet.gov.br/. Acesso em: 03 jan. 2024.

DANTAS, Eustogio Wanderley Correia; COSTA, Maria Clelia Lustosa; SILVA, Carlos Lucas Sousa. Fortaleza, de uma contaminação derivada dos lugares turísticos à transformação dos espaços de moradia em territórios de adoecimento e de morte. **Open Edition Journals**, 2020. Disponível em: https://journals.openedition.org/confins/29971. Acesso em: 06 abr. 2023.

DECKER, Pedro Henrique Bruder *et al.* Uso da ventilação natural como estratégia para redução de riscos na transmissão da Covid-19 em salas de aula: relatos de estudos em escolas municipais de Londrina-PR. Londrina: **Revista extensão em foco**, 2021. Disponível em: https://revistas.ufpr.br/extensao/article/view/80574/pdf. Acesso em: 24 jun. 2023.

FERREIRA, Marcelo Urbano. **Epidemiologia e Geografia**: O Complexo Patogênico de Max Sorre. Rio de Janeiro: Cadernos de Saúde Pública, 1991.

FONTELLES, Maria Garcia; SIMÕES, Samantha Hasegawa; FARIAS, Renata Garcia Simões. **Metodologia de pesquisa científica**: diretrizes para a elaboração de um protocolo de pesquisa científica. Disponível em: https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/150/o/Anexo_C8_NONAME.pdf. Acesso em: 03 maio 2023.

GODOY, Paulo. Uma reflexão sobre a produção do espaço. **Estudos Geográficos**, Rio Claro, 2004. Disponível em: https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/estgeo/article/view/289. Acesso em: 12 jul. 2024.

GONZAGA, Amanda Coura; FREITAS, Ana Carolina Vasques. Análise da relação entre condições meteorológicas, poluição atmosférica e infecções respiratórias virais: o caso COVID-19. **ResearchGate**: Itajubá, 2020. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/343227831_Analise_da_relacao_entre_condicoes_meteorologicas_poluicao_atmosferica_e_infeccoes_respiratorias_virais_o_caso_COVID-19. Acesso em: 03 ago. 2024.

HAESBAERT, Rogério; GONÇALVES, Carlos Walter Porto. **A nova des-ordem mundial**. São Paulo: UNESP, 2006.

HERCULANO Daniel. **Ceará inicia vacinação contra Covid-19**. Governo do Estado do Ceará, 18 jan. 2021. Disponível em: https://www.ceara.gov.br/2021/01/18/ceara-inicia-vacinacao-contra-a-covid-19/. Acesso em: 13 set 2023.

HERNANDEZ, Oliver Gutiérrez; GARCIA, Luis V. ¿Influyen tiempo y clima en la distribución del nuevo coronavirus (SARS CoV-2)? Una revisión desde una perspectiva biogeográfica. **Investigaciones Geográficas**: Alicante, 2020. Disponível em: https://www.investigacionesgeograficas.com/article/view/2020-influyen-tiempo-y-clima-en-la-distribucion-del-nuevo-corona. Acesso em: 15 maio 2023.

JONES, Kate E. *et a.* Global trends in emerging infectious diseases. **Nature**, 2008. Disponível em: https://www.nature.com/articles/nature06536.pdf. Acesso em: 15 jul. 2023.

JÚNIOR, Antonio Ferreira Lima. **Análise espaço-temporal da dengue em Fortaleza e sua relação com o Clima Urbano e variáveis socioambientais.** Tese (Doutorado) - Departamento de Geografia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018.

JÚNIOR, Dáviney Sales de Freitas**. Análise temporal e espacial da pneumonia na região metropolitana de Fortaleza e sua relação com o clima urbano e variáveis socioambientais.** Tese (Doutorado) - Departamento de Geografia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2023.

LIMA, Maria Cleiciane Soares. **Distribuição espaço-temporal do arbovírus Chikungunya e a relação com o clima e variáveis socioespaciais em Fortaleza/CE**. Universidade Federal do Ceará: Fortaleza, 2019. Disponível em: https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/50975/1/2019_tcc_mcslima.pdf. Acesso em: 22 jun. 2022.

LOPES, Monyck Jeane dos Santos *et al.* Impacto do desmatamento e queimas na biodiversidade invisível da Amazônia. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, 2023.

MAGALHÃES, Gledson Bezerra. **Comportamento espaço-temporal da dengue e suas relações com os elementos atmosféricos e socioeconômicos em Fortaleza/CE**. 2015. Tese (Doutorado) - Departamento de Geografia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2015.

MAZETTO, Francisco de Assis Penteado. **Pioneiros da Geografia as Saúde: Séculos XVIII, XIX e XX**. In: BARCELLOS, Christovam. (Org.). A geografia e o contexto dos problemas de saúde. Rio de Janeiro: Abrasco/ICICT/EPSJV, 2008.

MENDONÇA, Francisco. Aspectos entre a interação clima-ambiente-saúde humana: da relação sociedade-natureza à insustentabilidade ambiental. Curitiba: Revista **RA'EGA**, 2000. Disponível em: https://revistas.ufpr.br/raega/article/download/3341/2677. Acesso em: 12 set. 2023.

MICHELON, Cleonice Maria. Principais variantes do SARS-CoV-2 notificadas no Brasil. **Revista Brasileira de Análises Clínicas**, 2021. Disponível em: https://www.rbac.org.br/artigos/principais-variantes-do-sars-cov-2-notificadas-no-brasil/. Acesso em: 07 mar. 2024.

MINISTÉRIO orienta dose extra da vacina bivalente para idosos e grupo de risco diante da nova variante. **Associação Médica Brasileira**. Brasília, 2022. Disponível em: https://amb.org.br/brasilia-urgente/ministerio-orienta-dose-extra-da-vacina-bivalente-para-idosos-e-grupos-de-risco-diante-de-nova-variante/. Acesso em: 13 jan. 2024.

MONTGOMERY, D.C.; VINING, G.G.; PECK, E. A. **Introduction to Linear Regression Analysis**. Nova Iorque: John Wiley, 2012.

MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo. **Análise Rítmica em Climatologia**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 1971.

MOREIRA, Ruy. **O que é Geografia**. São Paulo: Editora Brasiliense, 1983.

MOURA, Leonardo Zandonadi. **Transporte atmosférico de umidade para a Bacia do Paraná:** análise da climatologia, sazonalidade e variabilidade interanual via trajetórias de massas de ar. 2015. Dissertação (Mestrado) - Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, 2015.

MURARA, Pedro Germano dos Santos; ALEIXO, Natacha Cíntia Regina. **Clima e Saúde no Brasil**. Jundiaí: Paco Editorial, 2020.

ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DE SAÚDE. **Módulo de Princípio de Epidemiologia para o Controle de Enfermidades** (MOPECE): saúde e doença na população. Brasília: Ministério da Saúde, 2010. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/modulo_principios_epidemiologia_3.pdf. Acesso em: 12 out 2023.

PARREIRA, Ivonete Maria. Impactos antrópicos no clima. **Agrarian Academy**: Jandaia, 2021. Disponível em: http://www.conhecer.org.br/Agrarian%20Academy/2021A/Impactos.pdf. Acesso em: 03 jul. 2022.

PREFEITURA MUNICIPAL DE FORTALEZA. **Covid19** - Boletins Epidemiológicos. Coordenadoria de Vigilância em Saúde - Célula de Vigilância Epidemiológica, Fortaleza, 2024. Disponível em: https://coronavirus.fortaleza.ce.gov.br/boletim-epidemiologico.html. Acesso em: 15 mar 2024.

PREFEITURA MUNICIPAL DE FORTALEZA. **Revisão Plano Diretor Participativo de Fortaleza**: produto preliminar 04. Prefeitura Municipal de Fortaleza: Fortaleza, 2024. Disponível em: https://planodiretor.fortaleza.ce.gov.br/ords/f?p=116:11:12194358645072::::P11_ID,P11_PATH:711,DIRETOR_ARQUIVOS. Acesso em: 11 jan 2024.

QIU. Jane. Covid-19: Qual o papel do mercado úmido de Wuhan, na China, no início da pandemia?. **National Geographic**, 29 jul. 2022. Disponível em: https://www.nationalgeographicbrasil.com/ciencia/2022/07/covid-19-qual-o-papel-do-mercado-umido-de-wuhan-na-china-no-inicio-da-pandemia. Acesso em: 03 jan 2024.

ROSA, Natália Helen; SIMIONI, Patricia Uceli; DAMIÃO, Bruno. Evolução do SARS-CoV-2: comparação biológica da epidemia de SARS-CoV-1 com a pandemia de SARS-CoV-2.São Paulo: **Revista da Faculdade de Ciência Médica de Sorocaba**, 2020. Disponível em: https://revistas.ufpr.br/raega/article/download/3341/2677. Acesso em: 15 out 2023.

SAGRIPANTI, Jose-Luis; LYTLE, C. David. Estimated inactivation of coronaviruses by solar radiation with special reference to COVID-19. **Photochemistry and Protobiology:** Maryland e New Mexico, 2020. Disponível em: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/php.13293. Acesso em: 25 jun. 2022.

SANTANA, Paula. **I**ntrodução à Geografia da Saúde: território, saúde e bem-estar. Coimbra: Coimbra **University Press:** 2014. Disponível em:

https://www.researchgate.net/profile/Paula-Santana/publication/270448403_Introducao_a_Geografia_da_Saude_Territorio_Saude_e_Bem-Estar/links/550c5c600cf275261095e6ee/Introducao-a-Geografia-da-Saude-Territorio-Saude-e-Bem-Estar.pdf. Acesso em: 13 ago 2023.

SAN'TANNA NETO, João Lima. **A gênese da Climatologia no Brasil**: o despertar de uma ciência. Rio Claro, 2003. Disponível em: https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/ageteo/article/view/1085/1004. Acesso em: 02 jun. 2023.

SECRETARIA MUNICIPAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO DE FORTALEZA. **Desenvolvimento Humano, por bairro, em Fortaleza**. Prefeitura Municipal de Fortaleza: Fortaleza, *[s.d].* Disponível em: http://salasituacional.fortaleza.ce.gov.br:8081/acervo/documentById?id=22ef6ea5-8cd2-4f96-ad3c-8e0fd2c39c98. Acesso em: 04 abr. 2023.

SECRETARIA DE ATENÇÃO PRIMÁRIA À SAUDE (SAPS). **CORONAVÍRUS COVID-19**: Protocolo de Manejo clínico do coronavírus (COVID-19) na atenção primária à saúde. Brasília: Ministério da Saúde, 2020. Disponível em https://saude.rs.gov.br/upload/arquivos/202004/14140606-4-ms-protocolomanejo-aps-ver07abril.pdf. Acesso em: 07 out 2023.

SEIS fatos sobre a ômicron, a variante mais transmissível da Covid-19. **Portal Butantan**. Governo de Estado de São Paulo, 07 fev. 2022. Disponível em: https://butantan.gov.br/noticias/seis-fatos-sobre-a-omicron-a-variante-mais-transmissivel-da-covid-19. Acesso em: 15 jan. 2023.

SEVERINO, E. A. S.; COSTA, R. A. O estudo da influência do Ritmo Climático No agravamento de Doenças circulatórias em Ituiutaba - MG. Hygeia - **Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde**, Uberlândia, v. 12, n. 23, p. 11–19, 2016. DOI: 10.14393/Hygeia1235200. Disponível em: https://seer.ufu.br/index.php/hygeia/article/view/35200. Acesso em: 20 jul. 2024.

SILVA, Ivna Meneses dos Santos e. **Peste Bubônica:** história e controle da maior pandemia conhecida. Ciências Biológicas: vida y organismos vivos. 2023. Disponível em: https://www.atenaeditora.com.br/catalogo/post/peste-bubonica-historia-e-controle-da-maior-pandemia-conhecida. Acesso em: 05 mar. 2023.

SILVA, Vanessa Pereira da. **Distúrbios Ondulatórios de Leste**: estudo de casos que afetaram a costa leste do NEB. 2011. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Meteorologia, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2011.

SILVA, Viviane Bezerra da; VALVERDE, María Cleofé. Avaliação da relação entre a poluição atmosférica e parâmetros climáticos com a Covid-19 no Grande ABC paulista. **Revista Brasileira de Climatologia**, [S. l.], v. 33, n. 19, p. 124–148, 2023. DOI: 10.55761/abclima.v33i19.16545. Disponível em: https://ojs.ufgd.edu.br/rbclima/article/view/16545. Acesso em: 08 ago. 2024.

SILVESTRE, Miriam Rodrigues. **Técnicas Estatísticas Utilizadas em Climatologia**

Geográfica: diagnósticos e propostas. 2016. Tese (Doutorado) - Faculdade de Ciências e Tecnologias, Universidade Paulista, Presidente Prudente, 2016. Disponível em: https://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UNSP_11f133c37730e93d4def544f20b5f14b. Aceso em: 10 fev. 2023.

SOUSA, Geziel dos Santos. **Solicitação de dados de COVID-19**. Dados recebidos por e-mail <geziel.santos@sms.fortaleza.ce.gov.br> em 16 jan. 2024. Acesso em: 16 jan. 2024.

SOUZA, Alex Sandro Rolland. Aspectos gerais da pandemia de COVID-19. Recife: **Revista Brasileira de Saúde e Maternidade Infantil**, 2021. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1590/1806-9304202100S100003. Acesso em: 02 mar 2023.

SOUZA, Camila Grosso de; SANT'ANNA NETO, João Lima. Ritmo climático e doenças respiratórias: interações e paradoxos. **Revista Brasileira de Climatologia**, 2008. Disponível em: https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/rbclima/article/download/13517/6934/43905. Acesso em: 07 ago. 2024.

SORRE, M. **Objeto e método da climatologia**. In: Traité de Climatologie Biologique et Médicale. Paris: 1934.

TIRADO, María Guadalupe; AGUIRRE, Sonia Resik; CARDELLÁ, Vivian Kourí. **Los Sistemas de Salud y la ciencia en el enfrentamiento a la COVID-19**: transición de pandemia a endemia. Anales de la Academia de Ciencias de Cuba, 2023. Disponível em: https://revistaccuba.sld.cu/index.php/revacc/article/view/1422. Acesso em: 30 jun. 2023.

VIALI, Lorí. **Estatística Básica**: Correlação e Regressão. *[s.d].* Material didático. Disponível em: http://www.mat.ufrgs.br/~viali/sociais/mat02214/material/apostilas/CorRegSociais.pdf . Acesso em: 05 jan. 2023.

VIEIRA, Alexia. **Linha do tempo da Covid-19 no Ceará**: relembre os principais fatos de dois anos de pandemia. Fortaleza: O POVO, 01 jan 2022. Disponível em: https://www.opovo.com.br/noticias/ceara/2022/01/01/linha-do-tempo-da-covid-19-no-ceara-relembre-os-principais-fatos-de-dois-anos-de-pandemia.html. Acesso em: 10 dez. 2023.

WERNECK, Guilherme Loureiro; CARVALHO, Marília Sá. A pandemia de COVID-19 no Brasil: crônica de uma crise sanitária anunciada. **Cadernos de Saúde Pública**: Rio de Janeiro, 2020.

WINCK, Gisele R. *et al.* **Socioecological vulnerability and the risk of zoonotic disease emergence in Brazil. Science Advances**, 2022. Disponível em: https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.abo5774. Acesso em: 03 jul. 2022.

YNOUE, Rita Youri *et al.* **Circulação geral da atmosfera**. USP/Univesp: São Paulo, *[s.d].* Disponível em: https://midia.atp.usp.br/plc/plc0009/impressos/plc0009_08.pdf. Acesso em: 27 jun 2023.

ZANELLA, Maria Elisa; MELLO, Namir Giovanni da Silva. **Eventos Pluviométricos intensos em ambiente urbano** *In:* Litoral e sertão: natureza e sociedade no nordeste brasileiro. Coleção estudos geográficos: Fortaleza, 2006. Disponível em: https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=KL3DUBpk0a4C&oi=fnd&pg=PA175&dq=maria+elisa+zanella&ots=LD5lxvGsCe&sig=yg_zHFT-xivus8bZcryj637tptE#v=onepage&q=maria%20elisa%20zanella&f=false. Acesso em: 24 jun. 2022.

ZAVATTINI, Afonso. **A produção brasileira em climatologia**: o tempo e o espaço nos estudos do ritmo climático. Terra Livre: São Paulo, 2003. Disponível em: https://publicacoes.agb.org.br/terralivre/article/view/176. Acesso em: 16 set. 2023.