

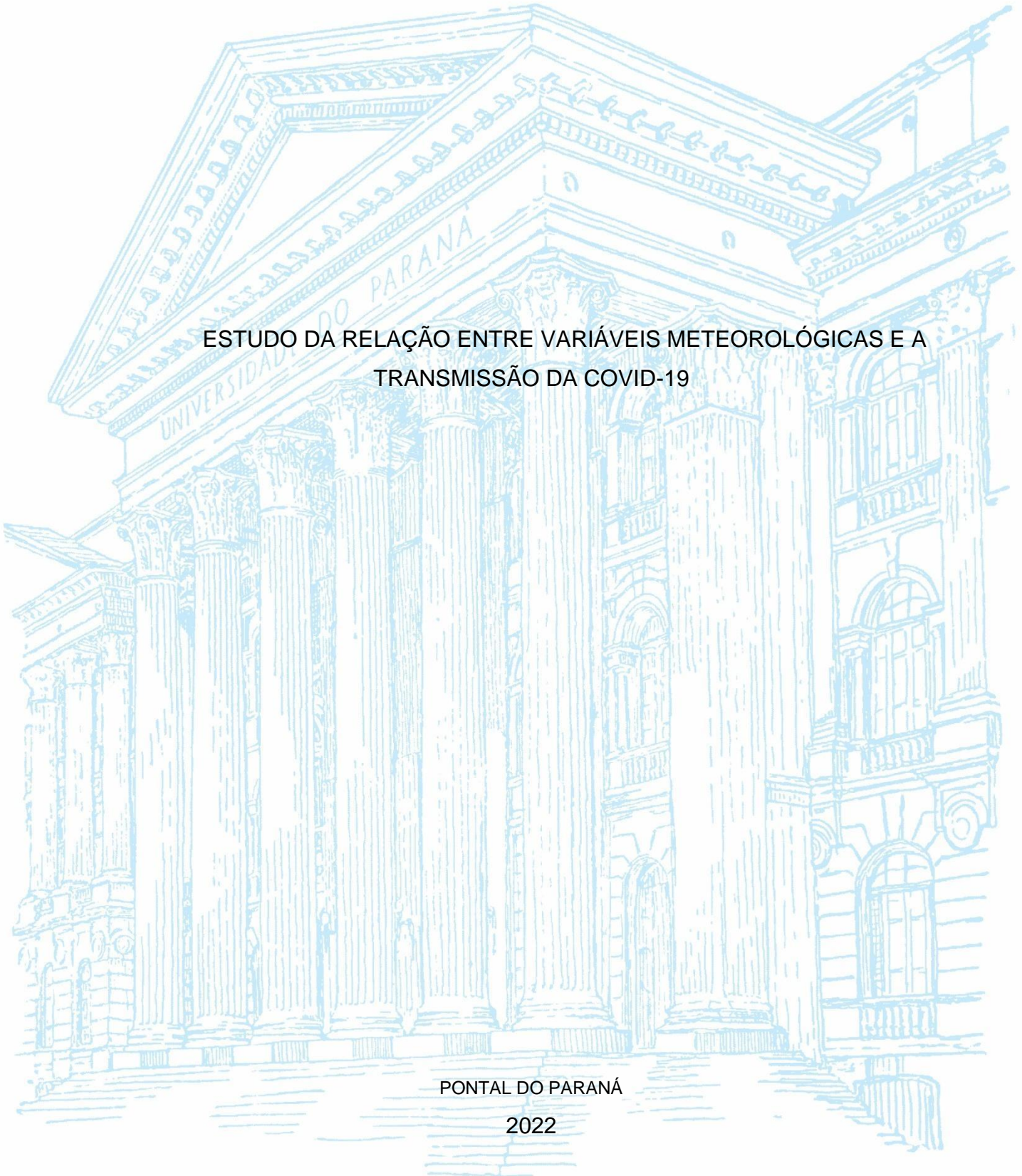
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

EUCLAIR JOSÉ MOREIRA VELOSO

ESTUDO DA RELAÇÃO ENTRE VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS E A
TRANSMISSÃO DA COVID-19

PONTAL DO PARANÁ

2022



EUCLAIR JOSÉ MOREIRA VELOSO

ESTUDO DA RELAÇÃO ENTRE VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS E A
TRANSMISSÃO DA COVID-19

Monografia apresentada como requisito parcial à
obtenção de título de Bacharel em Engenharia
Ambiental e Sanitária, Centro de Estudos do Mar,
Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Cesar Aparecido Silva.

PONTAL DO PARANÁ

2022



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

INFORMAÇÃO Nº 46/2022/UFPR/R/PP

TERMO DE APROVAÇÃO

Euclair José Moreira Veloso

“ESTUDO DA RELAÇÃO ENTRE VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS
E A TRANSMISSÃO DACOVID-19.”

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Ambiental e Sanitária, da Universidade Federal do Paraná, pela Banca formada pelos membros:

Prof^a. Dra. Juliana Almansa Malagoli - CPP-CEM/UFPR

Prof^a. Dra. Amanara Potykyta de Sousa Dias Vieira - CPP-CEM/UFPR

Prof. Dr. Cesar Aparecido da Silva - CPP-CEM/UFPR

Presidente

Pontal do Paraná, 11 de maio de 2022.



Documento assinado eletronicamente por **JULIANA ALMANSA MALAGOLI, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 11/05/2022, às 13:23, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **AMANARA POTYKYTA DE SOUSA DIAS VIEIRA, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 11/05/2022, às 13:52, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **CESAR APARECIDO DA SILVA, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 11/05/2022, às 15:38, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



A autenticidade do documento pode ser conferida [aqui](#) informando o código verificador **4501012** e o código CRC **51750533**.

Referência: Processo nº 23075.029709/2022-32 SEI nº 4501012

RESUMO

O mundo vive o drama sanitário do século XXI. A pandemia de Covid-19 teve início na China no final de 2019 e o primeiro caso confirmado no Brasil foi no dia 26 de fevereiro de 2020. Contudo, apesar de vários estudos sobre o vírus e suas variantes, ainda não estão esclarecidos a influência dos fatores ambientais sobre a propagação desta morbidade. O presente trabalho busca entender através de análises estatísticas, a relação entre o meio ambiente e o avanço da pandemia da Covid-19 na cidade de Curitiba no estado do Paraná. Dados diários sobre os casos registrados de Covid-19 foram obtidos na Secretaria de Saúde do Estado do Paraná, e os dados meteorológicos de Curitiba foram obtidos da plataforma online do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia). O intervalo de dados utilizados foi de março de 2020 até outubro de 2021, e as análises se basearam na relação dos casos registrados no dia e a variável climática corresponde aos 14 dias anteriores, levando em consideração o tempo de incubação do SARS-CoV-2. Os parâmetros ambientais utilizados foram: Precipitação total (mm), Temperatura máxima diária (°C), Temperatura média diária(°C), Temperatura mínima diária (°C), Umidade relativa do ar média diária (%), Umidade relativa do ar mínima diária (%), Vento rajada máxima diária (m/s), Vento velocidade média diária (m/s) e Radiação Solar (MJ/m²/dia). Foram criados cenários de intervalos distintos durante o período estudado e, em seguida, foi aplicado o teste de correlação de Pearson entre as variáveis ambientais e o número de casos diários da doença. Os resultados em alguns cenários mostraram a influência da radiação Solar com coeficientes negativos mais significativos de fraco a moderado (-0,4 a -0,5) e temperatura máxima (-0,3), mínima (0,3 e -0,3) e média (-0,3), umidade relativa do ar média (0,3 e -0,3) e mínima (0,4), precipitação (0,5) e velocidade média do vento (0,3 e -0,3). Observou-se através da regressão linear múltipla que a irradiação solar se mostrou mais influente nos casos de coronavírus registrados no dia. Os dados sugerem que o meio ambiente pode interferir diretamente na proliferação da COVID-19, e que este tipo de estudo pode servir de ferramenta para a tomada de decisões na gestão de saúde pública, emitindo alertas para a população através de monitoramento dos parâmetros ambientais.

Palavras-Chave: coronavírus, parâmetros ambientais, epidemiologia, pandemia.

ABSTRACT

The world is experiencing the health crisis of the XXI century. The Covid-19 pandemic began in China at the end of 2019 and the first confirmed case in Brazil was registered on February 26, 2020. However, despite several studies on the virus and its variants, the influence of environmental factors on the spread of this calamity was not clarified. The present work aimed to understand the relationship between the environment and the advance of the Covid-19 pandemic in the city of Curitiba city in the state of Paraná through statistical analysis. Daily data on registered cases of Covid-19 were obtained from the Secretary of Health of the State of Paraná, and meteorological data for Curitiba city were obtained from the online platform of INMET (Instituto Nacional de Meteorologia). The data range used was from March 2020 to October 2021, and the analyses were based on the list of cases recorded on the day while the climate variable corresponds to the previous 14 days, due the incubation t of SARS-CoV-2 period. The environmental parameters used were: Total precipitation (mm), Maximum daily temperature (°C), Average daily temperature (°C), Minimum daily temperature (°C), Average daily relative humidity (%), Relative air humidity daily minimum (%), daily maximum wind gust (m/s), average daily wind speed (m/s) and Solar Radiation (MJ/m²/day). Scenarios of different intervals were created during the studied period and then Pearson's correlation test was applied between environmental variables and the number of daily cases of the disease. The results in some scenarios showed the influence of solar radiation with all negative coefficients more significant from weak to moderate (-0.4 to - 0.5), and also the temperature maximum (-0.3), minimum (0.3 and -0.3) and average (-0.3), relative air humidity average (0.3 and -0.3), minimum (0.4), precipitation (0.5), and average wind speed (0.3 and -0.3). It was observed with multiple linear regression test that solar radiation was more influential in the cases of coronavirus recorded on the day. The data suggests that the environment can directly interfere with the proliferation of COVID-19, and that this type of study can serve as a tool for decision-making in public health management, issuing alerts to the population through monitoring of environmental parameters.

Keywords: coronavirus, environmental parameters, epidemiology, pandemic.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO, ESTAÇÃO AUTOMÁTICA DO INMET EM CURITIBA PR	9
FIGURA 2: TOTAL DE CASOS REGISTRADOS NO MÊS NO PERÍODO MARÇO DE 2020 ATÉ OUTUBRO 2021 NO MUNICÍPIO DE CURITIBA-PR.....	15
FIGURA 3: MÉDIAS DE CASOS DE COVID-19 REGISTRADOS NO DIA DA CIDADE DE CURITIBA. RESULTADOS EXPRESSOS EM MÉDIA \pm DESVIO PADRÃO	16
FIGURA 4: MÉDIAS DAS TEMPERATURAS (MÉDIA, MÁXIMA E MÍNIMA). RESULTADOS EXPRESSOS EM MÉDIA \pm DESVIO PADRÃO.....	17
FIGURA 5: MÉDIAS DA RADIAÇÃO SOLAR NO MUNICÍPIO DE CURITIBA-PR. RESULTADOS EXPRESSOS EM MÉDIA \pm DESVIO PADRÃO.....	18
FIGURA 6: MÉDIAS DA PRECIPITAÇÃO E DESVIO PADRÃO NA BARRA DE ERRO DO MUNICÍPIO DE CURITIBA-PR.....	19
FIGURA 7: UMIDADE RELATIVA DO AR (MÉDIA E MÍNIMA) NO MUNICÍPIO DE CURITIBA- PR. RESULTADOS EXPRESSOS EM MÉDIA \pm DESVIO PADRÃO.....	20
FIGURA 8: REGRESSÃO LINEAR DAS VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS E CASOS DE COVID-19 DE CURITIBA-PR.....	21

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	JUSTIFICATIVA.....	2
1.2	OBJETIVOS	3
1.2.1	OBJETIVO GERAL.....	3
1.2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
2.1	COVID-19.....	4
2.2	HISTÓRICO DA COVID-19	5
2.3	VARIÁVEIS AMBIENTAIS	5
2.4	RELAÇÃO ENTRE VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS E DOENÇAS INFECCIOSAS	6
3	MATERIAIS E MÉTODOS	8
3.1	LOCAL DE ESTUDO	8
3.2	DADOS METEOROLÓGICOS.....	9
3.3	OBTENÇÃO DOS DADOS DAS NOTIFICAÇÕES DE CASOS DE COVID-19 NO MUNICÍPIO DE CURITIBA-PR	10
3.4	TRATAMENTOS DOS DADOS	10
3.5	MÉTODO DE CORRELAÇÃO LINEAR DE PEARSON RELACIONANDO NÚMERO DE CASOS DIÁRIOS E VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS	12
3.6	MÉTODO DE REGRESSÃO LINEAR MÚLTIPLA PARA NÚMERO DE CASOS DIÁRIOS DE COVID-19 E VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS	13
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	15
4.1	CASOS MENSAIS DIAGNOSTICADOS NO MUNICÍPIO DE CURITIBA.....	15
4.2	MÉDIAS DE CASOS DE COVID-19 REGISTRADOS EM CURITIBA	16
4.3	VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS EM CURITIBA.....	17
4.4	REGRESSÕES LINEARES SIMPLES ENTRE AS VARIÁVEIS CLIMÁTICAS E OS CASOS DE COVID-19.....	20
4.5	CORRELAÇÃO DE PEARSON	22
4.5.1	CENÁRIO 1: CORRELAÇÕES EM CURITIBA PERÍODO DE MARÇO DE 2020 ATÉ OUTUBRO 2021.....	22
4.5.2	CENÁRIO 2: CORRELAÇÕES POR MÊS	22

4.5.3	CENÁRIO 3: CORRELAÇÕES POR ESTAÇÃO DO ANO CURITIBA	27
4.5.4	CENÁRIO 4: PERÍODO ANTES DA VACINAÇÃO EM CURITIBA	29
4.5.5	CENÁRIO 5: ANÁLISES BASEADAS NOS BOLETINS EPIDEMIOLÓGICOS EM CURITIBA-PR	30
4.6	REGRESSÃO LINEAR MÚLTIPLA.....	33
5	CONCLUSÃO.....	36
6.	TRABALHOS FUTUROS.....	37

1 INTRODUÇÃO

De repente a atenção do mundo mudou para um problema que abalou as estruturas das nações. O risco sanitário mundial vinha de uma doença que até então era desconhecida, começou com um surto de pneumonia de causas desconhecidas em dezembro de 2019 na cidade de Wuhan na China, onde a maioria dos acometidos da doença estavam ligados epidemiologicamente com mercado atacadista de peixes, crustáceos e animais vivos (KOURY; HIRSCHHAUT, 2020).

Logo, a ameaça toma forma e a dimensão da gravidade é revelada, em 11 de março de 2020, com 118.000 casos em 114 países e 4.291 óbitos, a Organização Mundial de Saúde declara pandemia do novo Coronavírus, causado pelo vírus SARS-CoV-2 (KOURY; HIRSCHHAUT, 2020). A doença nomeada de Covid-19 tem como principal forma de dispersão partículas virais transportadas pelo ar de gotículas de saliva (BONILLA-ALDANA; DHAMA; RODRIGUEZ-MORALES, 2020).

Os sintomas típicos da COVID-19 são caracterizados por tosse seca, febre e dispnéia, típicos de uma pneumonia viral. As evoluções mais graves e necessidade de internamento e, eventual ventilação mecânica, acometem, geralmente, escalões etários mais altos e com comorbidades prévias, como hipertensão arterial, diabetes, doença cardíaca isquêmica e doença cerebrovascular (HASÖKSÜZ; KILIÇ; SARAÇ, 2020a).

A infecção causada pelo novo coronavírus em sua forma aguda tem a duração de 2 a 4 semanas, a eliminação do vírus pelo corpo humano acontece durante esse período. Entender a dinâmica de infecção e propagação do vírus é de extrema importância para o combate e a elaboração de planos e medidas para detecção precoce, isolamento, vigilância epidemiológica, prevenção e controle, e avaliação de impactos sanitários (RIZVI; UMAIR; CHEEMA, 2021).

No Brasil, o primeiro caso confirmado foi no dia 26 de fevereiro de 2020 na cidade de São Paulo (SP), e no dia 17 de março de 2020 foi registrado o primeiro óbito causado pelo novo coronavírus (SOUZA et al., 2020). A crise sanitária causada pela pandemia da COVID-19 ainda necessita de muitos esclarecimentos.

Dentre eles, é preciso elucidar como as contaminações e o próprio infectante interagem com os fatores do meio ambiente, sejam eles físicos, químicos e biológicos.

Entender essas dinâmicas mostra a importância da epidemiologia ambiental, e de como as variáveis ambientais interagem e qual suas correlações com o número de casos registrados de determinadas doenças.

Algumas morbidades, por exemplo, já tiveram suas relações com o meio ambiente avaliadas tais como: O da incidência de dengue em João Pessoa, onde constatou-se que o aumento de 1°C na temperatura máxima mensal, provocou aumento de aproximadamente 8 casos/mês de incidência, enquanto que o aumento de 35 mm na precipitação média mensal, provocou um aumento de 1 caso/mês, sugerindo que a variável temperatura e precipitação podem ser consideradas como preditoras no número de casos de dengue (SOUSA; DANTAS; LIMEIRA, 2007). Outro estudo, mostrou que a baixa pluviosidade foi a variável que mais influenciou (57%) nos casos de internação hospitalar por doenças do aparelho respiratório, seguida da pressão atmosférica que influenciou em 52% dos casos avaliados (DE ALMEIDA; STEINKE, 2016).

Contudo, alguns trabalhos já apontam relações de números de casos diários de COVID-19 e variáveis ambientais. Em um estudo realizado por Alves et al. (2020), mostrou que lugares com temperaturas mais elevadas e maior umidade relativa do ar têm menor disseminação da COVID-19, mostrando a importância deste tipo de estudos epidemiológicos.

Desta forma, a fim de elucidar a influência de variáveis ambientais na incidência de COVID-19, o presente trabalho buscou avaliar as relações de parâmetros ambientais e o número de casos de COVID-19 no município de Curitiba, estado do Paraná, utilizando-se das variáveis: Precipitação total (mm), Temperatura máxima diária (°C), Temperatura média diária (°C), Temperatura mínima diária (°C), Umidade relativa do ar média diária(%), Umidade relativa do ar mínima diária(%), Vento rajada máxima diária (m/s), Vento velocidade média diária(m/s) e Radiação Solar(MJ/m²/dia), e dos testes estatísticos de correlação de Pearson e de regressão linear múltipla.

1.1 JUSTIFICATIVA

Em um contexto histórico, o homem e sua relação com a natureza estão totalmente ligados, juntamente com as doenças que independente do agente

etiológico possuem o papel ecológico de controle das populações de todos os seres vivos, não somente do homem. A pandemia do novo coronavírus alavanca a necessidade de estudos dos fatores determinantes e condicionantes do meio ambiente que interferem nas contaminações e no avanço da pandemia.

Com isso, justifica-se elucidar as possíveis inferências ambientais no número de casos da COVID-19 para tomadas de decisões por parte do poder público além de auxiliar nas medidas de controle epidemiológicos da pandemia.

Através da análise dos dados de variáveis meteorológicas e casos diários da doença será possível entender o comportamento do vírus SARS-CoV-2 no cenário pandêmico em Curitiba, e que resultará em dados para futuras pesquisas em epidemiologia ambiental para diversos profissionais do meio ambiente e saúde, tais como o da Engenharia Ambiental e Sanitária, e no auxílio de campanhas de promoção e prevenção.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar as relações entre variáveis meteorológicas e o número de casos registrados de COVID-19 na cidade de Curitiba, Estado do Paraná.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar o grau de correlação entre número de casos diários de covid-19 registrados e as variáveis ambientais:
 - Agrupadas por mês;
 - Agrupadas por estações do ano;
 - Agrupadas antes da vacinação contra covid em Curitiba;
 - Agrupadas por intervalos baseados nos boletins epidemiológicos de Curitiba;
 - Através de uma regressão linear múltipla.
- Traçar um perfil epidemiológico do período de estudo.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 COVID-19

Para entender um pouco sobre a pandemia causada pelo novo Coronavírus, SARS-CoV2, é necessário definir a doença e analisar o conceito histórico dos acontecimentos. A COVID-19 trata-se de uma doença viral causada por um tipo de coronavírus, onde uma das principais formas de transmissão para humanos é através de partículas do vírus transportadas pelo ar e gotas de saliva, e que acabam encontrando os receptores celulares, infectando-as (BONILLA-ALDANA; DHAMA; RODRIGUEZ-MORALES, 2020). O vírus causador da pandemia atual trata-se de um RNA vírus da família *Coronaviridae* de ordem *Nidovirales*. Os vírus SARS-COV, MERS-CoV e 2019-nCOV são famílias do coronavírus que são comuns em animais (RODRIGUES, 2020).

Neste contexto, sete espécies de coronavírus podem causar infecção humana, sendo que quatro causam sintomas gripais de resfriado identificadas como HCoV 229E, HCoV NL63, HCoV HKU1 e HCoV OC43, e outras causam doenças respiratórias graves e mortes como o SARS-CoV (síndrome respiratória aguda grave coronavírus), MERS-CoV (síndrome respiratória do Oriente Médio coronavírus) ambos e origem zoonótica (HASÖKSÜZ; KILIÇ; SARAÇ, 2020b).

Tratando de um vírus que causa complicações respiratórias, tem a característica de transmissão por respingos e gotículas advindas do trato respiratório quando a pessoa infectada tosse ou espirra, e também por aerossóis. O período de transmissão dos infectados pelo COVID-19 é de 7 dias após os primeiros sintomas (RODRIGUES, 2020). Sendo uma doença altamente transmissível entre seres humanos, os principais sintomas característicos são os de febre, mal-estar, tosse, problemas gastrointestinais e infecções assintomáticas (SANTOS THULER; DE MELO, 2020).

Como não existe nenhum fármaco eficaz na cura, a disseminação do conhecimento sobre a doença é de extrema importância nesse cenário de pandemia, sendo a prevenção o melhor instrumento de combate e minimização dos efeitos (ALMEIDA JÚNIOR et al., 2020).

2.2 HISTÓRICO DA COVID-19

Das hipóteses estudadas, o cenário apontado como o do primeiro caso de COVID-19 registrado foi na cidade de Wuhan na China: um homem de 41 anos que acabou sendo internado no Hospital central da cidade seis dias após o início da doença no dia 26 de dezembro de 2019, e logo a equipe do Centro de Doenças de Wuhan e prevenção conduziu uma investigação epidemiológica onde foi descoberto que o paciente trabalhava em um mercado de frutos do mar que vendia, além de peixes, animais vivos selvagens tais como ouriços, texugos, cobras, pássaros, e carcaças (HASÖKSÜZ; KILIÇ; SARAÇ, 2020).

O SARS-CoV-2 mostrava o seu grande potencial de transmissão, e já em 30 de janeiro de 2020 foram confirmados mais de 7.700 casos em Wuhan e 90 casos em outros países confirmados em dezembro (SOUSA et al., 2020). Tendo em vista a gravidade e as taxas altas de transmissão, no dia 30 de janeiro de 2020 a OMS declarou a doença como Emergência de Saúde Pública de Interesse Internacional (ALMEIDA, 2020). No cenário pandêmico atual, o Brasil teve o primeiro caso confirmado e registrado no dia 26 de fevereiro de 2020, e com a velocidade das taxas de transmissão, no dia 3 de março já havia cerca de 500 suspeitos. No dia 25 de maio de 2020, já se contabilizava 23.473 de óbitos confirmados e números acumulados 374.898 (ALMEIDA, 2020).

2.3 VARIÁVEIS AMBIENTAIS

Os resultados registrados das estações meteorológicas fornecem variáveis ambientais importantes para diversos estudos, alguns são relacionados ao meio ambiente e saúde, geralmente busca-se respostas na relação entre a variável meteorológica e o efeito estudado.

Os dados atmosféricos são obtidos através de redes de estações meteorológicas (convencionais ou automáticas) de superfície e altitude, utilizam-se também navios, aviões e boias oceânicas (SILVA et al., 2019). A variável Temperatura é definida como uma parcela da energia da radiação solar que é utilizada para o aquecimento do ar. Para medir essa variável utilizam-se termômetros. Os tipos tradicionais são de mercúrio, nas estações de monitoramento

automáticas e telemétricas utiliza-se de sensores de pares termoeletrônicos e termistores, que registram a medida em graus Celsius (CAVIGLIONE et al., 2000).

Outra variável é a Umidade relativa que apresenta o conteúdo de vapor d'água presente na atmosfera, e usa a relação entre vapor d'água contido no ar e a quantidade máxima de ar que poderia conter em temperatura ambiente, precipitação é qualquer deposição d'água em forma líquida ou sólida proveniente da atmosfera, normalmente expressa em milímetros (CAVIGLIONE et al., 2000).

A velocidade do vento pode ser obtida através de anemômetro, pressão atmosférica é medida por barômetros, já variável radiação solar é medida por instrumentos como os radiômetros, actinógrafos, bimetálicos e piranômetros, que também medem a radiação difusa (MACÊDO et al., 2016).

2.4 RELAÇÃO ENTRE VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS E DOENÇAS INFECCIOSAS

Na busca de respostas necessárias para tomadas de decisões, ações e estratégias na prevenção e promoção de doenças infecciosas, é de extrema importância entender a relação entre o meio ambiente e o agente contaminante. A relação meio ambiente com as variáveis meteorológicas e as doenças destacam alguns principais grupos de morbidades que podem ser afetadas pelas mudanças climáticas, doenças causadas por arboviroses, doenças de veiculação hídrica e as transmitidas por vetores.

Cabe ao setor de saúde ações de prevenção e promoção dos riscos, e atuar na redução de suas vulnerabilidades sociais (BARCELLOS et al., 2009). A relação entre as variáveis ambientais e morbidade já têm sido reportadas na literatura, tal como os casos de incidência de casos de pneumonia e a influência dos elementos meteorológicos em João Pessoa, no Estado da Paraíba. Observou-se que a cada 1°C de diminuição na temperatura média mensal, encontrou-se um aumento de aproximadamente 1 caso mês/10.000 habitantes. Sendo esse um elemento considerado um preditor do número de casos de pneumonia nesta localidade (SOUSA; DANTAS; LIMEIRA, 2007).

No estudo dos casos de internação hospitalar por doenças do aparelho respiratório e sua relação com variáveis meteorológicas no Distrito Federal, observou-se a existência de uma relação inversa entre as variáveis meteorológicas e

os casos de internação hospitalar por doenças respiratórias, já a variável pressão atmosférica indicou uma relação direta (DE ALMEIDA; STEINKE, 2016).

Outro exemplo da aplicação deste tipo de estudo foi o realizado por Silva et al. (2020) no qual constatou-se que a variável preditora “temperatura mínima” foi a única relevante no modelo dos casos de tuberculose em Paranaguá - PR, e no teste de correlação de Pearson o número de casos foi relevante no outono e o inverno.

Ademais, inferir a relação entre as variáveis ambientais e os casos de COVID-19 é mais um dos desafios enfrentados pela ciência na busca de respostas para o enfrentamento da pandemia.

A poluição atmosférica é um fator agravante de casos de infecções respiratórias, clima frio e seco favorece condições meteorológicas desfavoráveis para dispersão de poluentes, gases tóxicos como ozônio, monóxido de carbono, dióxido de enxofre, aerossóis ácidos, óxidos de nitrogênio e o material particulado podem trazer sérios riscos respiratórios, além de serem responsáveis por enfraquecer a imunidade do organismo, o que pode acarretar sintomas mais intensos das infecções respiratórias (GONZAGA; FREITAS, 2020).

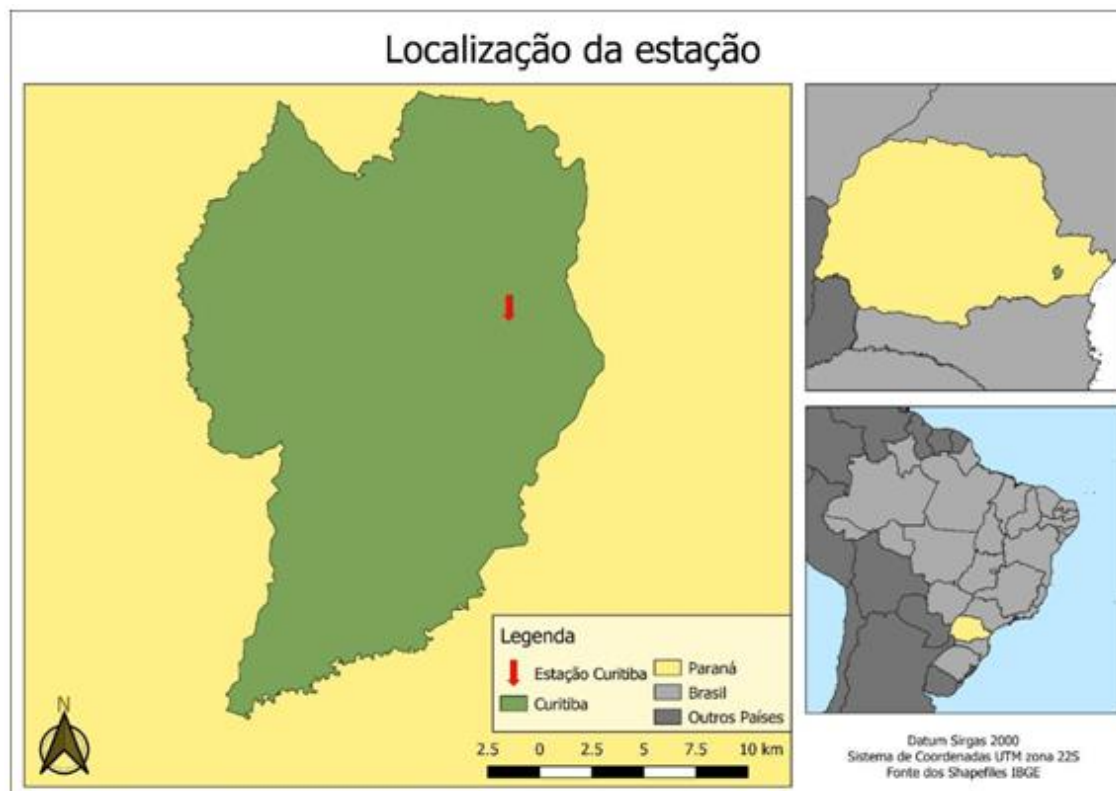
3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 LOCAL DE ESTUDO

O local do presente estudo foi o município de Curitiba, capital do estado do Paraná (FIGURA 1), e se encontra a 945 metros acima do nível do mar, com clima subtropical, possui uma população estimada em 2021 de 1.963.726 pessoas e uma área territorial de 434,892 km² (IBGE, 2021). A densidade demográfica é de 4.027,04 hab/km² e corresponde o IDHM (Índice de desenvolvimento humano municipal) de 0,823 de acordo com as informações do IBGE (IBGE, 2021).

É a cidade mais populosa da Região Sul do Brasil e conforme a classificação de Köppen-Geiger, o clima de Curitiba é predominantemente mesotérmico com verões frescos (Cfb), com invernos tipicamente secos, sendo fevereiro o mês mais quente com temperatura média de 22°C, e junho o mês mais frio, com temperatura média de 18°C podendo atingir até -5°C. O inverno tem característica de clima tropical de altitude, sua extensão é de junho até agosto, e as temperaturas no inverno são bem baixas comparado aos padrões tropicais do Brasil, sendo considerada a capital mais fria do país (SILVEIRA; ROCHA; ALVES, 2017).

FIGURA 1: LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO, ESTAÇÃO AUTOMÁTICA DO INMET EM CURITIBA PR



FONTE: O Autor (2022).

3.2 DADOS METEOROLÓGICOS

Os dados das variáveis ambientais que foram utilizados para este estudo foram coletados do site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) da estação meteorológica de Curitiba (Código:A807), e que se localiza na latitude: -25.4486111° , longitude: -49.23055554° e altitude de 922.91m com periodicidade diária na medição.

O equipamento é automático e consta com coleta de dados diários. As variáveis utilizadas para as análises neste trabalho foram: Precipitação total (mm), Temperatura máxima diária ($^{\circ}\text{C}$), Temperatura média diária ($^{\circ}\text{C}$), Temperatura mínima diária ($^{\circ}\text{C}$), Umidade relativa do ar média diária (%), Umidade relativa do ar mínima diária (%), Vento rajada máxima diária (m/s), Vento velocidade média diária (m/s) e Radiação Solar ($\text{MJ}/\text{m}^2/\text{dia}$).

O período analisado dos dados obtidos através do INMET correspondeu 20/03/2020 até 17/10/2021. Cada variável ambiental foi agrupada de acordo com os 14 dias anteriores da data de registro correspondente ao dia da notificação de caso

de COVID-19, o prazo de 14 dias foi definido de acordo com o tempo máximo de incubação do SARS-CoV-2 definido pela Organização Mundial da Saúde (CRUZ, 2022).

3.3 OBTENÇÃO DOS DADOS DAS NOTIFICAÇÕES DE CASOS DE COVID-19 NO MUNICÍPIO DE CURITIBA-PR

A base de dados de número de notificações diárias de COVID-19 foi extraída do site do Ministério Público do Paraná que disponibiliza um painel de monitoramento da COVID-19, com a situação da pandemia no estado. O painel reúne dados oficiais, disponibilizados diariamente pela Secretaria da Saúde do Paraná (SESA), sendo possível acompanhar os registros de casos diários, o número de óbitos e a ocupação dos leitos de UTIs de maneira atualizada. Com o intuito de evitar fatores confundidores nas análises, tais como o programa de vacinação contra a COVID-19, o período avaliado foi de 03/04/2020 até 31/10/2021.

3.4 TRATAMENTOS DOS DADOS

Inicialmente traçou-se um perfil epidemiológico do período avaliado considerando o número total de casos e os óbitos registrados. Com o intuito de apresentar a correlação entre casos confirmados registrados no dia e as variáveis ambientais correspondente ao dia da notificação.

Os dados foram tratados estatisticamente de forma individual, e em conjunto; o número de casos do dia era correlacionado com as variáveis meteorológicas registradas 14 dias antecedentes, o prazo de 14 dias foi definido de acordo com o tempo máximo de incubação do SARS-CoV-2 definido pela Organização Mundial da Saúde (CRUZ, 2022), esse prazo forneceu mais relevância nos coeficientes encontrados e um melhor entendimento do comportamento entre o meio ambiente e a proliferação do Coronavírus.

Deste modo, o período avaliado correspondeu às notificações de casos de Coronavírus de 03/04/2020 até 31/10/2021 e o das variáveis do clima foi de 20/03/2020 até 17/10/2021. As avaliações estatísticas foram agrupadas por mês (de 01/04/2020 até 31/10/2021) e em estações do ano.

Para a avaliação das estações do ano de 2020, os meses foram agrupados da seguinte forma, considerando o período de 14 dias para análises da correlação: Outono/20 do dia 03/04/2020 até dia 04/07/2020; Inverno/20 do dia 05/07/2020 até 5/10/2020; Primavera/20 foi utilizado o intervalo de dados do período de 06 de outubro de 2020 até 03 de janeiro de 2021; e o Verão/20-21 correspondeu a 04 de janeiro de 2020 até 2 de abril de 2021.

Para o ano de 2021, a estação outono foi utilizado o intervalo de dados de 03 de abril de 2021 até 04 de julho de 2021 (Outono/21), a estação inverno foi utilizado o intervalo de dados do dia 05 de julho de 2021 até 5 de outubro e 2021 (Inverno/21). A estação primavera foi utilizado um intervalo pequeno de dados do dia 06 de outubro de 2021 até 31 de outubro de 2021 (Primavera/21).

Os dados também levaram em conta o período de Vacinação, uma vez que a imunização poderia confundir os resultados. Assim, os dados utilizados para esse cenário foram dos casos diários de COVID-19, do 03/04/2020 até um dia antes do início da vacinação no estado do Paraná: 20/01/2021. Por fim, os dados foram agrupados com bases nos boletins epidemiológicos fornecidos pelos portais eletrônicos da saúde em Curitiba em: Início da pandemia, Segunda onda, Terceira Onda e Quarta onda.

No intervalo Início da pandemia utilizaram-se os casos registrados no intervalo do dia 01/04/2020 até 30/06/2020, nesse período caracterizado pelos primeiros meses da pandemia em Curitiba as variáveis do clima foram utilizadas do período 18/03/2020 até 16/06/2020, esse início realizou-se muitos ajustes nos procedimentos, protocolos, registros de casos e testagem.

Na segunda onda, o intervalo de casos diários de COVID-19 utilizado foram baseados nos decretos e boletins epidemiológicos, o período escolhido foi da semana epidemiológica 33 a 53 compreendido pelo intervalo entre 09/08/2020 até 02/01/2021.

Para avaliar a Terceira onda, o intervalo de dados meteorológicos utilizado nesse cenário foi do dia 18/12/2020 até 16/04/2021, já para o intervalo de casos, foram analisados os infectados devidamente registrados de coronavírus do período do dia 01/01/2021 até 30/04/2021.

Ademais, para a Quarta onda os dados utilizados para verificação das variáveis do clima foi de 17/04/2021 até 17/08/2021 e o período de dados dos casos confirmados foi do dia 01/05/2021 até 31/08/2021,

A regressão linear múltipla utilizou os dados somente dos cenários da Segunda e Terceira Onda, devido à inconsistência dos demais cenários verificados em análises preliminares.

3.5 MÉTODO DE CORRELAÇÃO LINEAR DE PEARSON RELACIONANDO NÚMERO DE CASOS DIÁRIOS E VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS

O coeficiente de correlação de Pearson pode ser representado por ρ , e é um método muito usado para medir a correlação entre duas variáveis (BRITTO et al., 2009; Equação 1).

No presente estudo, o número de casos diários foi correlacionado com as 11 variáveis ambientais: Precipitação total (mm), Temperatura máxima diária(°C), Temperatura média diária(°C), Temperatura mínima diária (°C), Umidade relativa do ar média diária (%), Umidade relativa do ar mínima diária (%), Vento rajada máxima diária (m/s), Vento velocidade média diária (m/s) e Radiação Solar (MJ/m²/dia).

$$\rho = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} = \frac{\text{cov}(X, Y)}{\sqrt{\text{var}(X) \cdot \text{var}(Y)}}$$

(Equação 1)

Onde:

ρ : Coeficiente de correlação de Pearson (estima a intensidade e a direção entre as variáveis)

x_i e y_i : Variáveis

\bar{x} e \bar{y} : Médias das variáveis.

Interpretação dos resultados:

$\rho = 1$, Correlação direta, tem a correlação positiva perfeita entre as duas variáveis.

$\rho = -1$, tem uma correlação negativa perfeita entre as duas variáveis. Se uma aumenta, a outra sempre diminui uma correlação inversa.

- 0,9 positivo ou negativo correlação muito forte.

- 0,7 a 0,9 positivo ou negativo correlação forte.
- 0,5 a 0,7 positivo ou negativo correlação moderada.
- 0,3 a 0,5 positivo ou negativo correlação fraca.
- 0 a 0,3 positivo ou negativo correlação desprezível.
- $\rho = 0$, significa que as duas variáveis não dependem linearmente uma da outra.

Dentre as vantagens do método estão a independência do valor para qualquer unidade, e quanto maior a amostra, maior a acurácia da correlação.

3.6 MÉTODO DE REGRESSÃO LINEAR MÚLTIPLA PARA NÚMERO DE CASOS DIÁRIOS DE COVID-19 E VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS

Além da busca do entendimento da possível relação entre as variáveis meteorológicas e os casos diários registrados de COVID-19 na cidade de Curitiba, que foi realizada anteriormente de forma individual através da correlação de Pearson, buscou-se entender qual é essa relação de forma conjunta, e como essas variáveis se comportam, e como poderiam relacionar o número de casos diários através de uma regressão múltipla.

A técnica estatística utilizada neste estudo foi a regressão linear múltipla, de acordo com Hoffmann (2016), escrever um modelo, com n observações, que explicará a variável dependente ou resposta Y , em termos de X variáveis independentes, significa escrever a seguinte equação (Equação 2):

$$Y_j = \beta_0 + \beta_1 X_{1j} + \beta_2 X_{2j} + \dots + \beta_k X_{kj} + u_j = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i X_{ij} + u_j ,$$

(Equação 2)

Onde $j=1,2,\dots,n$

Y_j = Variável dependente

X_{ij} = Variável independente

β_0 = Coeficiente linear da reta de regressão

β_i = Coeficiente calibrado

Além disso, usou-se para o modelo um nível de confiança de 95%.

As variáveis analisadas para a 2ª Onda (casos registrados do dia 09/08/2020 até 01/01/2021) e 3ª Onda (01/01/2021 até 30/04/2021) foram: Precipitação total (mm); Precipitação (mm), Pressão atmosférica média (PatmMéd, mb), Temperatura máxima diária (Tmáx, °C), Temperatura média diária(°C) (Tméd, °C), Temperatura mínima diária (Tmín, °C), Umidade relativa do ar média diária (Uméd, %), Umidade relativa do ar mínima diária (Umín, %), Vento rajada máxima diária (Vmáx, m/s), Vento velocidade média diária (Vméd, (m/s) e Radiação Solar (RadSol, MJ/m²/dia).

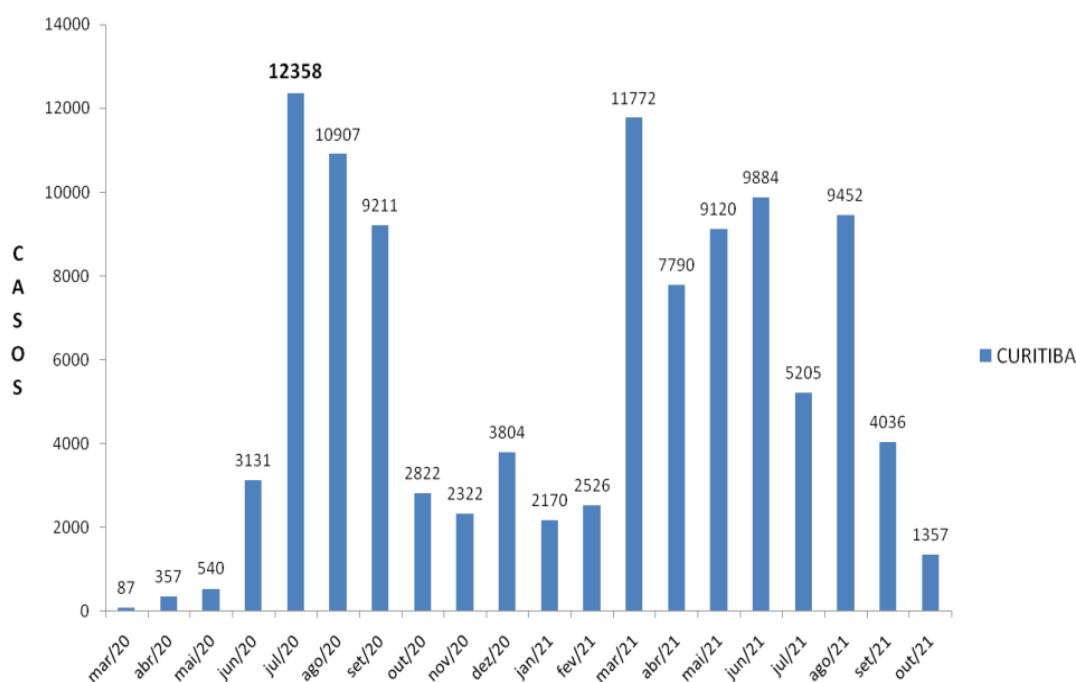
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

No período dos dados estudados do intervalo do dia 3/04/2020 até 31/10/2021, Curitiba teve um total de 108.753 casos confirmados de COVID-19 com um total de 7.838 óbitos com uma média de 188 casos por dia com desvio padrão de (± 196).

4.1 CASOS MENSAIS DIAGNOSTICADOS NO MUNICÍPIO DE CURITIBA

Os resultados mostraram que no mês de julho de 2020, Curitiba apresentou o maior número de casos registrados naquele ano, com um total de 12.358; já no ano de 2021 o mês que alcançou o maior número de casos confirmados foi março com 11.772 (FIGURA 2).

FIGURA 2: TOTAL DE CASOS REGISTRADOS NO MÊS NO PERÍODO MARÇO DE 2020 ATÉ OUTUBRO 2021 NO MUNICÍPIO DE CURITIBA-PR.



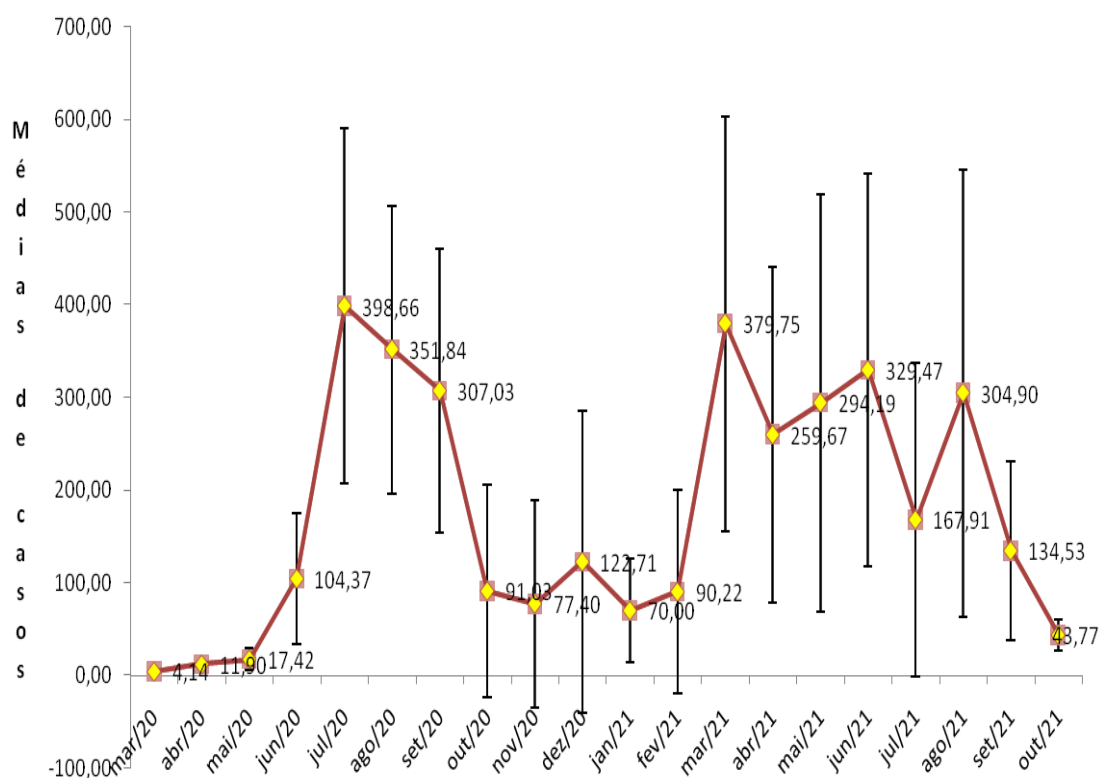
FONTE: O autor (2022).

4.2 MÉDIAS DE CASOS DE COVID-19 REGISTRADOS EM CURITIBA

No período estudado, as maiores médias de casos de COVID-19 registrados no dia no ano de 2020 foram em julho com 398 (± 191 ; média \pm desvio padrão), agosto com 351 (± 155) e setembro com 307 (± 153) casos por dia.

No ano de 2021, entretanto, as maiores médias foram obtidas em março com 379 (± 224), junho com 329 (± 211) e agosto de 304 (± 241) (FIGURA 3).

FIGURA 3: MÉDIAS DE CASOS DE COVID-19 REGISTRADOS NO DIA DA CIDADE DE CURITIBA. RESULTADOS EXPRESSOS EM MÉDIA \pm DESVIO PADRÃO



FONTE: O autor (2022)

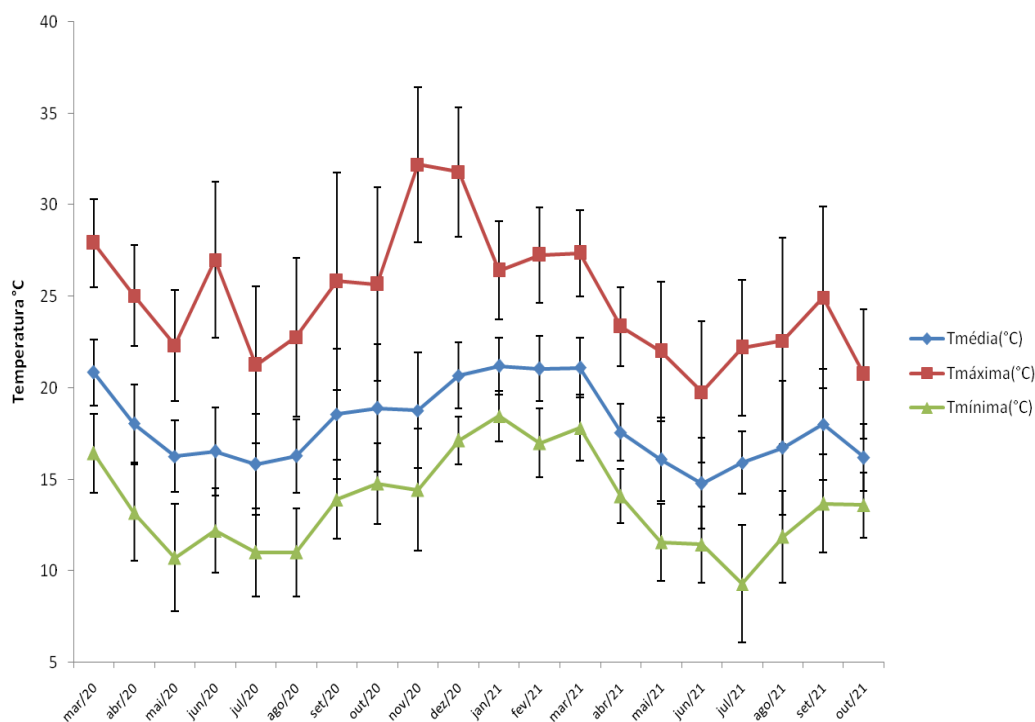
4.3 VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS EM CURITIBA

Observou-se que a temperatura máxima obteve o maior valor no mês de novembro de 2020 onde registrou uma média de 32°C (± 4) e o menor valor em julho com 21,25°C (± 4), em 2021 as maiores médias foram alcançadas nos meses de fevereiro 27,25°C ($\pm 2,63$) e março 27,36 ($\pm 2,3$), o menor obteve-se no mês de junho 19,77 ($\pm 3,8$) (FIGURA 4).

A variável temperatura média apresentou um desvio padrão baixo durante todo o período estudado. O valor máximo de variação em relação a média foi de 3°C para mais ou para menos. Em 2020, a maior temperatura média registrada foi em março com 20.84 ($\pm 1,7$) e a menor foi em julho 15°C (± 2), em 2021 a maior alcançada foi em janeiro fevereiro e março com médias similares 21°C (± 2), e a menor foi em junho com 14°C (± 2).

A menor média da temperatura mínima em 2020 foi registrada nos meses de maio com 10°C (± 2), e a maior mínima foi registrada em dezembro com 17°C ($\pm 1,3$). Em 2021 a média mais baixa foi registrada em julho com 9°C (± 3), e a maior mínima foi em janeiro com 18°C (± 1) (FIGURA 4).

FIGURA 4: MÉDIAS DAS TEMPERATURAS (MÉDIA, MÁXIMA E MÍNIMA). RESULTADOS EXPRESSOS EM MÉDIA \pm DESVIO PADRÃO.



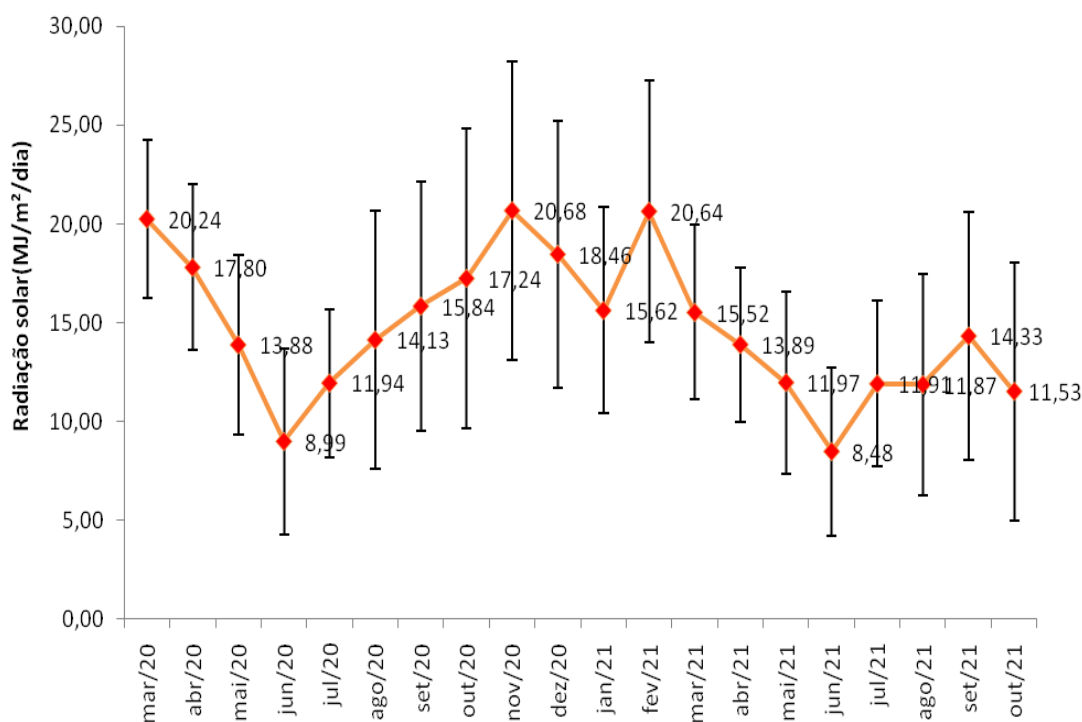
FONTE: O autor (2022).

A variável Radiação Solar durante o período estudado apresentou médias superiores a 20 MJ/m²/dia para os meses de março e novembro de 2020 e fevereiro de 2021. Já os meses que mais variaram, observados pelo desvio padrão, foram: agosto, setembro, outubro, novembro e dezembro de 2020 e fevereiro, setembro e outubro de 2021 (FIGURA 5).

Os menores valores de médias registradas durante o período estudado de 2020 foram nos meses de maio com 13,88 (MJ/m²/dia; $\pm 4,55$), junho 8,99 (MJ/m²/dia; $\pm 4,69$), julho 11,9 (MJ/m²/dia; $\pm 3,73$) e agosto 14 (MJ/m²/dia; $\pm 6,5$). No ano de 2021, abril registrou 13,89 (MJ/m²/dia; $\pm 3,89$), maio 11,96 (MJ/m²/dia; $\pm 4,59$), junho com a menor 8,4 (MJ/m²/dia; $\pm 4,2$), julho com 11,9 (MJ/m²/dia; $\pm 4,1$), agosto com 11,8 (MJ/m²/dia; $\pm 5,5$) e outubro 11,52 (MJ/m²/dia; $\pm 6,5$).

Os valores das maiores médias encontradas nos meses de 2020 foram em março com 20,24 (MJ/m²/dia; $\pm 4,02$), novembro com 20,67 (MJ/m²/dia; $\pm 7,5$), e no período de 2021 o mês de fevereiro com 20,63 (MJ/m²/dia; $\pm 6,60$).

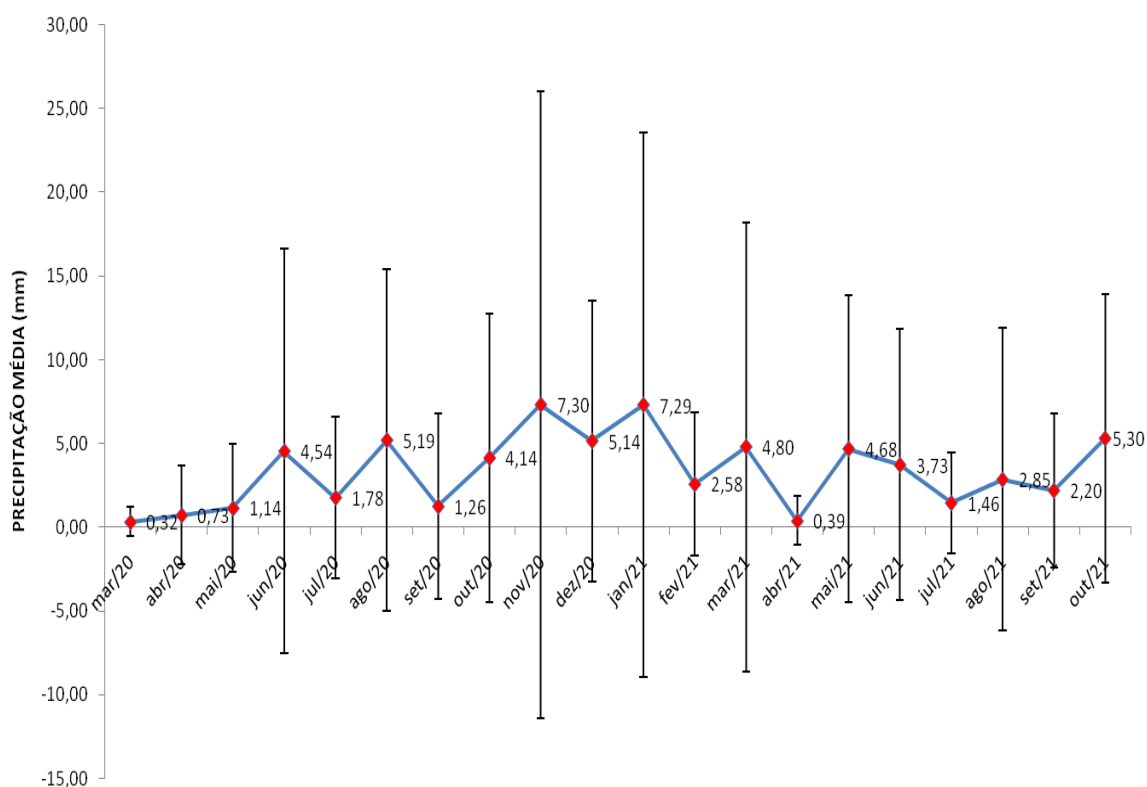
FIGURA 5: MÉDIAS DA RADIAÇÃO SOLAR NO MUNICÍPIO DE CURITIBA-PR. RESULTADOS EXPRESSOS EM MÉDIA \pm DESVIO PADRÃO.



FONTE: O autor (2022).

A variável precipitação obteve valores baixos durante todo o período estudado, com uma média de 3,3 mm (± 2), reflexo da crise hídrica que o estado do Paraná estava enfrentando durante esse período. As maiores médias e os maiores desvios padrão foram de 7,5 mm ($\pm 18,7$) no mês de novembro de 2020 e em janeiro de 2021 com 7,2 mm ($\pm 16,2$; FIGURA 6).

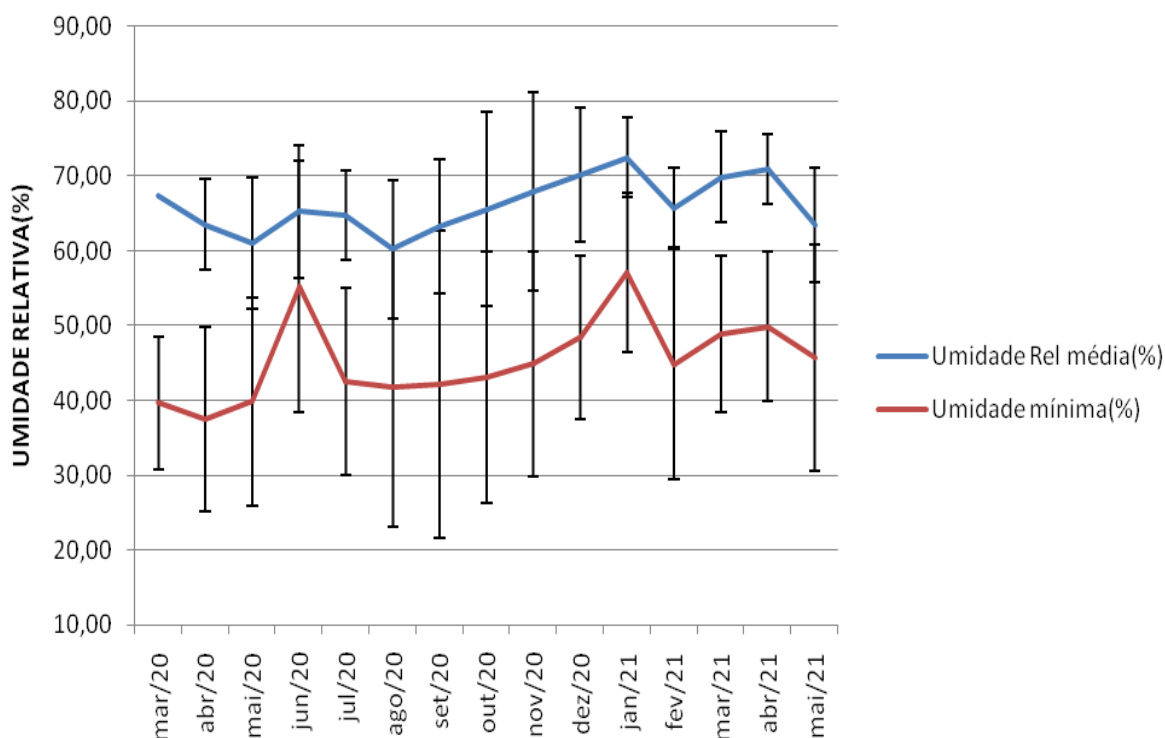
FIGURA 6: MÉDIAS DA PRECIPITAÇÃO E DESVIO PADRÃO NA BARRA DE ERRO DO MUNICÍPIO DE CURITIBA-PR.



FONTE: O autor (2022).

A umidade relativa média do ar apresentou a maior média no mês de dezembro de 2020 com 70,21% (± 5) e a menor em agosto com 60% (± 8), em 2021 janeiro apresentou a maior média com 72% (± 5) e a menor em maio com 63% (± 9) (FIGURA 7). A umidade mínima do ar registrou a menor média em 2020 no mês abril com média de 37,4% ($\pm 12,3$) e a maior em junho com 55% (± 16) em 2021 a menor foi registrada fevereiro com 44,82 (± 15) e a maior em janeiro 57% (± 10) exceto para os meses julho, agosto e setembro que apresentaram dados inconsistentes (FIGURA 7).

FIGURA 7: UMIDADE RELATIVA DO AR (MÉDIA E MÍNIMA) NO MUNICÍPIO DE CURITIBA- PR. RESULTADOS EXPRESSOS EM MÉDIA \pm DESVIO PADRÃO.

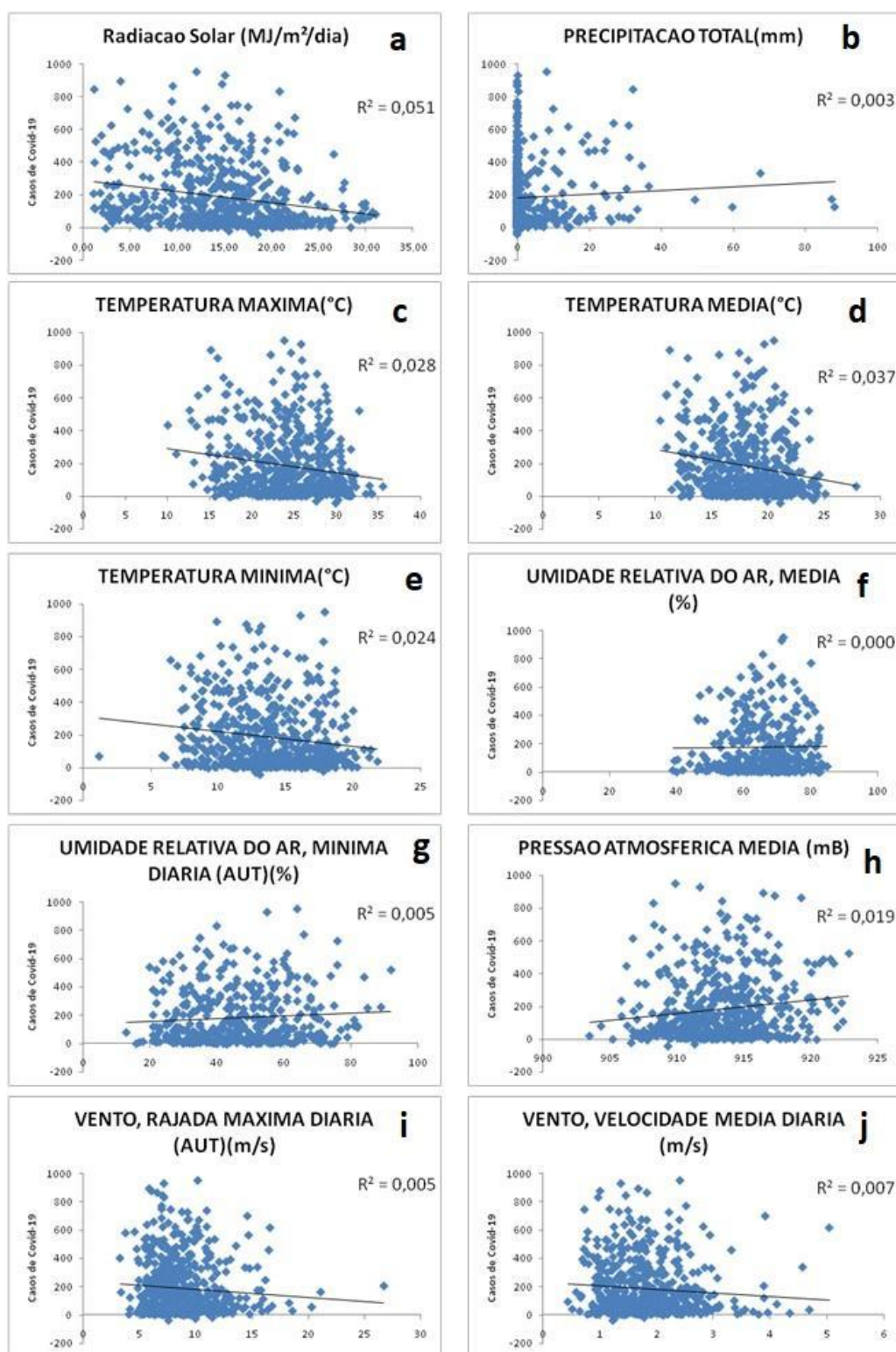


FONTE: O autor (2022).

4.4 REGRESSÕES LINEARES SIMPLES ENTRE AS VARIÁVEIS CLIMÁTICAS E OS CASOS DE COVID-19

Observou-se que o coeficiente de determinação R^2 foi baixo em todas as verificações (FIGURA 8), as variáveis apresentaram os seguintes coeficientes: Radiação solar (FIGURA 8-a) $R^2=0,051$, temperatura máxima (FIGURA 8-c) $R^2=0,028$, temperatura média (FIGURA 8-d) $R^2=0,037$, temperatura mínima (FIGURA 8-e) $R^2= 0,024$, precipitação (FIGURA 8-b) $R^2=0,003$, umidade relativa do ar média (FIGURA 8-f) $R^2=0$, umidade relativa do ar mínima (FIGURA 8-g) $R^2=0,005$, vento rajada máxima (FIGURA 8-i) $R^2=0,05$, vento velocidade média (FIGURA 8-j) $R^2=0,007$, pressão atmosférica (FIGURA 8-h) $R^2=0,019$.

FIGURA 8: REGRESSÃO LINEAR DAS VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS E CASOS DE COVID-19 DE CURITIBA-PR



FONTE: O autor (2022).

4.5 CORRELAÇÃO DE PEARSON

4.5.1 CENÁRIO 1: CORRELAÇÕES EM CURITIBA PERÍODO DE MARÇO DE 2020 ATÉ OUTUBRO 2021

Observou-se que os coeficientes de correlação entre o número de casos diários registrados e as variáveis meteorológicas foram desprezíveis, evidenciando a necessidade de cenários distintos para análises individualizadas das variáveis, conforme são apresentadas a seguir.

4.5.2 CENÁRIO 2: CORRELAÇÕES POR MÊS

A Tabela 1 apresenta os meses avaliados no período com suas respectivas correlações às variáveis ambientais. Para o ano de 2020, as variáveis Temperatura média diária ($^{\circ}\text{C}$), Vento rajada máxima diária (m/s) apresentaram valores de coeficiente de correlação desprezíveis na faixa de 0 a 0,3 (com correlações positiva e negativa).

No mês de maio de 2020 algumas variáveis se destacaram com coeficientes de correlação moderado: Precipitação total (mm) com coeficiente positivo (0,4) e a variável Radiação Solar ($\text{MJ}/\text{m}^2/\text{dia}$) com coeficiente negativo (-0,4). As variáveis Pressão atmosférica média (mb) e Temperatura máxima diária ($^{\circ}\text{C}$) apresentaram coeficiente negativo de -0,3.

Em maio de 2020 já com a propagação das transmissões comunitárias e da aceleração inicial da pandemia na cidade de Curitiba, os resultados das variáveis climáticas sugerem que em uma condição com baixa precipitação com média de 0,25mm ($\pm 0,95$) e o aumento da radiação solar e da temperatura máxima, pode vir a diminuir o número de casos diários de COVID-19 (Radiação solar (-0,4), temperatura máxima (-0,3)).

A inferência pode ser discutida levando em consideração o comportamento do vírus ativo no ambiente em forma de aerossol, já que a radiação ultravioleta da luz solar é o principal agente virucida do meio ambiente, e a inativação do coronavírus pode sofrer grande influência dos índices de radiação solar no ambiente (SAGRIPANTI; LYTLE, 2020).

TABELA 1: COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO DO INTERVALO DE MESES

Mês	Ano	NCovi19 × Precipitação total (mm)	NCovi19 × Pressão atmosférica média(mb)	NCovi19 × Temperatura máxima diária(°C)	NCovi19 × Temperatura média diária(°C)	NCovi19 × Temperatura mínima diária (°C)	NCovi19 × Umidade relativa do ar média diária(%)	NCovi19 × Umidade relativa do ar mínima diária(%)	NCovi19 × Vento rajada máxima diária (m/s)	NCovi19 × Vento velocidade média diária(m/s)	NCovi19 × Radiação Solar (MJ/m ² /dia)
		ρ									
Abril	2020	-0,1962	-0,0459	0,0174	0,0158	0,0375	0,2154	0,0020	0,0012	0,1116	-0,1276
Maio	2020	0,4028	-0,3026	-0,3279	-0,1054	0,0005	0,0137	0,2567	-0,2111	-0,0864	-0,4028
Junho	2020	0,0350	0,3853	-0,0808	0,0388	0,3474	0,2583	0,4152	-0,1947	-0,2552	-0,4850
Julho	2020	0,1372	-0,1600	-0,2077	-0,2267	-0,3335	-0,3003	-0,2017	0,0119	0,3543	0,1368
Agosto	2020	0,0371	-0,0789	-0,0387	-0,1174	0,0765	0,3441	0,0682	0,1280	0,2128	-0,1120
Setembro	2020	0,3710	-0,3236	-0,0555	0,0136	0,0064	-0,2581	-0,0315	0,0762	-0,2077	-0,1366
Outubro	2020	-0,1348	0,2195	-0,1772	-0,1864	-0,2738	0,2171	0,0760	-0,0832	0,0558	-0,1225
Novembro	2020	0,6095	0,0662	-0,2331	-0,2479	-0,0471	-0,2158	-0,1625	-0,0813	0,0916	-0,3608
Dezembro	2020	0,0311	0,0579	-0,0940	-0,1441	-0,1096	0,0667	0,1349	-0,1931	-0,3343	-0,0868
Janeiro	2021	-0,0908	0,0861	-0,1896	-0,0840	0,1058	0,1973	0,2640	0,0693	0,0418	-0,2158
Fevereiro	2021	0,0592	-0,1020	-0,0839	-0,2233	-0,2275	0,1556	-0,0481	-0,1271	0,0823	-0,0076
Março	2021	0,0144	0,1734	-0,3120	-0,3756	-0,2901	-0,0897	0,1728	-0,1355	-0,2194	-0,1905
Abril	2021	0,1118	-0,0308	-0,1554	-0,1544	-0,0085	0,2639	0,0821	-0,0404	0,2482	-0,0272
Maio	2021	0,5398	0,0352	-0,2349	-0,2844	-0,1253	0,1218	0,1621	-0,0508	0,0388	-0,5076
Junho	2021	-0,2372	0,4066	0,0288	-0,0324	0,1762	0,4031	0,2366	-0,1932	-0,2750	-0,4624
Julho	2021	-0,0820	0,0306	-0,2008	-0,3405	0,0488	x	x	-0,2607	0,0140	-0,1832
Agosto	2021	-0,1273	0,2300	0,0539	0,1717	0,2813	x	x	-0,0784	-0,1129	-0,1081
Setembro	2021	-0,0296	0,2402	-0,0963	-0,1774	-0,1340	x	x	-0,1390	0,0903	-0,0232
Outubro	2021	0,0227	0,3381	-0,0318	-0,1614	-0,1340	x	x	0,0422	-0,0705	0,0096

Fonte: O autor (2022)

Além disso, o resultado similar foi encontrado por Cruz (2022), onde constatou que a correlação negativa de Temperatura máxima e Radiação Solar, como as encontradas neste trabalho, diminuíram os casos diários da COVID-19.

No mês de junho, período correspondente a 18/05/2020 até 16/06/2020, e que antecede a chegada do inverno na cidade de Curitiba, apresentou uma média de 104 (± 71) casos diários de COVID-19, e registrou médias de Radiação Solar de 10,59 (MJ/m²/dia, $\pm 5,43$) e de temperaturas mínimas de 11,7°C (± 3) e máximas de 21°C (± 3).

Nesse período, o coeficiente de correlação das variáveis apresentaram valores fracos no intervalo de 0,3 até 0,4 para as variáveis Pressão atmosférica média (mb; 0,3), Temperatura mínima diária (°C; 0,3), Umidade relativa do ar mínima diária (%; 0,4) e Radiação Solar (MJ/m²/dia; -0,4).

Alves et al. (2020) sugere que a capacidade do vírus infectar novos hospedeiros diminui quando as temperaturas estão acima de 38 °C e a umidade relativa é superior a 95%, sugerindo que a melhor estabilidade e transmissão do vírus SRAS-CoV2 está em baixa temperatura e ambiente de baixa umidade. Isso corrobora com os resultados encontrados neste trabalho que mostra que o número de casos no mês de junho teve influência da variável umidade relativa mínima, que alcançou uma média de 47% (± 18).

A variável ambiental umidade relativa do ar apontou algumas respostas para os casos confirmados da doença, utilizaram os dados compreendidos entre 21 e 23 de janeiro de 2020 antes da intervenção no combate ao vírus dos governos locais o resultado mostrou que lugares com temperaturas mais elevadas e maior umidade relativa do ar têm menos disseminação da COVID-19 (ALVES et al., 2020).

O mês de Julho, início do inverno, é caracterizado por temperaturas e umidades relativas baixas, com uma média de 399 (± 191) casos notificados de COVID-19 nesse mês, a média de temperatura máxima foi de 21°C (± 4) e de mínima de 10°C (± 2), a radiação solar alcançou uma média de 11,17 MJ/m²/dia ($\pm 3,64$) e 64% (± 7) de umidade relativa média. As variáveis que atingiram valores de coeficiente de correlação fraco foram: Vento velocidade média diária (m/s) com 0,3, Temperatura mínima diária (°C) com -0,3, Umidade relativa do ar média diária (%) de -0,3.

Em estudo realizado avaliando a relação entre condições meteorológicas, poluição atmosférica e infecções respiratórias virais relacionadas à COVID-19, a

umidade relativa do ar foi a variável que apresentou a menor correlação com a doença, temperatura com correlações negativas são significativas quando se considera lapsos avançados no tempo e velocidade do vento com correlações negativas significativas para lapsos defasados (GONZAGA; FREITAS, 2020), o que corroboram com os resultados encontrados neste trabalho que mostraram que quando os parâmetros de temperatura mínima e umidade relativa aumentam, as contaminações tendem a baixar.

Essas inferências estatísticas podem ser explicadas devido ao fato de infecções respiratórias possam ser agravadas em locais com um alto índice de poluição e lugares com clima frio e seco, os quais apresentam condições meteorológicas desfavoráveis para a dispersão dos poluentes (GONZAGA; FREITAS, 2020).

No mês de agosto o único coeficiente de relevância foi Umidade relativa do ar média diária com (0,3). No mês de setembro os casos da doença tiveram coeficientes de correlação fracos para a variável Precipitação total com (0,3) e Pressão atmosférica média com (0,3). Esse período apresentou baixa precipitação média de 2,2 mm. No mês de outubro o intervalo estudado apresentou coeficientes de correlação desprezíveis para todas as variáveis.

Em novembro Precipitação total com média de 4,46 mm ($\pm 11,05$) apresentou coeficiente moderado positivo (0,6), considerando formas semelhantes de transmissão entre gripe e COVID-19, o aumento da precipitação pode aumentar o número de infecções, devido a diminuição da evaporação das gotículas, propiciando a acomodação facilitada do vírus em superfícies (WEI et al., 2020).

A Radiação Solar apresentou coeficiente fraco de (-0,3), e nesse período a média de casos diários de COVID-19 registrados foi de 77 (± 112) e a média de radiação solar foi de 18,91 MJ/m²/dia.

Em dezembro, a variável Vento velocidade média diária(m/s) apresentou coeficiente fraco negativo de (-0,3). Além da relevância da radiação solar, outro fator foi a velocidade média do vento, com coeficiente negativo (-0,3). Estudos sugerem que valores altos de velocidade podem interferir nos casos de coronavírus, e o contrário também é verdadeiro, pois ambientes com alto nível de poluentes e com baixas velocidades do vento podem influenciar e sustentar a permanência de agentes virais, promovendo a difusão do COVID-19 e outras doenças infecciosas (COCCIA, 2021).

No período de 2020, os meses avaliados apresentaram relevância nos coeficientes de correlação nas variáveis tais como umidade, radiação solar, temperatura e precipitação, sugerindo inferir essa relação com os novos casos de COVID-19, já que, segundo Zoran et al. (2022), as principais variáveis físicas do clima geralmente consideradas com efeito potencial na persistência do vírus SARS-CoV-2 ao ar livre, incluem temperatura do ar, umidade relativa, intensidade e direção da velocidade do vento e da radiação solar, como as relatadas neste trabalho.

No período de 2021, os meses analisados foram do intervalo de janeiro até outubro, as correlações entre as variáveis ambientais no período de 14 dias antes do registro dos casos de COVID-19 dia obtiveram-se coeficientes relevantes foram: as variáveis Temperatura máxima diária(°C), Temperatura média diária, Precipitação total, Radiação Solar, Umidade relativa do ar média diária e Pressão atmosférica média.

O intervalo de dados dos meses de janeiro e fevereiro de 2021, não apresentou nenhum coeficiente de correlação relevante.

Janeiro apresentou médias de temperatura máxima, média, mínima e radiação solar de 27°C ($\pm 2,4$), 21°C ($\pm 1,6$), 18°C ($\pm 1,7$) e 19 MJ/m²/dia (± 5), respectivamente.

Para fevereiro as médias foram de 26°C ($\pm 2,5$), 20°C ($\pm 1,6$), 17°C (± 2) e 17 MJ/m²/dia ($\pm 6,7$), respectivamente. As médias de casos registrados nesses meses foram 70 (± 56) casos por dia em janeiro e de 90 (± 109) casos por dia em fevereiro. No mês de março de 2021, as variáveis Temperatura máxima diária e Temperatura média diária foram as que obtiveram coeficientes de correlação relevantes, ambas negativas de valor (-0,3). Nesse mesmo mês a média de casos de COVID-19 no dia foi de 380 (± 224) casos, mostrando uma tendência de aumento de novos casos.

No mês de abril de 2021 a média de casos diários foi de 260 (± 181), e os valores dos coeficientes de correlação foram desprezíveis na faixa de 0 a 0,3 positivos e negativos. O mês de maio de 2021 se caracterizou pelo aumento dos casos de COVID-19, as médias diárias de casos permanecem altas, em maio alcançou 294 (± 225) casos por dia. A Precipitação total apresentou um coeficiente moderado positivo de (0,5) e Radiação Solar apresentou coeficiente negativo moderado de (-0,5). Nesse período a média de precipitação foi baixa (2,9 mm (± 8)) e a radiação solar apresentou média de 12,21 MJ/m²/dia ($\pm 4,2$).

Neste cenário, infere-se que para as duas variáveis o aumento da precipitação pode aumentar o número de casos diários devido ao aumento de nebulosidade diminuindo os níveis de radiação solar nos ambientes aumentando a sobrevivência do vírus.

A radiação solar com coeficiente negativo sugere uma tendência a diminuir casos diários devido a ação destrutiva da UV na cápsula proteica dos vírus (GONZAGA; FREITAS, 2020).

Em junho de 2021, com uma média de 329 (± 211) casos diários, a variável Radiação Solar apresentou coeficiente negativo de (-0,4) com média de 11,9 MJ/m²/dia. O aumento dessa variável pode influenciar na permanência do vírus em diversos ambientes, o Sars-Cov-2 pode ser inativado com a radiação solar e a temperatura nos efluentes domésticos (GOMES DE CARVALHO; AZEVEDO TEIXEIRA, 2020).

Em julho de 2021 todas as correlações foram desprezíveis levando em conta o coeficiente e os valores disponíveis para análise. Os meses de agosto e setembro de 2021 apresentaram coeficientes de correlação positivas e negativas no intervalo entre 0,1 e 0,3, sendo considerados desprezíveis. O mês de outubro apresentou médias de casos diários de 44 (± 16) e coeficiente de correlação fraca para variável Pressão atmosférica de 0,3.

4.5.3 CENÁRIO 3: CORRELAÇÕES POR ESTAÇÃO DO ANO CURITIBA

Os coeficientes de correlação de Pearson relacionando número de casos diários de COVID-19 e variáveis meteorológicas são mostrados na Tabela 2.

TABELA 2: COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO, INTERVALOS SEPARADOS POR ESTAÇÕES DO ANO

Estação do ano	NCovi19 x Precipitação total (mm)	NCovi19 x Pressão Atm. Méd.(mb)	NCovi19 x Temp máx(°C)	NCovi19 x Temp.méd. (°C)	NCovi19 x Temp. míni. (°C)	NCovi19 x Umidade rel. Méd (%)	NCovi19 x Umidade rel míni (%)	NCovi19 x Vento raj máx (m/s)	NCovi19 x Vento vel média (m/s)	NCovi19 x Rad. Solar (MJ/m ² /dia)
	ρ									
Outono/20	0,0846	0,2160	-0,1776	-0,1057	-0,0424	0,009	0,2699	0,1098	0,0045	-0,3693
Inverno/20	0,1858	-0,1570	-0,1148	-0,1105	-0,1593	-0,131	-0,0924	0,0927	0,1345	-0,0729
Primavera/20	0,1913	0,1560	-0,2145	-0,2131	-0,1025	0,163	0,1580	-0,1307	-0,0302	-0,1997
Verão/20-21	0,0240	0,0192	-0,1355	-0,2255	-0,1917	-0,113	-0,0094	-0,1668	-0,1788	-0,1416
Outono/21	0,2038	0,1653	-0,2320	-0,2959	-0,1831	0,215	0,1527	-0,1300	-0,0858	-0,3987
Inverno/21	-0,0138	0,2922	-0,1296	-0,1949	-0,1272	0,000	0,0000	-0,1546	-0,0570	-0,0927
Primavera/21	-0,0593	0,2586	-0,0174	-0,2138	-0,2359	0,000	0,0000	-0,1553	-0,0051	0,1216

Fonte: O autor (2022).

Durante o Outono de 2020, as correlações foram desprezíveis, exceto para Radiação Solar que apresentou um coeficiente fraco de (-0,3).

Esta estação registrou médias de temperatura máxima, média e mínima de 23°C (± 3), 17°C (± 2) e 12°C (± 3), respectivamente; e radiação solar de 14 MJ/m²/dia (± 5); e precipitação de 1,75 mm ($\pm 7,3$). Durante esse período houve o registro de 5.729 casos de COVID-19 com uma média de 62 (± 102) casos por dia. No Inverno de 2020, os coeficientes de correlação também foram desprezíveis, e as médias de temperatura máxima, média e mínima foram de 22°C (± 5), 16°C (± 2) e 11°C (± 2) respectivamente; radiação solar 13,2 MJ/m²/dia ($\pm 5,5$), e precipitação 2,58 mm ($\pm 6,9$). Foram registrados um total de 31.736 casos com uma média de 341 (± 172) casos por dia.

A Primavera de 2020 apresentou médias de temperatura máxima, média e mínima de 25°C (± 4), 19°C (± 3) e 15°C (± 2), respectivamente; radiação solar 18,28 MJ/m²/dia ($\pm 7,4$) e precipitação de 5,9 mm ($\pm 12,9$). Todos os coeficientes de correlação foram desprezíveis. Essa estação apresentou um total de 8.076 casos de COVID-19, com uma média de casos por dia de 90 (± 128).

No Verão/20-21 as médias de temperatura máxima, média e mínima foram de 26°C (± 2), 21°C ($\pm 1,5$) e 17°C ($\pm 1,6$), respectivamente; radiação solar de 17,8 MJ/m²/dia ($\pm 6,2$), e precipitação de 5 mm, e todos os coeficientes de correlação

foram negativos e positivos desprezíveis. O número de casos registrados foi de 17.758 com uma média de casos por dia de 200 (± 218).

Na estação do Outono 2021 a Radiação Solar apresentou um coeficiente fraco de (-0,3). As médias de temperatura máxima, média e mínima foram de 22°C ($\pm 3,1$), 17°C ($\pm 2,2$) e 13°C ($\pm 2,3$), respectivamente; radiação solar de 12,3 MJ/m²/dia ($\pm 3,9$), e precipitação de 2,6 mm ($\pm 4,1$). Foram registrados um total de 26.882 casos com uma média de 289 (± 206) casos por dia.

Na estação do Inverno 2021, o valor dos coeficientes de correlação foi desprezível para todas as variáveis. A Primavera 2021 contém sua base de dados, somente de dois meses devido ao intervalo de dados do estudo que finaliza no dia 31/10/2021. Durante esse período todos os coeficientes analisados foram desprezíveis.

4.5.4 CENÁRIO 4: PERÍODO ANTES DA VACINAÇÃO EM CURITIBA

A vacinação contra a COVID-19 no Paraná teve início no dia 21 de janeiro de 2021, e as correlações das variáveis climáticas no período pré-imunizante foram desprezíveis (Tabela 3).

TABELA 3: COEFICIENTES OBTIDOS NO PERÍODO ANTES DO INÍCIO DA VACINAÇÃO NO ESTADO DO PARANÁ

	Variáveis	ρ
1	NCovi19 x Precipitação total (mm)	-0,1327
2	NCovi19 x Temperatura máxima diária(°C)	-0,0032
3	NCovi19 x Temperatura média diária(°C)	-0,052
4	NCovi19 x Temperatura mínima diária (°C)	-0,0817
5	NCovi19 x Umidade relativa do ar média diária(%)	-0,0453
6	NCovi19 x Umidade relativa do ar mínima diária(%)	-0,0986
7	NCovi19 x Vento rajada máxima diária (m/s)	-0,2029
8	NCovi19 x Vento velocidade média diária(m/s)	-0,2145
9	NCovi19 x Radiação Solar (MJ/m ² /dia)	0,0427

Fonte: O autor (2022)

4.5.5 CENÁRIO 5: ANÁLISES BASEADAS NOS BOLETINS EPIDEMIOLÓGICOS EM CURITIBA-PR

4.5.5.1 INÍCIO DA PANDEMIA EM CURITIBA

Nesse cenário, o município já apresentava casos de transmissão comunitária com uma média de casos diários registrados de 44 (± 59). Nesse período foi observada correlação negativa e positiva entre as variáveis e os novos casos diários da COVID-19 (TABELA 4).

Destacou-se como mais significativa a Radiação Solar com (-0,57) com correlação moderada, outras que se destacaram como correlação fraca foram as de Temperatura máxima diária com -0,3 e Umidade relativa do ar mínima diária com 0,3.

TABELA 4: COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO DO INTERVALO DO INÍCIO DA PANDEMIA EM CURITIBA

	Variáveis	ρ
1	NCovi19 × Precipitação total (mm)	0,2252
2	NCovi19 × Temperatura máxima diária(°C)	-0,3541
3	NCovi19 × Temperatura média diária(°C)	-0,2468
4	NCovi19 × Temperatura mínima diária (°C)	-0,0517
5	NCovi19 × Umidade relativa do ar média diária(%)	-0,0284
6	NCovi19 × Umidade relativa do ar mínima diária(%)	0,3677
7	NCovi19 × Vento rajada máxima diária (m/s)	-0,0134
8	NCovi19 × Vento velocidade média diária(m/s)	-0,0274
9	NCovi19 × Radiação Solar (MJ/m ² /dia)	-0,5768

Fonte: O autor (2022)

Observou-se que quando a Radiação Solar e a temperatura máxima aumentavam, os novos casos diários da COVID-19 tendiam a diminuir, como já mencionado anteriormente, devido a ação da radiação solar (UV) inativar vários tipos de vírus (CRUZ, 2022).

A Temperatura máxima diária e a umidade relativa do ar mínima diária, com coeficiente de correlação fraco, devido o intervalo de dados meteorológicos estarem contidos boa parte do outono e indo para o inverno que possuem temperaturas mais

baixas, além de fornecer condições propícias para a sobrevivência e disseminação do vírus, também prejudicam a imunidade dos humanos devido o baixo suprimento oferecido pela circulação sanguínea nas células da mucosa nasal. Enquanto a baixa umidade pode reduzir a capacidade dos cílios das vias aéreas de remover partículas exógenas, e prejudicar a dinâmica das células de defesa, interferindo no muco nasal e ressecando-o. Assim, o revestimento da cavidade nasal torna-se frágil, favorecendo a invasão de vírus no trato respiratório superior o que pode aumentar o número de casos de infecções respiratórias (SUN et al., 2020), como foi evidenciado neste trabalho.

Em estudo conduzido por Chan et al. (2011), diferentes cenários de temperatura e umidade relativa do ar foram utilizadas para verificar a estabilidade de um tipo de coronavírus o SARS-CoV, e verificou-se que valores altos de temperatura e umidade relativa do ar tem um efeito sinérgico na inativação da viabilidade do vírus, enquanto temperaturas mais baixas e a baixa umidade favorecem a sobrevivência prolongada do vírus em superfícies contaminadas.

A relação entre a temperatura e a transmissão do vírus, apontaram que mesmo com medidas fortes de combate a pandemia em todos os locais da China, a temperatura teve influência no surgimento e disseminação da epidemia de COVID-19 em Wuhan e áreas vizinhas (WANG et al., 2020).

Observou-se ainda neste estudo que o vírus da SARS, semelhante ao vírus da COVID-19, tem sua transmissão influenciada pela temperatura e umidade. Estudo mostrou que o vírus fica ativo por pelo menos cinco dias em uma superfície lisa em um ambiente com temperatura de 22 a 25°C e umidade relativa de 40% a 50%, enquanto o aumento da temperatura para 38°C e a umidade relativa para 95% o vírus é inativado (WANG et al., 2020).

4.5.5.2 SEGUNDA ONDA EM CURITIBA-PR

Entre 09/08/2020 e 02/01/2021 houve um aumento significativo de casos, internações e óbitos após um período de várias semanas de bandeira amarela (SECRETARIA MUNICIPAL DA SAÚDE DE CURITIBA, 2021). Nesse período todos os coeficientes de correlação apresentaram valores desprezíveis (TABELA 5).

TABELA 5: COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO DO INTERVALO SEGUNDA ONDA

	Variáveis	ρ
1	NCovi19 × Precipitação total (mm)	0,078056
2	NCovi19 × Temperatura máxima diária(°C)	-0,21371
3	NCovi19 × Temperatura média diária(°C)	-0,27107
4	NCovi19 × Temperatura mínima diária (°C)	-0,28257
5	NCovi19 × Umidade relativa do ar média diária(%)	-0,05168
6	NCovi19 × Umidade relativa do ar mínima diária(%)	0,020188
7	NCovi19 × Vento rajada máxima diária (m/s)	-0,15909
8	NCovi19 × Vento velocidade média diária(m/s)	-0,1709
9	NCovi19 × Radiação Solar (MJ/m ² /dia)	-0,27951

Fonte: O autor (2022)

4.5.5.3 TERCEIRA ONDA EM CURITIBA-PR

Nesse período a média de casos foi de 202 (± 201) por dia, com um total de 24.259 casos de COVID-19 confirmados. Nenhuma variável ambiental avaliada apresentou coeficientes de correlações relevantes (TABELA 6).

TABELA 6: COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO DO INTERVALO TERCEIRA ONDA

	Variáveis	ρ
1	NCovi19 × Precipitação total (mm)	0,019667571
2	NCovi19 × Temperatura máxima diária(°C)	-0,17281234
3	NCovi19 × Temperatura média diária(°C)	-0,243338488
4	NCovi19 × Temperatura mínima diária (°C)	-0,195789124
5	NCovi19 × Umidade relativa do ar média diária(%)	-0,047269716
6	NCovi19 × Umidade relativa do ar mínima diária(%)	-0,008911253
7	NCovi19 × Vento rajada máxima diária (m/s)	-0,142122299
8	NCovi19 × Vento velocidade média diária(m/s)	-0,153799268
9	NCovi19 × Radiação Solar (MJ/m ² /dia)	-0,142541469

Fonte: O autor (2022).

4.5.5.4 QUARTA ONDA EM CURITIBA-PR

O cenário nomeado como quarta onda caracterizou-se por uma média de 274 (± 220) casos por dia com o um total de 33.661 casos confirmados. Esse cenário não apresentou nenhum coeficiente de correlação relevante (TABELA 7).

TABELA 7: COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO DO INTERVALO QUARTA ONDA

	Variáveis	ρ
1	NCovi19 \times Precipitação total (mm)	0,086129
2	NCovi19 \times Temperatura máxima diária(°C)	-0,040261
3	NCovi19 \times Temperatura média diária(°C)	-0,079935
4	NCovi19 \times Temperatura mínima diária (°C)	0,101962
5	NCovi19 \times Umidade relativa do ar média diária(%)	0,257830
6	NCovi19 \times Umidade relativa do ar mínima diária(%)	0,210398
7	NCovi19 \times Vento rajada máxima diária (m/s)	-0,136255
8	NCovi19 \times Vento velocidade média diária(m/s)	-0,085871
9	NCovi19 \times Radiação Solar (MJ/m ² /dia)	-0,245713

Fonte: O autor (2022)

4.6 REGRESSÃO LINEAR MÚLTIPLA

A regressão múltipla gerou os coeficientes de determinação calibrados $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4, \beta_5, \beta_6, \beta_7, \beta_8, \beta_9, \beta_{10}$, coeficiente linear ou de interseção β_0 e a equação de regressão múltipla com a estimativa do Números de Casos diários de COVID-19 (TABELA 8).

TABELA 8: REGRESSÃO MÚLTIPLA DOS CASOS DE COVID-19 E AS VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS DO PERÍODO SEGUNDA E TERCEIRA ONDA

Modelo	Nome	Equação	R ²	valor-P<0,05
1	2ª Onda	$Y = (0,32 \times \text{Precipitação (mm)}) + (7,50 \times \text{PatmMéd(mb)}) + (13,55 \times \text{Tmáx(°C)}) + (9,82 \times \text{Tméd(°C)}) + (-27,90 \times \text{Tmíni(°C)}) + (1,57 \times \text{Uméd(\%)}) + (-0,91 \times \text{Umíni(\%)}) + (-4,28 \times \text{Vmáx(m/s)}) + (-36,81 \times \text{Vméd(m/s)}) + (-11,15 \times \text{RadSol (MJ/m}^2\text{/dia)}) \times (-6585,68)$	0,24	RadSol (MJ/m ² /dia)
2	3ª Onda	$Y = (-1,07 \times \text{Precipitação (mm)}) + (-5,57 \times \text{PatmMéd(mb)}) + (4,20 \times \text{Tmáx(°C)}) + (-76,48 \times \text{Tméd(°C)}) + (50,63 \times \text{Tmíni(°C)}) + (-9,84 \times \text{Uméd(\%)}) + (-8,76 \times \text{Umíni(\%)}) + (-21,55 \times \text{Vmáx(m/s)}) + (37,82 \times \text{Vméd(m/s)}) + (-16,19 \times \text{RadSol (MJ/m}^2\text{/dia)}) \times (7419,21)$	0,20	RadSol (MJ/m ² /dia)

Fonte: O autor (2022)

Considerando-se o modelo de regressão linear múltipla para os novos casos diários da COVID-19, observa-se que o coeficiente de determinação R^2 , para o intervalo 2ª Onda foi capaz de explicar 24% dos casos registrados de COVID-19. Com base nesse conjunto de variáveis, a única que alcançou valor de $P < 0,05$ foi Radiação Solar (RadSol), corroborando com os levantamentos anteriormente feitos, inferindo que possui mais influência entre o número de casos de COVID-19 registrados.

Já para o intervalo estudado 3ª Onda o R^2 foi capaz de explicar 20% dos casos registrados no dia, e também a variável RadSol foi a mais influente ($P < 0,05$). Isto sugere que uma das possíveis relações entre casos de coronavírus e a radiação solar seja o comportamento do vírus suspenso no ar, e a inativação do mesmo em certos níveis de radiação, a inativação de 90% do SARS-CoV-2 ocorre após exposição ao sol do meio-dia, por um período de tempo que pode variar entre 11 a 34 minutos (SAGRIPANTI; LYTLE, 2020).

A relação meio ambiente e casos de COVID-19 também foram estudadas na cidade de Ponta Grossa PR, onde através de uma regressão linear múltipla, observou-se que a temperatura mínima do ar e a radiação solar foram capazes de explicar aproximadamente 22% dos novos casos diários da COVID-19 (CRUZ, 2022).

No entanto, cerca de 80% dos dados não foram possíveis explicar. Isso pode estar relacionado a outras variáveis que não foram avaliadas neste trabalho, como as sociais, a densidade da população, o comportamento da sociedade quanto ao isolamento e as medidas de distanciamento social, adoção de hábitos de higiene como lavar as mãos e uso de álcool gel, uso de máscara, além da sazonalidade do clima e de outras variáveis climáticas e atmosféricas que não foram analisadas tais como o material particulado, ozônio etc.

As variações climáticas condicionam o comportamento social, tais como as aglomerações, e isso pode resultar em maior ou menor propagação do Coronavírus (MARTÍNEZ; MORALES, 2021).

Em síntese, esse trabalho apresentou um panorama do comportamento e a dinâmica da pandemia de COVID-19 na cidade de Curitiba no período estudado, fornecendo dados sobre o comportamento do clima através das variáveis meteorológicas e sua relação com a incidência da COVID-19.

Estudos como o aqui apresentado podem servir de ferramenta para a gestão de saúde pública para a orientação de medidas de prevenção, controle e de alerta para a população no que concerne à propagação do coronavírus.

5 CONCLUSÃO

Conclui-se neste trabalho que a variável radiação solar apresentou relevâncias mais significativas nos coeficientes de correlação de Pearson em diversos cenários, todas com valores negativos, pressupõem que o aumento desse parâmetro pode ter influência na diminuição da incidência de casos e na dinâmica da pandemia. De acordo com os resultados encontrados, as variáveis relacionadas à temperatura do ar possivelmente tiveram um papel importante na influência dos casos de Covid-19, com resultados de coeficientes de correlações negativos, infere-se que o aumento da temperatura pode ter relação com a diminuição da proliferação do coronavírus.

A Precipitação observada nos meses de maio do período estudado, com volumes não muito expressivos, em especial em 2021 apresentou coeficiente de correlação positivo significativo, presume-se que o aumento nos casos da COVID-19 teve influência dessa variável. A umidade relativa do ar média e a umidade relativa mínima através dos resultados dos coeficientes de correlação pode-se pressupor que essa variável teve influência no número de casos da COVID-19.

O intervalo Início da pandemia baseado nos boletins epidemiológicos de Curitiba apresentou relevância moderada negativa para variável radiação solar e fraca para temperatura máxima e umidade relativa mínima, junção de fatores que possivelmente tenha influenciado na expansão da COVID-19, sejam elas pela questão da inativação do vírus ou do comportamento social da população.

Na regressão linear múltipla, a radiação solar destacou-se das demais. Presume-se que cerca de 24% da ação das variáveis do clima teve influência nos casos de COVID-19 na Segunda onda, e 20% na terceira onda. O clima possivelmente teve influência na evolução da COVID-19 em Curitiba, e os dados obtidos poderão servir como base para futuros estudos relacionados ao meio ambiente e saúde.

6. TRABALHOS FUTUROS

O presente trabalho aponta a necessidade de refinar as inferências da influência do clima na cidade de Curitiba com auxílio de outras variáveis, como qualidade do ar, outras estações meteorológicas na cidade, além de dados sociais e de densidade demográfica.

Os dados obtidos poderão ser utilizados como ferramentas auxiliares às políticas públicas relacionadas ao meio ambiente e saúde, nas tomadas de decisões e ações de vigilância que buscam minimizar a relação entre o clima e os efeitos da Covid-19.

A metodologia aplicada nos cenários da pandemia na cidade de Curitiba poderá ser replicada para outros municípios levando em consideração as particularidades da região escolhida, clima e densidade populacional. Além disso, os resultados estatísticos poderão traçar um perfil da pandemia em rede, obtendo informações em uma área de abrangência maior, auxiliando a gestão pública na atenuação dos efeitos adversos à população afetada.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, Ildeberto Muniz De. Proteção da saúde dos trabalhadores da saúde em tempos de COVID-19 e respostas à pandemia. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**, [S. l.], v. 45, 2020. DOI: 10.1590/scielopreprints.140. Disponível em: <http://www.scielo.br/j/rbso/a/yyZ869N3cDZpLdsTJvNkvKb/?lang=pt>. Acesso em: 18 nov. 2021.
- ALMEIDA JÚNIOR, Silvio et al. COVID-19 e a infecção por SARS-CoV-2 em um panorama geral/. **Brazilian Journal of Health Review**, [S. l.], v. 3, n. 2, p. 3508–3522, 2020. DOI: 10.34119/bjhrv3n2-182. Disponível em: <https://www.brazilianjournals.com/index.php/BJHR/article/view/9101>. Acesso em: 18 nov. 2021.
- ALVES, Jobson Maurilio; SANTOS, Dos; ALMEIDA DE MENEZES, Tatiane; GOMES DE ARRUDA, Rodrigo; CAVALCANTE, Flávia Emília; FERNANDES, Valença. Influências Climáticas e Espaciais sobre as Taxas de Prevalência da COVID-19. Aplicações com Modelos Espaciais para Dados em Painel. **Aplicações com Modelos Espaciais para Dados em Painel**, [S. l.], 2020. Disponível em: <https://coronavirus.saude.gov.br/sobre-a-doenca#o-que-e-covid>. Acesso em: 16 nov. 2021.
- BARCELLOS, Christovam; MONTEIRO, Antonio Miguel Vieira; CORVALÁN, Carlos; GURGEL, Helen C.; CARVALHO, Marília Sá; ARTAXO, Paulo; HACON, Sandra; RAGONI, Virginia. Mudanças climáticas e ambientais e as doenças infecciosas: cenários e incertezas para o Brasil. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, [S. l.], v. 18, n. 3, p. 285–304, 2009. DOI: 10.5123/S1679-49742009000300011. Disponível em: http://scielo.iec.gov.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1679-49742009000300011&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt. Acesso em: 21 nov. 2021.
- BONILLA-ALDANA, D. Katterine; DHAMA, Kuldeep; RODRIGUEZ-MORALES, Alfonso J. Revisiting the One Health Approach in the Context of COVID-19: A Look into the Ecology of this Emerging Disease. **Advances in Animal and Veterinary Sciences**, [S. l.], v. 8, n. 3, p. 234–237, 2020. DOI: 10.17582/journal.aavs/2020/8.3.234.237. Disponível em: http://nexusacademicpublishers.com/table_contents_detail/4/1359/html. Acesso em: 17 nov. 2021.
- BRITTO, Dalson; FILHO, Figueiredo; SILVA JÚNIOR, José Alexandre. Desvendando os Mistérios do Coeficiente de Correlação de Pearson (r). **Revista Política Hoje**, [S. l.], v. 18, n. 1, p. 115–146, 2009. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/politica hoje/article/view/3852>. Acesso em: 28 nov. 2021.
- CAVIGLIONE, João Henrique; CARAMORI, Paulo Henrique; GALDINO, Jonas; BORROZINO, Edmirson; GIACOMINI, Celio Cesar. CARTAS CLIMÁTICAS DO ESTADO DO PARANÁ. **Londrina: Iapar**, [S. l.], v. 375, n. 43, p. 376–2000, 2000. Disponível em: <http://www.infoagro2000.deinfo.uepg.br>. Acesso em: 21 nov. 2021.

CHAN, K. H.; PEIRIS, J. S. Malik; LAM, S. Y.; POON, L. L. M.; YUEN, K. Y.; SETO, W. H. The Effects of Temperature and Relative Humidity on the Viability of the SARS Coronavirus. **Advances in Virology**, [S. l.], v. 2011, p. 1–7, 2011. DOI: 10.1155/2011/734690. Disponível em: <http://www.hindawi.com/journals/av/2011/734690/>. Acesso em: 22 nov. 2021.

COCCIA, Mario. The effects of atmospheric stability with low wind speed and of air pollution on the accelerated transmission dynamics of COVID-19. **International Journal of Environmental Studies**, [S. l.], v. 78, n. 1, p. 1–27, 2021. DOI: 10.1080/00207233.2020.1802937. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00207233.2020.1802937>. Acesso em: 8 abr. 2022.

CRUZ, Gilson Campos Ferreira Da. Climate and COVID 19: the relation between air temperature, solar radiation and new daily cases in Ponta Grossa, PR, Brazil. **Terr Plural**, [S. l.], v. 16, p. 1–15, 2022. DOI: 10.5212/TerraPlural.v.16.2217446.010. Disponível em: <https://revistas2.uepg.br/index.php/tp/article/view/17446>. Acesso em: 19 mar. 2022.

DE ALMEIDA, Elton Kleiton Albuquerque; STEINKE, Ercília Torres. CASOS DE INTERNAÇÃO HOSPITALAR POR DOENÇAS DO APARELHO RESPIRATÓRIO E SUA RELAÇÃO COM VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS NO DISTRITO FEDERAL, ENTRE 2003 E 2012. **GEOGRAFIA**, [S. l.], v. v. 41, n., p. 147–165, 2016. Disponível em: <https://web.a.ebscohost.com/ehost/detail/detail?vid=0&sid=ac43e976-dbd5-43a6-b5d0-749302eb29ff%40sdc-v-sessmgr03&bdata=Jmxhbm9cHQYnImc2l0ZT1laG9zdC1saXZl#db=asn&AN=117070113>. Acesso em: 21 nov. 2021.

GOMES DE CARVALHO, Wellington Roberto; AZEVEDO TEIXEIRA, Lara. SARS-CoV-2 em superfícies: persistência e medidas preventivas – uma revisão sistemática. **Journal Health NPEPS**, [S. l.], v. 5, n. 2, p. e4873, 2020. DOI: 10.30681/252610104873. Disponível em: <https://periodicos2.unemat.br/index.php/jhnpeps/article/view/4873>. Acesso em: 16 mar. 2022.

GONZAGA, Amanda Coura; FREITAS, Ana Carolina Vasques. Análise da relação entre condições meteorológicas, poluição atmosférica e infecções respiratórias virais: o caso COVID-19. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 9, n. 8, p. e591985942, 2020. DOI: 10.33448/rsd-v9i8.5942. Disponível em: <https://www.rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/5942>. Acesso em: 22 nov. 2021.

HASÖKSÜZ, Mustafa; KILIÇ, Selcuk; SARAÇ, Fahriye. Coronaviruses and SARS-COV-2. **TURKISH JOURNAL OF MEDICAL SCIENCES**, [S. l.], v. 50, n. SI-1, p. 549–556, 2020. a. DOI: 10.3906/sag-2004-127. Disponível em: <http://journals.tubitak.gov.tr/medical/>. Acesso em: 15 nov. 2021.

HASÖKSÜZ, Mustafa; KILIÇ, Selcuk; SARAÇ, Fahriye. Coronaviruses and SARS-COV-2. **TURKISH JOURNAL OF MEDICAL SCIENCES**, [S. l.], v. 50, n. SI-1, p. 549–556, 2020. b. DOI: 10.3906/sag-2004-127. Disponível em:

<http://journals.tubitak.gov.tr/medical/issues/sag-20-50-si-1/sag-50-si-1-10-2004-127.pdf>. Acesso em: 8 mar. 2022.

HOFFMANN, Rodolfo. **Análise de regressão: uma introdução à econometria**. [s.l.] : Universidade de São Paulo. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2016. DOI: 10.11606/9788592105709. Disponível em: <http://www.livrosabertos.sibi.usp.br/portaldelivrosUSP/catalog/book/73>. Acesso em: 23 abr. 2022.

IBGE. **IBGE | Cidades@ | Paraná | Curitiba | Panorama**. 2021. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pr/curitiba/panorama>. Acesso em: 10 abr. 2022.
KOURY, Juan M.; HIRSCHHAUT, Miguel. Reseña histórica del COVID-19 ¿Cómo y por qué llegamos a esta pandemia? **Acta odontológica venezolana**, [S. l.], p. 1–10, 2020. Disponível em: <https://www.actaodontologica.com/ediciones/2020/especial/art-2/>. Acesso em: 28 nov. 2021.

MACÊDO, Kleber Gomes De; OLIVEIRA, Joaquim Branco; ARRAES, Francisco Dirceu Duarte; VIANA TORRES, Wesley Livio; LIMA JUNIOR, Juarez Cassiano. NOTA TÉCNICA: ESTIMATIVA DA RADIAÇÃO SOLAR GLOBAL COM DADOS DE TEMPERATURA DO AR EM SEIS CIDADES DO ESTADO DO CEARÁ. **REVISTA ENGENHARIA NA AGRICULTURA - REVENG**, [S. l.], v. 24, n. 1, p. 68–75, 2016. DOI: 10.13083/reveng.v24i1.612. Disponível em: <https://periodicos.ufv.br/reveng/article/view/554>. Acesso em: 20 abr. 2022.

MARTÍNEZ, Lluís Francés; MORALES, César Donado-Mazarrón. La propagación de la COVID-19 en España y Brasil según tiempo y clima. **Revista Brasileira em Promoção da Saúde**, [S. l.], v. 34, p. 1–9, 2021. DOI: 10.5020/18061230.2021.12455. Disponível em: <https://periodicos.unifor.br/RBPS/article/view/12455>. Acesso em: 5 abr. 2022.

RIZVI, Syeda Amna; UMAIR, Muhammad; CHEEMA, Muhammad Aamir. Clustering of countries for COVID-19 cases based on disease prevalence, health systems and environmental indicators. **Chaos, Solitons & Fractals**, [S. l.], v. 151, p. 111240, 2021. DOI: 10.1016/j.chaos.2021.111240. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0960077921005944>. Acesso em: 22 nov. 2021.

RODRIGUES, Wellington Pereira. Coronavírus: um problema de saúde pública? **Scire Salutis**, [S. l.], v. 10, n. 2, p. 18–25, 2020. DOI: 10.6008/CBPC2236-9600.2020.002.0003. Disponível em: <http://www.sustenere.co/index.php/sciresalutis/article/view/CBPC2236-9600.2020.002.0003/2047>. Acesso em: 18 nov. 2021.

SAGRIPANTI, Jose-Luis; LYTLER, C. David. Estimated Inactivation of Coronaviruses by Solar Radiation With Special Reference to COVID-19. **Photochemistry and Photobiology**, [S. l.], v. 96, n. 4, p. 731–737, 2020. DOI: 10.1111/php.13293. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/php.13293>. Acesso em: 5 abr. 2022.

SANTOS THULER, Luiz Claudio; DE MELO, Andreia Cristina. A SARS-CoV-2/COVID-19 em pacientes com câncer. **Revista Brasileira de Cancerologia**, [S. l.], v. 66, n. 2, 2020. DOI: 10.32635/2176-9745.RBC.2020v66n2.970. Disponível em: <https://rbc.inca.gov.br/revista/index.php/revista/article/view/970/586>. Acesso em: 18 nov. 2021.

SECRETARIA MUNICIPAL DA SAÚDE DE CURITIBA. **Monitoramento - Dados COVID-19**. 2021. Disponível em: <https://saude.curitiba.pr.gov.br/vigilancia/epidemiologica/vigilancia-de-a-a-z/12-vigilancia/1507-monitoramento-covid-19.html>. Acesso em: 24 abr. 2022.

SILVA, Carlos Batista; SILVA, Maria Elisa Siqueira; AMBRIZZI, Tércio; TOMMASELLI, José Tadeu Garcia; PATUCCI, Natália Nunes; MATAVELI, Guilherme Augusto Verola; LIMA, Bruna Simões; CORREA, Wesley Campos. PRECIPITAÇÃO NA AMÉRICA DO SUL – DADOS OBTIDOS POR ESTAÇÕES METEOROLÓGICAS AUTOMÁTICAS E POR SISTEMAS ORBITAIS. **Revista Brasileira de Climatologia**, [S. l.], v. 25, n. 0, p. 54, 2019. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/revistaabclima/article/view/58813>. Acesso em: 21 nov. 2021.

SILVA, Cesar Aparecido Da; PEREIRA, Eduarda Miranda; SILVA, Giovana Caetano Da; CORDEIRO, Lizandra Thais. ANÁLISE DAS VARIANTES AMBIENTAIS E A PROPAGAÇÃO DA TUBERCULOSE NA CIDADE DE PARANAGUÁ, PARANÁ, BRASIL. **Revista Técnico-Científica do CREA-PR**, [S. l.], v. 0, n. 24, p. 1–11, 2020. Disponível em: <http://creaprw16.crea-pr.org.br/revista/Sistema/index.php/revista/article/view/690>. Acesso em: 22 nov. 2021.

SILVEIRA, Rafael Brito; ROCHA, Geisa Silveira Da; ALVES, Maikon Passos Amilton. Contabilização das ondas de frio em Curitiba - Paraná. *In: Os Desafios da Geografia Física na Fronteira do Conhecimento*. [s.l.] : INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS - UNICAMP, 2017. p. 2162–2172. DOI: 10.20396/sbgfa.v1i2017.2434. Disponível em: <http://ocs.ige.unicamp.br/ojs/sbgfa/article/view/2434>. Acesso em: 6 abr. 2022.

SOUSA, Nádia Guimarães; CARDOSO, Anamaria de Oliveira; CARDOSO, Renato Fleury; UTSUMI, Alex Garcez. Análise da dinâmica de transmissão da COVID-19 em Minas Gerais: Modelagem e Simulação. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 9, n. 8, p. e812986611, 2020. DOI: 10.33448/rsd-v9i8.6611. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/6611>. Acesso em: 18 nov. 2021.

SOUSA, Nadja Maria Nascimento; DANTAS, Renilson Targina; LIMEIRA, Rodrigo César. Influência de variáveis meteorológicas sobre a incidência do dengue, meningite e pneumônia em João Pessoa-PB. **Revista Brasileira de Meteorologia**, [S. l.], v. 22, n. 2, p. 183–192, 2007. DOI: 10.1590/S0102-77862007000200004. Disponível em: <http://www.scielo.br/j/rbmet/a/Gs7vS4KkCyZ9xYCqqrDxXpK/?lang=pt>. Acesso em: 21 nov. 2021.

SOUZA, Carlos Dornels Freire; SILVA DE PAIVA, João Paulo; CAVALCANTI LEAL, Thiago; FEITOSA DA SILVA, Leonardo; GOMES SANTOS, Lucas. Spatiotemporal

evolution of case fatality rates of COVID-19 in Brazil, 2020. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, [S. l.], v. 46, n. 4, p. e20200208–e20200208, 2020. DOI: 10.36416/1806-3756/e20200208. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.36416/1806-3756/e20200208>. Acesso em: 30 nov. 2021.

SUN, Zhong; THILAKAVATHY, Karuppiyah; KUMAR, S. Suresh; HE, Guozhong; LIU, Shi V. Potential Factors Influencing Repeated SARS Outbreaks in China. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, [S. l.], v. 17, n. 5, p. 1633, 2020. DOI: 10.3390/ijerph17051633. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1660-4601/17/5/1633/htm>. Acesso em: 8 abr. 2022.

WANG, Mao et al. Temperature Significantly Change COVID-19 Transmission in 429 cities. **medRxiv**, [S. l.], p. 2020.02.22.20025791, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1101/2020.02.22.20025791>. Disponível em: <https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2020.02.22.20025791v1>. Acesso em: 17 mar. 2022.

WEI, Jia-Te et al. Impacts of transportation and meteorological factors on the transmission of COVID-19. **International Journal of Hygiene and Environmental Health**, [S. l.], v. 230, p. 113610, 2020. DOI: 10.1016/j.ijheh.2020.113610. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2020.113610>. Acesso em: 16 abr. 2022.

ZORAN, Maria A.; SAVASTRU, Roxana S.; SAVASTRU, Dan M.; TAUTAN, Marina N.; BASCHIR, Laurentiu A.; TENCIU, Daniel V. Assessing the impact of air pollution and climate seasonality on COVID-19 multiwaves in Madrid, Spain. **Environmental Research**, [S. l.], v. 203, p. 111849, 2022. DOI: 10.1016/j.envres.2021.111849. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0013935121011439>. Acesso em: 5 abr. 2022.