Revista Brasileira de Climatologia
Brazilian Journal of Climatology
OPEN ACCESS

CONDICIONANTES CLIMÁTICOS E VULNERABILIDADE SOCIAL NA MORBIDADE POR PNEUMONIA EM MANAUS, AMAZONAS, BRASIL

Climatic conditions and social vulnerability in pneumonia Morbidity in Manaus, Amazonas, Brazil

Condiciones climáticas y vulnerabilidad social em la morbilidad por neumonía en Manaus, Amazonas, Brasil

Larissa Kristyne Campos dos Santos
Universidade Federal do Amazonas
Kristyne.campos@ufam.edu.br

Natacha Cíntia Regina Aleixo
Universidade Federal do Amazonas
natachaaleixo@ufam.edu.br

Lindberg Nascimento Júnior
Universidade Federal de Santa Catarina
lindberg.junior@ufsc.br

Resumo: O objetivo principal deste estudo foi investigar a influência dos tipos de tempos e dos poluentes atmosféricos na ocorrência de pneumonia no município de Manaus, Amazonas, ao longo do período de 2009 a 2019. Os dados utilizados neste estudo foram obtidos a partir de fontes como o INMET, SUS/DATASUS E SISAM/INPE. As análises dos dados envolveram métodos estatísticos descritivos e exploratórios, juntamente com a técnica de "análise rítmica", taxas de morbidade e o mapeamento da vulnerabilidade social. Os resultados indicaram que houve um aumento significativo na demanda por atendimentos em hospitais públicos e conveniados do SUS por pneumonia durante o período chuvoso e úmido (entre os meses de março e junho), revelando uma correlação inversa com o nível de MP2,5. Os sistemas atmosféricos precipitantes tiveram uma influência marcante nas maiores ocorrências diárias de pneumonia. A desigualdade racial e social emerge como fator predominante que expõe a vulnerabilidade social em Manaus, demonstrando um padrão de distribuição do centro para a periferia na definição das taxas mais altas de morbidade. Essas taxas foram observadas em bairros com níveis mais baixos de vulnerabilidade, como Cachoerinha, Ponta Negra, Centro e Praça 14 de Janeiro. Os resultados indicam ainda que os bairros Tarumã, Santa Etelvina e Lago Azul destacam-se como áreas potencialmente de alto risco, exigindo a implementação de medidas preventivas em

saúde pública. Neste contexto, esses setores da cidade mostraram um índice de vulnerabilidade social variando de moderado a extremamente alto, com uma notável predominância do grupo populacional infantil.
Palavras-chave: Pneumonia. Vulnerabilidade Social. Clima e Saúde. Poluição Atmosférica.

Abstract: The main objective of this study was to investigate the influence of the types of weather and atmospheric pollutants on the occurrence of pneumonia in the municipality of Manaus, Amazonas, over the period from 2009 to 2019. Data used in this study were obtained from sources such as INMET, SUS/DATASUS, and SISAM/INPE. Data analysis involved descriptive and exploratory statistical methods, along with the "rhythmic analysis" technique, morbidity rates, and mapping of social vulnerability. The results indicated a significant increase in demand for care in public and SUS-affiliated hospitals due to pneumonia during the rainy and humid period (between March and June), revealing an inverse correlation with the level of PM2.5. Precipitating atmospheric systems had a outstanding influence on the highest daily occurrences of pneumonia. Racial and social inequality emerges as the predominant factor exposing social vulnerability in Manaus, demonstrating a distribution pattern from the center to the periphery in defining the highest morbidity rates. These rates were observed in neighborhoods with lower levels of vulnerability, such as Cachoerinha, Ponta Negra, Centro, and Praça 14 de Janeiro. The results also indicate that the neighborhoods Tarumã, Santa Etelvina, and Lago Azul stand out as potentially high-risk areas, requiring the implementation of preventive measures in public health. In this context, these sectors of the city showed a social vulnerability index ranging from moderate to extremely high, with a notable predominance of the infant population group.
Keywords: Pneumonia. Social Vulnerability. Climate and Health. Atmospheric Pollution.

Resumen: El objetivo principal de este estudio fue investigar la influencia de los tipos de clima y los contaminantes atmosféricos en la ocurrencia de neumonía em el municipio de Manaus, Amazonas, durante el período de 2009 a 2019. Los datos utilizados em este estudio se obtuvieron de fuentes como INMET, SUS/DATASUS y SISAM/INPE. El análisis de datos involucró métodos estadísticos descriptivos y exploratorios, junto com la técnica de “análisis rítmico”, tasas de morbilidad y mapeo de vulnerabilidad social. Los resultados indicaron um aumento significativo en la demanda de atención en hospitales públicos y afiliados al SUS debido a la neumonía durante el período lluvioso y húmedo (entre marzo y junio), revelando una correlación inversa com el nivel de PM2.5. Los sistemas atmosféricos precipitantes tuvieron uma marcada influencia em las mayores ocurrencias diarias de neumonía. La desigualdad racial y social emerge como el factor predominante que expone la vulnerabilidad social em Manaus, demostrando un patrón de distribución desde el centro hacia la periferia em la definición de las tasas más altas de morbilidad. Estas tasas se observaron en vecindarios con niveles más bajos de vulnerabilidad, como Cachoerinha, Ponta Negra, Centro y Praça 14 de Janeiro. Los resultados también indican que los vecindarios Tarumã, Santa Etelvina y Lago Azul se destacan como áreas potencialmente de alto riesgo, lo que requiere la implementación de medidas preventivas em salud pública. Em este contexto, estos sectores de la ciudad mostraron un índice de vulnerabilidad social que varía de moderado a extremadamente alto, com una notable predominancia del grupo poblacional infantil.
Palabras clave: Neumonía. Vulnerabilidad social. Clima y salud. Contaminación del aire.

Submetido em: 02/10/2023
Aceito para publicação em: 14/03/2024
Publicado em: 15/07/2024

1. INTRODUÇÃO

As condições climáticas e os tipos de tempo desempenham um papel fundamental no bem-estar e na saúde da população, afetando-a de diversas maneiras, desde as consequências diretas, por meio da sensação de conforto e morbimortalidade por doenças sistêmicas, até indiretamente, pelas doenças infecciosas disseminadas por agentes patógenos e vetores (PITTON; DOMINGOS, 2004). Desta maneira, as condições climáticas urbanas, bem como a concentração e dispersão de poluentes atmosféricos, direcionados pela intensidade das correntes aéreas, são considerados "fatores de risco" que contribuem para o aumento significativo de hospitalizações, ocasionando efeitos perniciosos à saúde respiratória, principalmente nas populações mais vulneráveis da cidade (MOURA, 2013).

A poluição atmosférica tornou-se uma preocupação crescente em cidades de diferentes portes, impactando adversamente a qualidade do ar que respiramos diariamente, sendo potencialmente tóxica ao ser inalada e depositada no organismo humano. Esses poluentes podem englobar partículas finas e gases tóxicos. Eles podem agravar condições cardiorrespiratórias pré-existentes, como cancro de pulmão, asma, bronquite, pneumonia e doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC), e até mesmo podem ser absorvidos pela corrente sanguínea (GOMES, 2002).

Entre as partículas finas, destaca-se o material particulado de diâmetro inferior a 2,5 μm (MP2,5), que permanece suspenso no ar em forma de fumaça, poeira, aerossol e fuligem. Devido ao seu tamanho reduzido, ele pode persistir na atmosfera por períodos prolongados e percorrer longas distâncias a partir de sua fonte emissora. Além disso, pode atingir as partes mais profundas do trato respiratório, depositando-se nas vias aéreas pulmonares e na região traqueobrônquica (COUTO, 2019; GUARIEIRO; GUARIEIRO, 2013).

Em 2019, a pneumonia se consolidou como uma grave ameaça à vida de crianças menores de cinco anos em todo o mundo, ceifando 740.180 vidas humanas. Segundo o estudo do Fundo das Nações Unidas para a Infância (UNICEF), neste respectivo ano, a cada 43 segundos uma criança sucumbe à doença, um dado alarmante que evidencia a necessidade de ações urgentes para prevenir o acometimento da pneumonia nessa população vulnerável. A mortalidade por pneumonia infantil está intrinsecamente ligada às condições sociais da criança e o seu entorno, potencializada pelas condições de privação socioeconômica, ausência

de saneamento básico, desnutrição e dificuldade de acesso a serviços de saúde adequados (WHO, 2022; UNICEF, 2023).

Ademais, a UNICEF enfatiza que a metade dos índices de óbitos por pneumonia infantil está fortemente associada à poluição atmosférica em ambientes interiores e exteriores, principalmente em áreas que ultrapassam os limites seguros estabelecidos pelas instituições nacionais e internacionais (UNICEF, 2023).

Neste sentido, o objetivo deste estudo foi analisar a influência dos condicionantes climáticos e do material particulado fino (MP2,5) nas hospitalizações por pneumonia em Manaus - Amazonas, considerando também a associação com os contextos de vulnerabilidade social das populações e as características dos lugares.

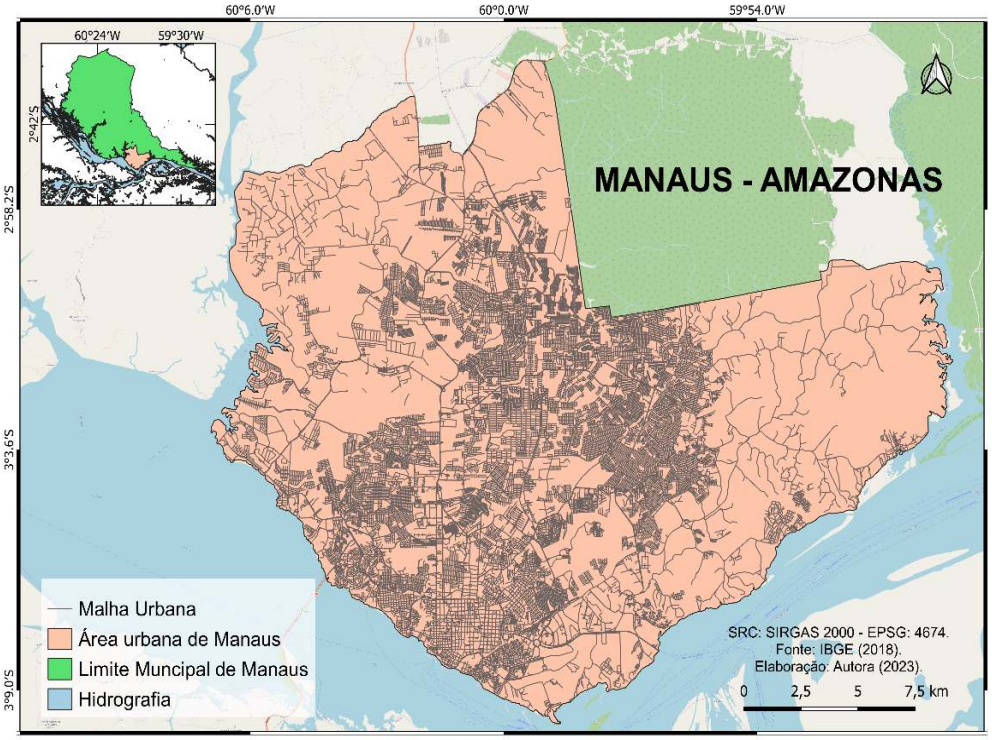
2. METODOLOGIA

2.1. Área de estudo

O recorte espacial do estudo se concentra na capital do estado do Amazonas, Manaus, a cidade mais populosa na Região Norte do território brasileiro (Figura 1). Segundo as novas divisões geográficas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2017) a capital amazonense está localizada na região intermediária e imediata de Manaus e na mesorregião Centro Amazonense.

O município está localizado no bioma amazônico, com uma extensão territorial de 11.401,092 km² e área urbanizada de 277,09 km². O censo populacional do ano de 2022 mostrou que Manaus conta com 2.063.689 habitantes e apresenta uma densidade demográfica de 181,01 hab./km² (IBGE, 2022).

Figura 1 – Localização da área de estudo

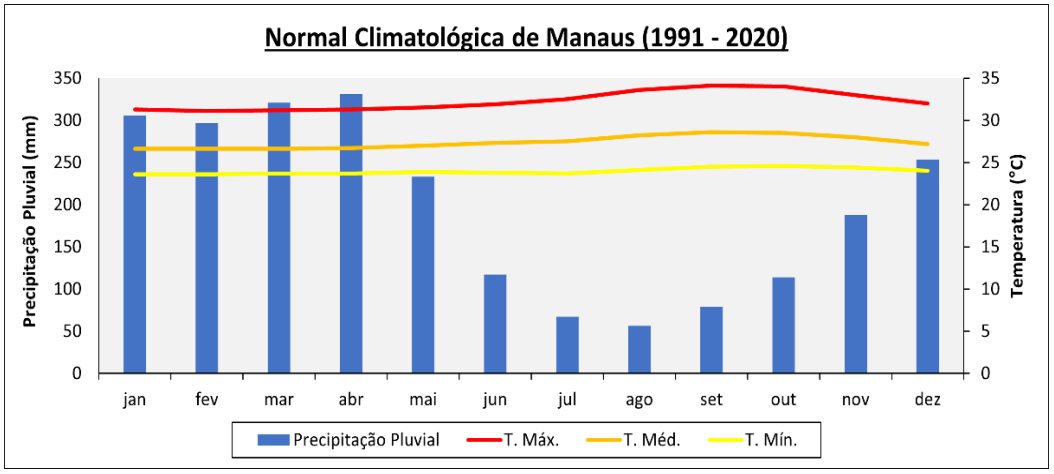


Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

A cidade de Manaus situa-se na zona climática equatorial (quente e úmida), apresentando um a dois meses de subseca, por estar próxima à Linha do Equador, a cidade recebe uma maior incidência de energia solar de forma perpendicular. Essa característica resulta em uma homogeneidade térmica, ou seja, não há uma amplitude mensal significativa de temperatura, estas permanecem elevadas durante todo o ano, independentemente das estações, exceto nos dias em que acontece a entrada de sistemas frontais, causando o fenômeno regionalmente conhecido como “friagem” (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007; ALEIXO, 2021).

A normal climatológica da cidade de Manaus de 1991 a 2020 exibiu a média anual de precipitação de 2362 mm. O mês de agostou apresentou a menor pluviosidade, registrando apenas 56 mm, enquanto março e abril caracterizam-se como os meses mais chuvosos, com 320 mm e 331 mm, respectivamente. Os meses de menor temperatura coincidem com aqueles de maior pluviosidade devido ao aumento da nebulosidade e frequência da precipitação pluvial. Em setembro, são registradas as temperaturas máximas (34,1 °C) e médias (28,6 °C) mais elevadas, a maior temperatura mínima média do ar foi verificada em outubro (24,6 °C), conforme a Figura 2.

Figura 2 – Normal Climatológica de Manaus (1991 -2020)



Fonte: INMET (2020); Elaborada pelos autores (2022).

Os sistemas atmosféricos mais importantes para as ocorrências de chuvas na região amazônica incluem a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), as Linhas de Instabilidade Tropical, a Alta da Bolívia, os Sistemas Frontais, os Sistemas Convectivos e a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS). As instabilidades atmosféricas, no entanto, são bastante associadas à redução dos processos turbulentos de mistura na vertical, sobretudo a partir da atuação de Jatos em Baixos Níveis classificados entre fracos e muito fracos, e induzem tipos de tempos com as mais altas amplitudes térmicas.

Ademais, a variabilidade interanual dos regimes de chuvas também é influenciada fortemente pelo fenômeno El Niño Oscilação Sul (ENOS) na fase fria e quente e a Temperatura da Superfície do Mar do Atlântico (TSM) (FISCH et al., 1998; MARENGO; NOBRE, 2009; ALEIXO; SILVA NETO, 2015).

2.1. Procedimentos Metodológicos

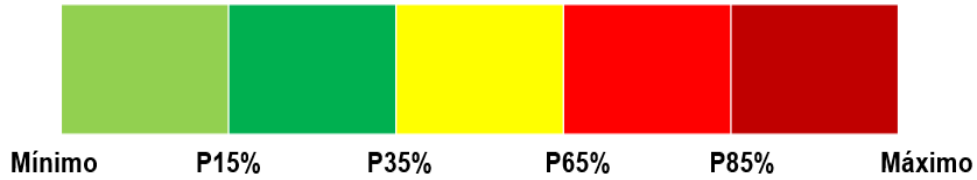
Para a realização da pesquisa, coletaram-se os dados secundários dos elementos meteorológicos (precipitação pluvial temperatura do ar e umidade relativa do ar) do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET); os dados de material particulado fino 2,5 µg/m³ foram obtidos do Sistema de Informações Ambientais Integrado à Saúde (SISAM) e os dados de ocorrências da pneumonia do Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (DATASUS). Os dados das variáveis supracitadas foram coletados no período temporal de 2009 a 2019. No que diz respeito à análise dos dados epidemiológicos, foi aplicado a taxa de

morbidade fundamentado por Lima, Pordeus e Rouquayrol (2013), segundo a equação (1) abaixo:

(1) *Coeficiente de Morbidade = Número de casos de uma doença/População* x 10^n

Além disso, utilizou-se a técnica dos percentis (P15; P35; P65; P85) para verificar os valores habituais e extremos das internações mensais por pneumonia, propôs-se o uso de uma codificação cromática dos intervalos de classes, conforme sugerido por Silveira (2020), que coloca os tons esverdeados para representar os valores menos expressivos, enquanto tons de vermelho indicam valores progressivamente mais altos, com a separação entre eles marcada pelo tom amarelo (Figura 3).

Figura 3 – Ilustração do intervalo de classes para as internações mensais por pneumonia.



Fonte: adaptado de Silveira (2020); Santos (2022).

Neste estudo, o "n" da potência de base 10 foi equivalente a 4, ou seja, 10 mil, que é o referencial da população. Os dados diários das variáveis ambientais e dos casos de hospitalizações por pneumonia foram utilizados para a aplicação e confecção dos gráficos de "análise rítmica" no período de 2015 e 2019, juntamente com a interpretação das imagens de satélites meteorológicos (GOES-13 e GOES-16), disponibilizadas no acervo do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC/INPE), no intuito de identificar os sistemas meteorológicos ativos sobre a região.

Os dados foram analisados com métodos estatísticos de posição central e dispersão, com representação gráfica de box plot, bem como a aplicação do coeficiente de correlação de Spearman, por meio do programa estatístico SPSS STATISTCS, versão 22.0, com vistas a avaliar a associação entre as variáveis em estudo, cujos valores podem variar de 1,0 (indicando a maior correlação positiva, isto é, o crescimento simultâneo entre as variáveis) a −1,0 (indicando a maior correlação negativa, isto é, quando o crescimento de uma variável está associado à diminuição da outra variável). Dessa maneira, a interpretação da correlação de Spearman seguiu a definição de Vieira (2011) encontrada na Tabela 1 abaixo.

Tabela 1 - Classificação do grau de correlação entre as variáveis.

Coeficiente (r^2)	Classificação
1 ou - 1	Perfeita
0,75 < r < 1,00 ou - 1,00 < r < - 0,75	Forte
0,50 < r < 0,75 ou – 0,75 < r < - 0,50	Moderada
0,25 < r < 0,50 ou – 0,50 < r < - 0,25	Fraca
0 < r < 0,25 ou – 0,25 < r < 0	Pequena ou Nula

Fonte: adaptado de Vieira (2011).

Inicialmente, utilizou-se o teste não-paramétrico da correlação de Spearman para examinar o grau de associação entre as variáveis climáticas e o MP2,5 (variável explicativa) com o número absoluto de hospitalizações diárias por pneumonia (variável de desfecho) na escala episódica no recorte temporal de 2015 a 2019. O critério de seleção do episódio para cada ano foi determinado pelo dia em que ocorreu o pico diário dos atendimentos, considerando os seis dias anteriores e posteriores à ocorrência do evento indesejado.

Para a análise da vulnerabilidade utilizou-se o modelo do Social Vulnerability Index – SoVI® (CUTTER et al., 2011) – adaptado por Nascimento Júnior (2018) para áreas urbanas. Neste aspecto, as informações são referentes ao Censo Demográfico de 2010: Resultados do Universo por setor censitário da área urbana de Manaus. Primeiramente, foram definidas 129 variáveis agrupadas em onze categorias que se referem à estrutura etária; idade; gênero; alfabetização; raça/cor; situação socioeconômica; estrutura familiar; moradia e propriedade; qualidade da moradia construída; abastecimento; saneamento; energia e infraestrutura urbano-ambiental.

Todos os dados demográficos foram padronizados para obtenção de valores relativos e em seguida submetidos à aplicação do Teste de Multicolinearidade, na qual se admitiram apenas aquelas variáveis com correlações superiores a $r^2>0,09$, obtendo o grupo de 90 variáveis que demonstraram correlação satisfatória para decomposição espectral, conforme o método de Análise de Componentes Principais (ACP). Posteriormente a esse processo, foram consideradas somente as componentes que possuíram uma contribuição percentual correspondente ao autovalor acumulado de até 50% da variância da matriz, com cargas fatoriais entre −0,5 e 0,5 (CUTTER et al., 2011; NASCIMENTO JÚNIOR; SANT'ANNA NETO, 2020; SANTOS, 2023).

O índice final foi calculado pela média aritmética das componentes principais, enquanto a determinação dos escores da vulnerabilidade foi feita utilizando a medida estatística de desvio padrão. Esse método foi suficiente para estabelecer as classes: muito baixa, baixa e alta, muito alta. Os modelos estatísticos para a elaboração do SoVI®, como o Teste de Multicolinearidade e a Análise de Componentes Principais, foram realizados no software estatístico *XLStat*®, um complemento de análise de dados para o Microsoft Office Excel®.

Para a espacialização das taxas de morbidade por pneumonia entre os anos de 2015 e 2019, utilizaram-se os dados de CEPs dos pacientes residentes em Manaus, disponíveis na plataforma do DATASUS. Posteriormente, a partir dos CEPs, os nomes dos bairros foram extraídos com o auxílio da função SERVIÇOWEB no programa Microsoft Office Excel®. Todos os produtos cartográficos (mapeamento de taxas de morbidade por pneumonia distribuídas por bairro e o mapa síntese de vulnerabilidade social) foram elaborados em um ambiente de Sistemas de Informações Geográficas, usando o software gratuito QGis® versão 3.18.

3. DESENVOLVIMENTO

3.1. A relação mensal entre os elementos e a pneumonia em Manaus

Na análise mensal, observou-se que as hospitalizações por essa patologia ocorrem com maior frequência entre os meses de março a junho (acima de 815 casos) (Quadro 1 e 2). Os meses de abril e maio são considerados os mais “problemáticos” para o Sistema Único de Saúde (SUS) de Manaus, chegando a ultrapassar mil casos mensais, o valor máximo de internações mensais foi detectado em abril de 2012 (1.115 casos). Verifica-se uma queda expressiva nas internações mensais a partir de julho, embora exista alguns anos considerados “atípicos”, como 2013 e 2014. O menor índice de morbidade por pneumonia foi registrado entre os meses de dezembro e janeiro (abaixo de 372 casos).

Quadro 1 – Comportamento mensal da quantidade absoluta (n) de hospitalizações por pneumonia (2009 -2019).

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
2009	152	251	493	717	621	476	432	468	377	396	458	375
2010	333	376	649	877	1035	829	468	371	361	407	335	359
2011	375	318	656	800	1068	911	540	450	458	530	543	416
2012	424	617	1085	1115	885	658	540	597	484	607	506	397
2013	574	691	1042	747	813	692	771	586	605	564	452	492
2014	405	317	524	713	764	916	803	900	789	733	607	503
2015	514	523	845	959	960	806	583	460	372	462	457	420
2016	391	312	496	645	907	928	536	413	351	453	375	424
2017	415	448	646	940	1002	707	488	448	341	334	358	406
2018	370	416	545	626	780	748	607	505	430	445	338	348
2019	379	640	959	696	502	532	462	527	419	505	351	219

Fonte: SANTOS (2023).

Quadro 2 – Definição dos intervalos de classes baseado na técnica dos Percentis.

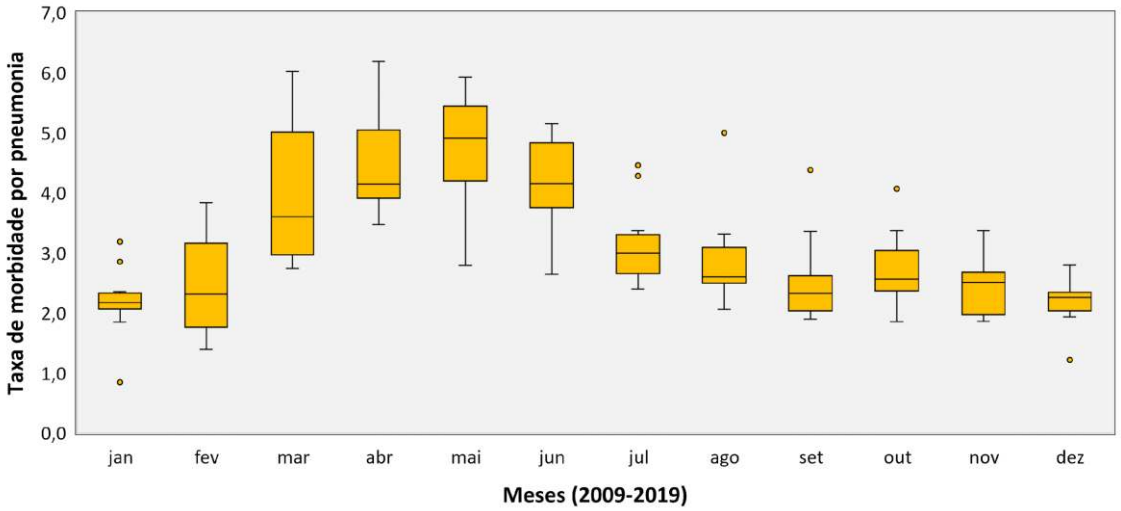
Cores	Percentis	Classes
	< 15%	<372
	15% a 35%	373 a 451
	35% a 65%	452 a 607
	65% a 85%	608 a 814
	>85%	>815

Fonte: Santos (2023).

Portanto, foi identificado que a ocorrência da pneumonia na cidade de Manaus apresenta um padrão sazonal, ou seja, os maiores aumentos periódicos de hospitalizações da doença ocorrem em determinadas épocas do ano, entre os meses de março e junho (Figura 4), devido a uma combinação de fatores, que pode estar relacionados às variações climáticas, comportamentais e/ou biológicas.

As variações sazonais do clima podem influenciar diretamente a propagação de doenças, por exemplo, doenças como a malária, transmitida por mosquitos, tendem a ser mais frequentes em épocas menos chuvosas, onde a umidade do ar e temperatura são mais elevadas, criando um ambiente com condições são favoráveis para a reprodução dos mosquitos vetores (ALMEIDA, 2019).

Figura 4 – Box plot da taxa mensal da morbidade por pneumonia (2009 - 2019).

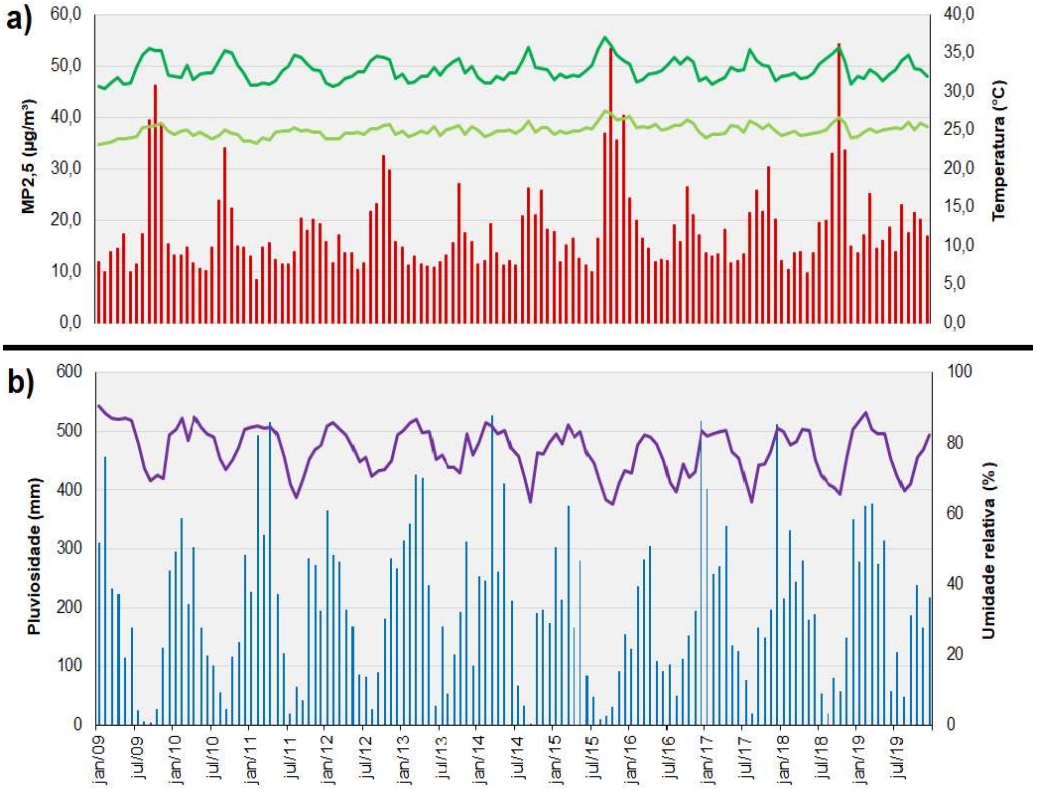


Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Portanto, fica evidente que as condições climáticas e a poluição atmosférica atuam como “fatores de risco” que podem levar à gênese ou aumentar o risco de adoecimento e agravos à saúde humana, como a pneumonia. Segundo Besancenot (2001, p. 89) “o único papel do clima que podemos evidenciar, não é o de preparar o terreno para a doença, mas de fornecer o impulso que, num paciente predisposto, inicia o processo patológico”.

Diante do exposto, é crucial analisar a ocorrência da pneumonia e as condições atmosféricas locais, incluindo padrões climáticos e material particulado fino (MP2,5), em diferentes escalas: mensal, sazonal, diária e episódica. A Figura 5 apresenta a configuração mensal dos elementos climáticos e do MP2,5 no período de 2009 a 2019.

Figura 5 – Comportamento mensal dos elementos climáticos e do MP2,5 (2009 – 2019).



Fonte: Santos (2023).

Em Manaus, a maior ocorrência de pneumonia (mais de 608 casos) coincide com a sazonalidade mais chuvosa (entre os meses de dezembro e maio), caracterizada por alta pluviosidade (> 200 mm), umidade relativa do ar mais alta (superior a 80%) e as temperaturas do ar um pouco mais amenas (máxima < 31 °C e a mínima < 24 °C).

A alta umidade facilita a propagação de bactérias e vírus causadores de infecções respiratórias, incluindo a pneumonia. Essa proliferação é intensificada pela aglomeração de pessoas em locais fechados. Em algumas regiões, as épocas chuvosas podem ser acompanhadas por variações bruscas de temperatura, o que enfraquece o sistema imunológico e torna as pessoas mais suscetíveis a essas infecções. Durante esse período, as concentrações de MP2,5 na atmosfera diminuem consideravelmente para valores médios inferiores a 15 µg/m³, uma vez que a maior frequência da pluviosidade ajuda a remover e/ou dissolver as partículas no ar, levando-as para o solo. A chuva atua como uma espécie de "lavagem" natural da atmosfera, reduzindo a concentração de impurezas.

Na época de menor precipitação em Manaus, que abrange a sazonalidade menos chuvosa, as temperaturas tendem a ser mais elevadas (máxima > 35 °C e a mínima > 26 °C), as

hospitalizações por pneumonia permanecem altas, porém, em situações um pouco mais baixas quando comparada ao período da sazonalidade mais chuvosa (entre 452 e 607 casos). Os meses de alta temperatura do ar coincidem com aqueles de maiores níveis de MP2,5 no ar (> 25 µg/m³), em razão da menor frequência de chuvas (< 100 mm) e da umidade relativa do ar menos elevada (< 70%). As hospitalizações por esta doença tornam-se menos frequentes nos hospitais públicos e conveniados ao SUS na época em que acontece a transição da sazonalidade seca e/ou menos chuvosa para a mais chuvosa (< 372 casos, nos meses de dezembro e janeiro).

O estudo de Santos (2023a, 2023b) analisou a sazonalidade do clima e do MP2,5 em relação às internações por pneumonia na metrópole manauara, utilizando o método de correlação de Spearman, na qual obteve resultados satisfatórios que apontaram uma relação negativa entre o MP2,5 e as temperaturas do ar com as internações de pacientes infantis. Isso sugere que as internações por essa doença podem estar mais relacionadas às condições climáticas, particularmente à umidade relativa do ar, do que à exposição ao MP2,5 na atmosfera urbana.

Os achados encontrados nesta pesquisa também corroboram com o estudo recente das autoras Aleixo e Lima (2023) que evidenciou o aumento sazonal dos atendimentos hospitalares por doenças respiratórias na sazonalidade mais chuvosa e úmida da cidade de Manaus e, no caso do MP2,5, a relação foi inversamente proporcional.

Desta maneira, a Tabela 2 mostra os resultados dessas correlações entre as variáveis, com uma defasagem de três dias anteriores em relação ao pico de hospitalizações diárias por pneumonia. Ressalta-se que defasagens (*lags*) de 2, 5 e 7 dias foram testadas, mas não mostraram resultados significativos, assim como a ausência de associação com significância estatística para a análise sem a defasagem.

Tabela 2- Correlação de Spearman entre os elementos climáticos e o MP2,5 com as internações por pneumonia das análises episódicas entre 2015 e 2019.

Variáveis	2015	2016	2017	2018	2019
Precipitação (mm)	**0,726****	0,491	0,382	0,151	0,056
Temp. Máxima (°C)	−0,220	−0,242	−0,224	**0,823****	0,164
Temp. Mínima (°C)	**−0,624****	**−0,693****	−0,374	−0,019	−0,073
Umidade relativa do ar (%)	0,229	0,337	−0,055	−0,494	−0,018
MP2,5 (µg/m³)	−0,508	−0,117	−0,006	0,579	−0,515

Nota: (**) Valor estatisticamente significante dentro de nível de significância de p≤ 0,01.

Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

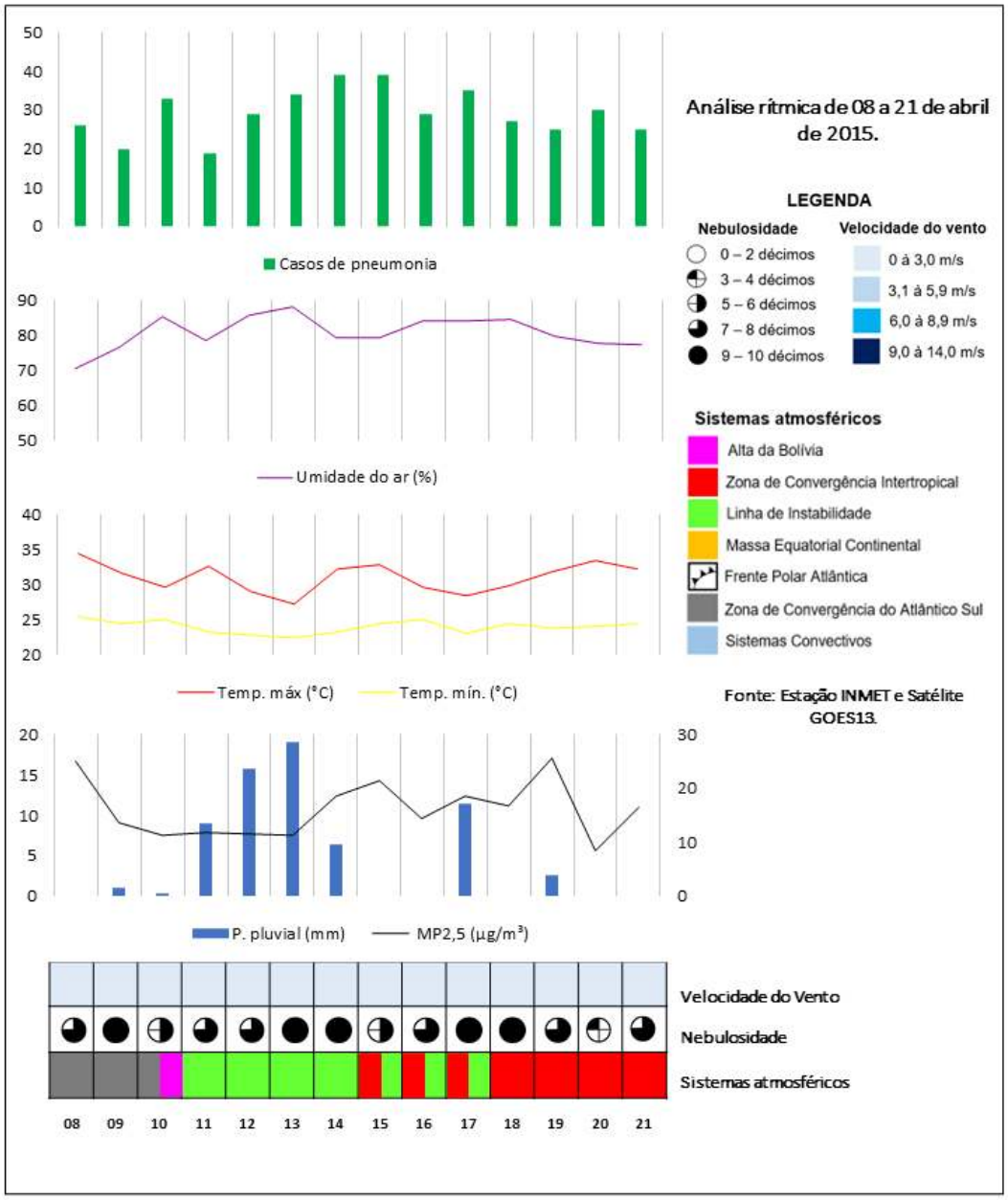
Dos resultados das correlações dos episódios: a) Correlação moderada e positiva entre a precipitação pluvial e os casos diários no ano de 2015 (r= 0,726 e p= 0,011); b) Duas correlações moderadas e negativas entre a temperatura mínima e os casos diários no ano de 2015 (r= −0,624 e p= 0,040) e de 2016 (r= −0,693 e p=0,026) e c) Correlação forte e positiva entre a temperatura máxima e os casos diários em 2018 (r= 0,823 e p= 0,003).

É importante ressaltar que o estudo foi realizado com um conjunto limitado de variáveis. Apesar de existirem outras variáveis que poderiam ser analisadas na relação entre casos de enfermidades e fatores ambientais, principalmente de forma combinada com os materiais particulados, optamos por utilizar apenas as que foram disponibilizadas. A escolha foi motivada pela dificuldade de acesso a outros dados relevantes para a pesquisa.

3.3. Análise do ritmo climático e a pneumonia

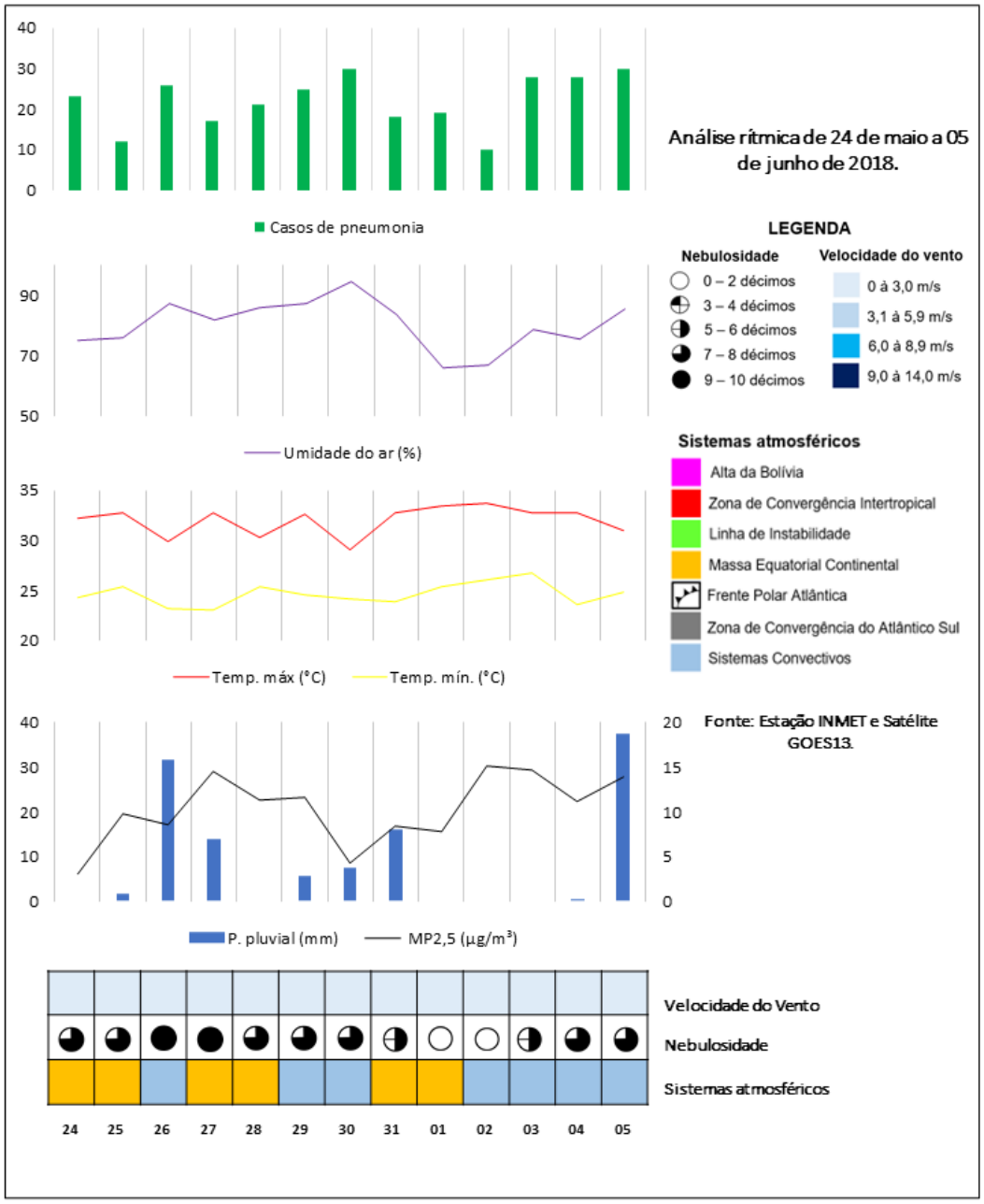
Posteriormente a aplicação do teste estatístico de Spearman, as “análises rítmicas” foram realizadas para os anos que apresentaram correlações satisfatórias, como 2015 e 2018 (Figura 6 e 7). A análise rítmica possibilitou a identificação dos sistemas meteorológicos atuantes nos dias que antecederam e sucederam o pico de hospitalizações diárias por pneumonia. Também permitiu a compreensão do comportamento das outras variáveis ambientais (elementos climáticos e MP2,5) influenciadas pelos sistemas que modelam a circulação atmosférica regional.

Figura 6 - Ritmo diário dos elementos climáticos e do MP2,5 com os casos diários de pneumonia no período de 08 a 21 de abril de 2015.



Fonte: SIH/SUS (2020); INMET; SISAM/INPE (2021); Elaborada pelos autores (2024).

Figura 7 - Ritmo diário dos elementos climáticos e do MP2,5 com os casos diários de pneumonia no período de 24 de maio a 05 de junho de 2018.



Fonte: SIH/SUS (2020); INMET; SISAM/INPE (2021); Elaborada pelos autores (2024).

Em abril de 2015, os dias 14 e 15 registraram o maior número de internações diárias por pneumonia, com 39 casos em cada. Neste episódio, o número de internações variou entre 19 e 39 casos/dia, com uma média de 29 casos (desvio padrão de 6,2).

Nos dias 12 e 13 de abril, que antecederam o pico diário de internações, a cidade vivenciou um tempo chuvoso e úmido, com alta nebulosidade. Com isso, as temperaturas do ar ficaram um pouco mais amenas e os níveis de MP2,5 ficaram mais atenuados no ar. O dia

13 de abril ganhou destaque pela maior precipitação pluvial, totalizando 19 mm, juntamente com o registro mais alto de umidade relativa do ar, alcançando 88 %. Como resultado, as temperaturas máximas e mínimas obtiveram seus valores mais baixos, com 27,3 °C e 22,5 °C, respectivamente, assim como os níveis de MP2,5 que atingiram o mínimo de 11,3 µg/m³, devido à purificação do ar atmosférico.

Durante o pico diário de internações (14 e 15/04), as temperaturas e os níveis de MP2,5 aumentaram significativamente na atmosfera. Nos dias 08 e 19/04, os valores desse determinado material particulado fino ultrapassaram os limites seguros estabelecidos pela OMS no período de 24 horas, fixado em 15 µg/m³ (WHO, 2021). Portanto, observou-se que a flutuação considerável dos padrões climáticos pode ter contribuído para o crescimento no número de casos de pneumonia.

No episódio em questão, a intensidade da velocidade dos ventos permaneceu baixa, em torno de 2,0 m/s. Os principais sistemas atmosféricos atuantes foram a Linha de Instabilidade (LI), a ZCIT por 7 dias, seguida pela ZCAS no início do episódio por 3 dias consecutivos (08 e 10/04) e a Alta da Bolívia (AB) que atuou somente no dia 10 de abril.

Em 2018, os dias 30 de maio e 5 de junho registraram os maiores picos de atendimentos hospitalares por pneumonia, ambos registraram 30 casos por dia. O dia 30 de maio exibiu a umidade relativa do ar mais elevada (94,5%), a temperatura máxima do ar mais baixa (29,1 °C), assim como uma queda expressiva nas concentrações de MP2,5 no ar (4,2 µg/m³). Isso ocorreu porque, nos dias anteriores, predominaram tipos de tempo chuvosos e úmidos, com registros pluviométricos e higrométricos, superando o valor de 30 mm e 80%, respectivamente. As condições atmosféricas mencionadas podem ter um efeito purificador no ar, removendo gases tóxicos e partículas suspensas. Por isso, as concentrações de MP2,5 não excederam o valor de 10 µg/m³ nestes dias.

Por outro lado, no dia 05 de junho, no segundo pico de atendimentos por pneumonia, aconteceu o maior acumulado de pluviosidade diária com 37,4 mm. No entanto, as condições climáticas nos dias antecedentes (01 a 04/06) contrastam com aquelas observadas durante o primeiro pico de internações (24 a 29/05). Houve uma escassez de chuvas, o que resultou em uma redução da umidade relativa do ar, isso levou a um aumento na temperatura máxima para 33 °C e a mínima para 26 °C, por conseguinte, as concentrações de MP2,5 aumentaram, alcançando um valor máximo de 15,2 µg/m³. Desse modo, constatou-se uma variação

repentina das condições climáticas na cidade de Manaus, o que aumenta o risco do acometimento de pneumonia entre a população.

No quadro geral, o episódio mostrou uma variação interdiária entre 10 e 30 atendimentos e o valor médio de 22 internações/dia (desvio padrão = 6,6). A velocidade dos ventos mostrou-se quase uniforme, mantendo-se em torno de 1,0 m/s. Em relação à circulação atmosférica regional, dois sistemas atmosféricos importantes estiveram ativos: os Sistemas Convectivos, presentes por 7 dias, e a Massa Equatorial Continental (Mec) por 6 dias.

Em vista disso, baseado nos resultados das correlações de Spearman e na análise rítmica, seguem abaixo alguns apontamentos para elucidar a associação entre os componentes ambientais e a morbidade hospitalar diária da pneumonia em Manaus:

a) Nos primeiros dias do episódio de 2015, as condições térmicas estavam elevadas, juntamente com os níveis de MP2,5. Logo depois, nos três dias antecedentes do pico de morbidade diária, observou-se um aumento dos índices pluviométricos e higrométricos, isso resultou em uma queda na temperatura do ar e na presença do particulado na atmosfera. Por isso, evidencia-se uma correlação moderada e direta com a precipitação pluvial e, inversamente proporcional, com o elemento climático da temperatura mínima do ar.

b) Em contraste, durante o segundo pico de 2018 (05 de junho), após os primeiros dias chuvosos e úmidos, pelo menos três ou cinco dias antes do aumento máximo nas internações diárias, houve uma queda considerável nos índices de precipitação pluvial e umidade relativa do ar, ao passo que as temperaturas estavam altas. Dessa forma, estabeleceu-se uma relação direta e robusta entre a temperatura máxima e as internações diárias da pneumonia.

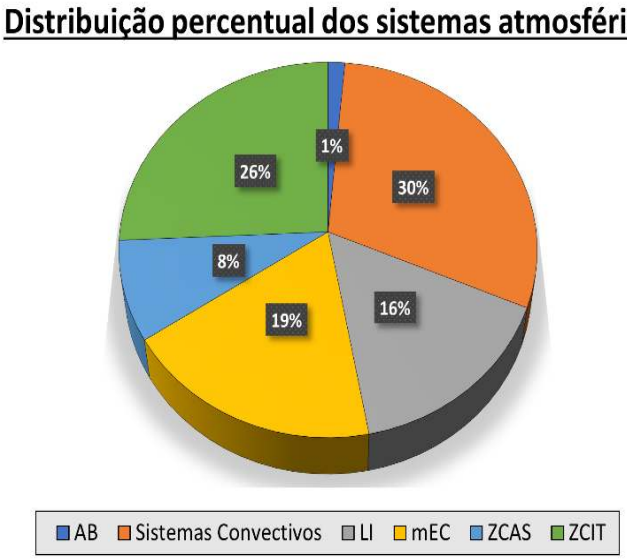
c) A análise dos dados revelou que as maiores ocorrências de hospitalizações por essa doença estavam relacionadas às condições climáticas dos dias anteriores, porém, não existiu um padrão único que contribuísse para o aumento dos atendimentos.

Durante o período de chuvas abundantes, as mudanças repentinas de temperatura são frequentes, o que pode causar estresse no corpo e o enfraquecimento temporário do sistema imunológico. Essas variações térmicas prejudicam o funcionamento dos cílios na filtragem do ar respirado, o que acarreta o aumento do risco de exposição a agentes infecciosos causadores de pneumonia e outras infecções respiratórias. Consequentemente, facilita-se a transmissão

desses agentes entre os indivíduos. As flutuações térmicas e higrométricas podem favorecer a sobrevivência e a disseminação de determinados patógenos respiratórios (FIOCRUZ, 2013).

Posteriormente a análise das imagens de satélites meteorológicos durante os episódios selecionados, identificou-se a presença de seis sistemas atmosféricos importantes na região: Alta da Bolívia (AB); Sistemas Convectivos; Linha de Instabilidade (LI); Massa Equatorial Continental (mEC); Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS). Entre os principais sistemas meteorológicos, destacam-se os Sistemas Convectivos, a qual foram os mais ativos no decorrer dos episódios, com uma participação de 30%. Em seguida, a ZCIT contribuiu com 26%, a mEC respondendo por 19% e a AB foi o sistema menos ativo (1%), detectado somente no episódio de 2015 (Figura 8).

Figura 8 – Distribuição percentual dos sistemas atmosféricos nos episódios de 2015 a 2019**.**



Fonte: INPE/CPTEC (2020); Elaborada pelos autores (2022).

Conclui-se que a presença de sistemas precipitantes antecedeu os dias com maior morbidade diária por pneumonia, no entanto, não se identificou um padrão predominante de um ou mais sistemas atmosféricos, por isso, não se pode presumir que estejam diretamente relacionados.

É importante considerar que esses sistemas atmosféricos são responsáveis pelos elevados índices de chuvas na região amazônica. Isso significa que os dias anteriores aos picos de pneumonia provavelmente apresentaram tipos de tempo chuvosos, úmidos e nublados,

com temperaturas um pouco mais amenas. Essa combinação de fatores pode ter influenciado no aumento de casos de pneumonia.

Esses tipos de tempo chuvosos e úmidos contribuem para um aumento nas hospitalizações por síndrome respiratória aguda, pois as pessoas tendem a permanecer por mais tempo em locais fechados, o que pode levar em uma maior concentração de indivíduos em espaços limitados, como transporte público, escolas e escritórios, com isso a ventilação em ambientes internos é reduzida, criando assim condições ideais para a proliferação e a concentração de patógenos no ar. Isso, por sua vez, aumenta o risco de transmissão de vírus e bactérias, incluindo a pneumonia viral e o pneumococo (BRASIL, 2020).

3.3. Espacialização das internações e vulnerabilidade social por pneumonia em Manaus

O processo saúde-doença de um indivíduo ou uma coletividade são condicionados e determinados por uma série de fatores complexos e inter-relacionados e, nem sempre existe uma relação linear e direta, é imprescindível ressaltar também que não são apenas determinados por elementos biológicos, genéticos e climáticos, mas também são modulados e influenciados por elementos sociais, econômicos e culturais.

Neste sentido, o estado de saúde e doença das populações é resultado de complexas interações entre as pessoas e seus diferentes contextos políticos-econômicos-sociais e as características singulares de cada localidade no interior das cidades. Fatores como condições de vida, acesso a serviços sociais de saúde, infraestrutura, ambiente de trabalho, educação e renda, além de aspectos culturais e sociais, influenciam diretamente o bem-estar e a saúde da população, como Albuquerque e Silva (2014, p. 962) descrevem que “[...] a doença ocorre de modo diferente nas diferentes sociedades, nas diferentes classes e estratos de classes sociais, apesar das semelhanças biológicas entre os corpos dos seres humanos que as compõem.”

A exclusão e segregação socioespacial nos centros urbanos fazem com que determinados lugares sejam mais propícios à gênese e ao agravamento de patologias. O aumento da vulnerabilidade social pode causar um maior potencial de impactos negativos, quando ocorre um evento indesejado, principalmente para as populações mais discriminadas no espaço urbano.

Por isso, a autora Cutter (2011) argumenta que, embora os modelos biofísicos de vulnerabilidade sejam importantes, é fundamental incorporar os elementos sociais na análise. Isso significa considerar as condições individuais das pessoas e dos lugares, que representam as “fraquezas” ou “deficiências” que tornam os indivíduos e comunidades mais susceptíveis a sofrer danos ou impactos adversos quando expostos a um risco. A análise da vulnerabilidade social é essencial para entender a capacidade de resposta, recuperação e adaptação de diferentes grupos diante de eventos e situações de risco.

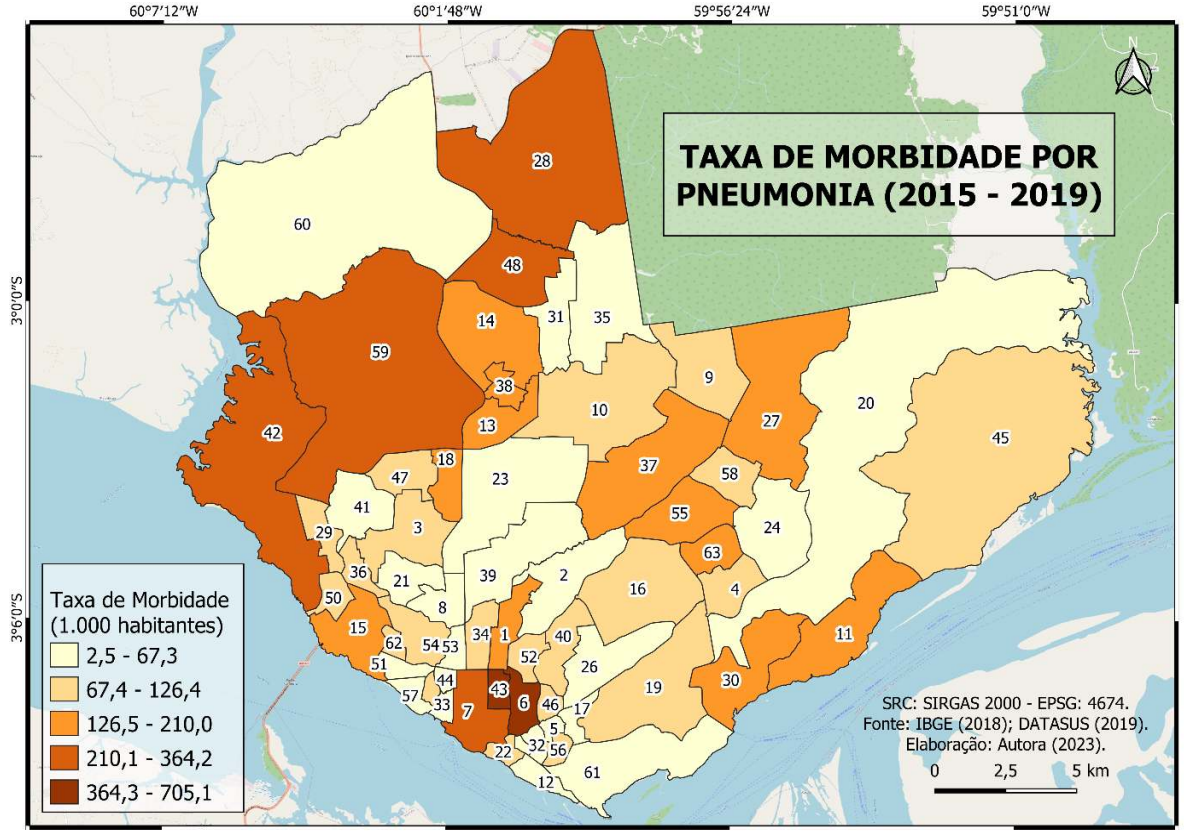
Na cidade de Manaus, Almeida (2019) expôs que as altas taxas de malária estão intimamente ligadas às áreas que possuem serviços precários de saneamento ambiental, enquanto uma pesquisa recente realizada por Aleixo e Lima (2022) constatou que os bairros caracterizados por uma vulnerabilidade social muito alta registraram o maior índice de casos de COVID-19.

Diante do exposto, é importante realizar uma análise abrangente que considere tanto a taxa de morbidade hospitalar quanto a vulnerabilidade social, visando identificar as áreas com maior probabilidade de manifestação de pneumonia em Manaus. Além disso, é necessário avaliar as características socioeconômicas e ambientais da população local, uma vez que esses fatores podem influenciar na mitigação ou maximização dos impactos causados por eventos adversos.

Inicialmente, é importante ressaltar que a distribuição geográfica das taxas de morbidade por pneumonia segue a divisão oficial dos 63 bairros na área urbana de Manaus, organizados em seis zonas administrativas, conforme o Plano Diretor Urbano e Ambiental do Município de Manaus, previsto na Lei Complementar N°2 de 16 de janeiro de 2014, e conforme o mapeamento realizado pelo Instituto Municipal de Planejamento Urbano - IMPLURB (MANAUS, 2021).

A partir da observação da Figura 9, constata-se que os bairros Praça 14 de Janeiro (43) e Cachoeirinha (6), situados na Zona Sul de Manaus, demonstraram as maiores taxas de morbidade por pneumonia, com 364,3 e 705,1 internações por 10 mil habitantes no período de 2015 a 2019.

Figura 9 – Manaus/AM: Taxa de Morbidade por Pneumonia (2015 – 2019).

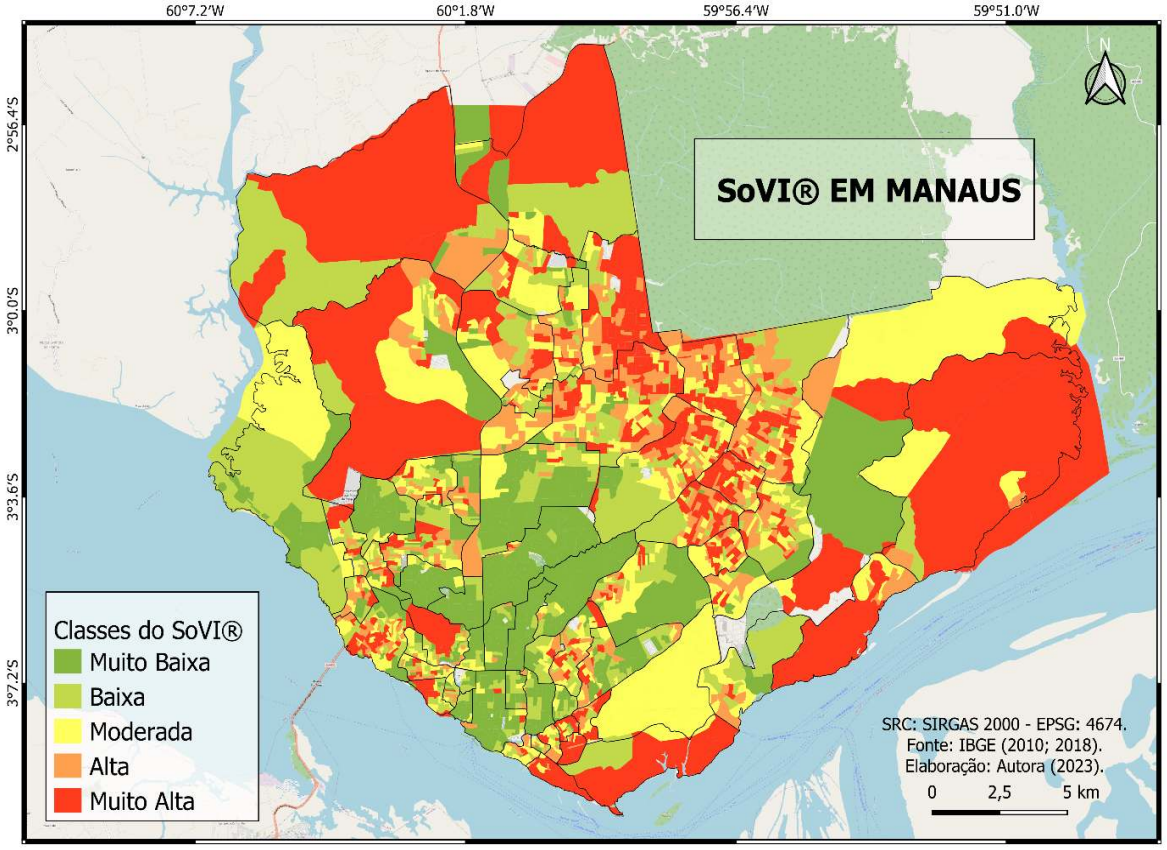


Fonte: IBGE (2018); DATASUS (2019); Elaborada pelos autores (2023).

Ademais, embora apresentem índices um pouco inferiores em comparação às taxas dos bairros mencionados anteriormente, existem outras localidades de Manaus que necessitam de um nível maior de preocupação, de gestão e planejamento de tomada de decisões preventivas à saúde pública, como os bairros Santa Etelvina (48) e Lago Azul (28), ambos estão localizados na Zona Norte; o bairro Centro (7) na Zona Sul e os bairros Ponta Negra (42) e Tarumã (59) na Zona Oeste de Manaus, tais áreas mostraram taxas de internação por pneumonia entre 210,1 a 364,2 internações por 10 mil habitantes.

A explicação para alguns setores censitários serem mais afetadas pelo acometimento de doenças respiratórias, particularmente a pneumonia, será mais bem compreendida através da utilização do SoVI®, um mapa síntese de vulnerabilidade social (Figura 10). Portanto, as análises do Mapa 2 e Mapa 3 permitiram as principais elucidações:

Figura 10 – Aplicação do SoVI® em Manaus – Amazonas.



Fonte: IBGE (2010, 2018); Elaborada pelos autores (2023).

A primeira é que, embora os bairros Cachoeirinha e Praça 14 de Janeiro, Centro e Ponta Negra apresentem baixa vulnerabilidade social, os dois primeiros demonstraram maior risco ao acometimento de pneumonia na metrópole manauara, exigindo ações preventivas. Conforme o resultado do SoVI®, nesses respectivos locais, de modo majoritário, o perfil da população residente é de cor/raça branca, mais escolarizadas com uma idade superior a 60 anos e rendimentos mensais entre 5 e 10 salários-mínimos em ambos os gêneros e, também, possuem domicílios particulares permanentes do tipo apartamento.

Desta maneira, entende-se que este perfil de grupo e/ou indivíduo está em uma posição mais favorável para enfrentamento de desafios relativos à saúde, pois, geralmente, têm melhor acesso à educação, emprego estável e ambientes seguros e saudáveis, com acesso ao saneamento básico adequado e menor exposição a poluentes ambientais no interior de suas residências, além de melhor acesso aos serviços sociais de saúde, incluindo exames de rotina, medicamentos, tratamento de doenças e cuidados médicos preventivos.

Apesar de dispor de recursos destinados a promover o bem-estar e a qualidade de vida, são nessas áreas, onde as taxas de morbidade por pneumonia são mais elevadas. Isso pode estar associado à concentração de pessoas com 60 anos ou mais, especialmente nos bairros Ponta Negra e Centro. Este último possui uma relevância histórica e cultural para Manaus, pois, representa um marco no início do desenvolvimento urbano da cidade. É fundamental destacar que os idosos são um dos grupos populacionais mais vulneráveis ao acometimento de doenças respiratórias e, também, de fatores ambientais, como às mudanças nos tipos de tempo e a exposição à poluição do ar em áreas urbanas (Aleixo, 2014; Emergência Climática em Cidades Amazônicas, 2022).

Devido ao processo de envelhecimento natural dos órgãos e tecidos, os idosos têm uma maior propensão a desenvolver problemas respiratórios. Isso ocorre porque há uma diminuição da elasticidade dos pulmões e redução da mobilidade e/ou força da caixa torácica, o que torna a respiração mais difícil e assim compromete eficiência da tosse. Também há uma redução na capacidade de regeneração dos danos nos pulmões ocasionados por infecções ou inflamação, o sistema imunológico fica enfraquecido, tornando-os mais suscetíveis a infecções respiratórias, como a bronquite e a pneumonia, bem como à exposição a fatores ambientais prejudiciais ao longo da vida, como a poluição atmosférica, fumaça de tabaco e produtos químicos (FRANCISCO *et al.,* 2006).

A segunda elucidação remete que os bairros Santa Etelvina, Lago Azul e Tarumã são outras áreas potencialmente de risco para ocorrência da pneumonia, porém, se diferenciam dos bairros mencionados anteriormente por apresentar vulnerabilidade social nas categorias moderada a muito alta. Conforme o produto cartográfico do SoVI®, pode-se constatar que a população predominante nesses locais é de cor/raça parda que, geralmente, recebe mensalmente a metade e/ou um salário-mínimo, são menos escolarizadas e com moradias particulares, alugadas e cedidas do tipo casa, que podem ter seis ou mais moradores.

Além disso, verifica-se a precariedade do saneamento básico dos domicílios nessas áreas, como a forma de abastecimento de água através da chuva armazenada em cisterna, o banheiro de uso exclusivo ou sanitário e esgotamento via fossa rudimentar, também chamada de “fossa negra”, o entorno das moradias com esgoto a céu aberto, acúmulo de lixo etc. O acesso precário ou até a falta de serviços básicos de infraestrutura urbana são procedentes da quantidade significativa de favelas e comunidades urbanas nesses bairros, considerada uma

forma importante de vulnerabilidade à saúde humana.

Desse modo, as pessoas em situação de privação socioeconômica muitas vezes enfrentam desafios na recuperação das patologias existentes. A vulnerabilidade à saúde é ampliada por fatores ligados à baixa qualidade do ambiente construtivo e interno das residências, à exposição a ambientes poluídos, saneamento básico inadequado, falta de acesso a serviços de saúde, assim como à dificuldade em obter cuidados médicos adequados e à carência de informações de saúde, isso pode resultar em maior risco de desenvolvimento de problemas de saúde, como doenças infecciosas, problemas respiratórios, doenças transmitidas pela água e outras condições de saúde adversas.

Um fator relevante de contribuição que potencializa o risco de adoecimento é a presença expressiva da população infantil nessas áreas, visto que se constitui como um dos grupos vulneráveis que, geralmente, enfrenta o maior risco de asma, alergias, infecções respiratórias e complicações graves de saúde, como gripes, bronquiolite e pneumonia, ocasionando sintomas de tosse, congestão nasal e dificuldade em respirar (Emergência Climática em Cidades Amazônicas, 2022).

Para além dos condicionantes e determinantes econômicos e culturais, outros componentes ambientais, como mofo, poeira, fumaça, fuligem, poluição atmosférica e até mesmo os diferentes tipos de tempo podem impactar a saúde respiratória das crianças. Isso acontece devido o sistema imunológico ainda está em desenvolvimento, o que significa que seus pulmões e os mecanismos de defesas respiratórias podem não funcionar tão eficientemente quanto dos adultos.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo evidenciou que existe um aumento significativo na quantidade de hospitalizações por pneumonia na época da sazonalidade mais chuvosa e úmida de Manaus. No entanto, não foi encontrado uma relação estatisticamente significativa entre o MP2,5 e as internações no período analisado.

Com o ritmo diário foi verificado que os picos diários por essa doença foram condicionados pelos elementos climáticos nos dias anteriores ao evento adverso, porém, não mostrou um padrão único. Cabe salientar que nos dias que antecederam a morbidade diária

mais elevada, o tipo de tempo predominante é o chuvoso com alta nebulosidade e as temperaturas amenas para a realidade climática analisada.

O trabalho preocupou-se em não direcionar a análise em uma vertente determinista e/ou modelo explicativo unicausal da doença, é importante enfatizar que a pneumonia pode ser causada por diferentes agentes infecciosos, contudo, existem elementos ambientais, individuais e sociais, como idade, histórico médico, riqueza material, infraestrutura e acessibilidade aos serviços sociais de saúde, qualidade do material construído e o seu entorno, que desempenham um papel significativo na vulnerabilidade à doença.

A análise espacial revelou uma forte associação entre a vulnerabilidade social e a ocorrência de pneumonia na cidade de Manaus, especificamente para a população infantil, as disparidades socioeconômicas e ambientais podem intensificar o risco de adoecimento e agravos à saúde.

Portanto, embora a época chuvosa possa criar condições favoráveis para o aumento das infecções respiratórias, a produção social da doença enfatiza que o estado de saúde e a doença das populações não são apenas resultado de fatores etiológicos ou biológicos, mas são moldadas pelas condições sociais em que as pessoas vivem e estão expostas de maneira diferenciada a poluição do ar e ao ritmo climático, como evidenciado em Manaus. Essa perspectiva tem implicações importantes para a formulação de políticas de saúde e a busca por uma abordagem mais equitativa e justa para promover o bem-estar e saúde de todos os cidadãos, principalmente dos grupos mais marginalizados.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, Guilherme Souza C. de; SILVA, Marcelo José de Souza e. Sobre a saúde, os determinantes da saúde e a determinação social da saúde. **Saúde em Debate**, Rio de Janeiro, v. 38, n. 103, p. 953-965, 2014.

ALEIXO, Natacha Cíntia Regina. “Temos nosso próprio tempo”: Desafios e perspectivas da construção social e cultural do clima na Amazônia. *In:* SANT’ANNA NETO, João Lima (org.). **Clima, sociedade e território.** Jundiaí: Paco Editorial, 2021. cap. 3. p. 1-212.

ALEIXO, Natacha Cíntia Regina; LIMA, Beatriz da Silva. A Geografia do Clima na análise das doenças respiratórias em Manaus - AM. **Ciência Geográfica**, São Paulo, v. XXVII, n. 2, p. 548-564, 2023.

ALEIXO, Natacha Cíntia Regina; SILVA NETO, João Cândido André da. Precipitation and risk in Tefé -AM. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 8, n. 4, p. 1176-1190, 2015. Disponível em: https://doi.org/10.5935/1984-2295.20150061. Acesso em: 29 set. 2023.

ALMEIDA, Rayane Brito de. **Análise socioambiental da morbidade da malária em Manaus – AM.** 2019. Dissertação (Mestrado em Geografia) — Instituto de Filosofia Ciências Humanas e Sociais, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2019. Disponível em: https://tede.ufam.edu.br/handle/tede/7388. Acesso em: 29 set. 2023.

BESANCENOT, Jean-Pierre. **Climat et santé.** 1. ed. França: Presses Universitaires de France, 2001.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. BIBLIOTECA VIRTUAL EM SAÚDE-MS. **27/5 - Inverno aumenta risco de doenças respiratórias.** Rio de Janeiro, 27 mai. 2014. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/27-5-inverno-aumenta-risco-de-doencas-respiratorias/ Acesso em: 30 set. 2023.

COUTO, Lucas de Oliveira do. **A influência do material particulado fino na saúde das populações de municípios do entorno do Complexo Industrial e Portuário do Pecém**. 2019. 100 f. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública e Meio Ambiente) – Escola Nacional de Saúde Pública Sergio Arouca, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: https://www.arca.fiocruz.br/handle/icict/40125. Acesso em: 29 set. 2023.

CUTTER, Susan Lynn. A ciência da vulnerabilidade: modelos, métodos e indicadores. **Revista Crítica de Ciências Sociais**, n. 93, p. 59-69, jun. 2011. Disponível em: https://doi.org/10.4000/rccs.165. Acesso em: 29 set. 2023.

EMERGÊNCIA CLIMÁTICA EM CIDADES AMAZÔNICAS. **Mapas de Vulnerabilidade Social.** Manaus, 2022. Disponível em: https://emergenciaclimaticaam.com.br/emergência-climatica-em-cidades-amazonicas. Acesso em: 29 set. 2023.

FISCH, Gilberto; MARENGO, José Antonio; NOBRE, Carlos Afonso. Uma revisão geral sobre o clima da Amazônia**. Acta Amazônica**, v. 28, n. 2, p. 101-126, 1998. Disponível em: https://www.scielo.br/j/aa/a/NVRbNSn7P5z4hjtFNmMjLjx/abstract/?lang=pt. Acesso em: 29 set. 2023.

FRANCISCO, Priscila Maria Stolses Bergamo et al. Fatores associados à doença pulmonar em idosos. **Revista de Saúde Pública**, v. 40, n. 3, p. 428-435, jun. 2006. Disponível em: https://doi.org/10.1590/s0034-89102006000300010. Acesso em: 29 set. 2023.

GOMES, Maria João Marques. Ambiente e pulmão. **Jornal de Pneumologia**, v. 28, n. 5, p. 261-269, set. 2002. Disponível em: https://doi.org/10.1590/s0102-35862002000500004. Acesso em: 2 out. 2023.

GUARIEIRO, Lilian Lefol Nani; GUARIEIRO, Aline Lefol Nani. Vehicle emissions: what will change with use of biofuel? *In:* NANI GUARIEIRO, Lilian Lefol; NANI GUARIEIRO, Aline Lefol. **Biofuels -**

economy, environment and sustainability. [S. l.]: InTechopen, 2013. cap. 14 p. 398 ISBN 9789535109501.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. 2022**. Portal Cidades: Manaus - Amazonas.** [Rio de Janeiro]. 2023. Disponível em: https://cidades.ibge.gov.br/brasil/am/manaus/panorama. Acesso em: 29 set. 2023.

NASCIMENTO JÚNIOR, Lindberg; SANT'ANNA NETO, João Lima. Índice de vulnerabilidade social à desastres naturais para áreas urbanas. **Revista de Geociências do Nordeste**, Rio Grande do Norte, v. 6, n. 2, p. 65-72, ago. 2020.

MANAUS, Prefeitura de Manaus. **Legislação urbanística municipal.** Manaus (AM): Instituto Municipal de Planejamento Urbano, 2021. 203 p.

MARENGO, José Antonio; NOBRE, Carlos Afonso. Clima da região Amazônica. *In:* CAVALCANTI, Iracema Fonseca de Albuquerque; FERREIRA, Nelson Jesuz; SILVA, Maria Gertrudes Alvarez Justi; DIAS, Maria Assunção Faus da Silva (orgs.). **Tempo e Clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. p. 197-207.

MENDONÇA, Francisco; DANNI-OLIVEIRA, Inês Moresco. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil.** 1 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

.

MOURA, Marcelo de Oliveira. **Anomalias das temperaturas extremas do ar em Fortaleza: correlações com a morbidade hospitalar por doenças cardiovasculares.** 2013. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2013.

NASCIMENTO JÚNIOR, Lindberg [UNESP]. **Clima urbano, risco e vulnerabilidade em cidades costeiras do mundo tropical: estudo comparado entre Santos (Brasil), Maputo (Moçambique) e Brisbane (Austrália).** 2018. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Presidente Prudente, 2018.

PITTON, Sandra Elisa Contri; DOMINGOS, Amanda Érica. Tempo e Doenças: Efeitos dos parâmetros climáticos nas crises hipertensivas nos moradores de Santa Gertrudes - SP. **Estudos Geográficos**, São Paulo, v. 2, n. 1, p. 75-86, 2004.

SANTOS, Larissa Kristyne Campos dos. **Análise dos condicionantes climáticos e do material particulado fino nas internações por pneumonia em Manaus - Amazonas**. 2023. Dissertação (Mestrado em Geografia) — Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2023. Disponível em: https://tede.ufam.edu.br/handle/tede/9395. Acesso em: 29 set. 2023.

SANTOS, Larissa Kristyne Campos dos; ALEIXO, Natacha Cíntia Regina. Análise entre os condicionantes climáticos e as hospitalizações por pneumonia em Manaus Amazonas. **Revista Geonorte**, Manaus, v. 14, n. 43, 2023.

SILVEIRA, Rafael Brito; ZAVATTINI, João Afonso. Pneumonia em Joinville/SC: influência dos tipos de tempo de inverno? *In:* MURARA, Pedro Germano dos Santos; ALEIXO, Natacha Cíntia Regina (orgs.). **Clima e saúde no Brasil.** Jundiaí (SP): Paco Editorial, 2020. cap. 5. p. 1-368.

UNICEF. FUNDO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A INFÂNCIA. **Pneumonia in Children Statistics - UNICEF DATA.** nov. 2023. Disponível em: https://data.unicef.org/topic/child-health/pneumonia/. Acesso em: 2 out. 2023.

WHO. WORLD HEALTH ORGANIZATION. **WHO global air quality guidelines. particulate matter (PM2.5 and PM10), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide**. 5. ed. Geneva: World Health Organization, 2021.

WHO. WORLD HEALTH ORGANIZATION. **PNEUMONIA in children.** França, 11 nov. 2022. Disponível em: https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/pneumonia. Acesso em: 2 out. 2023.