

Efeito de condições meteorológicas em doenças respiratórias em capitais de diferentes dimensões no Norte e Nordeste do Brasil

Effect of meteorological conditions on respiratory diseases in capitals of different dimensions in the north and northeast of Brazil

MANDÚ¹, T. B.; GOMES², A. C. S.; SANTOS³, M. S.; ALFAIA⁴, V. M.
tiagobentes1@gmail.com

Resumo

As doenças respiratórias representam uma das maiores causas de morbimortalidade no Brasil e no mundo. Pesquisas cada vez sinalizam que a ocorrência e agravamento de enfermidades do trato respiratório possuem associação com condições atmosféricas. Perante esse cenário, o objetivo do presente estudo é avaliar e comparar o efeito da temperatura e umidade relativa do ar na ocorrência de doenças respiratórias nas seguintes cidades brasileiras: Fortaleza, Manaus, Natal e Palmas. Para isso, foram utilizados dados mensais de temperatura e umidade relativa do ar registrados por estações meteorológicas convencionais alocadas nas capitais acima mencionadas, disponibilizados pelo Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP). Foram utilizados também dados de internações por doenças do aparelho respiratório, do Banco de Dados do Departamento de Informática do SUS (DATASUS) para o período de 2000 a 2018. A taxa de internações foi empregada para que a comparação entre as cidades pudesse ser feita, uma vez que as mesmas possuem contingentes populacionais distintos. Utilizou-se a modelagem via Equações de Estimação Generalizada para verificar associações significativas assim como o risco relativo (RR) entre as variáveis meteorológicas e as taxas de internações. As saídas gráficas e as análises estatísticas foram realizadas com auxílio do *software* estatístico livre R. Os resultados apontam associação significativa inversa em Fortaleza e Natal, e direta em Manaus e Palmas com a temperatura média do ar, e para a umidade relativa do ar somente as capitais do Norte mostraram associação. Fortaleza apresentou as maiores taxas de internações registradas, e o maior RR (1,12) foi observado com a temperatura em Manaus. Espera-se que os resultados desse estudo sirvam de subsídio para o desenvolvimento de políticas públicas dado o risco que as doenças respiratórias representam a saúde pública.

Palavras-chaves: Clima e saúde, risco relativo, modelagem estatística.

Abstract

Respiratory diseases represent one of the major causes of morbidity and mortality in Brazil and worldwide. Researches each time indicate that the occurrence and aggravation of diseases of the respiratory tract are associated with atmospheric conditions. In view of this scenario, the objective of the present study is to evaluate and compare the effect of temperature and relative air humidity on the occurrence of respiratory diseases in the following Brazilian cities: Fortaleza, Manaus, Natal and Palmas. For this, we used monthly data of temperature and relative humidity recorded by conventional meteorological stations allocated in the aforementioned capitals, made available by the Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP). We also used data from hospitalizations due to diseases of the respiratory system, from Banco de Dados do Departamento de Informática do SUS (DATASUS) for the period from 2000 to 2018. The rate of hospitalizations was employed so that the comparison between cities could be made, since they have distinct population quotas. The modeling using generalized estimation equations was used to verify significant associations as well as relative risk (RR) between meteorological variables and hospitalization rates. The graphical outputs and statistical analyses were performed with the aid of the free statistical software R. The results indicate a significant inverse association in Fortaleza and Natal, and directly in Manaus and Palmas with the average air temperature, and for the humidity Relative air only the northern Capitals showed association. Fortaleza presented the highest rates of hospitalizations recorded, and the highest RR (1.12) was observed with the temperature in Manaus. It is hoped that the results of this study serve as a subsidy for the development of public policies given the risk that respiratory diseases represent public health.

¹Tiago Bentes Mandú, Instituto de Engenharia e Geociências, Universidade Federal do Oeste do Pará, Santarém-PA, Brasil.

²Ana Carla dos Santos Gomes, Instituto de Engenharia e Geociências, Universidade Federal do Oeste do Pará, Santarém-PA, Brasil.

³Marconio Silva dos Santos, Departamento de Matemática, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal-RN, Brasil.

⁴Vivinane Martins de Alfaia, Instituto de Engenharia e Geociências, Universidade Federal do Oeste do Pará, Santarém-PA, Brasil.

Key words: Weather and health, relative risk, statistical modeling.

1. INTRODUÇÃO

O sistema respiratório humano é composto pelo nariz, boca, garganta, faringe, laringe, traqueia e pulmões. As doenças respiratórias (DAR) são todas as enfermidades que afetam esse conjunto de órgãos (SANTOS e FRACA, 2018). Desde o início deste século, a ocorrência dessas doenças em todo o planeta cresceu significativamente. No Brasil, o Ministério da Saúde tem registrado aumento significativo na morbimortalidade por DAR, crescimento de aproximadamente 15% por década (MURARA et al., 2013).

A temperatura do ar é uma das mais importantes variáveis atmosféricas que interfere na saúde humana. Pesquisas recentes mostram que mudanças sazonais ou abruptas na temperatura, em conjunto com as demais condições meteorológicas, podem aumentar consideravelmente a ocorrência de doenças respiratórias (DADBAKSH et al., 2017). Estudos anteriores apontam que o impacto desse componente climático na saúde varia de acordo com a latitude. Por esse motivo, estudos em diferentes regiões são necessários para melhorar o entendimento dessa relação (ZHAO et al., 2017). A umidade relativa do ar por sua vez colabora com a proliferação de fungos e bactérias que podem causar e/ou intensificar doenças como sinusite, asma, bronquite e pneumonia (ROYÉ et al., 2015).

Pesquisas realizadas no Brasil indicam que os efeitos de fatores meteorológicos na ocorrência de DAR em diferentes regiões mostram resultados distintos (GURGEL et al., 2016; SANTOS et al., 2017; ALFAIA et al., 2018). Estudos internacionais sinalizam que a influência da temperatura e umidade relativa do ar no número de internamentos por doenças respiratórias ainda não são claros, devida à heterogeneidade da relação existente entre DAR variáveis meteorológicas (SEPOSO et al., 2015; NENNA et al., 2017).

Na região tropical do planeta, as adversas condições de tempo afetam diretamente o bem-estar da população, a associação entre clima e saúde é complexa devida aos diversos fatores envolvidos nessa interação (SALES et al., 2018). Por esse motivo, estudos dessa natureza utilizam extensões de modelos lineares generalizados (MLG) juntamente com a distribuição de probabilidade de Poisson, pois essa metodologia permite captar de forma confiável tal associação (DINIZ et al., 2017; GOMES et al., 2018).

Diante do exposto, este trabalho tem como objetivo avaliar o efeito da temperatura e da umidade relativa do ar na ocorrência de internamentos por doenças respiratórias, em Fortaleza, Manaus, Natal e Palmas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

A localização geográfica dos municípios está ilustrada na Figura 1. Manaus e Fortaleza são as capitais mais populosas da região Norte e Nordeste, respectivamente, cada uma com população maior que 1,5 milhão de habitantes. Palmas e Natal possuem contingente populacional inferior a 1.000.000 de habitantes (IGBE, 2019). De acordo com a classificação climática de Köppen–Geiger atualizada por Peel et al. (2007), Fortaleza e Natal tem clima tropical semiúmido ‘As’, com temperatura média anual próximo de 27°C. Manaus apresenta um clima classificado como ‘Ami’, tropical chuvoso com precipitação acumulada mensal ≥ 60 mm e aproximadamente 2.290 mm.ano⁻¹, e Palmas tem clima ‘Aw’, tropical com estação seca.

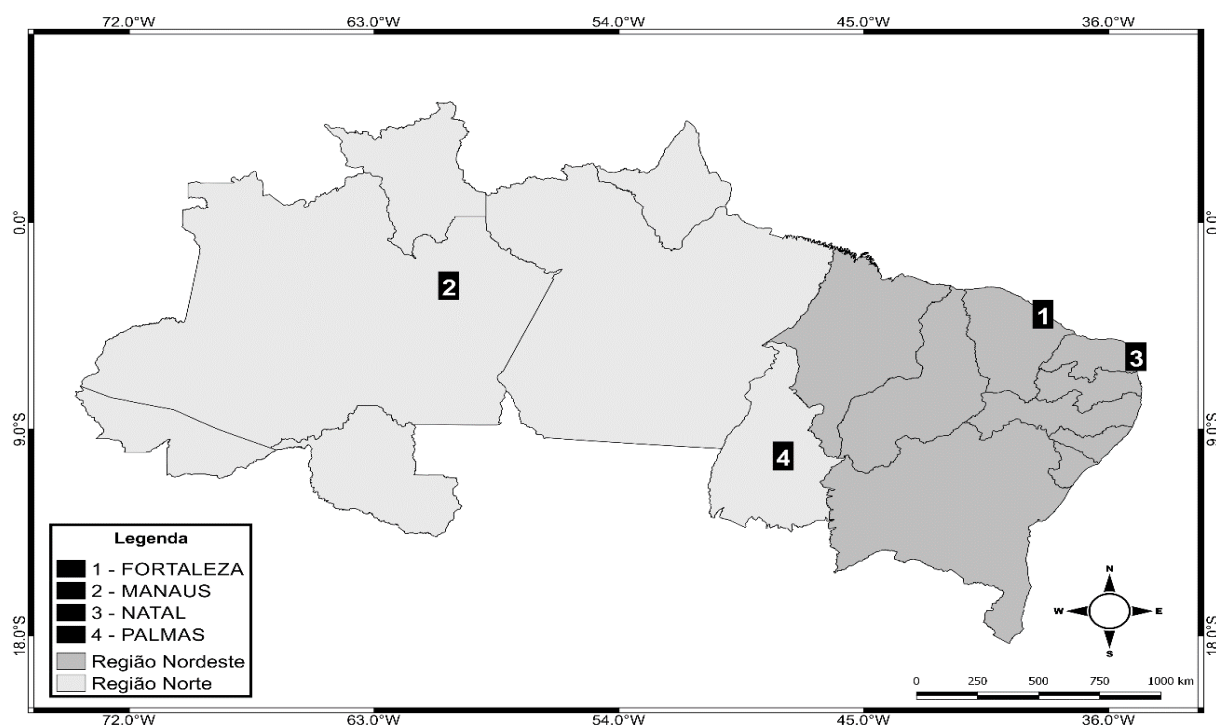


Figura 1: Área de estudo. Fonte: IGBE (2019), adaptado pelos autores.

Foram utilizados dados mensais de temperatura média (°C) e umidade relativa do ar (%), referentes ao período de 2000 a 2018, coletados por estações meteorológicas convencionais pertencentes ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Esses registros foram disponibilizados pelo Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP) em sua plataforma eletrônica. Utilizou-se o método de imputação múltipla via MICE (*Multivariate Imputation by Chained Equation*) para efetuar o preenchimento de falhas existentes.

Os dados referentes às internações foram obtidos a partir do Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (DATASUS), que classifica as doenças empregando a Classificação Estatística Internacional de Doenças e Problemas Relacionados à Saúde (CID 10). As doenças do aparelho respiratório correspondem ao Capítulo X do CID 10, que é composto pelas seguintes enfermidades: Faringite aguda e amigdalite, Laringite e Traqueíte aguda, Outras Infecções agudas das vias aéreas superior, Influenza, Pneumonia, Bronquite aguda e Bronquiolite aguda, Sinusite crônica, Outras doenças do nariz e dos seios paranasais, Doenças crônicas das amígdalas e das adenoides, Outras doenças do trato respiratório superior, Bronquite enfisema e Outras doenças pulmonares obstrução crônica, Asma, Bronquiectasia, Pneumoconiose e Outras doenças do aparelho respiratório. Foi realizada a filtragem dos dados utilizando apenas internações de residentes nas capitais analisadas.

De acordo com Andrade e Jorge (2017) a Taxa de Internação Hospitalar (TI) é um índice demográfico que reflete o número de internações registradas, em média por dez mil habitantes, em uma determinada região durante um período de tempo. Conforme usada por Galvão et al. (2015), a equação da TI é dada por:

$$TI = \left(\frac{\text{Número de internações}}{\text{População}} \right) * 10.000$$

Liang e Zeger (1986) propuseram as Equações de Estimação Generalizadas (EEG), uma extensão dos Modelos Lineares Generalizados (MLG), como método de estimação dos parâmetros do modelo da regressão linear para tratar dos dados correlacionados, amplamente utilizados para captar a relação entre clima e saúde, uma vez que esses dados normalmente são correlacionados (GHISLETTA e SPINI, 2004; GOMES et al., 2018).

Um modelo linear generalizado pode ser definido para cada instante de tempo t , acrescentando uma função de ligação entre a parte aleatória e sistemática:

$$\eta_{it} = g(\mu_{it})$$

Onde $\eta_{it} = x'_{it}\beta$ é o preditor linear, $\beta = (\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_p)'$ é o vetor de parâmetros desconhecidos e $g(\mu_{it})$ é a função que liga a parte aleatória e a sistemática. Para lidar com a correlação existente entre os dados, o modelo utiliza uma matriz de correlação do tipo simétrica ou permutável que é dada por:

$$R(\alpha) = \begin{cases} 1 & \text{se } t=t' \\ \alpha & \text{se } t \neq t' \end{cases}$$

Essa matriz é utilizada quando se assume um modelo de efeitos casuais com intercepto aleatório para cada variável (WANG, 2014). Adotou-se a distribuição de probabilidade de Poisson que é a distribuição de probabilidade discreta do número de eventos que ocorrem em um determinado período de tempo, dado o número médio de vezes que o evento ocorre durante esse período de tempo além de que por meio de sua exponencial é possível calcular o risco relativo (RR).

O RR é dado pela razão entre as probabilidades de sucesso de dois níveis da variável explicativa (YADA, 2017). Que pode ser obtida por meio da seguinte equação:

$$RR = \frac{\pi_1}{\pi_2}$$

Em que RR é o risco relativo e π_1 e π_2 são as variáveis.

Os métodos descritos acima foram implementados no *software* estatístico livre R 3.5.1. (R, 2018).

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Em Fortaleza a temperatura mostra os maiores valores no período outubro a dezembro e os menores são observados no período de junho a agosto, sendo em julho o menor registro observado (26,4°C). Natal apresenta temperatura superior a Fortaleza somente para os meses de fevereiro, março e abril, nos demais meses sempre se mostra inferior, o diferente do observado em Fortaleza, as maiores temperaturas são observadas para o período de novembro a abril, o valor mínimo (25,1°C) observado no mês de junho. Observa-se em Manaus e Palmas que os menores valores no período de dezembro a abril, e os de maiores de julho a outubro, e os meses de julho e novembro demarcam a transição entre esses períodos (Figura 2). De acordo com Mendonça e Oliveira (2017) a região amazônica possui duas estações bem definidas que são marcadas com altas temperaturas na primavera do hemisfério sul e com temperaturas mais amenas no inverno, causado principalmente por esse ser o período chuvoso na região, o que contribui para uma diminuição na temperatura.

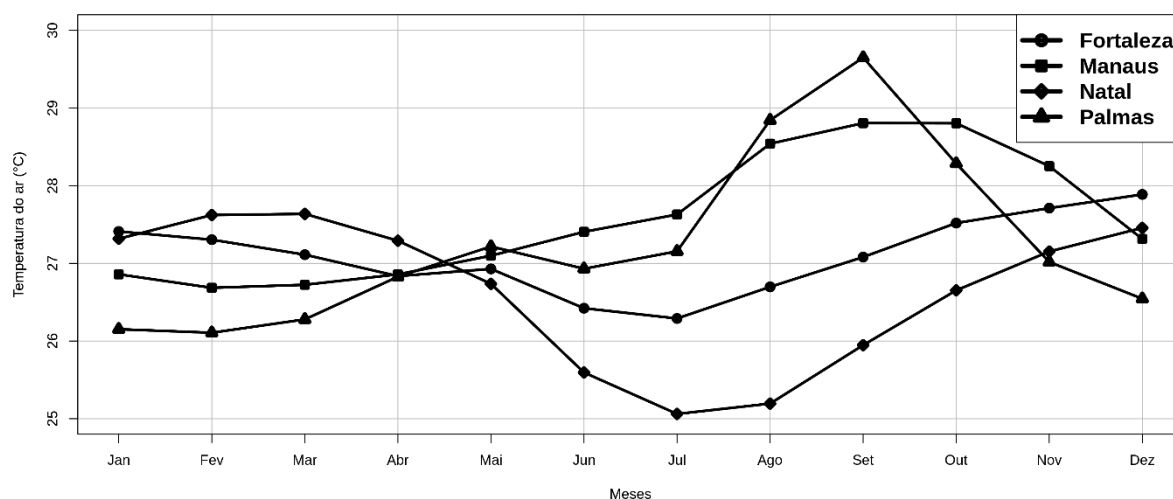


Figura 2: Perfil mensal da temperatura do ar para os municípios de Fortaleza, Manaus, Natal e Palmas no período de 2000 a 2018.

A umidade relativa do ar para as duas capitais da região Nordeste tem seu máximo no primeiro semestre do ano, seguindo por valores menores no segundo semestre (Figura 3). Fortaleza mostra valores superiores para os meses de fevereiro, março e abril, para os demais, Natal apresenta valores maiores, com os meses de abril e setembro como seus valores máximos e mínimos. Natal apresenta valores maiores que 75% de umidade relativa durante o ano inteiro, com ênfase para o período de maio a junho que apresenta os maiores valores. Manaus possui altos valores durante todo o ano, com baixa variação durante o ano, que acontece devido ao que foi dito anteriormente, que a alta umidade presente na floresta Amazônica ajuda nos elevados valores de umidade do município. Entretanto, Palmas mostra forte variação anual, com redução significativa nos meses de julho, agosto e setembro, destacando o mês de agosto que é observado um valor próximo aos 40%, enquanto para todos os meses das demais cidades a umidade é sempre superior aos 70%.

O perfil mensal da taxa de internações, que é média do mês para os 19 anos analisados em Fortaleza, está contido na Figura 4. Os maiores registros de internamentos ocorreram nos meses de abril (6,8%), maio (7,4%) e junho (7,2%), que coincidem com os meses de menores temperaturas registradas. Os maiores registros de umidade relativa do ar são observados entre março e maio, que também se mostra próximo aos meses de maiores valores de TI observados. Picos de morbimortalidade por doenças respiratórias coincidem com picos de umidade relativa do ar (NENNA et al., 2017). De acordo com Dadbakhsh et al., (2017), a temperatura do ar é uma das variáveis com maior potencial de efeito sobre a saúde humana. Apesar de que diversos estudos já terem sido realizados sobre essa temática, pesquisas em

diferentes climas e culturas ainda são necessárias para o melhor entendimento do efeito da temperatura em doenças respiratórias.

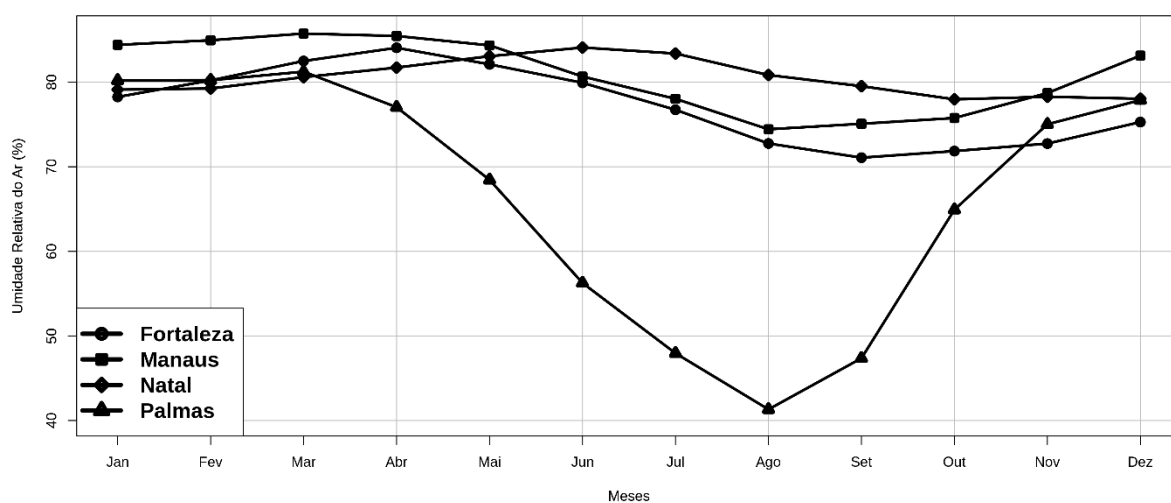


Figura 3: Perfil mensal da umidade relativa do ar para os municípios de Fortaleza, Manaus, Natal e Palmas no período de 2000 a 2018.

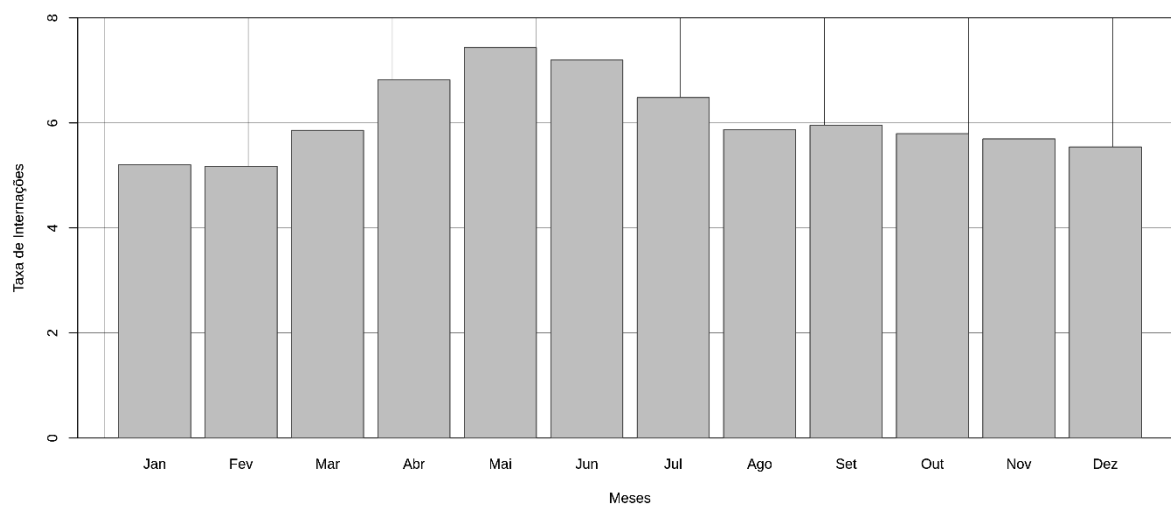


Figura 4: Perfil mensal das taxas de internações em Fortaleza, para o período de 2000 a 2018.

As taxas de internações de Natal (Figura 5) mostram comportamento semelhante às de Fortaleza, porém com número de internamentos inferior. Os meses de maiores TI são maio (4,3%) e junho (4,1%), que demarcam o fim do outono e início do inverno. Em Natal, os maiores valores de temperatura são registrados durante o verão, que combina com os meses de menor incidência de doenças respiratórias, o que realça a relação inversa existente entre a temperatura e esse grupo de enfermidades. Assim como visto em Fortaleza, os meses com valores elevados de umidade relativa coincidem com os meses de maiores taxas de internações. Pesquisas recentes mostram que valores altos de umidade relativa do ar ($\geq 80\%$) favorecem a sobrevivência de vírus que atingem o aparelho respiratório (CUI et al., 2015; NENNA et al., 2017).

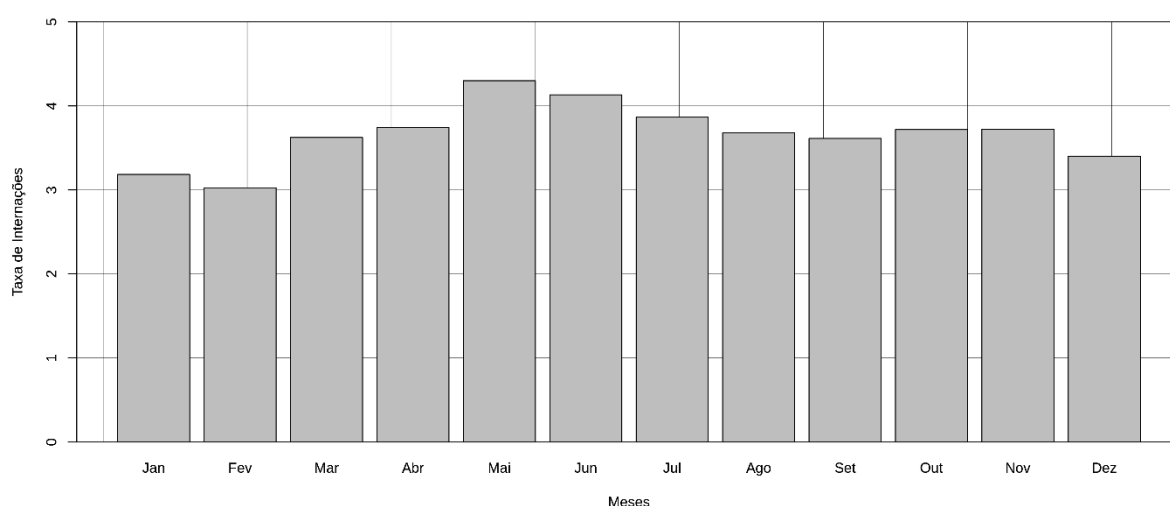


Figura 5: Perfil mensal das taxas de internações em Natal, para o período de 2000 a 2018.

O resultado da modelagem via EEG está contido na Tabela 1. Em ambas as capitais foram captadas associações inversas significativas com a temperatura do ar; as mesmas não foram observadas com a umidade relativa do ar. Esses mesmos resultados foram obtidos por Gomes et al., (2013) em seu estudo de infecções respiratórias, indicando que os efeitos dessas variáveis meteorológicas em Fortaleza e Natal podem ser os mesmos nos diferentes grupos etários.

Tabela 1: Modelo de Equações de Estimação Generalizada entre as internações por doenças respiratórias e variáveis meteorológicas no Nordeste de 2000 a 2018.

	Estimativas	Erro	Valor-p	RR
FORTALEZA				
Intercepto	6,905666	0,841788	< 0,001	---
Temperatura do ar	-0,192340	0,026020	< 0,001*	0,82
Umidade relativa	0,001350	0,003545	0,70	---

NATAL				
Intercepto	2,64859	1,08573	< 0,001	---
Temperatura do ar	-0,06914	0,02569	< 0,001*	0,93
Umidade relativa	0,00607	0,00709	0,39	---

*Significância a 1%. RR= Risco Relativo.

Na Figura 6, observam-se as taxas de internações em Manaus. Onde as maiores são observadas no período de março a setembro, que coincidem com o final da estação chuvosa, período de transição e o início da estação menos chuvosa no município. De acordo com Duarte e Mascarenhas (2007), na região Amazônica a ocorrência de doenças respiratórias está relacionada a diversos fatores ambientais, dentre eles o material particulado emitido por incêndios florestais e por queima de biomassa, além do efeito conjunto de altas temperaturas com valores elevados de umidade relativa do ar.

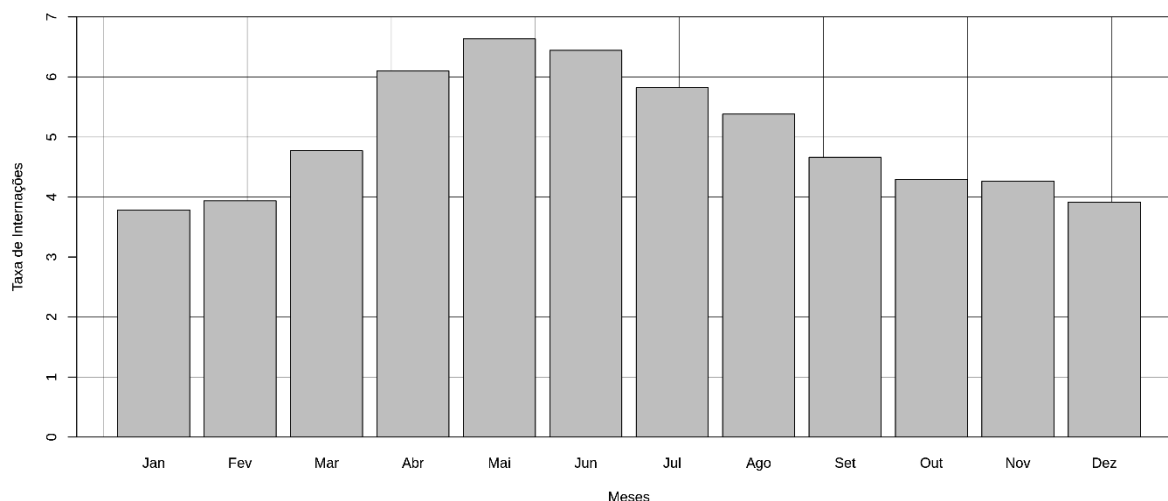


Figura 6: Perfil mensal das taxas de internações em Manaus, para o período de 2000 a 2018.

As taxas de internações em Palmas (Figura 7) tem como março (5,1%) o mês de maior incidência, e dezembro (3,3%) como o de menor. Março também é o único mês em que a umidade é superior a 80%, o que pode ser um indicativo de que essas variáveis estejam diretamente relacionadas. O estudo de Lima (2018) realizado em Palmas capta associações significativas com a temperatura e umidade relativa do ar, sendo com a temperatura a maior associação encontrada.

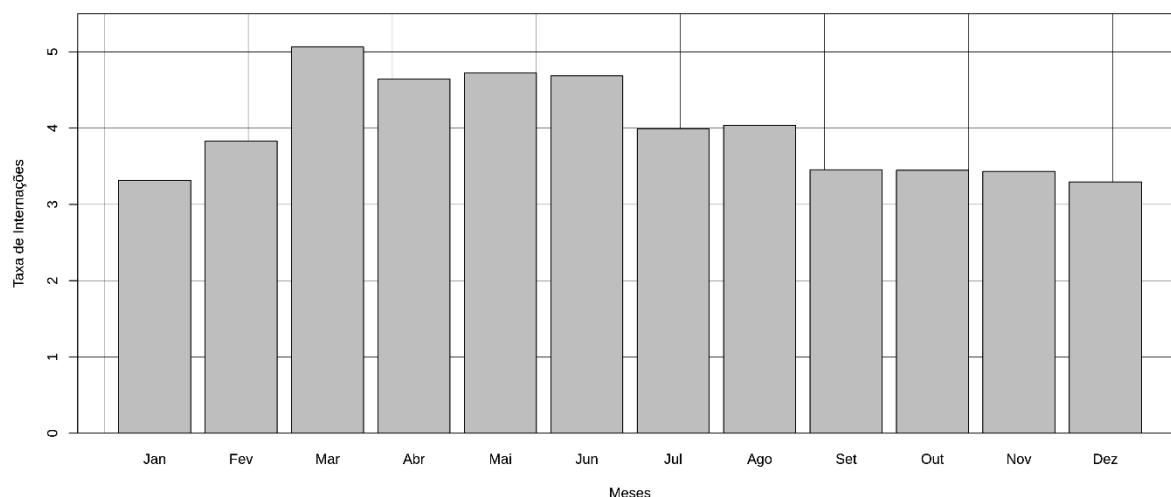


Figura 7: Perfil mensal das taxas de internações em Palmas, para o período de 2000 a 2018.

Para Manaus o EEG capta associações diretas significativas com a temperatura e umidade relativa do ar, com risco relativo de 1,12 e 1,03, respectivamente. Filho et al. (2013) mostram que a umidade relativa do ar exerce influência maior do que os poluentes atmosféricos, mesmo com os valores anuais de PM_{2.5} estando 50% acima do padrão de qualidade do ar recomendado pela organização mundial da saúde (OMS). Associações com a temperatura também foram encontradas nesse estudo, o que corrobora com nossos resultados. Palmas mostra associações significativas para as duas variáveis analisadas, com maior RR com a temperatura média do ar. Royé et al. (2015) afirmam que, dependendo da dinâmica climática e a topografia do município, a associação com variáveis meteorológicas de forma individual pode não ser clara.

Tabela 2: Modelo de Equações de Estimação Generalizada entre as internações por doenças respiratórias e variáveis meteorológicas no Norte para o período de 2000 a 2018.

	Estimativas	Erro	Valor-p	RR
MANAUS				
Intercepto	-4,08316	1,73017	< 0,005	---
Temperatura do ar	0,11507	0,04245	< 0,001*	1,12
Umidade relativa	0,03107	0,00744	< 0,001*	1,03
PALMAS				
Intercepto	-0,74312	0,81904	0,3642	---
Temperatura do ar	0,06727	0,02531	< 0,001*	1,07
Umidade relativa	0,00441	0,00249	0,0076*	1,01

*Significância a 1%. RR= Risco Relativo.

Os resultados apontam que as condições meteorológicas afetam o número de internações por doenças respiratórias nas capitais analisadas. O modelo de equação de

estimação generalizada mostra para a temperatura a associação encontrada é inversa em Fortaleza e Natal e direta em Manaus e Palmas. Com a umidade relativa, a modelagem captou associação significativa somente para as capitais da região Norte (Tabela 2). No presente estudo, foi observado que o maior número de internações ocorre entre março e julho em todas as capitais analisadas. Em Palmas, o comportamento de internamentos é o que mais difere dos outros municípios, o que pode ter relação com o comportamento da umidade relativa também ser o com maior diferença, podendo também ser indício de que o comportamento sazonal de doenças respiratórias seja modulado pela umidade relativa.

De acordo com os resultados, Em Fortaleza e Natal foi observada uma associação inversa com a temperatura do ar. Resultados semelhantes também foram observados por Gomes et al. (2013) e podem estar relacionados com uma interação maior entre os componentes meteorológicos. Outros autores afirmam que em Fortaleza, e na região litorânea do Nordeste, é na estação chuvosa que se tem o maior número de internamentos, é também nessa estação que se tem temperaturas menores, ainda é ressaltado que a análise de componentes climáticos isolados pode dificultar o achado de associações significativas (BEZERRA et al., 2011; ALONSO et al., 2012; AZEVEDO et al., 2014; SILVA et al., 2018). Estudos internacionais também observaram essa mesma limitação, o que ressalta a necessidade de estudos que usem as variáveis meteorológicas em conjunto, e não de forma individual, a fim de compreender melhor essa relação (SLOAN et al., 2011; OMONIJO et al., 2011; THOMPSON et al., 2012).

Para a região Norte, a temperatura e umidade relativa do ar mostram associações diretas significativas em Manaus e em Palmas. Nessa região, observa-se um aumento na ocorrência de incêndios florestais durante a estação seca, aumentando significativamente os níveis de poluentes atmosféricos presentes no ar, que causam um aumento do número de hospitalizações por doenças respiratórias (OLIVEIRA et al., 2011; NASCIMENTO e MEDEIROS 2012; GOMES et al., 2018). Para Manaus, Filho et al. (2013) observaram que a ocorrência de doenças respiratórias está ligada a fatores meteorológicos, principalmente a umidade. Em Palmas, Kran e Ferreira (2006) afirmam que durante o período seco a ocorrência de DAR é intensificada. Esses estudos corroboram com os nossos resultados e ressaltam a importância de avaliar o efeito do clima na saúde humana.

Este estudo possui algumas limitações, dentre elas a utilização de dados mensais, que foram utilizados porque para as capitais analisadas o DATASUS não disponibiliza registros diários. Outra limitação é que, embora os dados de hospitalizações tenham sido obtidos de uma fonte oficial, erros de diagnóstico e subnotificações podem estar inclusos nas

informações utilizadas. Além disso, esse órgão não fornece informações como: estado nutricional, história médica, condições de vida, tabagismo, obesidade, colesterol, status social, entre outros, que podem estar associados a doenças respiratórias. Os dados de hospitalização referem-se apenas a aqueles que ocorrem na rede pública, excluindo hospitalizações, planos de saúde ou operadoras de saúde.

4. CONCLUSÃO

Foram encontradas associações significativas entre as internações por doenças respiratórias e a umidade relativa juntamente com a temperatura em Manaus e Palmas, e com a temperatura em Fortaleza e Natal, o que indica que fatores meteorológicos exercem influência no número de internamentos por esse grupo de doenças. O maior risco relativo foi observado com a temperatura média do ar (1,12) em Manaus. Nosso estudo fornece evidências quantitativas de como as condições atmosféricas afetam a saúde dos habitantes das capitais analisadas, além de mostrar o risco relativo da temperatura e umidade. A utilização da taxa de internação permitiu comparar as cidades que possuem dimensões populacionais distintas, o que possibilitou um melhor entendimento da associação encontrada. Espera-se que os resultados desse estudo sirvam de subsídio para o desenvolvimento de políticas públicas.

5. REFERÊNCIAS

ALFAIA, V. M.; GOMES, A. C. S.; MANDÚ, T. B.; PINTO, J. S. SOUSA, E. L. R. Estudo da ocorrência de internações por Asma via variáveis climáticas na Região Norte, PA. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v.9, n.6, 2018.

ALONSO, W. J.; LARANJEIRA, B.J.; PEREIRA, A. S.; FLORENCIO, C. M.; MORENO, E. C.; MILLER, M.A.; GIGLIO R.; SCHUCK-PAIM, C.; MOURA, F. E. Comparative dynamics, morbidity and mortality burden of pediatric viral respiratory infections in an equatorial city. **Pediatr Infect Dis J**, v.31, n.1, p.9-14, 2012.

ANDRADE, S.S.C.D.A.; JORGE, M.H.P.D.M. Internações hospitalares por lesões decorrentes de acidente de transporte terrestre no Brasil, 2013: permanência e gastos. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, v.26, n.1, p.31-38, 2017.

AZEVEDO, J. V. V.; ALVES, T. L. B.; AZEVEDO, P. V.; SANTOS, C. A. C. Influência das variáveis climáticas na incidência de infecção respiratória aguda em crianças no município de Campina Grande, Paraíba, Brasil. **Revista Agrogeoambiental**, v.2, n.1, p.41-47, 2014.

BEZERRA, P. G. M.; BRITTO, M. C. A.; CORREIA, J.B.; DUARTE, M. C. M. B.; FONSECA, A.M.; ROSE, K.; HOPKINS, M.J.; CUEVAS, L.E.; MCNAMARA, P. S. Viral and atypical bacterial detection in acute respiratory infection in children under five years. **PloSOne**, v. 6, n. 4, 2011.

CUI, B.; ZHANG, D.; PAN, H.; ZHANG, F.; FARRAR, J.; LAW, F.; VAN DOORN, H. R.; WU, B.; BATHEIN, W. Viral aetiology of acute respiratory infections among children and associated meteorological factors in southern China. **BMC Infect. Dis.** v. 15, n. 124, 2015.

DADBAKHS, M.; KHANJANI, N.; BAHRAMPOUR, A.; HAGHIGHI, P. S. Death from respiratory diseases and temperature in Shiraz, Iran (2006–2011), **Int. J. Biometeorology**, v.61, n.1, p.239-246, 2017.

DUARTE, A. F.; MASCARENHAS, M. D. M. Manifestações do bioclima do Acre sobre a saúde humana no contexto socioeconômico da Amazônia. **Amazônia: Ciência & Desenvolvimento**, v. 3, n. 5, 2007.

DINIZ, F. R.; FRONY-MACEDO, A. L.; PIACENTI-SILVA, M. Influence of particulate matter and meteorological conditions on multiple sclerosis relapse: a preliminary study in São Paulo, Brazil. **Archives of Health Investigation**, v.6, n.8, p.394-398, 2017.

FILHO, V. S. D.A.; ARTAXO, P.; HACION, S.; CARMO, C. N. D.; CIRINO, G. Aerossóis de queimadas e doenças respiratórias em crianças, Manaus, Brasil. **Revista de Saúde Pública**, v.47, n.1, p.239-247, 2013.

GALVÃO, N.; LEITE, M. L.; FILHO, J. S. V.; PONTES, C.C. Relação entre fatores climáticos e doenças do aparelho cardiovascular no município de Ponta Grossa-PR. **Hygeia**, v.11, n.21, p.93-106, 2015.

GHISLETTA, P.; SPINI, D. An introduction to generalized estimating equations and an application to assess selectivity effects in a longitudinal study on very old individuals. **Journal of Educational and Behavioral Statistics**, v.29, n.4, p.421-437, 2004.

GOMES, A. C. S.; SANTOS, T. S.; COUTINHO, M. D. L.; SILVA, A. R. Clima e Doenças: Análise dos Elementos Meteorológicos e Infecções Respiratórias Agudas nas Capitais do Nordeste Brasileiro. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.6, n.5, p.1069-1081, 2013.

GOMES, A. C. S.; COSTA, G. B.; DA SILVA, J. T.; COUTINHO, M. D. L.; DA SILVA COSTA, M.; FITZJARRALD, D. R. Seca e a saúde das populações residentes em regiões da Amazônia brasileira nos anos de 2005, 2010 e 2015. **Revista Brasileira de Climatologia**, v.23, n.1, p.289-306, 2018.

GURGEL, R. Q.; DE MATOS BEZERRA, P. G.; DUARTE, M. D. C. M. B.; MOURA, A. A.; SOUZA, E. L.; DA SILVEIRA SILVA, L. S.; PEIXOTO, R. B. Relative frequency, possible risk factors, viral codetection rates, and seasonality of respiratory syncytial virus among children with lower respiratory tract infection in Northeastern Brazil. **Medicine**, v.95, n.15, p.1-8, 2016.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Disponível em <<https://www.ibge.gov.br/>>. Acesso em 20 de fevereiro de 2019.

KRAN, F.; FERREIRA, F. P. M. Qualidade de vida na cidade de Palmas-TO: uma análise através de indicadores habitacionais e ambientais urbanos. **Ambiente & Sociedade**, v.1, n.2, p.123-141, 2006.

LIANG, K. Y.; ZEGER, S. L. Longitudinal data analysis using generalized linear models. **Biometrika**, v.73, n.1, p.13-22, 1986.

MENDONÇA, F.; OLIVEIRA, I. M. D. **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. Oficina de textos, 2017.

MURARA, P. G.; MENDONÇA, M.; BONETTI, C. O clima e as doenças circulatórias e respiratórias em Florianópolis/SC. **Hygeia**, v.9, n.16, p.86-102, 2013.

NASCIMENTO, L. F.; MEDEIROS, A. P. Admissions due to pneumonia and biomass burning: a spatial approach. **J Pediatr**, v.88, p.177-183, 2012.

NENNA, R.; EVANGELISTI, M.; FRASSANITO, A.; SCAGNOLARI, C.; PIERANGELI, A.; ANTONELLI, G.; NICOLAI, A.; ARIMA, S.; MORETTI, C.; PAPOFF, P.; VILLA, M. P.; MIDULLA, F. Respiratory syncytial virus bronchiolitis, weather conditions and air pollution in an Italian urban area: An observational study, **Environmental Research**, v.158, n.1, p.188-193, 2017.

OLIVEIRA, B. F.; IGNOTTI, E.; HACON, S. S. A systematic review of the physical and chemical characteristics of pollutants from biomass burning and combustion of fossil fuels and health effects in Brazil. **Cad Saúde Pública**, v.27, p.1678-1698, 2011.

OMONJO, A. G.; OGUNTOKE, O.; MATZARAKIS, A.; ADEOFUN, C.O. A study of weather-related respiratory diseases in eco-climatic zones. **African Physical Review**, v.5, n.3, p.41-56, 2011.

PEEL, M. C.; FINLAYSON, B. L.; MCMAHON, T. A. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. **Hydrology and Earth System Sciences Discussions**, v.4, n.2, p.439-473, 2007.

R Core Team. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2018. <https://www.R-project.org/>.

REBOITA, M. S.; GAN, M. A.; ROCHA, R. P.; AMBRIZZI, T. Regimes de precipitação na América do Sul: uma revisão bibliográfica, **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.25, n.2, p.185-204, 2010.

ROYÉ, D.; TABOADA, J. J.; MARTÍ, A.; LORENZO, M. N. Winter circulation weather types and hospital admissions for respiratory diseases in Galicia, Spain. **International journal of biometeorology**, v.60, n.4, p.507-520, 2015.

SALES, D. M.; ASSIS, W. L.; FONSECA, B. M. Clima urbano e saúde: elementos climáticos e doenças respiratórias observadas no município de Belo Horizonte (MG) entre 2013 e 2014. **Revista Brasileira de Climatologia**, v.14, n.1, p.271-289, 2018.

SANTOS, A. J.; FRANCA, R. R. A estiagem e as internações por doenças respiratórias em Porto Velho (RO)—período 2010-2015. **Hygeia**, v.14, n.27, p.99-107, 2018.

SANTOS, D. A. S.; AZEVEDO, P. V.; ALVES, R. O.; COSTA, C. A. S.; SETTE, D. M.; MARQUES, P. S. The relationship of climate variables in the prevalence of acute respiratory

infection in children under two years old in Rondonopolis-MT, Brazil. **Ciência & Saúde Coletiva**, v.22, n.11, p.3711-3721, 2017.

SILVA, P. E. D.; ANDRADE, L. D. M. B.; REIS, J. S. D. Regiões pluviométricas e saúde no Rio Grande do Norte. **Confins-Revue franco-brésilienne de géographie/Revista franco-brasileira de geografia**, v.34, 2018.

SEPOSO, X.; DANG, T.; HONDA, Y. Evaluating the effects of temperature on mortality in Manila City (Philippines) from 2006–2010 using a distributed lag nonlinear model. **International journal of environmental research and public health**, v.12, n.6, p.6842-6857, 2015.

SLOAN, C.; MOORE, M. L.; HARTERT, T. Impact of pollution, climate, and sociodemographic factors on spatiotemporal dynamics of seasonal respiratory viruses. **Clin Transl Sci**, v.4, n.1, p.48-54, 2011.

THOMPSON, A. A.; MATAMALE, L.; KHARIDZA, S.D. Impact of climate change on children's health in Limpopo Province, south Africa. **Int J Environ Res Public Health**, v.9, n.3, p.831-854, 2012.

ZHAO, Q.; ZHANG, Y.; ZHANG, W.; LI, S.; CHEN, G.; WU, Y.; QIU, C.; YING, K.; TANG, H.; HUANG, J. A. Ambient temperature and emergency department visits: time-series analysis in 12 Chinese cities. **Environ. Pollut.** v. 224, n. 1, p. 310–316, 2017.

YADA, Y. Method to estimate relative risk using exposed proportion and case group data. **Scientific reports**, v.7, n.1, p. 1-9, 2017.

WANG, M. Generalized estimating equations in longitudinal data analysis: a review and recent developments. **Advances in Statistics**, v. 2014, n.1, p.1-11, 2014.

Recebido em: 18/04/2019

Aceito para publicação em: 21/05/2019