



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS NATURAIS



JULIANA MEIRA DE VASCONCELOS XAVIER

INFLUÊNCIA DAS VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS NAS MORBIDADES
RESPIRATÓRIAS PREVALENTES EM CRIANÇAS HOSPITALIZADAS NO
MUNICÍPIO DE CAMPINA GRANDE-PB

CAMPINA GRANDE – PB
2019

JULIANA MEIRA DE VASCONCELOS XAVIER

**INFLUÊNCIA DAS VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS NAS MORBIDADES
RESPIRATÓRIAS PREVALENTES EM CRIANÇAS HOSPITALIZADAS NO
MUNICÍPIO DE CAMPINA GRANDE-PB**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Naturais PPGRN, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais-CTRN, da Universidade Federal de Campina Grande-UFCG, em cumprimento às exigências legais para obtenção do título de Doutor em Recursos Naturais.

Orientador: Patrício Marques de Souza, Prof. Dr.

Coorientador: Fabrício Daniel dos Santos Silva

Área de Concentração: Processos Ambientais.

Linha de Pesquisa: Processos climáticos

CAMPINA GRANDE – PB
2019

X3i

Xavier, Juliana Meira de Vasconcelos.

Influência das variáveis meteorológicas nas morbidades respiratórias prevalentes em crianças hospitalizadas no município de Campina Grande-PB_ / Juliana Meira de Vasconcelos Xavier. - Campina Grande, 2019.

116 f. : il. color.

Tese (Doutorado em Recursos Naturais) - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 2019.

"Orientação: Prof. Dr. Patrício Marques de Souza, Prof. Dr. Fabrício Daniel dos Santos Silva.

Referências.

1. Doenças Respiratórias. 2. Variáveis Climáticas. 3. Internações Hospitalares. 4. Região Intertropical. I. Souza, Patrício Marques de. II. Silva, Fabrício Daniel dos Santos. III. Título.

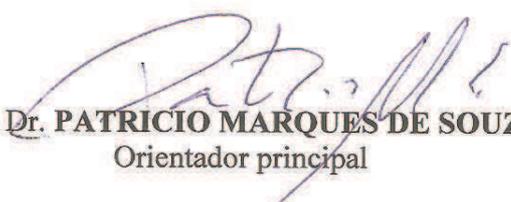
CDU 551.58:616.24(043)

JULIANA MEIRA DE VASCONCELOS XAVIER

**“INFLUÊNCIA DAS VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS NAS MORBIDADES
RESPIRATÓRIAS PREVALENTES EM CRIANÇAS HOSPITALIZADAS NO
MUNICÍPIO DE CAMPINA GRANDE-PB”.**

APROVADA EM: 23/08/2019

ASSINATURA DA BANCA EXAMINADORA


Prof. Dr. PATRICIO MARQUES DE SOUZA
Orientador principal


Prof. Dr. SÉRGIO MURILO SANTOS DE ARAÚJO
Examinador


Prof. Dr. ENIO PEREIRA DE SOUZA
Examinador


Dr. RICARDO ALVES DE OLINDA
Examinador


Prof. Dr. FABRÍCIO DANIEL DOS SANTOS SILVA
Examinador

DEDICATÓRIA

Ao meu esposo Aureliano, pelo incentivo e apoio na minha vida profissional e pessoal e aos meus filhos Matheus Vinícius e João Vítor, por todo amor, vocês são minha vida.

AGRADECIMENTOS

A Deus por todas as conquistas e bênçãos que me foram concedidas ao longo de minha vida e as inspirações para trilhar esse caminho e chegar até aqui.

Aos meus pais, Itamar e Sônia, pela ajuda com meus estudos, se hoje cheguei até aqui devo a vocês.

Ao meu esposo, Aureliano Xavier, por me incentivar, estar ao meu lado, compartilhando de todas as preocupações, durante o período dessa pesquisa, sendo meu referencial, minha base, meu apoio incondicional. “Como é grande o meu amor por você”.

Aos meus lindos filhos Matheus Vinícius e João Vítor meus presentes de Deus, mesmo sem entender esse universo acadêmico, estiveram ao meu lado sempre transbordando meu coração de amor.

Aos meus sogros pelo apoio com as crianças no desenvolver desse estudo.

Ao meu orientador, professor Patrício Marques de Souza pela compreensão, paciência, disponibilidade em sempre me ajudar, não tenho palavras para expressar tamanha gratidão. Pessoa na qual tenho muita admiração e carinho.

Ao meu Coorientador Fabrício Daniel pelas contribuições importantes, pela disponibilização dos dados meteorológicos, pela serenidade na qual tirava minhas dúvidas nesse universo da biometeorologia.

Ao professor Ricardo Alves de Olinda, pelas valiosas orientações e ensinamentos primordiais nesse trabalho, sempre paciente, e disposto a ajudar. Pessoa muito importante na conclusão deste trabalho

A minha amiga do mestrado, doutorado para a vida, Luana Quirino, pelo apoio pessoal durante a pesquisa, ajudando sempre com palavras de fé a vencer os desafios.

A Josiane pela grande ajuda na formatação do trabalho.

RESUMO

As alterações das variáveis meteorológicas concorrem de forma efetiva para ocorrência de doenças respiratórias no ser humano. Existe uma prevalência nos registros hospitalares por doenças respiratórias, em especial nas crianças. Objetivou-se com esta pesquisa analisar a influência de variáveis meteorológicas nas morbidades respiratórias prevalentes em crianças hospitalizadas no município de Campina Grande-PB. A atual pesquisa trata-se de um estudo epidemiológico, descritivo de corte transversal com abordagem quantitativa e descritiva. Os dados meteorológicos foram obtidos no Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e os dados epidemiológicos no Sistema de Informação Hospitalar do SUS (SIH/SUS), disponibilizados pelo Departamento de Estatística do SUS (Datusus). Para a análise estatística dos dados foi ajustado o modelo binomial negativo pertencente à classe dos modelos lineares generalizados, adotando-se um nível de significância de 5%, com base na plataforma estatística R. Estimou-se que o número médio de casos de pneumonia aumente aproximadamente 48 % a cada grau Celsius de aumento da temperatura média do ar e diminua aproximadamente 32% a cada grau Celsius de aumento da temperatura máxima do ar, diminuindo também em torno de 3% a cada 1% de aumento acima da média da umidade relativa. Em relação a variável vento espera-se que o número de casos de pneumonia aumente em torno de 36% com o aumento na velocidade do vento. Para a bronquite/bronquiolite espera-se que haja um aumento de aproximadamente 11 % a cada grau Celsius de aumento da temperatura média do ar, aumentando também, aproximadamente 21% a cada grau Celsius de diminuição da temperatura máxima do ar e diminua cerca de 32 % a cada grau Celsius de aumento da temperatura mínima do ar. Já em relação a variável pressão atmosférica estima-se que ocorra um aumento em torno de 24% com o aumento dessa. Para os casos de asma pressupõe-se que ocorra um aumento de 81% nos casos de asma a cada grau Celsius de aumento da temperatura média, aumentando, também em cerca de 27 % desses casos com o aumento da temperatura máxima, em relação a temperatura mínima espera-se que haja uma diminuição de 26% dos casos de asma em função do aumento da temperatura mínima. Estima-se também uma diminuição de 3 % das internações por asma a medida que aumente a umidade relativa do ar. Avaliar o risco para a saúde da população em razão dos dados climáticos é um passo importante para o planejamento e a implementação de ações. Os gestores da saúde pública podem utilizar o modelo de previsão para preparar os serviços de saúde para receber crianças em períodos em que ocorrem maiores registros de casos.

Palavras-Chave: Doenças respiratórias; Variáveis climáticas; Internações hospitalares; Região intertropical.

ABSTRACT

The changes in the meteorological variables compete effectively for the occurrence of respiratory diseases in humans. There is a prevalence in hospital records of respiratory diseases, especially in children. The objective of this research was to analyze the influence of meteorological variables on respiratory morbidities prevalent in hospitalized children in Campina Grande-PB. The current research is an epidemiological, cross-sectional descriptive study with quantitative and descriptive approach, meteorological data were obtained from the National Institute of Meteorology (INMET) and epidemiological data in the Hospital Information System of SUS (SIH / SUS) , made available by the Statistics Department of SUS (Datusus). For the statistical analysis of the data the negative binomial model belonging to the class of the generalized linear models was adjusted, adopting a level of significance of 5%, based on the statistical platform R. It has been estimated that the average number of cases of pneumonia increases by approximately 48% at each degree centigrade increase in mean air temperature and decreases by approximately 32% at each degree centigrade of maximum air temperature increase, also decreasing by about 3% at every 1% increase above the mean of the relative humidity, in relation to the wind variable, the number of cases of pneumonia is expected to increase by around 36% with the increase in wind speed. For bronchitis / bronchiolitis it is expected that there will be an increase of approximately 11% at each degree centigrade increase in mean air temperature, also increasing approximately 21% at each degree centigrade decrease in maximum air temperature and decreasing by about 32 % at each degree centigrade of maximum air temperature increase. It has been estimated that the average number of cases of pneumonia increases by approximately 48% at each degree centigrade increase in mean air temperature and decreases by approximately 32% at each degree centigrade of maximum air temperature increase, also decreasing by about 3% at every 1% increase above the mean of the relative humidity. Assessing the health risk of the population due to climate data is an important step in planning and implementing actions. Public health managers can use the predictive model to prepare health services to receive children in periods when larger case records occur.

Keywords: Respiratory diseases; Climate Variables; Hospital admissions; Intertropical region.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - A imagem mostra um alvéolo saudável e a pneumonia que causa um acúmulo de líquido no interior dos alvéolos, o que reduz a absorção de oxigênio....	32
Figura 2 - A imagem mostra a estrutura dos brônquios, a mucosa brônquica é o local no qual ocorre o processo inflamatório, na bronquite. Na imagem também pode-se observar a estrutura dos bronquíolos, na mucosa dos bronquíolos ocorre o processo inflamatório nos casos de bronquiolite. As vias, em destaque (vermelho) também são afetadas durante a crise asmática.....	35
Figura 3 - A imagem A representa a via aérea saudável, já a imagem B representa a via aérea durante uma crise asmática.....	38
Figura 4 - Localização do município de Campina Grande localizados no estado da Paraíba, na região Nordeste do Brasil.	43
Figura 5 - Plotagens box e whisker da distribuição mensal dos dados associados ao número de casos registrados de pneumonia em Campina Grande entre 1998 e 2017. As caixas denotam a mediana de 50% dos valores entre os percentis de 25 e 75%, com a linha vertical com a linha vertical compreendida entre os valores máximos e mínimos. Outliers (valores discrepantes) são representados por círculos.	59
Figura 6 - Plotagens box e whisker da distribuição mensal dos dados associados ao número de casos registrados de bronquite/bronqueolite em Campina Grande entre 1998 e 2017. As caixas denotam a mediana de 50% dos valores entre os percentis de 25 e 75%, com a linha vertical compreendida entre os valores máximos e mínimos. Outliers (valores discrepantes) são representados por círculos.....	60
Figura 7 - Plotagens box e whisker da distribuição mensal dos dados associados ao número de casos registrados de asma em Campina Grande entre 1998 e 2017. As caixas denotam a mediana de 50% dos valores entre os percentis de 25 e 75%, com a linha vertical compreendida entre os valores máximos e mínimos. Outliers (valores discrepantes) são representados por círculos.....	60
Figura 8 - Distribuição do número de casos de pneumonia em crianças menores de 9 anos no período de 1998 a 2017, Campina Grande (PB).	63
Figura 9 - Distribuição do número de casos de bronquite/bronquiolite em crianças menores de 9 anos no período de 1998 a 2017, Campina Grande (PB).	64
Figura 10 - Distribuição do número de casos de asma em crianças menores de 9 anos no período de 1998 a 2017, Campina Grande (PB).....	64

Figura 11 - Análise de resíduos, função de autocorrelação (FAC) e análise da estatística Ljung-Boxg do modelo SARIMA (3,1,3)(1,0,0) ajustado aos casos de pneumonia em crianças menores de 9 anos de Campina Grande (PB), entre 1998 a 2017.	67
Figura 12 - Análise de resíduos, função de autocorrelação (FAC) e análise da estatística Ljung-Boxg do modelo SARIMA (4,1,4)(0,0,2) ajustado aos casos de bronquite/bronquiolite em crianças menores de 9 anos de Campina Grande (PB), entre 1998 a 2017.	67
Figura 13 - Análise de resíduos, função de autocorrelação (FAC) e análise da estatística Ljung-Boxg do modelo SARIMA (1,1,2)(0,0,2) ajustado aos casos de asma em crianças menores de 9 anos de Campina Grande (PB), entre 1998 a 2017.	68
Figura 14 - Previsões versus observações de casos de pneumonia em Campina Grande entre 2013 e 2017.	69
Figura 15 - Previsões versus observações de casos de bronquite/bronqueolite em Campina Grande entre 2013 e 2017.	69
Figura 16 - Previsões versus observações de casos de asma em Campina Grande entre 2013 e 2017.	70
Figura 17 - Variação temporal e previsão dos casos de pneumonia para o período de 1998 a 2017 em Campina Grande (PB).	71
Figura 18 - Variação temporal e previsão dos casos de bronquite/bronquiolite para o período de 1998 a 2017 em Campina Grande (PB).	72
Figura 19 - Variação temporal e previsão dos casos de asma para o período de 1998 a 2017 em Campina Grande (PB).	72
Figura 20 - Plotagens box e whisker da distribuição mensal dos dados de temperaturas máximas, mínimas e médias em Campina Grande entre 1998 e 2017. As caixas denotam a mediana de 50% dos valores entre os percentis de 25 e 75%, com a linha vertical compreendida entre os valores máximos e mínimos. Outliers (valores discrepantes) são representados por círculos. Fonte: INMET.	74
Figura 21 - Plotagens box e whisker da distribuição mensal da Umidade Relativa em Campina Grande entre 1998 e 2017. As caixas denotam a mediana de 50% dos valores entre os percentis de 25 e 75%, com a linha vertical compreendida entre os valores máximos e mínimos Outliers (valores discrepantes) são representados por círculos. Fonte: INMET.	75

Figura 22 - Plotagens box e whisker da distribuição mensal da Pressão Atmosférica em Campina Grande entre 1998 e 2017. As caixas denotam a mediana de 50% dos valores entre os percentis de 25 e 75%, com a linha vertical compreendida entre os valores máximos e mínimos. Outliers (valores discrepantes) são representados por círculos. Fonte: INMET.....	76
Figura 23 - Plotagens box e whisker da distribuição mensal da Velocidade do vento em Campina Grande entre 1998 e 2017. As caixas denotam a mediana de 50% dos valores entre os percentis de 25 e 75%, com a linha vertical compreendida entre os valores máximos e mínimos. Outliers (valores discrepantes) são representados por círculos. Fonte: INMET.....	76
Figura 24 - Gráficos normais de probabilidades referentes aos modelos log- linear de Poisson (a) e log-linear binomial negativo (b) ajustados aos dados relacionados as internações hospitalares por pneumonia em crianças menores de 9 anos,no período de 1998 a 2017.	78
Figura 25 - Comportamento dos casos de pneumonia em crianças menores de 9 anos em relação a temperatura média do ar em Campina Grande (PB), 1998 a 2017.	80
Figura 26 - Comportamento dos casos de pneumonia em crianças menores de 9 anos em relação a temperatura máxima do ar em Campina Grande (PB), 1998 a 2017...	80
Figura 27 - Comportamento dos casos de pneumonia em crianças menores de 9 anos em relação a umidade relativa do ar em Campina Grande (PB), 1998 A 2017.....	81
Figura 28 - Comportamento dos casos de pneumonia em crianças menores de 9 anos em relação ao vento em Campina Grande (PB), 1998 A 2017.	81
Figura 29 - Gráficos normais de probabilidades referentes aos modelos log- linear de Poisson (a) e log-linear binomial negativo (b) ajustados aos dados relacionados as internações hospitalares por Bronquite/ bronquiolite em crianças menores de 9 anos no período de 1998 a 2017 em Campina Grande-PB.	87
Figura 30 - Comportamento dos casos de bronquite/bronqueolite em crianças menores de 9 anos em relação a temperatura média em Campina Grande (PB), 1998 A 2017.....	89
Figura 31 - Comportamento dos casos de bronquite/bronqueolite em crianças menores de 9 anos em relação a temperatura máxima em Campina Grande (PB), 1998 A 2017.....	90

Figura 32 - Comportamento dos casos de bronquite/bronqueolite em crianças menores de 9 anos em relação a temperatura mínima em Campina Grande (PB), 1998 A 2017.....	90
Figura 33 - Comportamento dos casos de bronquite/bronqueolite em crianças menores de 9 anos em relação a Pressão atmosférica em Campina Grande (PB), 1998 A 2017.....	91
Figura 34 - Gráficos normais de probabilidades referentes aos modelos log- linear de Poisson (a) e log-linear binomial negativo (b) ajustados aos dados relacionados as internações hospitalares por asma em crianças menores de 9 anos no período de 1998 a 2017 em Campina Grande-PB	94
Figura 35 - Comportamento dos casos de asma em crianças menores de 9 anos em relação a temperatura média em Campina Grande (PB), 1998 A 2017.	98
Figura 36 - Comportamento dos casos de asma em crianças menores de 9 anos em relação a temperatura máxima em Campina Grande (PB), 1998 A 2017.	99
Figura 37 - Comportamento dos casos de asma em crianças menores de 9 anos em relação a temperatura mínima em Campina Grande (PB), 1998 A 2017.	99
Figura 38 - Comportamento dos casos de asma em crianças menores de 9 anos em relação a umidade relativa do ar em Campina Grande (PB), 1998 A 2017.....	100

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Doenças relacionadas ao meio ambiente.	21
--	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Algumas respostas humanas relacionadas à exposição ao estresse termal.	24
Tabela 2 - Tipos de enfermidades e condições atmosféricas e climáticas	27
Tabela 3 - Fatores que influenciam a ocorrência e a expressão da asma.	37
Tabela 4 - Valores médios anuais da precipitação pluviométrica anual (PREC), temperatura máxima, mínima e média (TX, TN e TM), umidade relativa anual (UR), pressão atmosférica (PRES), insolação (INS), evaporação (EVAP) e velocidade do vento (VV).	44
Tabela 5 - Funções de ligação canônica de algumas distribuições da família exponencial.	49
Tabela 6 - Estatística descritiva, medidas de tendência central e dispersão para variável dependente e independente em Campina Grande (PB).	54
Tabela 7 - Teste de normalidade de Anderson-Darling (AD) para o município de Campina Grande (PB).	54
Tabela 8 - Análise da correlação de Spearman para variáveis Pneumonia, Bronquite e Asma e as variáveis climáticas para o município de Campina Grande (PB).	56
Tabela 9 - Análise descritiva do teste de Mann-Kendall (tendência) e Dick –Fuller (não estacionaridade).	65
Tabela 10 - Resultados do modelo SARIMA com sazonalidade para os casos de pneumonia, bronquite/bronquiolite e asma no município de Campina Grande (PB).	66
Tabela 11 - Estimativas dos parâmetros do modelo e seus respectivos erros estandardizados, valor z e o correspondente p-valor para ocorrência de internações hospitalares por pneumonia no período de 1998 a 2017 em Campina Grande (PB)	78
Tabela 12 - Estimativas dos parâmetros do modelo e seus respectivos erro estandardizado, valor de z, e o correspondente p-valor para ocorrência de internações hospitalares por bronquite/bronqueolite no período de 1998 a 2017 em Campina Grande (PB)	88
Tabela 13 - Estimativas dos parâmetros do modelo e seus respectivos erros estandardizados, valor z e o correspondente p-valor para ocorrência de internações hospitalares por asma no período de 1998 a 2017 em Campina Grande (PB).	94

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	18
2.1 A relação do ambiente no processo saúde-doença	18
2.2 Interações do clima, tempo e saúde humana.....	22
2.2.1 Variações climáticas e suas implicações na saúde	23
2.3 O clima urbano	25
2.4 A influência sazonal na ocorrência de doenças	26
2.5 A influência de variáveis climáticas nas doenças respiratórias	28
2.6 Doenças respiratórias das vias aéreas inferiores.....	30
2.6.1 Conceito e fatores causais da pneumonia	30
2.6.2 Fisiopatologia da pneumonia	31
2.6.3 Dados epidemiológicos da pneumonia	32
2.6.4 Conceito e fatores causais da bronquite/ bronqueolite	33
2.6.5 Fisiopatologia da bronquite/bronquiolite	34
2.6.6.Dados epidemiológicos da bronquite/ bronqueolite	35
2.6.7 Conceito e fatores causais da asma.....	36
2.6.8 Fisiopatologia da Asma.....	37
2.6.9 Dados epidemiológicos da asma	39
2.7. Doenças respiratórias das vias aéreas inferiores: Atenção à saúde da criança.	39
2.7.1 Prevenção das doenças respiratórias das vias aéreas inferiores-pneumonia, bronquite e bronquiolite	41
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	43
3.1. Área e período de estudo	43
3.2 Tipo de estudo.....	44
3.3 Natureza e fonte dos dados	45
3.3.1 Dados sobre a morbidade em estudo	45
3.3.2 Dados das variáveis climatológicas	46
3.4 Análise estatística dos dados	47
3.4.1 Modelo Linear Generalizado (MLG).....	48
3.4.2 Modelo Múltiplo de Regressão de Poisson (MMRP).....	50
3.4.3 Modelo de regressão binomial negativa	51
3.4.4 Séries Temporais.....	52
3.5 Procedimentos de análise de dados	53

3.6 Considerações éticas	56
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	58
4.1 Caracterização do comportamento temporal dos casos de hospitalizações por pneumonia e bronquite/bronqueolite e asma no município de Campina Grande-PB	58
4.2 Comportamento das variáveis climáticas nos municípios de Campina Grande (PB)	73
4.2.1 Temperatura do ar - Campina Grande.....	73
4.2.2 Umidade relativa do ar – Campina Grande.....	74
4.2.3 Pressão – Campina Grande	75
4.2.4 Vento – Campina Grande	76
4.3 Relação entre a ocorrência de internações hospitalares e as variáveis meteorológicas no município de Campina Grande.....	77
4.3.1 Casos de pneumonia em Campina Grande	77
4.3.2 Casos de Bronquite/Bronqueolite em Campina Grande	87
4.3.3 Casos de asma em Campina Grande.....	93
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	101
6 REFERÊNCIAS.....	103

1 INTRODUÇÃO

Há uma preocupação crescente em compreender o impacto das variáveis meteorológicas na epidemiologia das doenças. Os fatores ambientais atuam sobre a dinâmica da ocorrência de várias morbidades em especial das doenças respiratórias, aumentando as taxas de morbidade e intensificação da doença. Dentre os fatores ambientais destacam-se as variáveis meteorológicas, tais como temperatura do ar, umidade relativa do ar, precipitação pluviométrica, pressão atmosférica, velocidade dos ventos, evaporação e insolação.

Diversos estudos evidenciaram efeitos de fatores climáticos na ocorrência de doenças cerebrovasculares, cardiovasculares, respiratórias, reumáticas e infecciosas transmitidas por vetores, aumento de casos de meningite virais (CURRIERO *et al.*, 2001; FAÇANHA, 2005; GONZÁLEZ; VICTORA; GONÇALVES, 2008; LIMA; FIRMINO; GOMES FILHO, 2008; MENDONÇA; PAULA, 2008; LIN *et al.*, 2009; MIRANDA *et al.*, 2007; SILVA JÚNIOR *et al.*, 2011). As oscilações em variáveis meteorológicas podem contribuir para o desencadeamento e agravamento de diversas outras enfermidades quando somados a outros fatores de risco ou condições pré-existentes (MURARA; AMORIM, 2010; PITTON; DOMINGOS, 2004). Dentre essas doenças destaca-se as doenças respiratórias.

Em todo o mundo as doenças respiratórias agudas ou crônicas são apontadas como uma das principais causas de morbimortalidade no homem, acometendo principalmente crianças e idosos. Dentre elas destacam-se a asma, a pneumonia e a bronquite e bronquiolite, doenças respiratórias que afetam as vias aéreas inferiores, configurando um problema mundial de saúde acometendo milhões de indivíduos. A pneumonia é a que mais se destaca, principalmente pelas internações e óbitos causados, conforme dados do Ministério da Saúde. No Brasil estima-se que existam aproximadamente 20 milhões de asmáticos, sendo apontada como causa importante de faltas escolares e no trabalho. Já a bronquiolite é um diagnóstico frequente de internação hospitalar em pediatria, acometendo crianças entre 0 e 2 anos.

As crianças são grupos susceptíveis e sensíveis as variações climáticas. Tal fato pode ser explicado pela imaturidade do sistema imunológico que pode ser ainda mais reprimido no período do inverno, as baixas temperaturas promovem espasmos do trato respiratório e isquemia devido a contração capilar em crianças, resultando em

enfraquecimento do movimento ciliar e conseqüentemente dificuldade na remoção de vírus e bactérias no epitélio respiratório (TIAN et al., 2017).

Dentre os indicadores de doenças respiratórias, aqueles construídos com os registros de internações hospitalares do SIH-SUS, têm-se revelado bastante confiáveis pela qualidade dos dados gerados. Contudo, deve-se destacar que os dados se referem majoritariamente à população que não dispõe de atendimento médico pelo sistema suplementar e que utiliza os serviços conveniados ao SUS (NATALI *et al.*, 2011).

Diante do exposto percebe-se que as oscilações em variáveis meteorológicas concorrem de forma efetiva para ocorrência de doenças respiratórias no ser humano, em especial nas crianças. Tornando-se importante identificar se existe correlação entre as variáveis meteorológicas e os registros hospitalares por doenças respiratórias em crianças no município de Campina Grande-PB

Partindo dessa constatação, evidencia-se os seguintes questionamentos: As variações climáticas contribuem para a ocorrência do aumento nos registros hospitalares por doenças respiratórias em crianças? Qual variável meteorológica exerce maior influência na ocorrência de doenças respiratórias em crianças de 0 a 9 anos?

Considerando à temática envolvida nesta pesquisa, percebe-se que o presente estudo se faz relevante, uma vez que se observa uma prevalência nos registros hospitalares por doenças respiratórias em crianças. Identificando-se uma periodicidade sazonal na ocorrência dessas enfermidades, poderão ser implementadas medidas profiláticas que minimizem a intensidade da ocorrência de registros por esse tipo de morbidade. O interesse de pesquisar este tema surgiu pelo fato de ser a pneumonia, bronquite/bronqueolite e asma as três principais causas de internações hospitalares em crianças, e as enfermidades que possivelmente mais sofrem influência de variáveis meteorológicas.

Objetivou-se com esta pesquisa analisar a influência das variáveis meteorológicas nas morbidades respiratórias prevalentes em crianças hospitalizadas no município de Campina Grande-PB. Foram quantificadas as internações hospitalares de crianças de 0 a 9 anos por pneumonia, bronquite/bronquiolite e asma, traçando um perfil epidemiológico da morbidade em estudo. O período de estudo compreendeu a janeiro de 1998 a dezembro de 2017. Os objetivos específicos foram: Analisar as variáveis climáticas, tais como: temperatura (máxima, média e mínima),

umidade relativa do ar, precipitação pluviométrica, vento, insolação, evaporação e pressão atmosférica no município de Campina Grande. Associando-se com os registros hospitalares por asma, pneumonia e bronquite em crianças para saber se há relações estatísticas significativas entre a oscilação das variáveis meteorológicas e as morbidades em estudo e prevê o número de registros hospitalares por pneumonia, bronquite/bronquiolite e asma em crianças de 0 a 9 anos para os anos de 2018 a 2020.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 A relação do ambiente no processo saúde-doença

Durante muitos anos conceituou-se saúde meramente como ausência de doenças, devido ao fato de se desconhecer a causa de várias patologias. Em 1948 a OMS lança um conceito mais abrangente de saúde no qual a saúde é conceituada como “Um completo estado de bem-estar físico, mental e social e não apenas a ausência de doença”. Entretanto, esse conceito foi alvo de reformulações ao longo dos anos, devido ao fato de apresentar-se descontextualizado com os aspectos históricos, políticos, econômicos e socioambientais do processo saúde/doença (FIGUEIREDO, 2005).

No Brasil, o Movimento da Reforma Sanitária expôs na Oitava Conferência Nacional de Saúde, em 1986 um conceito ampliado de saúde segundo o qual a saúde seria decorrente da interação de vários fatores determinantes e condicionantes, entre eles: alimentação, habitação, renda, **meio ambiente (grifo próprio)**, acesso aos serviços de saúde, entre outros. Os princípios definidos na Oitava Conferência foram, posteriormente, garantidos por lei, pela Constituição Federal publicada em 1988 que institui também o Sistema Único de Saúde-SUS. Na sequência da promulgação do SUS, a Lei Orgânica da Saúde (LOS) nº 8080 de 19 de setembro de 1990, que dispõe sobre condições para promoção, proteção e recuperação de saúde, inclui em seu Art. 3º entre os fatores determinantes e condicionantes da saúde **o meio ambiente**. Atualmente se entende saúde ambiental como um ramo da saúde pública que se estrutura em um conceito ampliado de saúde. Observa-se, portanto, uma incontestável relação entre a saúde e o meio ambiente. (BRASIL, 1990)

O conceito ampliado de saúde, associado aos princípios previstos pelo Sistema Único de Saúde (SUS), possibilita não apenas a cura e a reabilitação de doenças, mas também a prevenção de agravos e promoção de saúde da população (BRASIL, 2015).

Paim e Almeida Filho (2014) asseguram o conceito de saúde amplo, citado anteriormente trazendo também um enfoque multifatorial, afirmando que os determinantes de saúde podem ser biológicos e socioculturais. Os biológicos envolvem os fatores genéticos (determinam maior ou menor suscetibilidade a adoecer) ou **ambientais (grifo próprio)**, fazem parte do ecossistema definidor do

meio externo. Em situações ecológicas desfavoráveis, atuam fatores físicos, químicos e biológicos do meio externo que, por terem acesso ao meio interno dos seres vivos, podem funcionar como agentes patogênicos causando o surgimento das doenças. Os socioculturais envolvem os fatores econômicos, sociais, culturais e psicológicos. Esses determinantes também apresentam bastante relevância no surgimento das doenças, tais fatores incluem precárias condições de vida, pouco acesso a serviços de saúde, iniquidades sociais, hábitos alimentares inadequados, entre outros.

Rouquayrol e Almeida Filho (2003), em consonância com as ideias dos autores citados anteriormente também descrevem a relação entre saúde e ambiente. Os mesmos afirmam que o ambiente agrupa fatores externos ao organismo, em suas dimensões físicas, abrangendo aspectos geofísicos (clima, acesso a água, radiações), exposição a poluentes de diversas naturezas e aspecto social. Esse último envolve o nível socioeconômico, renda, escolaridade, exposição a riscos ocupacionais entre outras. Esses fatores envolvem o homem e constituem um fator condicionante para o aparecimento de doenças, cuja incidência tornou-se aumentada a partir do processo de industrialização e urbanização.

Segundo Bruzos *et al.* (2011) o meio ambiente em que se vive desempenha uma relação íntima e influencia na saúde das pessoas que nele vivem, sendo esse meio não apenas o cenário em que uma dada população vive, e sim um meio no qual acontecem interações e inter-relações que irão influenciar direta ou indiretamente no processo saúde-doença.

Nesse contexto, a interdependência entre saúde, meio ambiente e desenvolvimento é reconhecida há muitos anos, entretanto, é importante destacar que o modelo de desenvolvimento econômico, social e industrial vigente, rápido crescimento populacional, processo de urbanização da sociedade, bem como a produção e o consumo desenfreado ocasiona impactos irremediáveis ao meio ambiente trazendo repercussões inevitáveis sobre a saúde. Esses fatores, somado a toda a espécie de abusos, destruição e violência, coloca em risco não só a qualidade de vida das pessoas, mas também a saúde, além da biodiversidade e os processos naturais que sustentam a vida na terra. O modelo de desenvolvimento e os processos de industrialização e urbanização, assim como a competição entre os homens desencadeia processos descontrolados de alterações no equilíbrio sociedade-natureza e homem-ambiente (NOVAKOSKI, 2006).

Conforme o autor supracitado as condições ambientais nas quais as pessoas vivem possuem grande influência na saúde dessas, contribuindo para a incidência de muitas doenças, incluindo a neoplasia maligna, doenças respiratórias e doenças gastrintestinais. Em se tratando de famílias com condições socioeconômicas desfavoráveis, que vivem em moradias precárias e densamente habitadas, somados a saneamento e abastecimento de água inadequados, disposição de lixo e drenagem impróprios, condições de higiene precárias, poluição em recintos fechados, esses fatores somados a outros constituem risco para a saúde. Poucas melhorias no ambiente doméstico e em seu entorno poderiam exercer grandes impactos na qualidade de vida e redução na incidência de doenças de diversas etiologias, principalmente as doenças gastrintestinais e infecções respiratórias.

A água utilizada no consumo humano, constitui um dos principais veículos na transmissão de doenças, sendo essa um grande transmissor de parasitas. Nos países em desenvolvimento, as doenças de veiculação hídrica, resultantes de precárias condições de saneamento básico e má qualidade das águas de consumo, apresentam relação com fatores climáticos e tem no saneamento básico sua principal estratégia de controle. Dentre as principais doenças de veiculação hídrica, pode-se citar: esquistossomose, hepatite A leptospirose, gastroenterites, entre outras doenças podem se agravar com as enchentes ou secas que afetam a qualidade e o acesso a água (BRASIL, 2008; ISAAC-MARQUEZ *et al*, 1994; LESER *et al.*, 1985).

Atualmente, em pleno século XXI, evidencia-se em todo mundo uma elevada taxa de mortalidade infantil associada a doenças relacionadas a água. Os esgotos e dejetos humanos são a principal causa de deterioração da qualidade da água, comprometendo dessa maneira o equilíbrio ambiental e, conseqüentemente, a saúde humana. Cerca de 2,6 bilhões de pessoas ainda não têm acesso a saneamento básico (SENAC, 2009).

Diversas pesquisas que correlacionam a influência do meio ambiente na saúde têm sido realizadas ao longo dos anos, como mostra o Quadro 1. Vários efeitos adversos à saúde podem ser observados com resultado de exposições ambientais que procuram relacionar saúde e meio ambiente. Esses efeitos se dividem em efeitos agudos e efeitos crônicos, e variam de gravidade, desde simples desconforto até a morte prematura (PHILIPPI JR, 2005). Portanto, o meio influencia diretamente no processo-saúde doença, estando diversas enfermidades relacionadas ao ambiente, em particular com o clima, pode-se citar: as doenças de veiculação hídrica, doenças

respiratórias e cardiovasculares, que estão relacionadas a poluição atmosférica e a variabilidade climática, entre outros fatores, neoplasia maligna da pele ocasionada pela exposição solar excessiva, neoplasia maligna do pulmão relacionada e poluição ambiental entre outras.

Quadro 1 - Doenças relacionadas ao meio ambiente.

Doença	Autores	Descrição
Doenças de veiculação hídrica	Philippi Jr, 2005	Em condições favoráveis na água patógenos proliferam e transmitem doenças como: hepatite infecciosa, giardíase, amebíase, leptospirose...
Doenças de Influência climática	Façanha, 2005; González; Victoria; Gonçalves, 2008 Lima; Firmino; Gomes Filho, 2008 Murara; Amorim, 2010 SILVA <i>et al.</i> , 2016	Neoplasias malignas, asma, doenças circulatórias, reumáticas, varicela, leptospirose, meningite, pneumonia, influenza, dengue... sofrem influência de variações climáticas.
Doenças relacionadas a poluição atmosférica	Braga <i>et al.</i> , 2007 Harrod <i>et al.</i> , 2003; Lambert <i>et al.</i> , 2003	Poluentes gasosos e partículas oriundas da queima de combustíveis fósseis tem efeitos diretos sobre o sistema respiratório e cardiovascular, sobretudo em crianças e idosos.
Doenças transmitidas por vetores	Curriero <i>et al.</i> , 2001; Banerjee <i>et al.</i> , 2015	Dengue, Chikungunya e Zika são doenças virais que tem como vetor mosquitos. Essas doenças também apresentam influência climática.

O conceito de saúde ao longo dos anos tem sofrido reformulações saindo de sua concepção clássica para um enfoque mais abrangente incorporado o fator ambiental, em particular o clima. McMichel (2003), afirma que a saúde humana relacionados com os impactos climáticos é consideravelmente complexa e necessita de uma avaliação conjunta e interdisciplinar dos profissionais de saúde,

climatologistas, dentre outros, para que através de uma abordagem multidisciplinar, possam ser analisadas as diversas relações entre os sistemas sociais, econômicos, ecológicos, físicos bem como suas afinidades com as alterações climáticas e sua influência na saúde das pessoas.

2.2 Interações do clima, tempo e saúde humana

O tempo meteorológico é algo que varia muito sobre a face da Terra, sendo o estado instantâneo da atmosfera ou a soma total das condições atmosféricas de dado local, em determinado tempo cronológico. O clima é uma generalização ou a integração das condições do tempo para certo período, em determinada área, envolvendo, portanto, um maior número de dados do que as condições médias de tempo em uma determinada área (VIANELLO; ALVES, 2012). Como componente da natureza o clima também é considerado um recurso natural, sendo um dos mais importantes recursos à disposição do homem (AYOADE, 2012; CONTI, 2007).

O Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC), define clima como tempo meteorológico ou descrição estatística em termos dos valores médios e variabilidade de quantidades relevantes durante várias décadas. Tais quantidades relevantes estão relacionadas a parâmetros de superfícies, tais como temperatura, precipitação e vento. Em um sentido mais amplo compreende a uma descrição do estado do sistema climático (IPCC, 2013).

Para Rouquayrol e Almeida Filho (2003), o clima é a resultante de toda variedade de fenômenos meteorológicos específicos que caracterizam a situação média da atmosfera em uma região delimitada da superfície terrestre. Os aspectos do clima que mais influenciam a biocenose e, portanto, os seres vivos implicados no processo de transmissão de doenças são: a temperatura do ar, a umidade relativa e a precipitação pluviométrica.

Nesse contexto, a variação climática pode influenciar a saúde humana, tal relação tem sido conhecida por muitos séculos, especialmente ao longo do século XX.

O termo “**Mudanças climáticas**” ou variação climática refere-se a:

Qualquer mudança no clima durante um período de tempo, independente se for uma variação natural ou o resultado de uma atividade humana. Este uso difere de aquele no - Framework Convention on Climate Change – onde a mudança climática refere a uma variação do clima que é atribuída

diretamente ou indiretamente às atividades humanas que alteram a composição da atmosfera global, e também a variação natural de clima observada durante períodos de tempo comparáveis (IPCC, 2013).

2.2.1 Variações climáticas e suas implicações na saúde

Pesquisas que relacionam clima e saúde e/ou clima e bem-estar estão incluídas no campo da Bioclimatologia Humana. Conforme Pitton e Domingos (2004), bioclimatologia é a ciência que se dedica ao estudo de influências do ambiente atmosférico ao homem. Estas influências podem ser termiais, barométricas, hídricas, e também as causadas pela composição do ar ambiente”. Sendo importante destacar que tais influências acarretam em surgimento de enfermidades e mudanças comportamentais no ser humano.

O clima também influencia no crescimento, propagação e a difusão de alguns organismos patogênicos ou de seus hospedeiros. A neblina associada a poluentes aumentam a incidência de doenças respiratórias. Semelhantemente, o ar seco e carregado de pó tende a tornar as vias respiratórias mais susceptíveis às infecções. Além do impacto imediato da variação climática na saúde, o efeito dessa variação pode ocorrer depois de um certo atraso, com dias ou semanas depois da exposição entre o indivíduo e a variação nos padrões meteorológicos (SOUZA et al., 2014).

Os poluentes lançados na atmosfera associados às condições climáticas podem afetar a saúde de populações distantes das fontes geradoras de poluição, podendo ser transportados a longas distâncias em condições favoráveis de altas temperaturas e baixa umidade. (BARCELLOS *et al.*, 2009). Isto se verifica em relação à asma, alergias, infecções bronco-pulmonares e infecções das vias aéreas superiores (sinusite), principalmente nos grupos mais susceptíveis, que incluem as crianças menores de 5 anos e indivíduos maiores de 65 anos de idade (OPAS, 2009).

Quando a umidade relativa do ar está baixa ou a temperatura está baixa o vigor físico e a disposição para o trabalho apresentam-se diminuídos em uma pessoa. Já a exposição a valores de pressão atmosférica extremamente baixos resultará na diminuição no fornecimento de oxigênio para o cérebro, conseqüentemente diminui a disposição e vigor do cérebro (CRISTCHFIELD 1974 apud AYOADE, 2012).

Pequenas variações climáticas são em geral bem toleradas. Entretanto situações extremas de aumento ou diminuição de temperatura estão relacionadas a

ocorrência de doenças de diversas etiologias, em especial as doenças respiratórias. Tais efeitos podem ocorrer em pessoas predispostas, tais como idosos, crianças e portadores de doenças crônicas. Nas baixas latitudes, nas quais são frequentes temperaturas acima de 25°C, a sensação de conforto está relacionada com a umidade relativa do ar, dependendo desta. Em geral, a sensação de calor em atmosfera úmida (umidade relativa acima de 80%) é mais intensa que em atmosfera seca, devido à dificuldade de transpiração do organismo. Já sob atmosfera muito seca (umidade relativa inferior a 30%) e quente, são comuns irritações de pele e problemas respiratórios. (CONTI, 2007; PITTON; DOMINGOS, 2004).

Conforme Conti (2007), algumas enfermidades são agravadas em decorrência das condições climáticas. O câncer de pele, por exemplo, apresenta dentre os fatores de risco para sua ocorrência à exposição prolongada a radiação ultravioleta, em locais onde a insolação é maior, situação frequente nos desertos tropicais e nas montanhas, onde a baixa umidade relativa proporciona muitos dias de céu claro.

Para Kumar *et al* (2010), o organismo suporta melhor o abaixamento do que a elevação da temperatura corporal. Vários mecanismos termorreguladores permitem ganhar ou perder calor, possibilitando adaptação adequada a variações de temperatura ambiente. A Tabela 1 mostra algumas respostas do corpo humano relacionados a características térmicas.

Tabela 1 - Algumas respostas humanas relacionadas à exposição ao estresse termal.

Para o frio	Para o calor
Constricção da pele e dos vasos sanguíneos	Dilatação da pele e dos vasos sanguíneos
Concentração de sangue	Diluição do sangue
Aumento do tônus muscular	Queda do tônus muscular
Estremecimento	Transpiração
Tendência ao aumento de atividade	Tendência à redução de atividade
Aumento do volume de urina	Queda do volume de urina.
Risco de suprimento inadequado de sangue para dedos das mãos e pés e partes expostas	Dificuldade na manutenção de suprimento sanguíneo para o cérebro levando a tontura, náusea
Aumento da fome	Queda do apetite
Queda da temperatura do corpo	Aumento da temperatura do corpo
Sonolência	Enfraquecimento do centro regulador do calor
Parada das batidas do coração e da respiração	Falha da regulação das terminações nervosas levando ao sufocamento

Fonte: Lee (1958), apud Mendonça, (2001).

2.3 O clima urbano

O clima das cidades passou a ser assunto de interesse científico a partir de meados do século XIX, quando após o processo de industrialização, especialmente na Inglaterra e França, surgiram ambientes fortemente degradados. O crescimento das cidades, somado ao crescimento populacional no meio urbano, introduz novos elementos físicos e químicos na atmosfera, alterando as condições naturais precedentes e originando o clima urbano. Os problemas relacionados ao ambiente urbano tornam-se evidentes, principalmente, devido a precariedade na qualidade do ar, das ilhas de calor, etc (LIMA; PINHEIRO; MENDONÇA, 2012).

O clima urbano pode ser entendido como um clima que se processa no ambiente urbano. Sendo resultante da combinação entre os fatores geográficos globais, como a latitude e longitude, e os fatores climáticos locais, como a morfologia das ruas, forma e disposição das edificações, arborização dos espaços livres e os materiais que compõem o solo (NEDEL, 2008).

O ambiente urbano é alvo de diversas práticas antrópicas modificadoras da paisagem natural. O processo de urbanização acelerado e desorganizado tem desencadeado diversos impactos ambientais, dentre esses pode-se destacar a modificação no clima urbano. As alterações nos elementos climáticos possuem grande repercussão ecológica, afetando os habitantes através do desconforto térmico e da concentração de poluentes. Um dos principais efeitos da ação antrópica é a formação das chamadas ilhas de calor, que pode causar efeitos maléficos na saúde humana, especialmente doenças respiratórias, gerando aumento nos gastos do governo local com a saúde pública. Neste ambiente urbano a substituição das áreas verdes por pavimentação diminui o albedo e conseqüentemente diminui a sensação de conforto térmico da população. A saúde, a energia e o conforto dos seres humanos são afetados mais pelo clima do que por qualquer outro componente do meio ambiente (CRITCHFIELD, 1974 apud AYOADE, 2001; AMORIM, 2005; MARTINI; BIONDI; BATISTA, 2013).

Além das modificações no clima urbano e suas conseqüências no ambiente urbano, a concentração de poluentes em suspensão na atmosfera, ocasionada pela atividade industrial e circulação de veículos, compete para adensar a massa de micropartículas em suspensão, as quais funcionam como núcleos higroscópicos, isto é, incentivadores do processo de condensação. Essa reação em cadeia conduz ao

aumento das precipitações em áreas urbanas. Da mesma forma, a rugosidade representada pelos edifícios de grande porte estimula a instabilidade atmosférica, podendo desencadear as chamadas tempestades urbanas (CONTI, 2007).

Os parâmetros meteorológicos também podem influenciar a concentração de poluentes na atmosfera, isso se explica pelo fato de aumento na variável meteorológica temperatura está relacionado com o aumento da poluição atmosférica, especialmente do ozônio troposférico, e pode aumentar os efeitos adversos na saúde pela má qualidade do ar, especialmente no aumento de atendimentos por doenças cardiorrespiratórias (SILVA *et al.*, 2013).

Harrod *et al.*, (2003) e Lambert *et al.*, (2003), afirmam que os poluentes do ar comprometem as respostas imunológicas pulmonares e que esses efeitos podem estar relacionados com o aumento do risco de ocorrência de infecções respiratórias.

2.4 A influência sazonal na ocorrência de doenças

Algumas doenças são predominantes e ou prevalentes em determinadas regiões climáticas, outras tendem a seguir um padrão sazonal (relação com as condições climáticas) em sua incidência, essas possuem fatores causais ligados ao ambiente e apresentam variação de sua ocorrência. As distribuições cronológicas de determinadas doenças em termos de máximos e mínimo de registros, ocorrem sempre no mesmo período, seja do ano, do mês, da semana ou do dia. Nessas distribuições, a variação está caracterizada por uma certa sazonalidade, que está relacionada a propriedade segundo a qual o fenômeno se repete sempre na mesma estação. A sazonalidade climática tem sido investigada em vários estudos devido a potenciais riscos à saúde, especialmente em relação ao sistema respiratório. Várias doenças apresentam característica sazonal, por exemplo, asma, pneumonia, bronquite/bronqueolite, influenza, varicela, meningite, tuberculose pulmonar, entre outras (ARMOND, 2014; FREIRE; VASCONCELOS, 2012; RIOS *et al.*, 2000; MOURA *et al.*, 2003; ROUQUAROL; ALMEIDA FILHO, 2003; SOUZA *et al.*, 2012; STOCCO *et al.*, 2010; VALENÇA; RESTIVO; NUNES, 2006).

As estações do outono e inverno, são estações preocupantes em relação as doenças respiratórias, principalmente devido ao aumento do número de atendimentos pediátricos. No inverno aumenta a ocorrência de gripes, resfriados, faringites, otites, sinusites, bronquite aguda, bronquiolite, bronquite crônica, asma e pneumonia e, no

outono: bronquite aguda e asma aguda. Tais enfermidades acometem principalmente crianças e pacientes com alergias respiratórias. A diminuição na temperatura e o ar frio no inverno propiciam a congestão do nariz, dos seios da face e dos ouvidos e diminuem a resistência do corpo humano à infecção, podendo gerar sintomas comuns de resfriados, tais como obstrução nasal, dor na face, coriza e espirros (CASTRO, 2008; CERCAL, 2013; HAINES 1992 apud MENDONÇA, 2000; SORRE, 1984).

Variações na temperatura estão inter-relacionadas com várias doenças infecciosas, transmitidas por microrganismos ou não infecciosas, como artrites, sinusites, doenças respiratórias, doenças cardiovasculares. As doenças infecciosas têm um forte impacto sobre as populações mundial. Algumas são sensíveis às condições climáticas. As epidemias de influenza, por exemplo, ocorrem predominantemente no inverno, em particular em regiões frias (FAÇANHA, 2005; MENDONÇA; SOUZA; DUTRA, 2009).

Diversos estudos em todo mundo têm correlacionado às condições climáticas com morbidade e mortalidade, por diversas doenças. Algumas variáveis climáticas, tais como: temperatura do ar, umidade relativa e precipitação pluviométrica, demonstram interferir na ocorrência de doenças respiratórias, bem como a poluição atmosférica tem demonstrado interferir nesse tipo de morbidade (NUNES; MENDES, 2012).

Algumas enfermidades que estão relacionadas com determinadas condições climáticas, foram demonstradas por SERRA (1987) na Tabela 2, que correlaciona à ocorrência de determinadas doenças a tipos climáticos específicos.

Tabela 2 - Tipos de enfermidades e condições atmosféricas e climáticas

Anemia	...as áreas mais favoráveis para a cura da anemia são as de clima quente, com pequena variabilidade térmica e barométrica enquanto as desfavoráveis são as de clima frio e temperado.
Aterosclerose	...a tensão arterial diminui no verão e aumenta no inverno, favorecendo ataques do coração, derrames cerebrais e etc.
e	...visando à produção de calor, o metabolismo e a atividade muscular são mais acentuados no inverno e na zona temperada, ocasionando uma sobrecarga no coração. Dessa maneira o trabalho do músculo cardíaco torna-se mais eficiente no verão e nas regiões tropicais e menor no inverno e nas regiões frias, especialmente nas ciclônicas, onde o metabolismo é alto. O calor alivia os vasos sanguíneos e melhora a atividade do coração,
Doenças cardíacas	

	enquanto as quedas bruscas de temperatura provocam a vasoconstrição, sobrecarrega os vasos e o coração, aumentando a tensão arterial, o PH do sangue e a taxa de açúcar.
Câncer	...é cerca de 50% mais frequente no verão nos climas temperados que nos tropicais, porque o frio e as variações de temperatura aceleram o metabolismo das células cancerosas (como acontece com as normais).
Gripe	... o tipo de tempo é decisivo na ocorrência de gripe, pois os vírus entram com mais facilidade no organismo com a água que invade os tecidos, quando a pressão diminui. Quando a umidade é baixa, as mucosas ressecam. Provocando mais resfriados que o ar úmido, que mantém a água nas células.
Tuberculose	... é uma das doenças mais bem estudadas do ponto de vista climático, sabendo-se que os climas secos e de temperatura amena, com pouca chuva e grande insolação, como a das encostas à sotavento, são mais favoráveis contra ela.

Fonte: Serra (1987).

2.5 A influência de variáveis climáticas nas doenças respiratórias

Em relação tão somente a influência de variáveis meteorológicas nas doenças respiratórias, pode-se destacar algumas pesquisas na literatura nacional e internacional que utilizaram séries temporais epidemiológicas em associação com dados meteorológicos estabelecendo influência na ocorrência de doenças.

Em Norwich, cidade do Reino Unido, Hajat, Bird e Haines, (2004), observaram em seu estudo que ocorria um aumento de 19% no número de atendimentos de pacientes idosos com infecções do trato respiratório inferior, em cada grau de temperatura que diminuía para valores abaixo de 5 ° C, em um período de 20 dias. Estudo de Falagas *et al.* (2008) encontrou resultados semelhantes em relação a variável temperatura, em pesquisa na Grécia a qual correlacionou variáveis meteorológicas com infecções do trato respiratório (ITR), foi constatado que após análises estatísticas, houve correlação negativa estatisticamente significativa entre a temperatura média semanal e os casos de infecções do trato respiratório, ou seja, os casos de ITR aumentaram à medida que as médias de temperatura diminuíram. Também houve correlação negativa entre o vento e a ocorrência de infecções no trato respiratório superior e inferior. Além disso, houve correlação positiva entre umidade relativa e a ocorrência de infecções do trato respiratório.

Correal, Marthá e Sarmiento (2015) analisaram a influência da variabilidade climática nas doenças respiratórias em Bogotá. Eles observaram que a umidade relativa do ar teve um impacto imediato na ocorrência de doenças respiratórias agudas, e seu efeito persistiu durante oito a dez semanas, enquanto que a temperatura apresentou efeito moderado e tardio, 11 semanas mais tarde nas referidas doenças. A precipitação não teve efeito significativo e em algumas áreas o efeito foi de três semanas posteriores

Cui *et al.*, (2015) investigaram em seus estudos a etiologia viral, 14 vírus respiratórios causadores de infecções respiratórias agudas (IRA) em crianças e fatores meteorológicos associados no sul da China. Foram identificados pelo menos um vírus em 82,3% dos pacientes e vários vírus em 38,6% dos pacientes. Dentre os vírus pesquisados o Enterovírus (EV) e rinovírus humanos (HRV A, B, C), foram os mais detectados. Após a análise eles observaram que havia uma correlação positiva para alguns vírus entre eles os Enterovírus e as médias de temperatura (temperaturas elevadas), e umidade (aumento da umidade). Já com outros vírus tais como o, Rinovírus(HRV) havia uma correlação negativa com temperatura do ar, umidade relativa e velocidade do vento. Mostrando que há uma tendência sazonal para os vírus identificados.

Gonçalves e Coelho (2010) evidenciaram em seus estudos na cidade de São Paulo que havia uma tendência de aumento no número de casos de doenças respiratórias nos meses de abril e maio, em crianças de 0 a 13 anos. Observou-se que o pico de registros por doenças respiratórias (afecções das vias aéreas superiores) ocorreu no mês de maio, possivelmente pela dificuldade de termorregulação em indivíduos adaptados ao clima mais ameno de abril. A poluição atmosférica também se mostrou elevada no mês de maio, principalmente de ozônio. Sendo as crianças grupo bastante sensível a poluição atmosférica e às variações meteorológicas.

Silva et al. (2013) em seu estudo analisaram a associação entre a prevalência no número de atendimentos para gripe e infecção respiratória aguda, em população adulta e fatores meteorológicos e poluição atmosférica na cidade de Porto Alegre, no sul do Brasil. Encontrou-se uma correlação positiva entre a temperatura, umidade do ar absoluta e concentração dos poluentes e os casos de infecção respiratória aguda. Talvez as correlações positivas nesse caso, sejam explicadas pela influência da temperatura na atividade de um agente etiológico comum que é o vírus Sincial na

ocorrência dessas doenças como demonstrou o estudo de Ysuf *et al.*, (2007). Já a os dias quentes foram associados com a doença gripal. Outro fator que possivelmente explica a correlação referida é o fato da elevação da temperatura está associado com o aumento da poluição atmosférica, especialmente do ozono troposférico, e pode aumentar os efeitos adversos da má qualidade do ar. Observou-se que tanto as doenças gripais quanto a infecção respiratória aguda demonstraram relação com os fatores climáticos, sendo esses contribuintes relevantes para a prevalência de infecções respiratórias virais, outros fatores também apresentaram correlações estatísticas positivas, tais como exposição ao ar condicionado e mofo em casa.

2.6 Doenças respiratórias das vias aéreas inferiores

Em todo mundo as doenças respiratórias são apontadas como principal causa de adoecimento e morte em adultos e crianças. Conforme o “Estudo Global da Enfermidade”, o grupo das doenças respiratórias ocupa a quarta causa de mortalidade em nível mundial e a segunda causa de mortes em crianças menores de 5 anos (BRASIL, 2010; INS, 2016).

No Brasil as doenças respiratórias agudas e crônicas ocupam posição de destaque. Esse grupo de doenças apresenta-se entre as principais causas de internações no Sistema Único de Saúde-SUS. Os dados de morbidade hospitalar no Brasil são compilados no Sistema de Informação Hospitalar (SIH). Este sistema nacional, como o nome sugere, armazena informações de todas as internações hospitalares que acontecem no SUS, e as classifica de acordo com a CID 10. As doenças do aparelho respiratório, são designadas pelos códigos J00 a J99, que representam as doenças do aparelho respiratório, que acometem o sistema respiratório incluindo trato respiratório superior e inferior.

Dentre as doenças respiratórias do trato inferior destaca-se a pneumonia, bronquite/bronquiolite e a asma, constituindo as três principais causas de internações hospitalares no município estudado nesse trabalho.

2.6.1 Conceito e fatores causais da pneumonia

A pneumonia consiste em uma doença causada por “uma infecção ou inflamação aguda dos alvéolos e dos bronquíolos. Os sáculos alveolares enchem-se

de líquido e leucócitos mortos, reduzindo a quantidade de espaço aéreo nos pulmões”, Figura 1 (TORTORA, 2000, p.427).

Pode ser definida como sinais e sintomas consistentes com infecção do trato respiratório baixo associado a um novo infiltrado na radiografia de tórax. Pneumonia adquirida na comunidade ou no hospital, a primeira é aquela que acomete o paciente fora do ambiente hospitalar ou que surge nas primeiras 48h da internação hospitalar (DURRINGTON; SUMMERS, 2008; SCHWARTZMANN et al., 2010).

A pneumonia é altamente evitável, por isso torna-se importante descrever os fatores de risco que impulsionam a incidência dessa patologia, evitando-se a exposição a tais fatores. Diversos fatores estão envolvidos na ocorrência dessa doença, tais como: nutricionais, socioeconômicos e ambientais (BLACK et al., 2013; PAYNTER et al. 2010; XU; HU; TONG, 2014).

Nesse contexto, vários fatores podem contribuir para o aumento da incidência e/ou da gravidade da pneumonia em crianças, tais como a desnutrição, no caso de crianças, esse é um dos fatores que afetam a saúde, levando a maiores riscos para infecções; outros fatores tais como, baixo peso ao nascer, prematuridade, desmame precoce, viroses respiratórias progressas e imunossupressão medicamentosa, baixo nível socioeconômico, tabagismo passivo, frequência em creches (GOYA, 2005; FERREIRA; BRITTO, 2003; ZEM, 2004; WARDLAW, 2006;).

Geralmente é causada por uma infecção bacteriana, na maior parte das vezes pelo *Streptococcus pneumoniae*. Podendo ser desencadeada secundariamente por uma infecção viral do trato respiratório superior, como por exemplo, por um resfriado. Os vírus alteram os mecanismos de defesa do trato respiratório por modificar as secreções, inibir a fagocitose, alterar a flora bacteriana e diminuir o movimento ciliar. Outras bactérias e alguns vírus, como o da influenza e da varicela e, mais raramente protozoários e fungos, podem estar entre as suas causas (GOYA, 2005; FERREIRA; BRITTO, 2003; PARKER, 2007; ZEM, 2004; WARDLAW, 2006).

2.6.2 Fisiopatologia da pneumonia

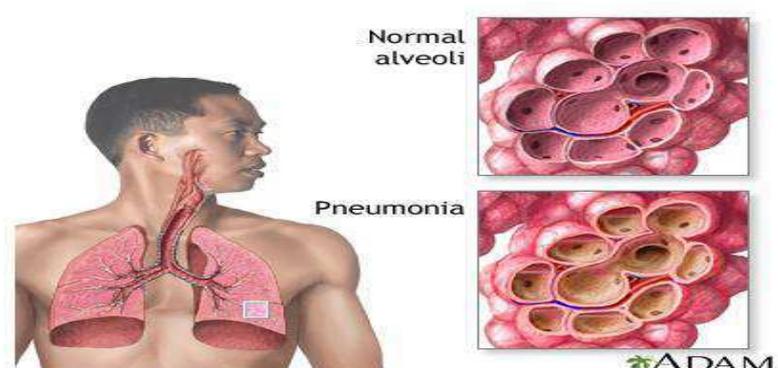
De acordo com Fonseca (1998) a fisiopatologia da pneumonia pode ser descrita da seguinte maneira:

A infecção pulmonar ocorre após um microorganismo ter vencido as barreiras de defesa do hospedeiro. A primeira barreira, a filtração aerodinâmica, é promovida pelas mudanças no regime de fluxo das vias aéreas (turbilhoramento). A segunda barreira é constituída pela mucosa e epitélio da naso e orofaringe. Em conjunto, as duas barreiras favorecem, fazendo com que os microorganismos sejam precipitados, deglutidos, ou eliminados na expiração. Entretanto, se houver aderência do agente ao epitélio, pode haver colonização da via aérea, sem reação do hospedeiro ocorre a infecção. A depuração mucociliar, terceira barreira, promove o aprisionamento do agente no muco e a sua eliminação através da vibração ciliar. Quando a depuração mucociliar é insuficiente para eliminar o agente, desenvolve-se a tosse, que é a quarta barreira. Os componentes celulares (macrófagos e neutrófilos) e os componentes funcionais do ambiente alveolar (imunoglobulinas, complemento e surfactante) constituem a quinta barreira ao agente infeccioso. A pneumonia pode se desenvolver por diminuição da eficiência dos mecanismos de defesa ou quando a quantidade do agente infectante satura os mecanismos de defesa (Fonseca, 1998, p.216)

A pneumonia é, tipicamente, um quadro de apresentação aguda. Os sintomas se caracterizam em geral pela presença de: tosse seca ou com expectoração; hemoptise; dor torácica pleurítica; dispneia; febre, presente na maioria dos casos (PINHEIRO; OLIVEIRA, 2007).

O padrão radiográfico mais frequente nas pneumonias são as opacidades alveolares. A radiografia de tórax, em incidência pósterio anterior e lateral deve ser realizada em todo indivíduo com suspeita clínica de pneumonia. Através da radiografia, exame de imagem, é possível diferenciar condições que se assemelhem à pneumonia (FONSECA, 1998; PNEUMOATUAL, 2018).

Figura 1 - A imagem mostra um alvéolo saudável e a pneumonia que causa um acúmulo de líquido no interior dos alvéolos, o que reduz a absorção de oxigênio.



Fonte: <https://medlineplus.gov/ency/imagepages/19680.htm> (2018).

2.6.3 Dados epidemiológicos da pneumonia

A pneumonia foi responsável por 16% de todas as mortes de crianças menores de 5 anos em 2015 levou a óbito 920.136 crianças no mundo (WHO, 2016).

A Organização Mundial de Saúde estimou, para o ano de 2013, que aproximadamente 476 mil crianças com idades inferiores a 5 anos morreriam por pneumonias (OMS, 2012). No Brasil, como em outros países, houve uma redução significativa das taxas de mortalidade por infecções do trato respiratório, inferior nas últimas décadas. A relação de prevalência no acometimento de crianças menores de 5 anos por pneumonia pode ser explicada pelo fato de crianças mais jovens apresentarem vias aéreas mais estreitas e mecanismos de defesa das vias respiratórias ainda imaturos (WELTE; TORRES; NATHWANI, 2012).

Dentre as internações por doenças respiratórias, a pneumonia se apresenta como principal causa de hospitalizações pelo SUS, tanto no Brasil quanto no município de Campina Grande, em crianças menores de 9 anos (DATASUS, 2018).

Em 2017 as internações por pneumonia na faixa etária em estudo foram responsáveis por 679 internações e 1.529 internações, gerando custo aproximado de R\$ 486.227, 72 para o Sistema Único de Saúde (SUS) em Campina Grande. Nesse mesmo ano também foram registrados 3 óbitos em Campina Grande (DATASUS, 2018).

Dentre as doenças respiratórias a pneumonia ocupou a principal causa de hospitalizações pelo SUS, no ano de 2017.

2.6.4 Conceito e fatores causais da bronquite/ bronqueolite

A bronquite aguda (BA) é um processo inflamatório que acomete os brônquios (vias aéreas de tamanho médio) nos pulmões que é principalmente caracterizada por tosse, Figura 2. Essa doença é uma das patologias ambulatoriais mais comuns, com maior incidência no inverno (FLEMING; ELLIOT, 2007; KNUTSON; BRAUN, 2002; WENZEL; FOWLER, 2006)

Conforme estudos realizados vários fatores podem promover a ocorrência da bronquite dentre eles, infecções virais, bacterianas e fatores climáticos. Geralmente corresponde a uma infecção viral, entretanto em alguns casos o agente causador são bactérias e raramente é ocasionada por fungos. Na maioria das vezes a bronquite acaba em poucos dias. Como na maioria das vezes trata-se de uma doença viral, não se utiliza antibióticos (BLUSH, 2013; GONZALES et al., 2001; GUO et al, 2014; KNUTSON; BRAUN, 2002).

Nesse contexto, conforme autores supracitados são considerados fatores de risco várias circunstâncias que alteram os mecanismos de defesa naturais das mucosas nasal e brônquica, que está relacionado ao epitélio mucociliar, como por exemplo, inalação da fumaça de fumos e gases irritantes, alterações climáticas, em especial nas variáveis temperatura do ar e umidade relativa do ar (GONZALES et al., 2001; KNUTSON; BRAUN, 2002).

Já a bronquiolite trata-se de uma infecção viral que acomete os bronquíolos de bebês, estruturas que dão continuidade aos brônquios, Figura 2. É definida classicamente como primeiro episódio de sibilância que acomete crianças menores de 2 anos, sendo o vírus sincicial respiratório seu principal agente etiológico. O vírus mais frequentemente envolvido é o vírus sincicial respiratório (VSR), embora muitos outros possam levar a essa condição, como a influenza vírus, metapneumovírus, bocavírus, rinovírus, adenovírus, etc (RALSTON et al., 2014; SANTOS et al., 2008; STEIN, 2008).

Trata-se de uma infecção respiratória, caracterizada pela ocorrência de tosse, com ou sem catarro, e radiografia de tórax normal. A etiologia mais comum é a viral e a doença é autolimitada, tendo resolução em aproximadamente 3 semanas (BRAMAN, 2006).

Segundo o Ministério da Saúde os fatores que podem ocasionar bronquite são: O tabagismo inclusive o passivo sendo responsável por 85% das mortes causadas por DPOC; A queima de biomassa que libera substâncias tóxicas (lenha, queimadas, queima da cana-de-açúcar, por exemplo); Fatores ocupacionais (exposição a substâncias nocivas); e Alterações genéticas, que atrapalha o funcionamento adequado de mecanismos de defesa do pulmão (BRASIL, 2014).

2.6.5 Fisiopatologia da bronquite/bronquiolite

Os casos de bronquite, assim como de bronquiolite aguda o processo infeccioso inicia quando no trato respiratório superior. As portas de entrada do organismo são a conjuntiva e a mucosa nasal. Na bronquiolite o vírus sincicial adere à mucosa do trato respiratório superior e a replicação viral se inicia na nasofaringe e posteriormente atinge o trato respiratório inferior causando destruição do epitélio ciliar e danos teciduais que geram uma resposta inflamatória caracterizada por uma infiltração peribrônquica, com predomínio de linfócitos e produção de muco,

juntamente com células descamadas, torna-se espesso obstruindo o lúmen da via aérea como mostra a Figura 2. Já a bronquite ocorre em decorrência de complicação devido sinusite, rinite e faringite, assim como, na bronquiolite também há a destruição do epitélio mucociliar. O sintoma mais característico da bronquite aguda é a tosse. A irritação na mucosa gera o aumento das secreções brônquicas, posteriormente é gerada uma tosse produtiva com expectoração Figura 2 (COLLINS; CHANOCK; MURPHY, 2001; FISHER, 2011; HUESTON; MAINOUS, 1998; VIEIRA; STEIN, 2008).

2.6.6. Dados epidemiológicos da bronquite/ bronqueolite

A bronquiolite aguda acomete frequentemente criança nos dois primeiros anos de vida (sendo encontrada em crianças até 2-3 anos de idade) e o pico de incidência ocorre abaixo dos 12 meses de idade. É uma doença sazonal com prevalência no outono e inverno. Durante o período de inverno, é a causa mais frequente de hospitalização de lactentes. Inicia-se com os sintomas das infecções virais das vias aéreas superiores (febre e coriza), que progridem em quatro a seis dias, evoluindo para o acometimento das vias aéreas inferiores (tosse e chiado) (CARVALHO; JOHNSTON; FONSECA, 2007)

Conforme pesquisa de Alvarez et al. (2013) em estudo realizado com 5.304 crianças menores de 1 anos no Brasil, observou-se que 113 (2,1%) foram hospitalizadas por bronquiolite viral aguda. Dessas, 2,7% foram internadas na unidade de terapia intensiva, 1,5% necessitaram de ventilação mecânica e 0,2 % foram a óbito.

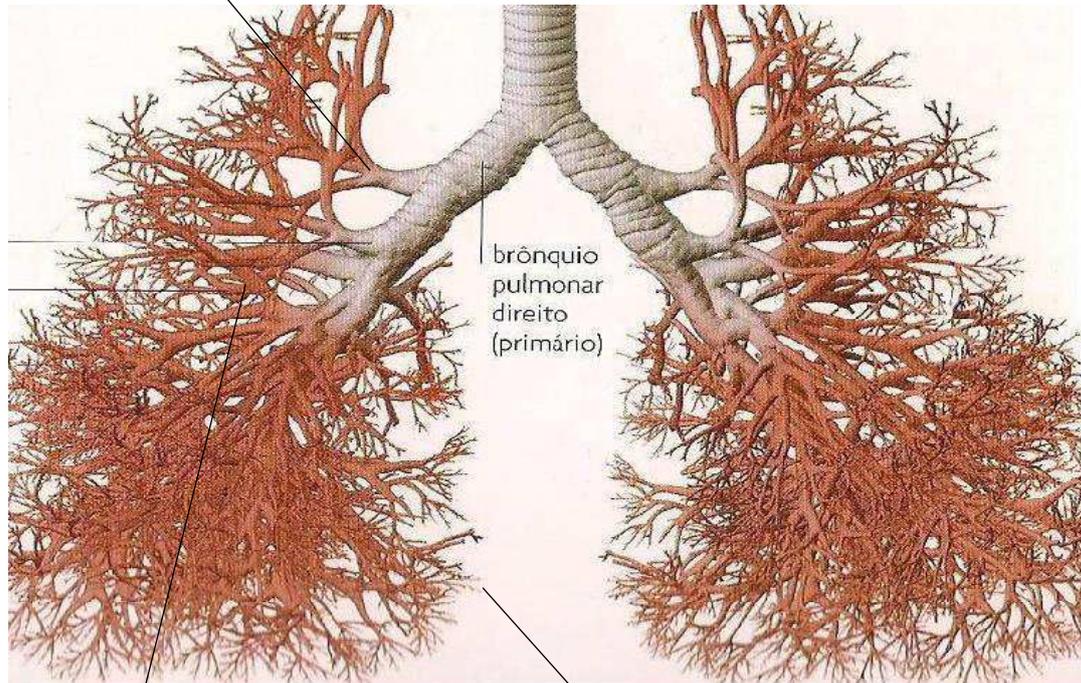
Em 2017 as internações por bronquite/bronquiolite foram responsáveis por 183 internações e 99 internações, gerando custo aproximado de R\$ 62.593, 57mil para o Sistema Único de Saúde em Campina Grande (SUS). Nesse mesmo ano também foram registrados 1 óbito em Campina Grande, no DataSUS. (DATASUS, 2018).

Dentre as doenças respiratórias a bronquite/bronquiolite ocupou a terceira causa de hospitalizações pelo SUS no município de Campina Grande no ano de 2017.

Figura 2 - A imagem mostra a estrutura dos brônquios, a mucosa brônquica é o local no qual ocorre o processo inflamatório, na bronquite. Na imagem também pode-se observar a estrutura dos bronquíolos, na mucosa dos bronquíolos ocorre o processo

inflamatório nos casos de bronquiolite. As vias, em destaque (vermelho) também são afetadas durante a crise asmática.

Brônquio lobar (secundário)



Brônquio terminal

Bronquíolo terminal

Fonte: Parker, (2007)

2.6.7 Conceito e fatores causais da asma

De acordo com Hetzel, Silva e Silva (2008), a asma é uma doença inflamatória crônica das vias respiratórias que torna os brônquios hiper-responsivos aos diversos fatores desencadeantes das crises. Por ser uma doença de caráter genético, não pode ser curada, mas sim controlada com sucesso quando o tratamento for adequado. A causa exata da asma ainda não é conhecida, mas acredita-se que é causada por um conjunto de fatores: genéticos (história familiar de alergias respiratórias – asma ou rinite) e ambientais (SPPT, 2012). A gênese da asma relaciona-se a fatores genéticos e ambientais. Diversos fatores podem desencadear as crises de asma, tais como infecções virais, poeira domiciliar, mofo, odores fortes, umidade, tabagismo,

emoções e variações climáticas como mostra a Tabela 3. Pessoas com predisposição genética para asma, quando expostas repetidas vezes a fatores ambientais sensibilizantes podem desenvolver um processo crônico nas vias aéreas, tornar-se hiper-responsivos (aumento da sensibilidade que ocorre nos brônquios dos pacientes com asma) e desenvolvem sintomas respiratórios como por exemplo: tosse intensa, dispneia, chiado, sensação de peso no tórax, essas sensações variam de intensidade e tempo.

Tabela 3 - Fatores que influenciam a ocorrência e a expressão da asma.

Fatores Ambientais	Ácaros, animais com pelos (felinos, caninos, roedores), Insetos (barata, em ambientes internos). Fungo em ambiente interno e externo Infecções virais Substâncias ocupacionais Tabagismo passivo e ativo
Fatores Intrínsecos	Poluição em ambientes internos e externos Dieta Pessoas com predisposição genética Obesidade Sexo masculino

Fonte: Hetzel; Silva; Silva (2008). Adaptado

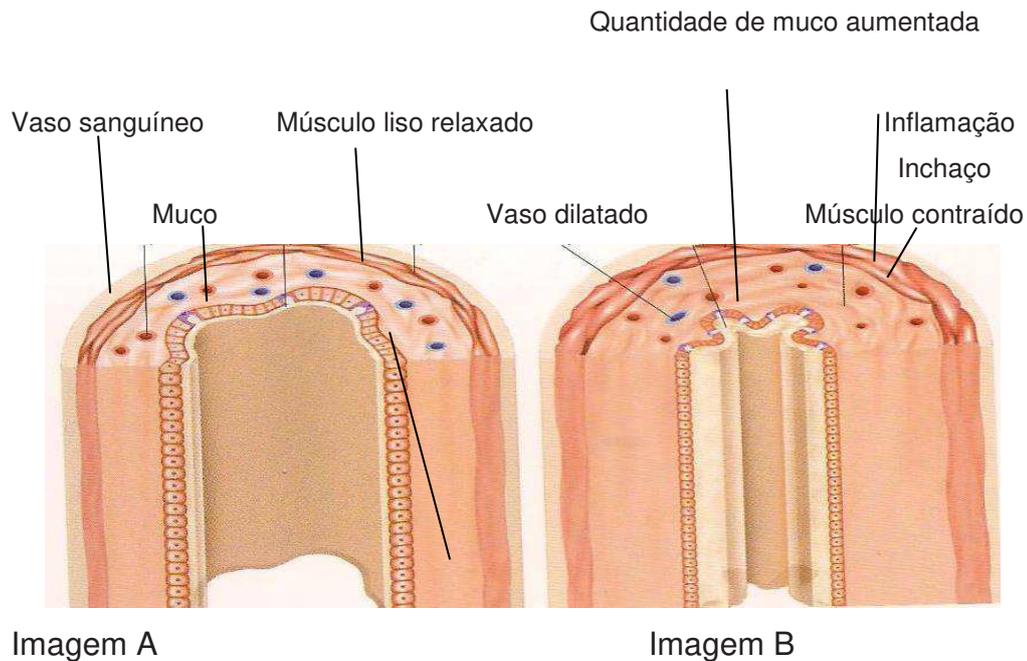
2.6.8 Fisiopatologia da Asma

A asma é uma doença respiratória que afeta as vias aéreas ou brônquios (tubos que conduzem o ar para dentro dos pulmões), não os brônquios maiores, mas sim as vias aéreas mais delicadas (em vermelho), como mostra a Figura 3. Esses são os brônquios segmentares e os bronquíolos que conduzem aos alvéolos (PARKER, 2007).

Conforme autor citado anteriormente, um brônquio normal possui o músculo liso relaxado, muco protetor cobrindo sua mucosa e a passagem do ar ou lúmen, apresenta diâmetro adequado para a passagem do ar contendo oxigênio que alcançará os alvéolos, onde irá ocorrer a hematose, como mostra a imagem A, na figura 3. Durante uma crise asmática, o músculo liso contrai-se. A inflamação provocada pelo alérgeno causa vasodilatação e inchaço dos tecidos da parede das

vias aéreas. A camada de muco também aumenta de espessura. Isto agrava o estreitamento do lúmen como mostra a imagem B, na Figura 3.

Figura 3 - A imagem A representa a via aérea saudável, já a imagem B representa a via aérea durante uma crise asmática.



Fonte: Parker (2007)

Algumas pessoas apresentam episódios leves, outras desenvolvem quadros severos de falta de ar que colocam em risco a vida, algumas pessoas apresentam ataques variáveis e imprevisíveis de um dia para outro. Os músculos lisos das vias aéreas contraem-se, causando estreitamento provocando dispneia. O estreitamento é agravado pela inflamação ocasionada pelo alérgeno, que causa vasodilatação e inchaço dos tecidos na parede das vias aéreas. A camada de muco também aumenta de espessura, assim o estreitamento é agravado pelo excesso de secreção de muco (PARKER, 2007).

É importante destacar que a amamentação na primeira infância parece desenvolver um efeito de proteção fazendo com que não ocorra a asma. Já os filhos de mulheres que fumaram durante a gestação e primeiros meses de vida da criança, apresentam mais chances de ocorrência de asma (SIGURS, 2004).

2.6.9 Dados epidemiológicos da asma

Conforme estimativas mundiais a asma acomete 300 milhões de indivíduos e frequentemente está associada à rinite. O aumento na frequência de asma em crianças sugere o aumento da prevalência de asma nos próximos anos (BRASIL, 2010; INS, 2016).

Dentre das doenças crônicas das vias aéreas inferiores, destaca-se a asma, representada pelo código J45. As doenças respiratórias crônicas (CRD), são doenças crônicas das vias respiratórias e outras estruturas dos pulmões. As mais comuns incluem: asma, Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica DPOC, e rinite alérgica (BRASIL, 2010).

Em 2007 o Brasil ocupou a oitava posição mundial em prevalência de asma, com estimativas para crianças e adolescentes escolares variando de menos que 10 a mais do que 20% em diversas cidades estudadas, variando por região e por faixa etária. Em 2017 as internações por asma foram responsáveis por 219 internações, gerando custo aproximado de R\$ 114.950,50 mil para o Sistema Único de Saúde (SUS). Nesse mesmo ano não foi registrado nenhum óbito na cidade de Campina Grande (DATASUS, 2018).

Dentre as doenças respiratórias a asma ocupou a segunda causa de hospitalizações pelo SUS, no ano de 2017.

2.7. Doenças respiratórias das vias aéreas inferiores: Atenção à saúde da criança

As doenças respiratórias acometem crianças, adultos e idosos e são consideradas importantes causas de morbimortalidade em todo o mundo. Conforme os dados da Organização Mundial de Saúde, as doenças respiratórias representam aproximadamente 14% do total de mortes no mundo. As crianças em especial são consideradas vulneráveis as doenças resultantes das variações climáticas (OPAS, 2009; WHO, 2014).

Segundo Hetzel, Silva e Silva (2008), as infecções respiratórias virais podem ocorrer em qualquer época do ano, entretanto apresentam maior incidência no inverno do que no verão. A vulnerabilidade de crianças em relação a outros grupos etários pode ser explicada pela imaturidade do sistema imunológico associada ao menor

calibre das vias aéreas que dificulta a remoção de partículas estranhas nas vias respiratórias, além disso, o sistema imunológico está em formação na criança, tornando-as mais suscetíveis às infecções mais graves, principalmente entre lactentes que tenham menos de dois meses de idade (MACEDO *et al.*, 2007; O' BRODOVICH; HADDAD, 1998).

O organismo infantil possui algumas outras particularidades que levam ao aumento do consumo de oxigênio por quilograma de peso. Esse fato, juntamente com uma maior velocidade de crescimento, ocasiona nas crianças um aumento no consumo de oxigênio por quilo peso, mais elevada que em adultos, a criança também necessita de mais oxigênio devido ao choro. O aumento da necessidade de oxigênio leva a uma maior quantidade de ar inalado e conseqüentemente uma exposição maior a poluentes (GONÇALVES; COELHO, 2010; MARTINS *et al.*, 2001; NATALI *et al.*, 2011)

Nesse contexto, mais da metade das crianças que apresentam sintomas respiratórios nos primeiros anos de vida, com o passar dos anos, não manifestarão as características clínicas da doença (MARTINEZ apud HETZEL; SILVA; SILVA, 2008). Uma possível explicação para que isso ocorra, citado anteriormente é o fato das crianças apresentarem nos primeiros meses de vida, um calibre desproporcionalmente pequeno das vias aéreas inferiores, de maneira que os processos inflamatórios, geralmente virais, são suficientes para reduzir a sua luz a proporções críticas, provocando sibilância e manifestações correlatadas. Posteriormente, com o aumento do calibre das vias aéreas que ocorre com o crescimento do indivíduo, não mais ocorreria o fenômeno (SIGURS, 2004).

As crianças asmáticas possuem maior suscetibilidade aos efeitos dos fatores ambientais pois há aumento da hiper-responsividade brônquica e da sensibilidade a agentes do meio ambiente (CAMELO-NUNES; SOLÉ; NASPITZ, 1997). Contudo os efeitos dos fatores climáticos no nascimento diminuem com o passar do tempo, à medida que a criança cresce, sendo compatíveis com o desenvolvimento do sistema imunológico e o aumento de diâmetro das vias respiratórias nos primeiros anos de vida (GERN; LEMANSKE JÚNIOR; BUSSE, 1999; TAUSSIG *et al.*, 2003).

Um outro fato importante a ser considerado em relação a asma, é demonstrado no estudo de Baiz *et al.* (2011) dados desse estudo sugerem que a exposição materna a poluição atmosférica antes e depois da gravidez, pode alterar a resposta imunológicas dos filhos, aumentando o risco de desenvolvimento de morbidades

posteriormente incluindo a asma e alergias, condições essas que deixam a criança também vulneráveis as variações climáticas.

2.7.1 Prevenção das doenças respiratórias das vias aéreas inferiores-pneumonia, bronquite e bronquiolite

Vários fatores são considerados importantes na prevenção das doenças respiratórias das vias aéreas inferiores. Dentre eles nutrição adequada, o aleitamento materno, o incentivo do aleitamento materno é uma medida eficaz na prevenção de infecção pelo vírus sincicial respiratório, e diminui em um terço o risco de hospitalização por infecção do trato respiratório inferior, protegendo dessa maneira contra as doenças infecciosas. Também é importante a prevenção da desnutrição, crianças desnutridas apresentam maior número de complicações em relação a crianças eutróficas; evitar exposição passiva ao fumo, pacientes que convivem com tabagistas têm maior risco de desenvolver bronquiolite.; evitar ambientes com aglomerações de pessoas; Evitar a inalação de poeiras, produtos químicos e poluentes atmosféricos que pioram o quadro das doenças respiratórias (BEREZIN; CARDENUTO, 2007; BRICKS; BERZIN, 2006; GOYA; FERRAN, 2005; SANTOS et al.,2008; WHO, 2016).

A pneumonia é uma patologia que pode ser prevenida pela imunização, as vacinas pneumocócicas têm como uma das grandes finalidades a prevenção da pneumonia da comunidade, sendo protetora para a maior parte dos sorotipos relacionados à doença. A vacinação contra o vírus influenza, indicada para crianças a partir dos 6 meses. É uma medida eficaz na proteção contra o vírus influenza, embora este seja responsável por apenas uma pequena parcela dos casos de bronquiolite

Em relação a asma, especificamente, embora tenham ocorrido avanços no tratamento e na implementação de diretrizes para o manejo da asma, essa continua sendo pouco controlada (SBPT, 2012).

Para asma algumas medidas podem diminuir a sua incidência, especialmente em crianças, população mais susceptível, tais como educação ambiental e aumentar a cobertura vacinal. Isto porque a infecção das vias aéreas superiores, pêlos de animais, ácaros, tabagismo entre outros fatores, são importantes desencadeadores de crises asmáticas, na maioria das vezes fatores preveníveis, evitando internações (TOYOSHIMA; ITO; GOUVEIA ,2005).

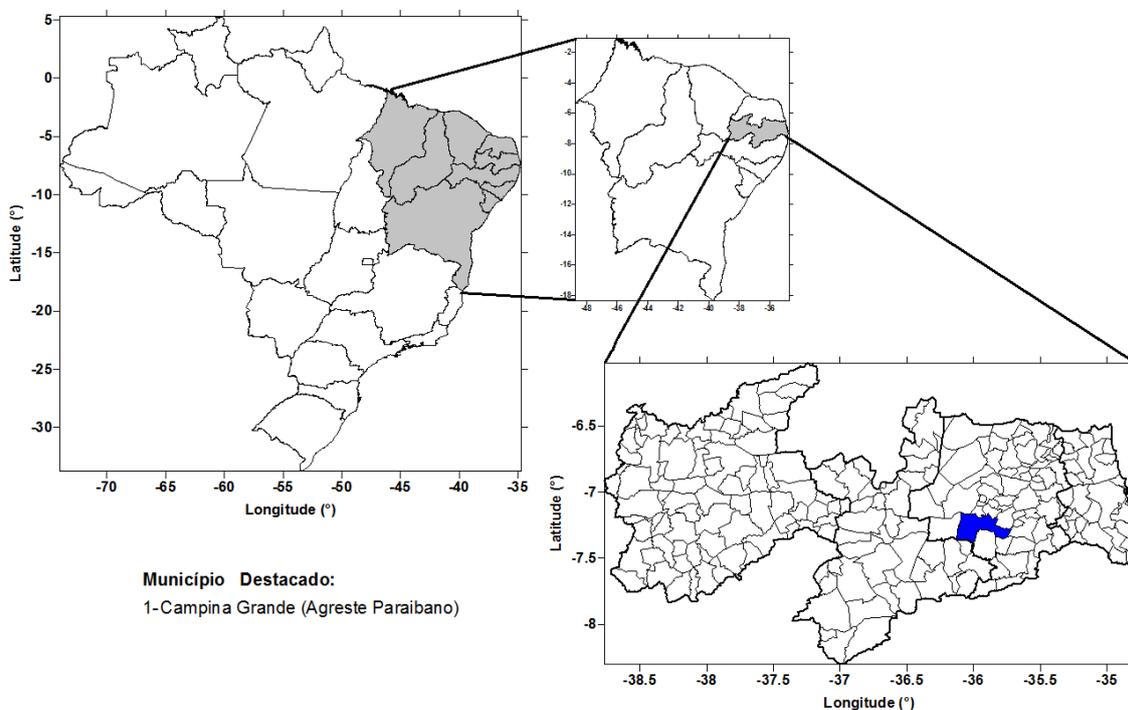
Aproximadamente 50% das crianças apresentam pelo menos um evento de sibilância nos primeiros anos de vida, contudo a maioria delas não desenvolverá asma. Diagnosticar precipitadamente uma criança como asmática devido a um ou dois episódios de sibilância leva ao uso desnecessário de medicamentos broncodilatadores e profiláticos. Por outro lado, a falta de diagnóstico pode retardar o tratamento. Deste modo, a investigação e o tratamento da sibilância e tosse recorrentes exigem uma avaliação cuidadosa dos sintomas, da sua evolução, dos antecedentes pessoais, da história familiar e dos achados físicos (PEDERSEN et al., 2011).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Área e período de estudo

A cidade de Campina Grande está localizada no interior do Estado da Paraíba, mais precisamente no agreste paraibano. O município está a uma altitude média de 555 metros acima do nível do mar, com 7° 13' 11" de latitude Sul e 35° 52' 31" de longitude Oeste, distante a 120 km da Capital do Estado, João Pessoa. A área do município de Campina Grande abrange 593,026 Km², contando com uma população estimada em 407.754 habitantes (densidade demográfica de 648,31 hab./km²), segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2018). Fazem parte do município de Campina Grande os distritos de Catolé de Boa Vista, São José da Mata e Galante. Essa pesquisa foi realizada com dados relativos ao município de Campina Grande, como mostra a Figura 4.

Figura 4 - Localização do município de Campina Grande localizados no estado da Paraíba, na região Nordeste do Brasil.



O município de Campina Grande está inserido na unidade geoambiental do Planalto da Borborema, na vertente a barlavento, está incluído na área geográfica de abrangência do semiárido.

Por estar acima de 500 metros de altitude, possui um clima com temperaturas mais moderadas, considerado Tropical com estação seca de acordo com a classificação climática de Köppen-Geiger. A Temperatura média anual oscila em torno dos 22°C, podendo ultrapassar 30°C nos dias mais quentes, e atingir por volta de 15°C nas noites mais frias do ano. A umidade relativa do ar varia entre 75% a 83%. A estação chuvosa começa em abril e termina em agosto (TRAVASSOS et al., 2012). A Tabela 4 apresenta os valores médios anuais das variáveis temperatura, umidade relativa, pressão atmosférica, insolação, evaporação e velocidade do vento referente ao município de Campina Grande-PB.

Os serviços de saúde municipal contam com 728 estabelecimentos de saúde sendo 217 públicos, com 90 Unidades Básicas de Saúde da Família. Conta com 1.593 leitos para internações sendo 1.231 credenciados pelo Sistema Único de Saúde (SUS) (CNES, 2018).

Tabela 4 - Valores médios anuais da precipitação pluviométrica anual (PREC), temperatura máxima, mínima e média (TX, TN e TM), umidade relativa anual (UR), pressão atmosférica (PRES), insolação (INS), evaporação (EVAP) e velocidade do vento (VV).

PREC (mm)	TX (°C)	TN (°C)	TM (°C)	UR (%)	PRES (hPa)	INS (h)	EVAP (mm)	VV (m/s)
792	29	20	24	78	953	7	1608	4

3.2 Tipo de estudo

A pesquisa trata-se de um estudo epidemiológico, descritivo de coorte transversal de referência temporal-longitudinal, visto que uma mesma área foi investigada em momentos distintos. A partir dos dados sobre exposição e frequência de asma, pneumonia e bronquite/bronqueolite foi analisado, através de métodos estatísticos, a associação entre doenças e variáveis meteorológicas. Segundo Gil (2010), as pesquisas descritivas apresentam como objetivo principal “a descrição das características de determinada população ou fenômeno ou, então, o estabelecimento de relações entre variáveis”.

O estudo transversal ou de prevalência é um dos delineamentos mais empregados nas pesquisas epidemiológicas, podendo averiguar causa e efeito de maneira simultânea e investigar a associação existente entre a exposição e a doença, visualizando a situação de uma população em um determinado momento, como instantâneos da realidade. Além disso, determina indicadores globais de saúde para o grupo investigado (ROUQUAYROL; GURGEL, 2013).

Quanto à forma de abordagem, o trabalho classificou-se como pesquisa quantitativa, considerando o levantamento de dados quantitativos. A pesquisa quantitativa é um meio para testar teorias objetivas, examinando a relação entre as variáveis. Tais variáveis podem ser avaliadas tipicamente por instrumentos, para que os dados numéricos possam ser analisados por procedimentos estatísticos (CRESWELL, 2010). Quanto à observação, a pesquisa foi classificada como ecológica, que tem como unidade de observação um “grupo de indivíduos”. Nesse tipo de estudo pode haver a correlação entre a ocorrência de morbidades ou exposição de interesse entre agregados de indivíduos, para identificar possíveis relações entre elas (PEREIRA, 2012).

Contudo, torna-se importante destacar que uma relação de associação não sugere, essencialmente, uma relação de causalidade, ou causa e efeito. Pode-se destacar como vantagens para este tipo de estudo o baixo custo, simplicidade analítica, alto potencial descritivo e rapidez de coleta acompanhada de facilidade na representatividade de uma população (DUQUIA; BASTOS, 2007).

3.3 Natureza e fonte dos dados

Nesta pesquisa, os dados foram de fonte secundária, relativas as séries de dados meteorológicos obtidos no Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e das internações hospitalares por asma, pneumonia e bronquite no período de tempo estudo: janeiro de 1998 a dezembro de 2017, 240 meses em 20 anos.

3.3.1 Dados sobre a morbidade em estudo

Os dados epidemiológicos conforme já mencionado foram coletados no site do DATASUS, sendo necessária a tabulação e sistematização dos mesmos, com o auxílio do excel ou outra ferramenta de conversão, como o software TAB Win 32.

O Sistema de Informação Hospitalar do SUS (SIH/SUS), gerenciados pelo Ministério da Saúde, por meio da Secretaria de Assistência à saúde, em conjunto com as secretarias de saúde do estado da Paraíba e secretaria municipal de saúde de cada município em estudo ou seja as unidades hospitalares, participantes do SUS (públicas e particulares conveniadas), que enviam as informações das internações efetuadas AIH- Autorização de Internações Hospitalares, para os gestores Estaduais e Municipais, esses dados são processados e disponibilizados pelo endereço eletrônico www.datasus.gov.br. Conforme Natali *et al.* (2011) todos os procedimentos realizados no período de internação de um paciente de qualquer faixa etária são registrados ao SUS através do preenchimento da Autorização de Internação Hospitalar (AIH). O Departamento de Estatística do SUS (Datasus) analisa os dados e produz informações como a identificação do hospital, a cidade em que está localizado, a idade do paciente, a causa da internação, o município de residência do paciente, o tempo de internação e a data da alta, entre outras. A opção por utilizar dados das AIH implica em trabalhar apenas com a população menos favorecida dos municípios pesquisados localizados na Paraíba, que por sua vez tem “mais chances” de adoecimento.

As enfermidades escolhidas dentro do grupo das doenças respiratórias foram a asma, pneumonia, bronquite/bronqueolite aguda doenças que acometem as vias aéreas inferiores. Os dados filtrados pelo DATASUS relacionaram-se apenas aos residentes dos municípios paraibanos em estudo, já que os hospitais desses municípios atendem também populações de cidades circunvizinhas. Foram analisados os registros hospitalares por faixa etária, crianças de 0 a 9 anos.

O período de análise da pesquisa foi de janeiro de 1998 a dezembro de 2017. O SIH/SUS utiliza a 10ª Revisão da Classificação Internacional de Doenças (CID 10). O código do capítulo CID 10 compreende de J00-J99, classifica as Doenças do Aparelho Respiratório.

3.3.2 Dados das variáveis climatológicas

Os dados meteorológicos utilizados foram fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), de estações meteorológicas convencionais localizadas em Campina Grande e João Pessoa. As variáveis meteorológicas consideradas foram:

umidade relativa do ar (UR), temperatura do ar máxima (TX), média (TM) e mínima (TN), precipitação pluviométrica (PREC), velocidade do vento (VV), pressão atmosférica (PRES) e evaporação (EVAP).

3.4 Análise estatística dos dados

Um desafio existente na avaliação da influência das variáveis climáticas nos casos de internações hospitalares é encontrar um modelo estatístico capaz de considerar todos os fatores envolvidos. Sendo assim, para quantificar os efeitos que as variáveis meteorológicas (temperatura, umidade relativa do ar, precipitação pluviométrica, pressão atmosférica, velocidade dos ventos e evaporação) exercem no número de internações hospitalares, foram testados dois modelos pertencentes à classe dos Modelos Lineares Generalizados (MLGs), os modelos de regressão Poisson e Binomial Negativo, adotando-se um nível de significância de 5% ($p < 0,05$). (SANTOS, 2015).

Os dados meteorológicos foram organizados em planilhas do *software* Excel, juntamente com os registros de internações hospitalares por asma, pneumonia, bronquite/bronqueolite aguda em crianças de 0 a 9 anos, fornecidos pelo Departamento de informática do SUS –DATASUS e trabalhados pelo *software* estatístico R (R CORE TEAM, 2018), os quais foram tratados e analisados.

Tendo em vista que os dados que foram coletados por meio do DATASUS, número de registros totais hospitalares por asma, pneumonia, bronquite/bronqueolite aguda em crianças de 0 a 9 anos, variável dependente, é um processo de contagem, para quantificar os efeitos que as variáveis independentes (variáveis meteorológicas) exercem na ocorrência das variáveis dependentes (Pneumonia, bronquite/bronqueolite e asma) em crianças menores de 9 anos no município de Campina Grande, foi ajustado um modelo de regressão de Poisson pertencente à classe dos Modelos Lineares Generalizados (MLG), adotando-se um nível de significância de 5% ($p < 0,05$). Na sequência, devido a problemas de sobredispersão (variância maior que a média), foi ajustado o modelo de regressão Binomial Negativo, adotando-se um nível de significância de 5% ($p < 0,05$).

Para avaliar a adequação do modelo estatístico proposto para descrever as observações, foram verificadas a normalidade e independência dos erros. Com este

procedimento, buscaram-se condições teóricas para a realização das análises estatísticas via técnicas univariadas.

3.4.1 Modelo Linear Generalizado (MLG)

Os MLG representam a união de modelos lineares e não-lineares com uma distribuição da família exponencial, que é formada pela distribuição normal, Poisson, binomial, binomial negativa, gama, normal inversa e incluem modelos lineares tradicionais (erros com distribuição normal), bem como modelos logísticos (SCHIMDT, 2003).

Os modelos de regressão de Poisson e Binomial Negativo têm por característica a análise de dados contados na forma de proporções ou razões de contagem, ou seja, leva em consideração o total mensal de internações hospitalares por asma, pneumonia e bronquite/bronqueolite.

Os MLG são definidos por uma distribuição de probabilidade, membro da família exponencial de distribuições, e são formados pelos seguintes componentes (TADANO, 2007):

- a) Componente aleatório: n variáveis explicativas y_1, \dots, y_n , de uma variável resposta que segue uma distribuição da família exponencial com valor esperado $E(y_i) = \mu$;
- b) Componente sistemático: compõe uma estrutura linear para o modelo de regressão $\eta = \beta \mathbf{X}^T$, chamado de preditor linear, onde $\mathbf{X}^T = (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{ip})^T$, $i = 1, \dots, n$ são as chamadas variáveis explicativas; e
- c) Função de ligação: uma função monótona e diferenciável g , chamada de função de ligação, capaz de conectar os componentes aleatório e sistemático, ou seja, relaciona a média da variável resposta (μ) à estrutura linear, definida nos MLG por $g(\mu) = \eta$, onde (TADANO, 2007) (Equação 3.1):

$$\eta = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_n x_n \quad (3.1)$$

ou em forma matricial (Equação 3.2):

$$\eta = \beta X^T, \quad (3.2)$$

com o coeficiente de regressão $\beta = (\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n)^T$ representando o vetor de parâmetros a ser estimado.

Na Tabela 5, cada distribuição tem uma função de ligação especial, chamada de função de ligação canônica que ocorre quando $\eta = \theta_i$, onde θ é o chamado parâmetro de locação ou parâmetro canônico.

Tabela 5 - Funções de ligação canônica de algumas distribuições da família exponencial.

Distribuição	Função de ligação canônica (η)
Normal	μ
Poisson	$\ln(\mu)$
Binomial	$\ln\{\mu/(1-\mu)\}$
Gamma	μ^{-1}
Gaussiana Inversa	μ^{-2}
Binomial Negativa	$\ln\{\mu/(\mu+k)\}$

Fonte: Mccullagh e Nelder (1989).

Conforme o exposto, se η é a função logarítmica e y_i possui distribuição binomial negativo, o modelo resultante é o modelo de regressão binomial negativa com função de ligação canônica, utilizado para avaliar dados em forma de contagens, frequentemente encontrados em estudos epidemiológicos.

Alguns autores realizaram estudos utilizando os MLG aplicados na biometeorologia humana, tais como: Nascimento et al. (2015), que empregaram o modelo de regressão de Poisson a fim de estudar a associação existente entre a concentração de partículas na atmosfera e doenças respiratórias agudas em crianças na região de Vitória -ES; Oliveira (2016) analisou a associação entre os índices de infestação (índice de densidade de ovos/ IDO e índice de positividade de ovitrampas/ IPO) do *Aedes aegypti*, obtidos através de armadilhas, e a variação da temperatura nas Áreas Programáticas de Saúde (APSs) e Regiões Administrativas (RAs), bem como a associação entre a incidência de casos notificados de dengue e tais índices de infestação nas APSs da cidade do Rio de Janeiro, através de Modelos Lineares Generalizados; Azevedo et al. (2017) que utilizaram modelos lineares generalizados

a partir da regressão linear de Poisson para relacionar avaliar os efeitos das variações sazonais do clima na ocorrência de internações por doenças respiratórias por Influenza e Pneumonia na população idosa da Região Metropolitana de João Pessoa no Estado da Paraíba; Santos et al. (2017) analisaram a relação das variáveis climáticas na prevalência de infecção respiratória aguda em crianças menores de 2 anos em Rondonópolis-MT aplicando o modelo binomial negativo.

3.4.2 Modelo Múltiplo de Regressão de Poisson (MMRP)

O modelo de regressão de Poisson tem como característica a análise de dados contados na forma de proporções ou razões de contagem, ou seja, considera o total de pessoas com uma determinada doença. É um tipo específico dos MLGs e Modelos Aditivos Generalizados (MAGs), onde a variável resposta de uma regressão de Poisson deve seguir uma distribuição de Poisson e os dados devem possuir igual dispersão, ou seja, a média da variável resposta deve ser aproximadamente igual à variância (MCCULLAGH; NELDER, 1989).

A distribuição de Poisson pode ser considerada como a distribuição discreta de probabilidades que dá a frequência de ocorrência de certos tipos de eventos aleatórios.

A distribuição discreta de probabilidade:

$$P(X = x) = \frac{\lambda^x e^{-\lambda}}{x!} \quad (x = 0, 1, 2, 3 \dots, n), \quad (3.3)$$

Em que $e = 2,71828$ é uma constante dada e λ o parâmetro populacional, é denominada distribuição de Poisson, por ter sido Poisson quem a descobriu, no começo do século XIX (SPIEGEL, 1993).

Nesta pesquisa, os casos de internações hospitalares por asma, pneumonia e bronquite são considerados dados de contagem e foram ajustados a regressão binomial negativa, ou seja, que é utilizada quando o desfecho a ser analisado é uma contagem e o pressuposto do modelo de regressão de Poisson, de que a média é igual à variância, não é respeitado, geralmente em virtude da maior dispersão dos dados. Identificou-se que estes dados tiveram uma sobredispersão em relação à variância, sendo necessário este ajuste.

3.4.3 Modelo de regressão binomial negativa

A distribuição binomial negativa pertence à família exponencial, que fornece a base probabilística para a classe dos MLGs e é também conhecida como distribuição de Pascal ou distribuição de Polya. Considerando-se um experimento estatístico com dois resultados possíveis: sucesso ou fracasso, em que sucesso ocorre com probabilidade p e fracasso ou falha ocorre com probabilidade $q=1-p$. Se o experimento é repetido indefinidamente e os ensaios independentes, então a variável aleatória Y é o número de ensaios em que ocorre o k -ésimo sucesso, e tem uma distribuição binomial negativa com parâmetros k e p .

Em alguns casos, o fenômeno de sobredispersão ocorre quando é esperada uma distribuição de Poisson para a resposta, porém a variância é maior do que a resposta média. Uma causa provável desse fenômeno é a heterogeneidade das unidades amostrais que pode ser devido às variabilidades interunidades experimentais. Isso pode ser visto, por exemplo, supondo que para um conjunto fixo $\mathbf{x} = (x_1, \dots, x_p)^T$ de valores de variáveis explicativas, $Y|z$ tem média z e variância Z , no entanto Z , que é não observável, varia nas unidades amostrais com \mathbf{x} fixo, de modo que $E(Z) = \mu$. Então, (PAULA, 2013):

$$\begin{aligned} E(Y) &= E[E(Y/Z)] = E[Z] = \mu \text{ e} \\ \text{Var}(Y) &= E[\text{Var}(Y/Z)] + \text{Var}[E(Y/Z)] \\ &= \mu + \text{Var}(Z) \end{aligned} \quad (3.4)$$

Para Cordeiro e Demétrio (2008) a distribuição binomial negativa com parâmetros $k > 0$ e $0 < p < 1$ é definida por:

$$(Y = y) = \binom{k+y-1}{k-1} \left(\frac{p}{p+1}\right) \left(\frac{p}{p+1}\right)^y \frac{1}{(p+1)^k} \quad (3.5)$$

para $y = 0, 1, 2, \dots$. O parâmetro $\mu = kp$ é iguala média e pode ser usado no lugar de p . Quando k é inteiro, essa distribuição é, também, chamada distribuição de Pascal. Um caso especial importante é a distribuição geométrica quando $k = 1$. Formas especiais da distribuição binomial negativa surgiram com Pascal e Fermat, em 1679.

Gosset (“Student”), em 1907, usou a distribuição binomial negativa como um modelo para contagens no lugar da distribuição de Poisson (SANTOS, 2015).

Santos (2015) ajustou o modelo de distribuição binomial negativa pertencente à classe dos MLGs, para analisar a influência das variáveis climáticas na prevalência de infecção respiratória aguda em crianças menores de dois anos.

3.4.4 Séries Temporais

Em uma análise de série temporal, almeja-se modelar o fenômeno estudado para, a partir de então descrever o comportamento da série, obter estimativas e avaliar quais os fatores que influenciam o comportamento da série, buscando definir relações de causa e efeito entre duas ou mais séries. Para tanto, há um conjunto de técnicas estatísticas disponíveis que dependem do modelo definido (ou estimado para a série), bem como do tipo de série analisada e do objetivo do trabalho (LATORRE; CARDOSO, 2001). Os métodos que se aplicam séries temporais procuram identificar tendência e sazonalidade nas observações da demanda ao longo do tempo. Em séries temporais, as observações levantadas possuem um espaçamento constante em dias, em semanas, em meses ou em anos.

Uma série temporal $Z(t_1), \dots, Z(t_n)$ observada nos instantes t_1, \dots, t_n pode ser utilizada para: investigar o mecanismo gerador da série temporal; fazer previsões de valores futuros da série, sendo que as previsões podem ser a curto e longo prazos; descrever apenas o comportamento da série; neste caso a construção de histogramas e diagramas de dispersão, entre outros, podem ser ferramentas úteis; verificar a existência de tendências, ciclos e variações sazonais; e procurar periodicidades relevantes nos dados; neste caso, a análise espectral pode ser de grande utilidade (MORETTINI; TOLOI, 2006).

Uma série histórica pode ser composta por três componentes não observáveis: tendência (T_t), sazonalidade (S_t) e a variação aleatória denominada de ruído branco (ϵ_t). A primeira escolha para a elaboração de um modelo seria um relacionamento aditivo destes componentes: $Z_t = T_t + S_t + \epsilon_t$. Pode-se construir um modelo multiplicativo ($Z_t = T_t \times S_t \times \epsilon_t$) ou realizar-se a transformação log-linear. Ao analisar uma série histórica, deve-se estudar cada um destes componentes separadamente, retirando-se o efeito dos outros (MORETTINI; TOLOI, 1985; 2004; 2006).

Para muitas séries, a melhor solução é combinar o modelo auto regressivo (AR) com o de médias móveis (MA). Este é composto pela combinação linear dos ruídos brancos próximos ao valor da série (MA de ordem q). Tanto o modelo AR, quanto o MA, quanto o Auto Regressivo de Médias Móveis (ARMA) são utilizados para séries estacionárias. Entretanto, quando o processo é não estacionário homogêneo (ou seja, possui tendência, porém não é explosivo), no modelo ARMA. Este é o modelo conhecido como ARIMA (Modelo Auto Regressivo Integrado de Médias Móveis), onde d é a ordem das diferenças necessárias para tirar tendência da série (MORETTINI; TOLOI, 1985; 2004; 2006).

Existem duas situações em que a série pode ser considerada não estacionária: quando durante um período os pontos oscilam ao redor de uma média e, depois, mudam de situação (neste caso basta tomar uma diferença da série); e quando a série é não estacionária em relação à tendência (geralmente, para torná-las estacionárias é necessário tomar a segunda diferença). Os modelos ARIMA podem dar conta da sazonalidade de quando há “lags” de baixa ordem. Porém, quando a sazonalidade ocorre em múltiplos períodos, é necessária que se considere no modelo um componente de sazonalidade estocástica (MORETTINI; TOLOI, 1985; 2004; 2006).

Entretanto, quando a sazonalidade ocorre em múltiplos períodos, é necessário que se considere no modelo um componente de sazonalidade estocástica. Nesta situação, utiliza-se o modelo SARIMA (Modelo Auto Regressivo Integrado de Médias Móveis com Sazonalidade) que incorpora as funções trigonométricas (preferencialmente, seno e cosseno) ao modelo ARIMA, e a ordem da sazonalidade vai depender da série (MORETTINI; TOLOI, 1985; 2004; 2006).

3.5 Procedimentos de análise de dados

Em resumo, foram feitos os seguintes procedimentos:

- a) Análise descritiva dos dados em termos de porcentagens da variável dependente (casos de internação hospitalar por pneumonia, asma e bronquite) e independentes (variáveis meteorológicas) e foi obtida pela medida de tendência central (média, mediana), dispersão (variância e desvio padrão), de forma (assimetria e curtose) e o coeficiente de variação (CV);

Conforme a Tabela 6 observa-se que a média está superior à mediana, nesse caso, possivelmente a regressão de Poisson não terá um bom ajuste.

Tabela 6 - Estatística descritiva, medidas de tendência central e dispersão para variável dependente e independente em Campina Grande (PB).

Estatísticas	Média	Mediana	Variância	Desvio padrão	Assimetria	Curtose	CV
Pneumonia	92,5	84	2173,2	46,6	1,0	0,96	0,50
Bronquite	23,2	16	475,7	21,8	1,8	2,13	0,94
Asma	40,4	38	445,8	21,1	0,4	-0,74	0,52
Tmed	23,6	23,9	1,6	1,3	-0,4	-0,9	0,06
Tmax	28,9	29,3	4	2	-0,5	-0,86	0,07
Tmin	20,3	20,5	1,3	1,1	-0,3	-0,91	0,05
UR	77,6	77,5	30	5,5	0,2	-0,66	0,07
Pressão	952,5	952,2	2,8	1,7	0,09	-0,62	0,00
Insolação	7,2	7,5	2	1,4	-0,7	0,06	0,19
Vento	3,7	3,8	0,3	0,5	-0,2	-0,68	0,14
Precipitação	66	42,2	4364,1	66,0	1,5	2,51	1,00
Evaporação	134	137,9	1664,8	40,8	-0,04	-0,46	0,30

b) Foi aplicado o teste de normalidade Anderson-Darling para todas as variáveis.

Foi importante verificar se existia ou não normalidade dos dados, para saber qual modelo se ajustaria melhor a esses.

Existem duas hipóteses para uma distribuição normal através do teste de normalidade de Anderson-Darling.

H₀: Os dados seguem distribuição de probabilidade normal.

H₁: Os dados não seguem distribuição normal. Se o nível de significância for menor ($p \leq 0,05$), rejeita – se a nulidade da hipótese (H_0), definindo que os dados analisados não apresentam distribuição normal (H_1) (SILVA et al., 2010).

Dentre as variáveis analisadas apenas uma não seguiu o comportamento normal, a variável evaporação, uma vez que ($p \geq 0,05$), como mostra a Tabela 7. As demais variáveis seguem normalidade.

Tabela 7 - Teste de normalidade de Anderson-Darling (AD) para o município de Campina Grande (PB).

Variável	Estat_AD	p-valor
Pneumonia	3,8872	<0,001
Bronquite	4,7394	<0,001
Asma	4,0901	<0,001
Tmed	3,4469	<0,001
Tmax	0,7684	<0,001

Tmin	3,4469	<0,001
UR	0,7684	<0,001
Pressão	2,4384	<0,001
Insolação	2,3102	<0,001
Vento	1,2442	<0,001
Precipitação	10,267	<0,001
Evaporação	0,5401	0,164

c) A análise dos dados foi realizada inicialmente mediante correlação linear, utilizou-se como variável dependente o número de internações hospitalares, e como variáveis independentes a temperatura, umidade relativa do ar, a precipitação, pressão, vento, a insolação e a evaporação. A correlação de Spearman (r) foi utilizada para analisar isoladamente a variável dependente (Internação hospitalar) em relação à variação dos dados meteorológicos. O coeficiente de correlação é uma medida do grau de relação linear entre duas variáveis quantitativas. Este coeficiente (r) varia entre os valores -1 e 1, e apresenta as seguintes propriedades:

- $r = 0$ corresponde a não associação,
- Quanto maior o valor de r , mais forte é a associação,
- $r > 0$ corresponde a ambas variáveis crescendo juntas,
- $r < 0$ corresponde a uma variável ficando menor à medida que a outra fica maior;

Para pneumonia, na análise de correlação de Spearman observou-se correlações significativas em relação a algumas variáveis: temperatura média, máxima e mínima e evaporação. Tal fato se explica quando o p-valor se apresentar menor que 0,05 (Tabela 8).

Em relação a variável bronquite/bronqueolite observou-se correlações estatisticamente significativas para a maioria das variáveis com exceção de vento e precipitação (Tabela 8).

Para a variável asma observa-se que não houve nenhuma correlação significativa, isso não quer dizer que um modelo não possa ser ajustado para verificar a influência das variáveis meteorológicas nesta enfermidade (Tabela 8).

Tabela 8 - Análise da correlação de Spearman para variáveis Pneumonia, Bronquite e Asma e as variáveis climáticas para o município de Campina Grande (PB).

Variável	Pneumonia		Bronquite/Bronquiolite		Asma	
	ρ	p-valor	ρ	p-valor	ρ	p-valor
Tmed	-0,12	<0,009	-0,26	<0,001	-0,04	0,323
Tmax	-0,17	<0,001	-0,27	<0,001	-0,08	0,051
Tmin	-0,12	<0,005	-0,31	<0,001	-0,07	0,093
UR	-0,01	0,951	0,15	<0,001	-0,05	0,288
Pressão	-0,07	0,088	0,31	<0,001	0,04	0,427
Insolação	0,08	0,062	-0,19	<0,001	-0,01	0,943
Vento	0,04	0,318	-0,07	0,104	-0,05	0,234
Precipitação	0,08	0,062	0,08	0,087	0,07	0,122
Evaporação	-0,11	<0,009	-0,15	<0,001	-0,04	0,346

- d) Construção do modelo de regressão binomial negativa, que foi mais adequado para tratar os dados cuja variância foi superior à média condicional, através da adição de um novo parâmetro que reflete a heterogeneidade não observada.
- e) Para avaliação do ajuste do modelo, foi realizada uma análise dos resíduos. Esta análise pode ser através de gráficos normais de probabilidade para verificar a adequabilidade do ajuste do modelo aos dados.
- f) Séries temporais, foram ajustados modelos de Séries Temporais para verificar o comportamento dos casos de pneumonia, bronquite/bronquiolite e asma, correspondente a janeiro de 1998 a dezembro de 2017, verificando-se os pressupostos para os modelos de série temporal tais como tendência, estacionariedade e sazonalidade.
- g) Cada modelo sarima escolhido foi utilizado para verificar o potencial de uso de previsão, para tanto, eles foram processados para os últimos anos de cada série da doença, simulando as observações entre 2013 a 2017.
- h) Foi efetivado o modelo de previsão de casos novos para as morbidades em estudo no período de 2018 a 2020.

3.6 Considerações éticas

A pesquisa utilizou dados administrativos obtidos de documentação oficial de domínio público. Estes dados foram utilizados exclusivamente para objetivo desta

pesquisa e as informações preparadas e apresentadas de maneira coletiva de tal forma que nenhum resultado se referiu a um indivíduo nominal, tampouco implicaram quaisquer prejuízos para as pessoas ou instituições envolvidas. Por não se tratar de pesquisa direta com seres humanos foi dispensado o encaminhamento ao Comitê de Ética e Pesquisa Científica (CEP).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Esta pesquisa trata-se de um estudo ecológico de séries temporais que se propôs analisar de maneira temporal a correlação de internações hospitalares, para asma, pneumonia e bronquite/bronqueolite com variáveis meteorológicas, no município paraibano de Campina Grande (CG), tendo o clima como um dos fatores multicausais no desencadeamento dessas doenças. Desta forma, o propósito básico deste estudo foi determinar possíveis relações entre elementos climáticos, tais como: temperatura do ar, umidade relativa do ar, precipitação pluviométrica, velocidade do vento, pressão atmosférica, evaporação, insolação e a ocorrência das doenças respiratórias citadas anteriormente, com base em uma avaliação das correlações existentes.

Portanto, neste capítulo será apresentado: o ajuste do modelo binomial negativo aos dados, com ênfase na relação entre a ocorrência de pneumonia, bronquite/bronqueolite e asma e as variáveis climáticas, obtendo-se a previsão de ocorrência de novos casos para os anos de 2018 a 2020, além de associar tais relações aos efeitos das variáveis climáticas na saúde de crianças nas faixas etárias em estudo. Na sequência das análises, foram ajustados também modelos SARIMA para as variáveis dependentes pneumonia, bronquite e asma, cujos resultados indicam que modelos desta natureza se ajustam bem aos dados e apresentam poder preditivo considerável.

4.1 Caracterização do comportamento temporal dos casos de hospitalizações por pneumonia e bronquite/bronqueolite e asma no município de Campina Grande-PB

Para avaliar a relação entre as variáveis meteorológicas e a ocorrência de algumas morbidades respiratórias, verificou-se, inicialmente o incremento de casos devido à sazonalidade. Os casos de pneumonia, bronquite/bronquiolite e asma no município de Campina Grande-PB, relativos aos dados do Sistema de Internação Hospitalar do Sistema Único de Saúde (SIH/SUS). Entre 1998 e 2017 foram registrados um total de 37.473 internações hospitalares por pneumonia, bronquite/bronquiolite e asma, dessas 22.203 internações hospitalares foram devido a pneumonia.

As Figuras 5, 6 e 7 mostram a distribuição média anual para cada enfermidade entre os anos de 1998 a 2017. Estes resultados são mostrados em gráficos do tipo Box e Whiskers (EVANS; DOSWELL, 2001; WILKS, 2006). Este gráfico é formado pelo primeiro e terceiro quartil e pela mediana. As hastes inferiores e superiores se estendem, respectivamente, do quartil inferior até o menor valor não inferior ao limite inferior e do quartil superior até o maior valor não superior ao limite superior. Outliers (valores discrepantes) são representados por círculos. Gráficos desta natureza permitem sintetizar e avaliar a distribuição empírica das séries temporais.

Dos gráficos box-whisker, percebeu-se para todas as enfermidades o efeito sazonal do número de casos registrados, com o maior número de registros entre meses de outono e inverno. Para a pneumonia isto se dá entre os meses de abril a julho, bronquite/bronqueolite de maio a agosto e asma de abril a julho.

Valores considerados discrepantes a distribuição, ou *outliers*, não foram observados para a serie temporal da asma, foram observados em maior número e para todos os meses para bronquite/bronqueolite, e observados em menor número para pneumonia. Estes resultados indicam que os casos de bronquite/bronquiolite apresentam a maior variabilidade em relação à média da população. O coeficiente de variação obtido para cada doença, a partir da razão entre o desvio padrão e a média, foi de 52,2% para asma, 94% para bronquite/bronquiolite e 50,4% para pneumonia.

Figura 5 - Plotagens box e whisker da distribuição mensal dos dados associados ao número de casos registrados de pneumonia em Campina Grande entre 1998 e 2017.

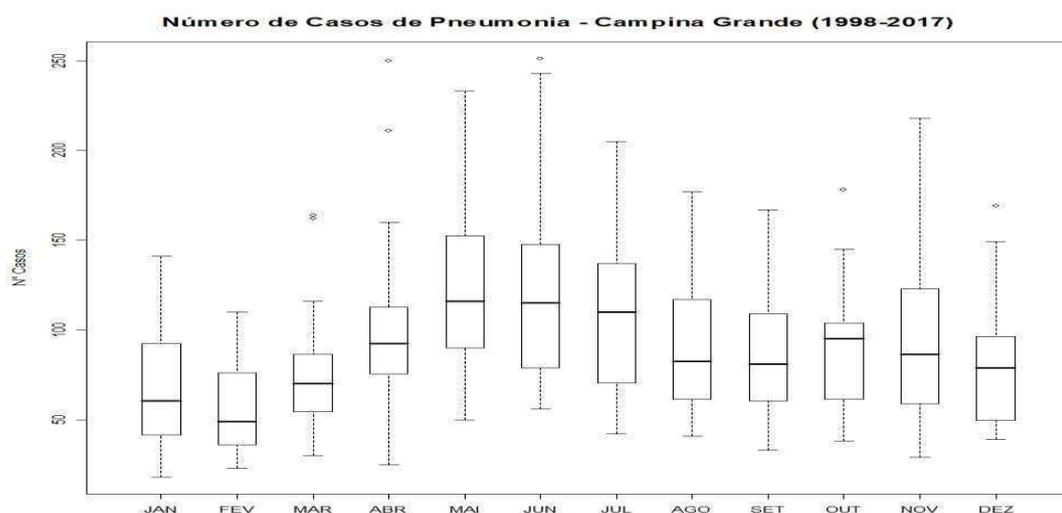
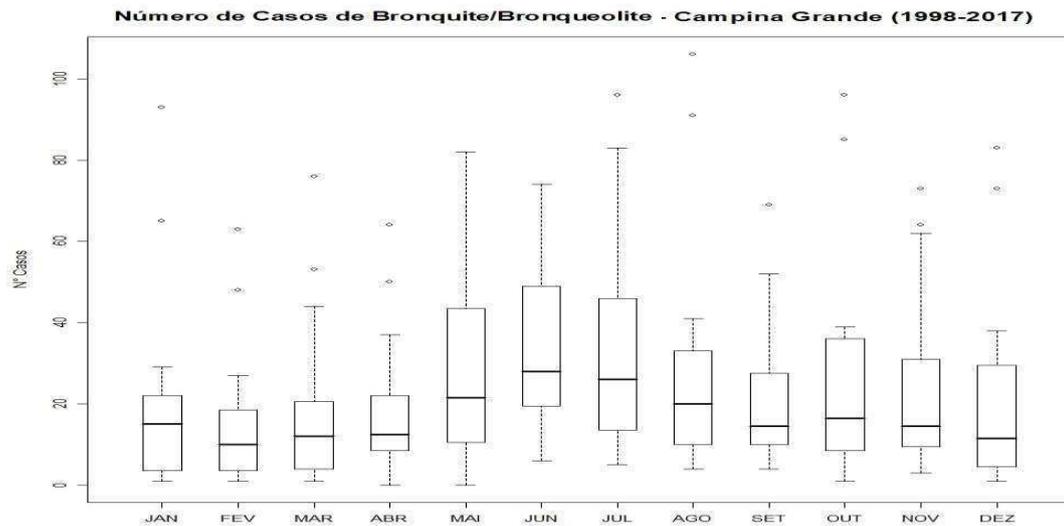
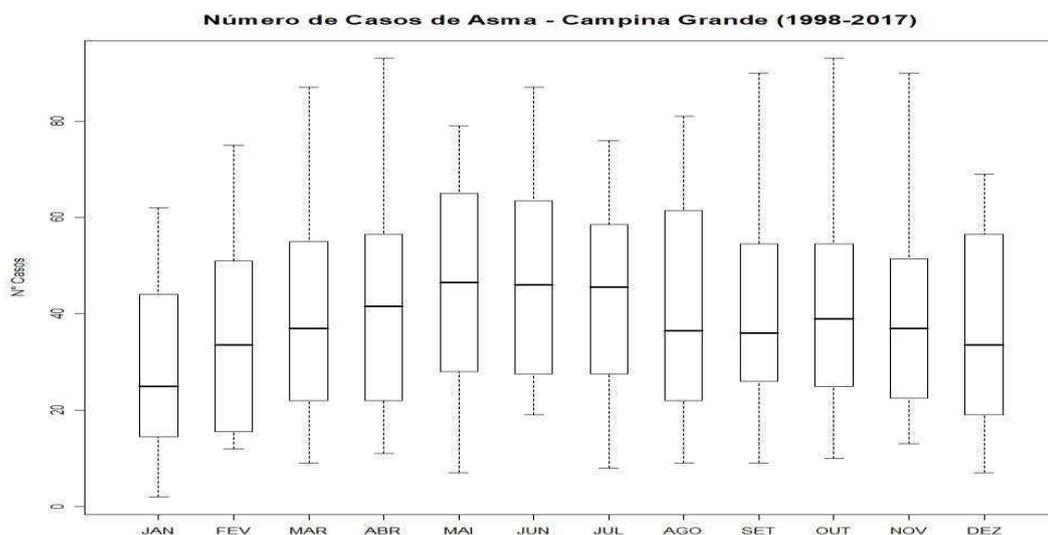


Figura 6 - Plotagens box e whisker da distribuição mensal dos dados associados ao número de casos registrados de bronquite/bronqueolite em Campina Grande entre 1998 e 2017.



Fonte: DATASUS (2017)

Figura 7 - Plotagens box e whisker da distribuição mensal dos dados associados ao número de casos registrados de asma em Campina Grande entre 1998 e 2017.



Fonte: DATASUS (2017)

Analisando essas internações por faixa etária relacionadas a pneumonia, observou-se 6.572 casos na faixa etária de 0 a 12 meses (29,5%); 11.058 internações na faixa etária de 1 a 4 anos (49,8%); 3.443 internações na faixa etária de 5 a 9 anos (15,5%).

Em relação a bronquite/ bronqueolite aguda observou-se um registro de internações 5.569 internações, sendo 3.510 na faixa etária de 0 a 12 meses (63, 02%); 1.654 na faixa etária de 1 a 4 anos (29,7%) e 405 na faixa etária de 5 a 9 anos (7,2%). Para os registros de asma observou-se um registro um total de 9.701 internações, sendo 1.588 na faixa etária de 0 a 12 meses (16,3%); 5.690 na faixa etária de 1 a 4 anos (58,6%) e 2.423 na faixa etária de 5 a 9 anos (24,9%).

Os anos que apresentaram maiores registros de internações hospitalares, para os casos de pneumonia foram 1998 e 1999, com 2.029 e 1.953 registros respectivamente, a faixa etária das crianças que apresentaram maior registro de internações foi a de 1 a 4 anos. Os meses com maior número de registro foram: maio (2.487 internações) e junho (2.485 internações). O ano que apresentou o menor número de registros hospitalares foi 2012 com 523 casos.

A imaturidade imunológica e o calibre reduzido das vias aéreas favorecem a evolução do quadro para formas graves de pneumonia, com disfunção respiratória significativa e conseqüente necessidade de hospitalização (MACEDO et al., 2007).

Souza et al. (2012) analisaram a variação mensal da morbidade por pneumonia para lactentes, crianças e adultos no município de Campo Grande (MS) durante o período de 2004 a 2008. Notou-se um aumento na morbidade durante os meses de inverno e no mês que prenuncia a chegada dessa estação (marca a transição entre as duas estações), ou seja, entre maio e agosto. Esse aumento no número de internações nesse período foi, em parte, pela entrada de massas de ar frio e seco e por esse período ser considerado o período mais poluído do ano. Observou-se, também, uma diminuição da morbidade por pneumonia nos meses mais quentes (janeiro, fevereiro, novembro e dezembro).

Para bronquite/bronqueolite, os anos que apresentaram maiores registros foram os anos de 2001 e 2000 apresentando um total de internações de 893 e 727 casos respectivamente. Constatou-se também que a faixa etária com maior número de casos foi a de 1 a 4 anos em 2001, já no ano de 2000 as crianças de 0 a 12 meses. Os meses que apresentaram maiores ocorrências foram junho (664) e julho (648). O ano de menor registro foi 2012 com 57 casos.

Amorim et al. (2013) estudaram a associação entre variáveis ambientais e doenças respiratórias (asma e bronquite) em crianças na cidade de Macapá no período de 2008 a 2012. Observou-se que os casos de asma foram mais frequentes no período chuvoso (dezembro a maio), correspondem a 51% dos registros, já os

casos de bronquite a frequência maior foi no período seco (junho a novembro). A pesquisa mostrou que no período chuvoso há um aumento de casos de asma. Já no período seco ocorre uma diminuição de registro dessa doença.

E em relação aos registros de asma, o maior número de internações ocorreu nos anos de 2002 e 2010, com um total de 807 e 810 registros respectivamente. A faixa etária que apresentou o maior número de internações foi de 1 a 4 anos em ambos os anos, já os meses de maiores registros foram maio e junho. E o ano de menor registro foi 2011 com 187 casos.

Saldanha, Silva e Botelho (2005) analisaram em Cuiabá a influência da variação climática no uso de serviços de saúde para asma em crianças menores de 5 anos. Observou-se que a faixa etária mais acometida foi a de um a três anos, sem diferença entre os sexos. Constatou-se também no período chuvoso o percentual de atendimento ambulatorial por asma foi maior que no período seco. Entretanto frequência de hospitalizações por asma foi maior no período seco

Toyoshima, Ito e Gouveia (2005) verificaram em seu estudo na cidade de São Paulo, no período de 1995 a 2000, flutuação no número de internações por asma decorrer dos meses, com picos principalmente entre março e maio (meses de outono) e mínimo em janeiro (verão). Houve aumento nas taxas de internação por asma, mas apenas na população menor de cinco anos, esse aumento do número de internações foi maior no primeiro semestre e diminuiu no segundo.

Coelho et al. (2006) avaliaram em seu estudo a ocorrência de asma em Brasília a partir da associação com variáveis meteorológicas no período de 1998 a 2002. Foi observado nesse estudo que os maiores registros de internações hospitalares por asma ocorreram nos meses de outono, com exceção do ano de 2002 quando a maior parte das internações foram registrados no verão.

Em Campina Grande (PB), observa-se que os casos de pneumonia vêm apresentando redução ao longo dos últimos 20 anos (Figura 8), fato que pode estar associado a ações de promoção e prevenção da doença no município em estudo, evitando a ocorrência da doença que geralmente resulta em internações hospitalares. Essa redução foi de 2.029 casos em 1998 para 679 casos em 2017. Para a bronquite/bronquiolite, o ano de 2017 apresentou um aumento na ocorrência desse tipo de morbidade (Figura 9). Em relação aos casos de asma em 1998 ocorreram 737 casos e 219 casos em 2017, assim como os casos de pneumonia citado anteriormente observa-se uma redução dos casos de asma durante o período de estudo (Figura 10).

Possivelmente parte da redução observada em relação aos casos de asma ao longo dos anos, seja decorrente da consolidação do programa nacional de controle da asma. Em 2003 houve financiamento de medicamentos para asma grave, mas a partir de 2005 houve a aquisição de medicamentos para asma leve e moderada (portaria GM 2.084). Como a asma é doença inflamatória crônica de tratamento prolongado, provavelmente o benefício de redução de exacerbações que poderiam levar a hospitalização só seria evidente no ano seguinte (2006) (CERCI; FERREIRA FILHO; BUENO, 2088; SILVA JÚNIOR et al., 2016)

Oliveira et al. (2010) compararam a média de internações do SUS, por regiões do Brasil, de acordo com o grupo de doenças que mais acometem crianças de um a quatro anos, para o período de 1998 a 2007, dentre elas, as doenças do aparelho respiratório (40,3%), como primeira causa de hospitalizações. Para estas doenças, em relação à média de internações, houve predomínio na região Sul e Centro-Oeste e menor proporção na região Norte e Nordeste, com influência climática nas diferentes regiões do país. A resolubilidade da atenção básica de saúde deve refletir na diminuição das internações hospitalares por um grupo de causas específicas de doenças, uma vez que as hospitalizações são um indicador indireto da efetividade do sistema de saúde.

Figura 8 - Distribuição do número de casos de pneumonia em crianças menores de 9 anos no período de 1998 a 2017, Campina Grande (PB).

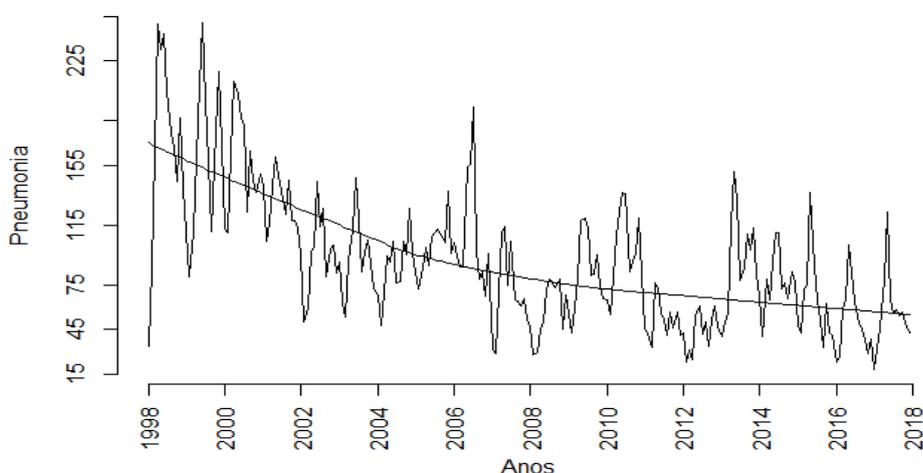


Figura 9 - Distribuição do número de casos de bronquite/bronquiolite em crianças menores de 9 anos no período de 1998 a 2017, Campina Grande (PB).

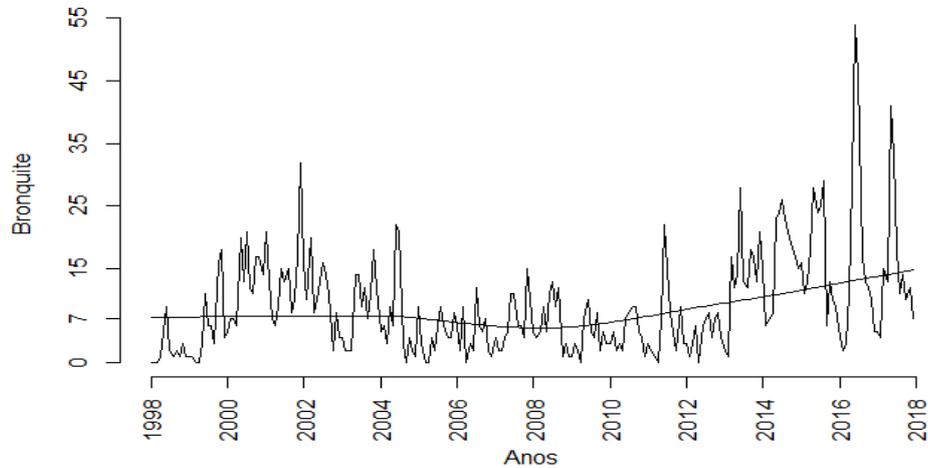
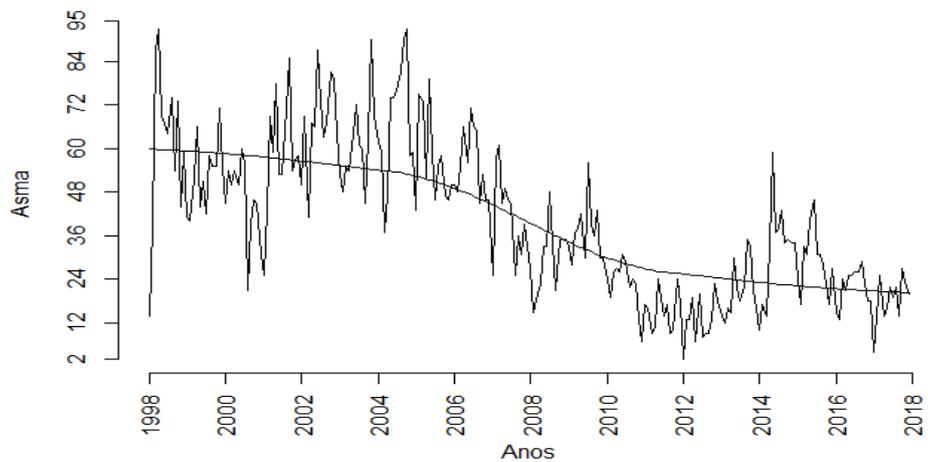


Figura 10 - Distribuição do número de casos de asma em crianças menores de 9 anos no período de 1998 a 2017, Campina Grande (PB).



Nesta pesquisa foi avaliada a tendência temporal da série mensal de prevalência de pneumonia, bronquite/bronqueolite e asma em crianças menores de nove anos de idade para o município de Campina Grande. A avaliação foi feita através do teste não paramétrico de Mann-Kendall (MK), ao nível de significância de 5% (p -valor $<0,05$) (Tabela 9). Pode-se observar as tendências decrescentes de casos de pneumonia e asma e crescente da bronquite/bronquiolite, todos apresentando significância estatística, evidenciado pelo p -valor inferior a 0,05 para as tendências das séries temporais das três enfermidades estudadas. Na sequência, foi utilizado o

teste de estacionariedade (raiz unitária) de Dick-Fuller para as três morbidades em estudo, podendo-se admitir que a ocorrência de pneumonia e bronquite/bronquiolite é estacionária. Já a série temporal da asma é não estacionária (Tabela 9).

Tabela 9 - Análise descritiva do teste de Mann-Kendall (tendência) e Dick –Fuller (não estacionariedade).

Morbidade	Análise de tendência		Análise de não estacionariedade	
	τ	p-valor	DF	p-valor
Pneumonia	-0,469	<2.22e ⁻¹⁶	-4.7241	0,01
Bronquite	0,175	7,9632e ⁻⁰⁵	-4.2474	0,01
Asma	-0,51	<2.22 e ⁻¹⁶	-29079	0,194

Dando sequência às análises, tomando-se por base os resultados observados anteriormente (Tabela 9), observa-se a seguir o ajuste de modelos autoregressivos integrados por médias móveis com sazonalidade para os casos de pneumonia, bronquite/bronquiolite e asma em Campina Grande (PB) (Tabela 10). Para a variável pneumonia nota-se que o potencial do modelo SARIMA identificado são o AR (3), D (1) e MA (3), ou seja, com parâmetros $p=3$, $d=1$ e $q=3$. Em que p representa o número de termos autoregressivos, d o número de diferenciações necessárias para a estacionariedade das séries, e q é o número de termos da média móvel. Sendo assim, o modelo que melhor representa a série de pneumonia é um SARIMA (3,1,3) equivalente a um modelo ARIMA (3,1,3) com sazonalidade (1,0,0).

Em relação a variável bronquite/bronquiolite, observa-se que o potencial do modelo SARIMA identificado são o AR(4), D(1) e MA(4), ou seja, com parâmetros $p=4$, $d=1$ e $q=4$. Nota-se que o melhor modelo que representa a série para a variável bronquite/bronquiolite é um SARIMA (4, 1,4) equivalente a um modelo ARIMA (4,1,4) com sazonalidade 0,0,2, respectivamente. E para a variável asma, constata-se que o potencial modelo SARIMA identificado são o AR (1), D (1) e MA (2), ou seja, com parâmetros $p=1$, $d=1$ e $q=2$. Diante disso, o modelo que melhor representa a série para a variável asma é um SARIMA (1,1,2) equivalente a um modelo ARIMA (1,1,2) com sazonalidade (0,0,2).

Tais modelos foram selecionados, para cada morbidade por apresentarem entre os modelos concorrentes o menor valor do parâmetro AIC (*Akaike Information*

Criterion) (Tabela 10). Este estimador é definido com base no máximo da função de verossimilhança definida como a função de densidade de probabilidade conjunta dos dados observados, em função dos parâmetros dos modelos SARIMA.

Desta forma, estimadores de máxima verossimilhança são definidos como aqueles valores dos parâmetros, com relação aos dados observados, que são os mais prováveis, maximizando a função de verossimilhança. Em termos práticos para exemplificar, entre vários modelos SARIMA testados, deve-se escolher aquele com menor valor de AIC.

Tabela 10 - Resultados do modelo SARIMA com sazonalidade para os casos de pneumonia, bronquite/bronquiolite e asma no município de Campina Grande (PB).

Continuação: Tabela 11 - Resultados do modelo SARIMA com sazonalidade

Modelos	p	d	q	σ^2	AIC
M1 SARIMA (3,1,3) (1,0,0)	3	1	3	557,8	2201,43
M2 SARIMA (4,1,4) (0,0,2)	4	1	4	32,39	1527,69
M3 SARIMA (1,1,2) (0,0,2)	1	1	2	126,2	1840,57

Cada modelo SARIMA foi analisado segundo os critérios necessários para sua validação, de acordo com a análise de resíduos, suas funções de autocorrelação e o teste de Ljung–Box. A análise de resíduos visa garantir que a transformação dos dados em estacionários não apresentam nenhuma tendência no processo, seja ascendente ou descendente. O comportamento senoidal na função de autocorrelação parcial e picos até a defasagem 3 sugere um modelo de média móvel de ordem 3, como escolhido. Por fim usou-se a estatística de Ljung-Box para testar a aleatoriedade e independência dos resíduos. Nota-se deste gráfico que para k-lags, os p-values situam-se acima da linha do ruído branco, um pressuposto para assegurar a hipótese nula que afirma que as autocorrelações até k-lags são iguais a zero (ou seja, os valores dos dados são aleatórios e independentes até um certo número de lags).

As Figuras 11, 12 e 13 mostram estas análises para afirmar os modelos ajustados para pneumonia, bronquite/bronquillite e asma.

Cada modelo foi utilizado para verificar o potencial de uso de previsão, para tanto, eles foram processados para os cinco últimos anos de cada série da doença, simulando a observação entre 2013 e 2017. Os resultados foram muito satisfatórios, As correlações encontradas foram de 0,72 para pneumonia, 0,63 para bronquite/bronquillite e 0,57 para asma. Por tratar-se de modelos de natureza autorregressiva, observa-se que alguns picos observados não são previstos simultaneamente, mas com uma defasagem geralmente de 1 mês à frente (Figuras 14, 15 e 16).

Figura 11 - Análise de resíduos, função de autocorrelação (FAC) e análise da estatística Ljung-Boxg do modelo SARIMA (3,1,3)(1,0,0) ajustado aos casos de pneumonia em crianças menores de 9 anos de Campina Grande (PB), entre 1998 a 2017.

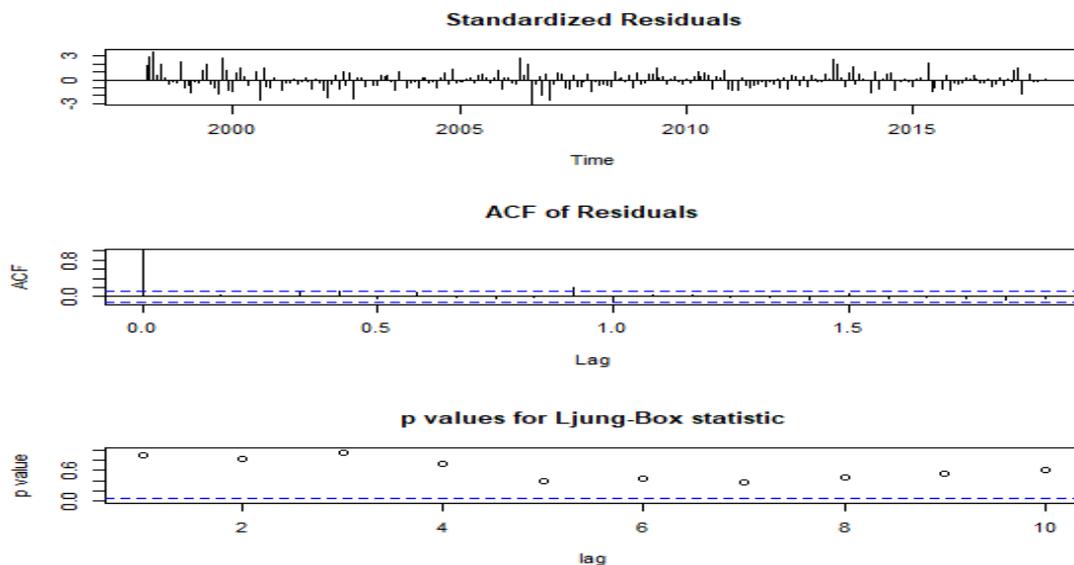


Figura 12 - Análise de resíduos, função de autocorrelação (FAC) e análise da estatística Ljung-Boxg do modelo SARIMA (4,1,4)(0,0,2) ajustado aos casos de

bronquite/bronquillite em crianças menores de 9 anos de Campina Grande (PB), entre 1998 a 2017.

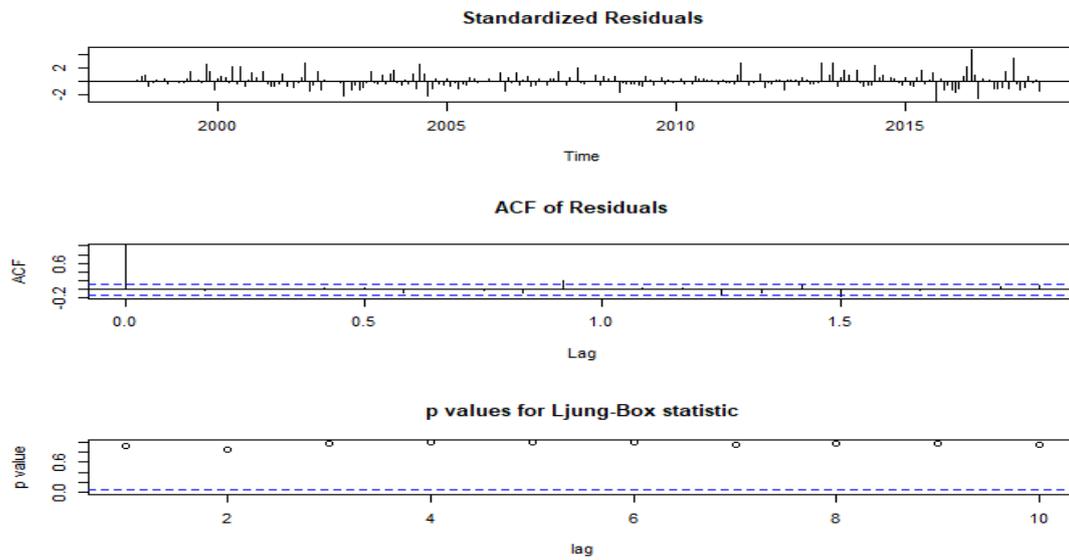


Figura 13 - Análise de resíduos, função de autocorrelação (FAC) e análise da estatística Ljung-Boxg do modelo SARIMA (1,1,2)(0,0,2) ajustado aos casos de asma em crianças menores de 9 anos de Campina Grande (PB), entre 1998 a 2017.

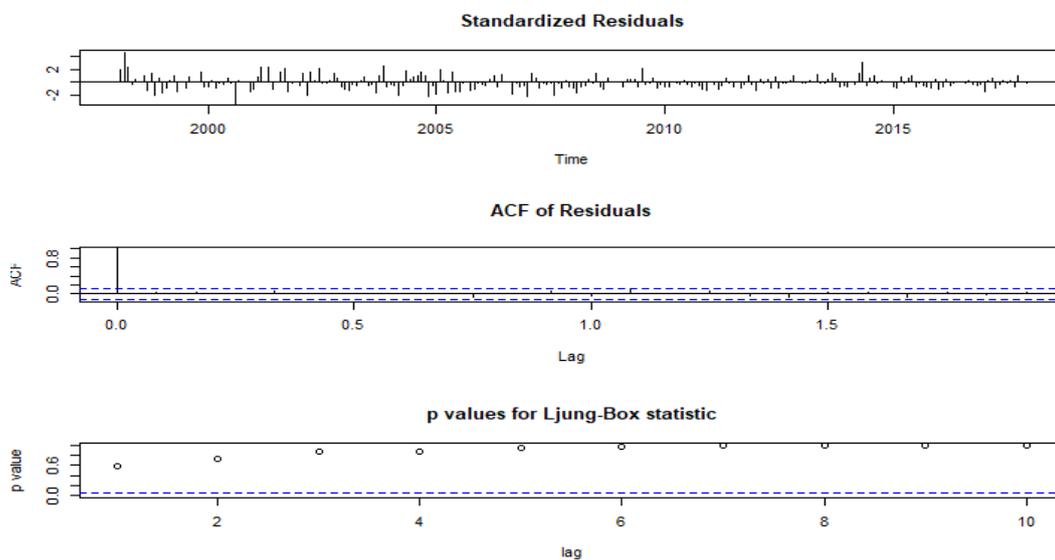


Figura 14 - Previsões versus observações de casos de pneumonia em Campina Grande entre 2013 e 2017.

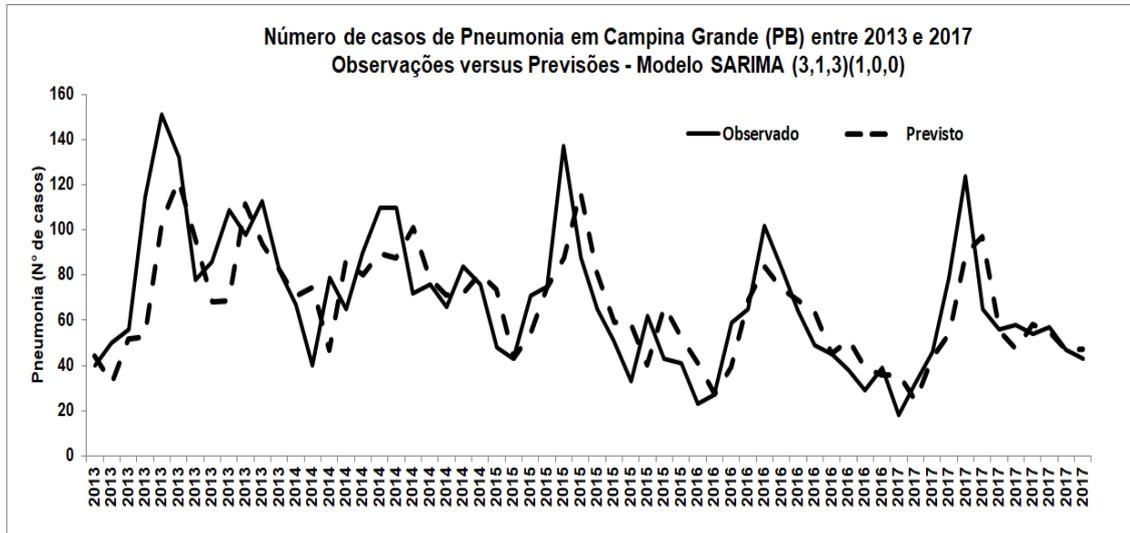


Figura 15 - Previsões versus observações de casos de bronquite/bronqueolite em Campina Grande entre 2013 e 2017.

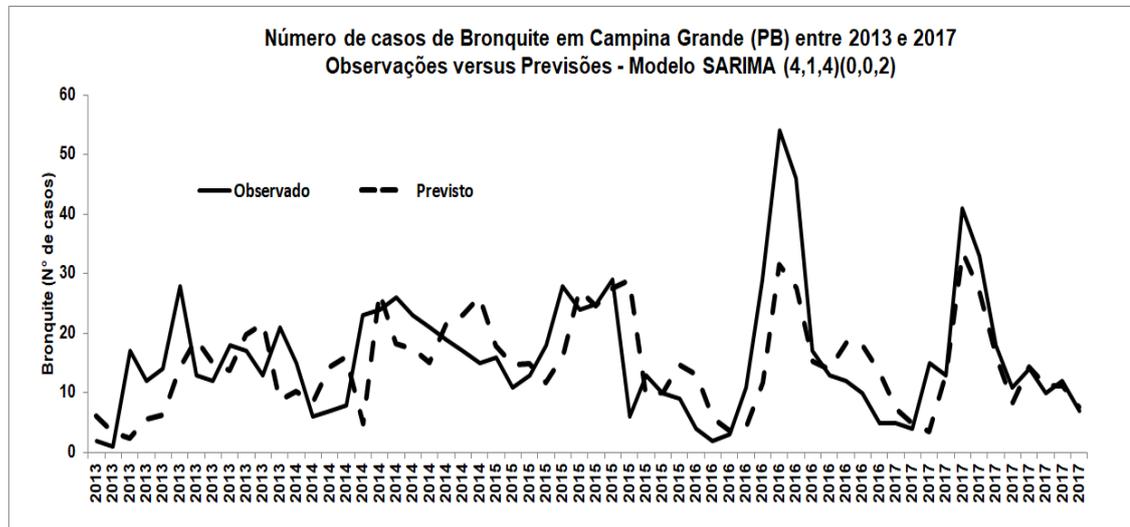
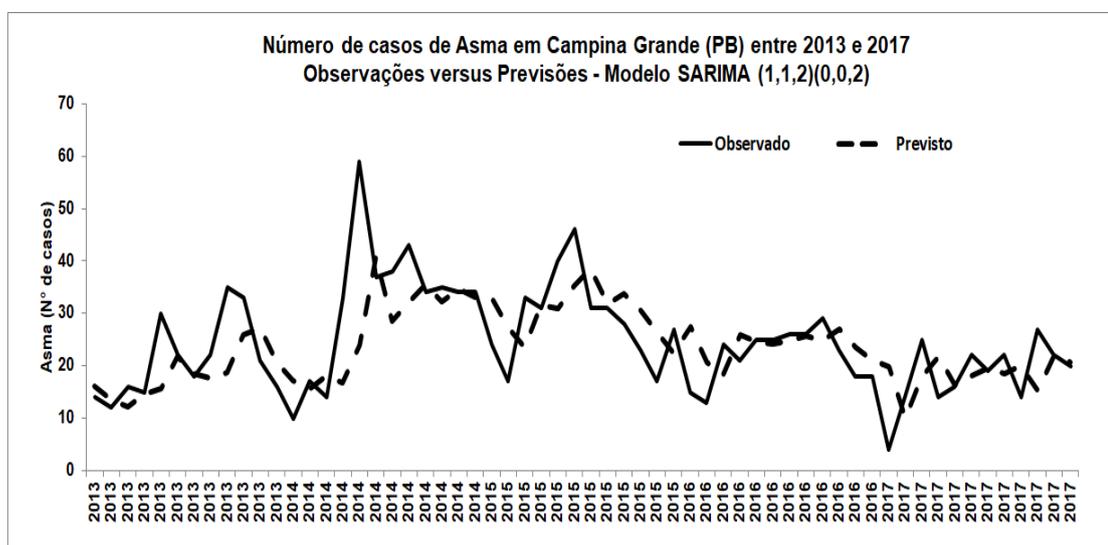


Figura 16 - Previsões versus observações de casos de asma em Campina Grande entre 2013 e 2017.



Após ajuste do modelo SARIMA aos dados das respectivas morbidades em estudo, foi efetivado o modelo de previsão de ocorrência de novos casos de internações hospitalares por pneumonia, bronquite/bronquiolite e asma para os anos de 2018 a 2020.

Nesse sentido, avaliar o risco para a saúde da população em razão dos dados climáticos é um passo importante para o planejamento e a implementação de ações de saúde (SOUZA et al.,2014).

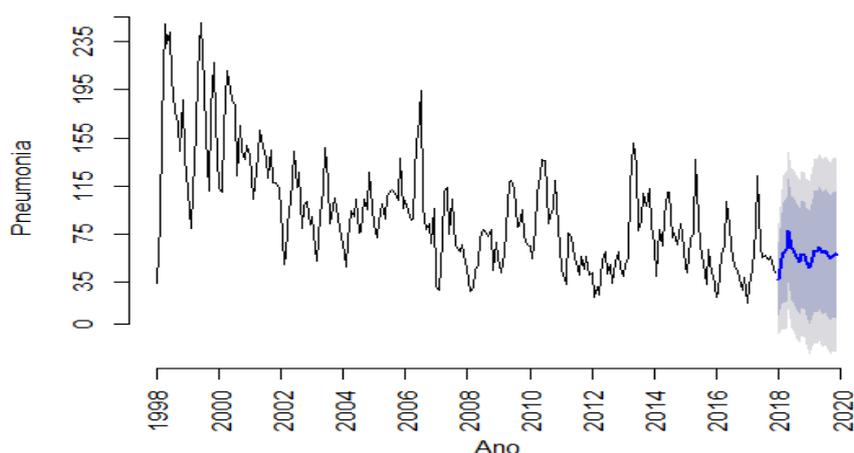
Torna-se relevante o estudo e o conhecimento do perfil de morbidade em diferentes grupos populacionais em vários ciclos da vida (crianças, adolescentes, gestantes e idosos), com o objetivo de organizar os serviços de saúde e os demais setores para alcançar as necessidades ou expectativas da população (SANTOS, 2015).

Observa-se que os casos de pneumonia apresentaram redução no comportamento dos casos ao longo dos anos em estudo. Diante disso, é importante destacar que, após a efetivação modelo de previsão para os anos de 2018 a 2020, como mostra a Figura 17, ressalva-se haver uma tendência para diminuição dos casos de internações por pneumonia em crianças menores de 9 anos em Campina Grande (PB), corroborando com o que vem acontecendo nos últimos 20 anos.

Conforme evidenciado no estudo de Cardoso e Oliveira (2011) em Salvador (BA), entre os anos de 1998 e 2007, observou-se uma tendência temporal de redução nas taxas de internação hospitalar por pneumonia. Na faixa etária de menores de 15 anos houve variação de 78,2% a 84,9% para pneumonia, sofrendo decréscimo acentuado com o aumento da faixa etária, apesar da pneumonia ser a principal causa de internação. Os números consistiram em 5.707 em 1998 para 4.162 internações em 2006.

Tal fato pode estar associado a implantação da vacina pneumocócica conjugada 10 valente no ano de 2010. Até o ano de 2010, só eram disponíveis vacinas anti-pneumocócicas para idosos, acima dos sessenta anos – a de polissacarídeo, contra a 23 tipos de pneumococo. O calendário básico de imunização infantil do Brasil, passou a ter a disponibilidade da vacina a pneumocócica conjugada 10 valentes, e essa vacina é disponibilizada nos postos de saúde, gratuitamente para crianças de 2 meses de até dois anos de idade. Outra proteção oferecida no calendário de imunização e que auxilia na prevenção à pneumonia é a vacina contra a gripe, oferecida por meio de campanhas anuais de imunização em massa (BRASIL, 2014).

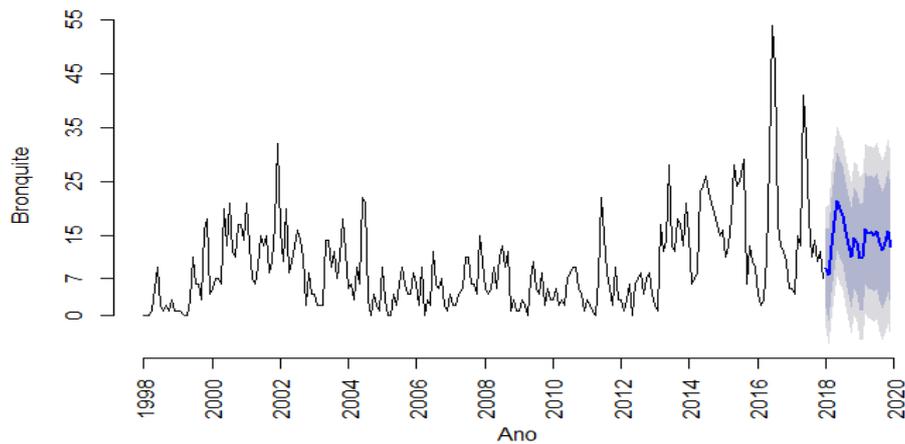
Figura 17 - Variação temporal e previsão dos casos de pneumonia para o período de 1998 a 2017 em Campina Grande (PB).



Também foi efetivado o modelo de previsão para bronquite/bronquiolite observa-se que o comportamento dos casos apresentou variação na ocorrência de internações ao longo dos anos em estudo, verificando um aumento acentuado nos anos de 2016 e 2017. Diante disso, é importante destacar que, no modelo de previsão para os anos de 2018 a 2020, como mostra a Figura 18, demonstra haver variabilidade

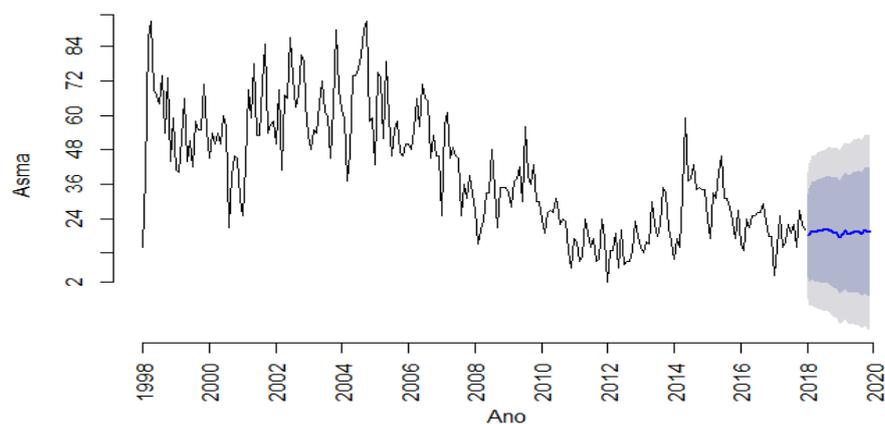
nas taxas de internações hospitalares, com leve tendência positiva. Tal situação pode ser explicada por não haver vacina específica contra o principal agente causal da bronquiolite e um dos causadores da bronquite que é o vírus sincicial respiratório.

Figura 18 - Variação temporal e previsão dos casos de bronquite/bronquiolite para o período de 1998 a 2017 em Campina Grande (PB).



Em seguida foi realizado o modelo de previsão para os casos de asma e pode-se ressaltar que o comportamento dos casos apresentou uma tendência de redução nas taxas de internação hospitalar ao longo dos anos. Desse modo, o modelo de previsão para os anos de 2018 a 2020, como mostra a Figura 19, lineariza o número previsto de internações pela média recente dos dados, sem variabilidade na taxa de ocorrência de internações por asma em crianças menores de 9 anos em Campina Grande (PB).

Figura 19 - Variação temporal e previsão dos casos de asma para o período de 1998 a 2017 em Campina Grande (PB).



4.2 Comportamento das variáveis climáticas nos municípios de Campina Grande (PB)

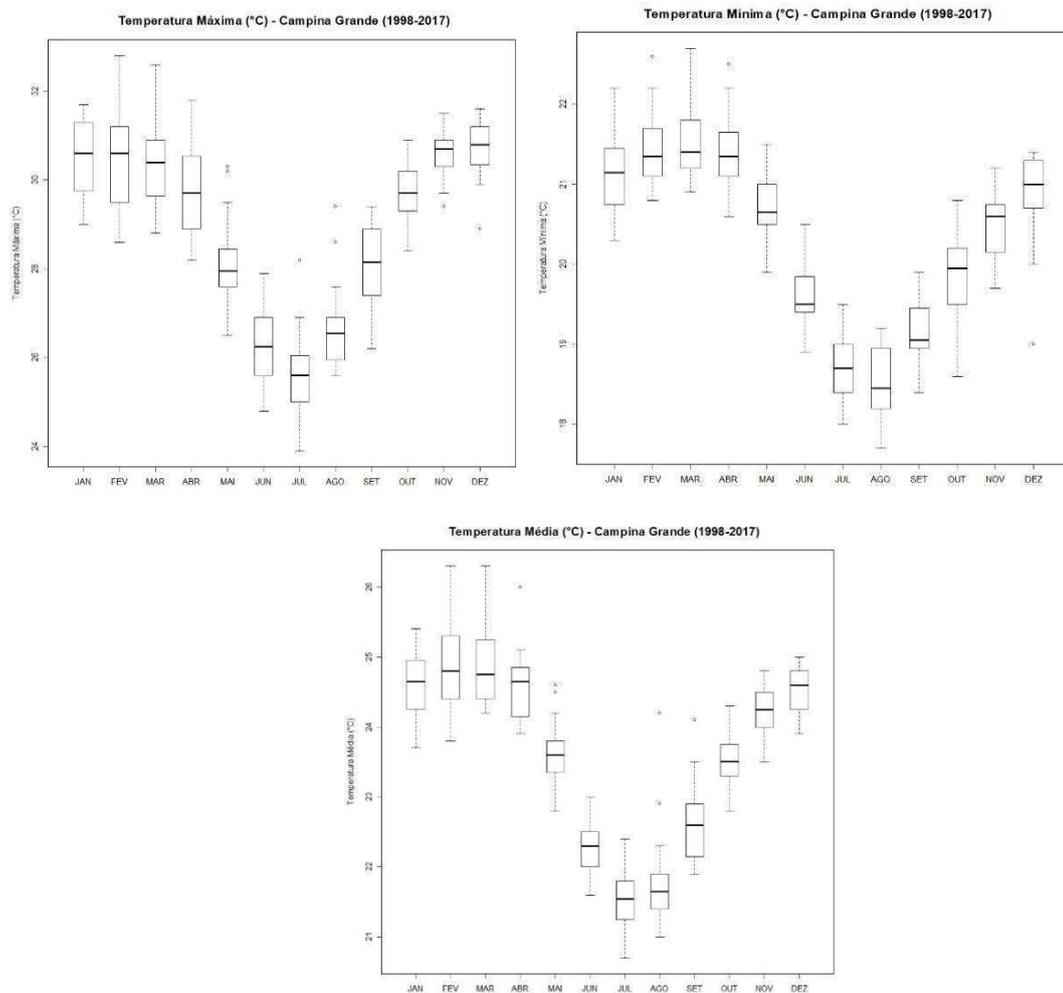
Neste tópico é realizada uma descrição básica do comportamento médio de cada variável meteorológica que foi utilizada nos ajustes dos modelos binomiais negativos. Logo, como poderá ser visto mais adiante na análise destes modelos, as variáveis evaporação, insolação e precipitação não foram significativas para compor nenhum modelo de previsão para pneumonia, bronquite/bronquiolite e asma, portanto não serão descritas a seguir.

4.2.1 Temperatura do ar - Campina Grande

As temperaturas máximas, mínimas e médias apresentam forte sazonalidade, com valores em declínio no inverno e em elevação durante o verão. Esta variabilidade é mostrada com detalhes nos gráficos box e whisker da Figura 20. A temperatura média oscilou de 21,6°C no mês de julho a 24,9°C no mês de março entre 1998 a 2017. O ano de 2004 apresentou a menor temperatura média (23,1°C) e 1998 a maior temperatura média (24,3°C). Em relação a temperatura máxima houve uma oscilação de (25,6°C) no mês de julho a 30,7°C no mês de dezembro, com o maior registro observado ano de 1998 (30,0°C). A temperatura mínima oscilou de 18,5°C no mês de agosto a 21,5°C em março, com o ano de 2004 apresentando o menor registro (19,7°C).

No caso do modelo binomial negativo construído para a previsão de casos de asma, pneumonia e bronquite/bronquiolite, as temperaturas compuseram todos os modelos.

Figura 20 - Plotagens box e whisker da distribuição mensal dos dados de temperaturas máximas, mínimas e médias em Campina Grande entre 1998 e 2017.



Fonte: INMET.

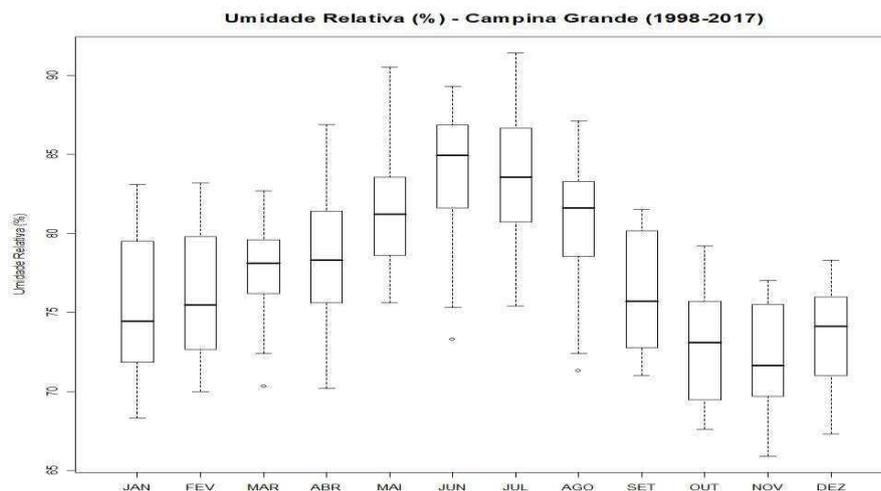
4.2.2 Umidade relativa do ar – Campina Grande

A variabilidade da umidade relativa em Campina Grande, indicada na Figura 21, mostra que em média, esta variável tem valores normalmente acima dos 70% em todo o ano, com os máximos observados de maio a agosto, coincidente com o período mais chuvoso da cidade e de temperaturas mais baixas. É também nesses meses que se observa para todas as doenças o aumento no número de casos, o que ressalta a importância desta variável para compreender a influência climática nas enfermidades pesquisadas.

Quantitativamente, a média da umidade relativa do ar variou de 71,9% em novembro a 83,8% em junho. O ano de 1999 apresentou a menor média anual (71,5%) e o ano de 2011 (82,9%) a maior média (Figura 21). Esta variável foi importante para

compor o modelo binomial negativo para previsão de casos de asma. O aumento da umidade relativa do ar pode contribuir com a proliferação de ácaros sendo estes importantes alérgenos. Já a diminuição nos valores de umidade relativa do ar pode estar associada ao ressecamento das mucosas das vias respiratórias e isso pode predispor infecções respiratórias por vírus e bactérias presentes no ar que são fatores desencadeantes de crises asmáticas. A Organização Mundial de Saúde (OMS) considera situação de alerta quando a umidade relativa apresenta valores menores que 30%. As vias aéreas respiratórias e os olhos também podem incomodar em períodos de baixa umidade relativa. Eventualmente, é possível aliviar os sintomas usando soro fisiológico para gotejamento no nariz e nos olhos (BRASIL, 2015).

Figura 21 - Plotagens box e whisker da distribuição mensal da Umidade Relativa em Campina Grande entre 1998 e 2017.

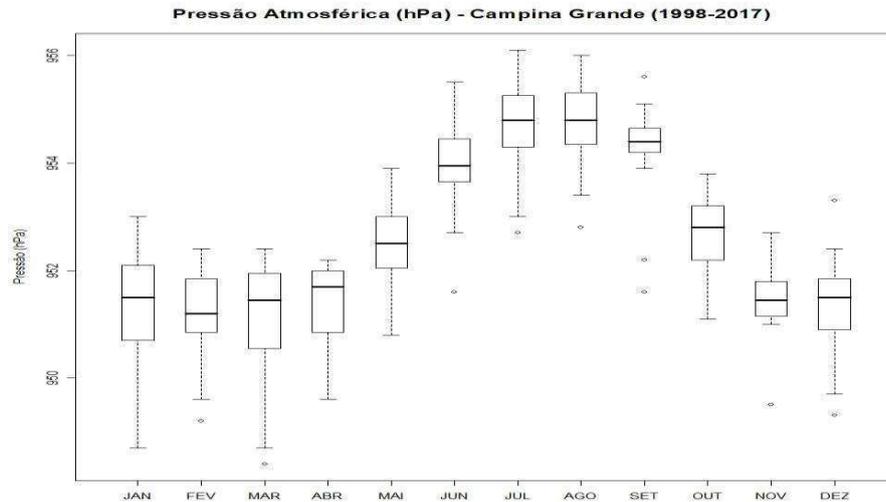


Fonte: INMET.

4.2.3 Pressão – Campina Grande

A pressão atmosférica ao nível da estação segue, naturalmente, comportamento similar ao da umidade relativa, com os maiores valores observados no inverno, de junho a setembro, e os menores no verão, entre dezembro e março, quando também apresenta maior variabilidade. Esta variável foi importante para compor o modelo binomial negativo para a bronquite/bronquiolite. Possivelmente o período de maiores valores da pressão pode estar associado ao processo de estreitamento do lúmen dos brônquios/bronquíolos.

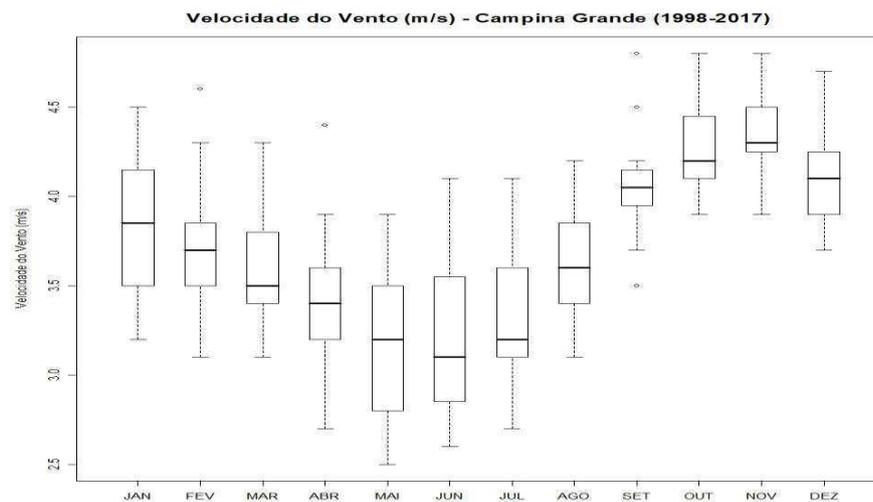
Figura 22 - Plotagens box e whisker da distribuição mensal da Pressão Atmosférica em Campina Grande entre 1998 e 2017.



4.2.4 Vento – Campina Grande

A velocidade média do vento é inferior no inverno e superior nos meses do verão. Em todos os casos, a velocidade é, em média, superior aos 3m/s, podendo ultrapassar os 4,5m/s nos meses mais quentes do ano. Esta variável foi importante para compor o modelo binomial negativo da pneumonia. Possivelmente, os menores valores observados no inverno, associados aos picos de observações de casos registrados das enfermidades, pode estar associado à menor dispersão de agente poluentes e causadores de alergias que podem evoluir para as morbidades em estudo.

Figura 23 - Plotagens box e whisker da distribuição mensal da Velocidade do vento em Campina Grande entre 1998 e 2017.



Fonte: INMET.

4.3 Relação entre a ocorrência de internações hospitalares e as variáveis meteorológicas no município de Campina Grande

4.3.1 Casos de pneumonia em Campina Grande

Inicialmente foi cogitado a utilização do modelo de regressão de Poisson para as internações hospitalares ocorridas em crianças menores de 9 anos no município de Campina Grande, devido à natureza de contagem dos dados da pesquisa.

Em que $Pneumonia_i$ denota o número de internações hospitalares por pneumonia, tal que $Pneumonia_i \sim P(\mu_i)$:

$$\log \mu_i = \beta_0 + \beta_1 temp_{medi} + \beta_2 temp_{máxi} + \beta_3 temp_{mini} + \beta_4 precip_i + \beta_5 umidi + \beta_6 pressao_i + \beta_7 insola_i + \beta_8 vento_i + \beta_9 evaporaçãoi$$

Para $i = 1, 2, \dots, 240$. Entretanto, o ajuste do modelo forneceu $D(y; \mu) = 3.504,40$ para 231 graus de liberdade, indicando fortes indícios de sobredispersão e há evidência significativa de que o ajuste não seja adequado, o que é confirmado pelo gráfico normal de probabilidade da Figura 24.

Tem-se, então, um modelo binomial negativo com ênfase na relação entre o número de hospitalizações de ocorrência de pneumonia e as variáveis climáticas em estudo.

Em que $Pneumonia_i \sim BN(\mu_i, \phi)$.

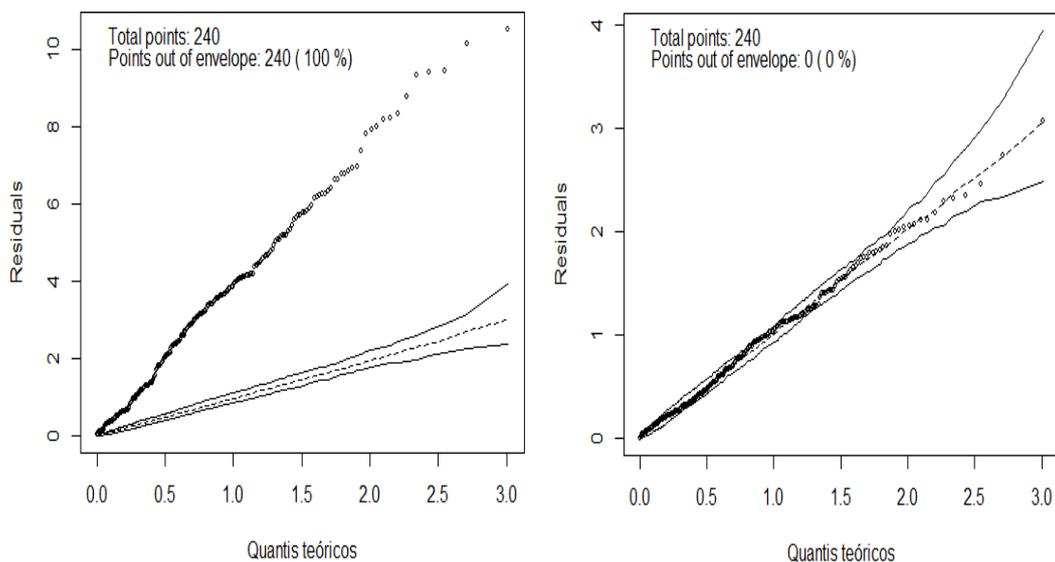
$$BN \mu_i = \beta_0 + \beta_1 temp_{medi} + \beta_2 temp_{máxi} + \beta_3 temp_{mini} + \beta_4 precip_i + \beta_5 umidi + \beta_6 pressao_i + \beta_7 insola_i + \beta_8 vento_i + \beta_9 evaporaçãoi$$

O gráfico normal de probabilidades bem como o desvio $D(y; \mu) = 246,48$ fornecem indícios de ajustes adequados, com estimativa do parâmetro de dispersão (ϕ) igual a 6,14, ratificando assim, um bom ajuste do modelo aos dados em questão, Figura 24.

Além disso, a distribuição de Poisson assume que eventos ocorrem de maneira independente ao longo do tempo, isto é, que a probabilidade da criança ser consultada

e diagnosticada com uma doença respiratória, como por exemplo a pneumonia em estudo pela j -ésima vez é independente do $(j+1)$ -ésimo e $(j-1)$ -ésimo diagnóstico. No âmbito da saúde, essa hipótese não apresenta muito sentido, pois uma vez que a criança foi diagnosticada e internada, é bastante provável que não seja realizado um retorno a fim de ser avaliada a eficácia do tratamento.

Figura 24 - Gráficos normais de probabilidades referentes aos modelos log-linear de Poisson (a) e log-linear binomial negativo (b) ajustados aos dados relacionados as internações hospitalares por pneumonia em crianças menores de 9 anos, no período de 1998 a 2017.



Os resultados apresentados na Tabela 12 indicam que as variáveis meteorológicas temperatura média, máxima, umidade relativa do ar e vento foram significativas ao nível de 5% de probabilidade, no que se refere à explicação da taxa de aumento/decrésimo nos casos de internações hospitalares por pneumonia no período de 1998 a 2017 em Campina Grande (PB).

Tabela 12 - Estimativas dos parâmetros do modelo e seus respectivos erros estandardizados, valor z e o correspondente p-valor para ocorrência de internações hospitalares por pneumonia no período de 1998 a 2017 em Campina Grande (PB)

Coeficientes	Estimativa	Erro		
		estandardizado	Valor z	p-valor
Intecepto (β_0)	7,84106	1,57663	4,973	$6,58e^{-07}$ ***
Tmed (β_1)	0,39239	0,05909	6,641	$3,12e^{-11}$ ***

Tmax (β_2)	-0,39040	0,04324	-9,029	<2, e ^{-16***}
UR (β_5)	-0,03167	0,01095	-2,893	0,00382 **
Vento (β_8)	0,30796	0,10305	2,988	0,00280**

Signif, códigos: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Na Tabela 12 o coeficiente $\beta_1=0,39239$ indica aumento dos casos de hospitalizações em crianças por pneumonia em função da temperatura média, ou seja, existe uma relação positiva entre as variáveis em estudo, Figura 25. Em relação ao coeficiente $\beta_2= -0,3904$, temperatura máxima, observa-se uma relação inversa entre as variáveis em estudo, isso indica que há uma redução dos casos de pneumonia à medida que a variável temperatura máxima aumenta. Logo, espera-se que para os meses com maiores registros de temperatura média, haja maiores registros de ocorrência de pneumonia, Figura 26. Sendo assim, $\exp(0,39239) = 1,4805$, estima-se que o número médio de casos de pneumonia aumente aproximadamente 48 % a cada grau centígrado de aumento da temperatura média do ar e para temperatura máxima $\exp(-0,3904) = 0,6768$, estima-se que o número médio de casos de pneumonia diminua aproximadamente 32% a cada grau centígrado de aumento da temperatura máxima do ar.

O coeficiente relacionado com umidade relativa do ar $\beta_5=-0,03167$, foi negativo, indicando a diminuição dos casos de pneumonia em função do aumento da umidade relativa, ou seja, existe uma relação inversa entre as variáveis em análise. Assim espera-se que, para os meses com maiores registros de umidade relativa do ar, sejam observados menores índices de internações por pneumonia. Isto é, tomando $\exp(-0,03167) = 0,9688$, estima-se que o número médio de casos de pneumonia diminua em torno de 3% a cada 1% de aumento acima da média da umidade relativa, Figura 27.

O coeficiente relacionado com o vento $\beta_8=0,30796$, indica que há um aumento no registro de hospitalizações por pneumonia à medida que ocorra um aumento na velocidade do vento, Figura 28. Portanto $\exp(0,30796) = 1,3606$, estima-se que o número de casos de pneumonia aumente em torno de 36% a cada aumento na velocidade do vento.

Os resultados analisados, nesse estudo para o município de Campina Grande em relação as internações por pneumonia mostraram, portanto, a influência das

variáveis, temperatura média e máxima do ar, umidade relativa do ar e vento. Os valores negativos indicam uma relação inversa entre as variáveis, ou seja, enquanto o número de internações por pneumonia cresce, por exemplo, as variáveis em estudo tendem a diminuir.

Figura 25 - Comportamento dos casos de pneumonia em crianças menores de 9 anos em relação a temperatura média do ar em Campina Grande (PB), 1998 a 2017.

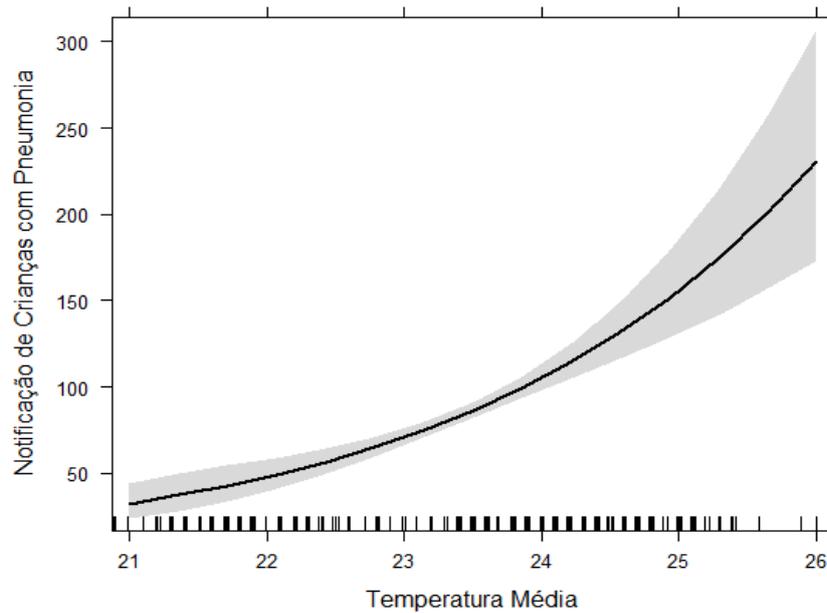


Figura 26 - Comportamento dos casos de pneumonia em crianças menores de 9 anos em relação a temperatura máxima do ar em Campina Grande (PB), 1998 a 2017.

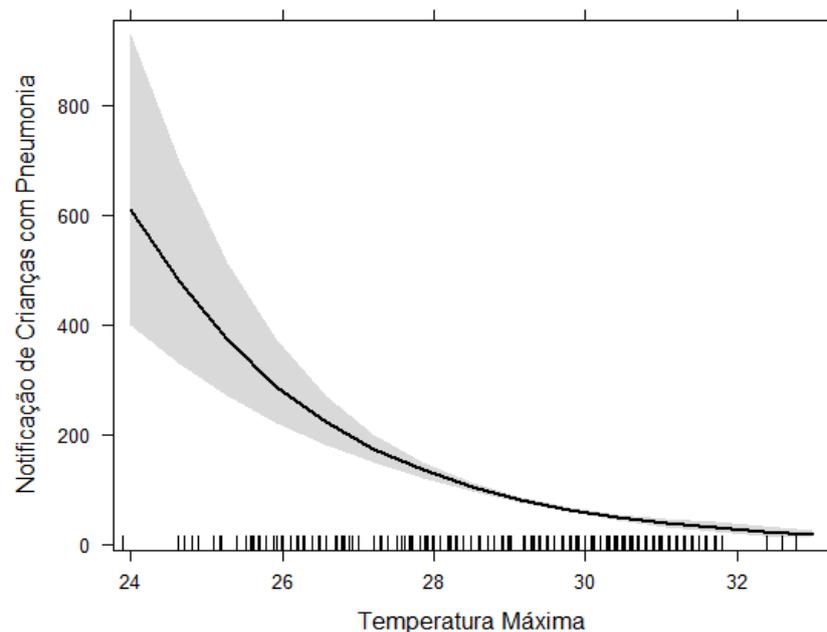


Figura 27 - Comportamento dos casos de pneumonia em crianças menores de 9 anos em relação a umidade relativa do ar em Campina Grande (PB), 1998 A 2017.

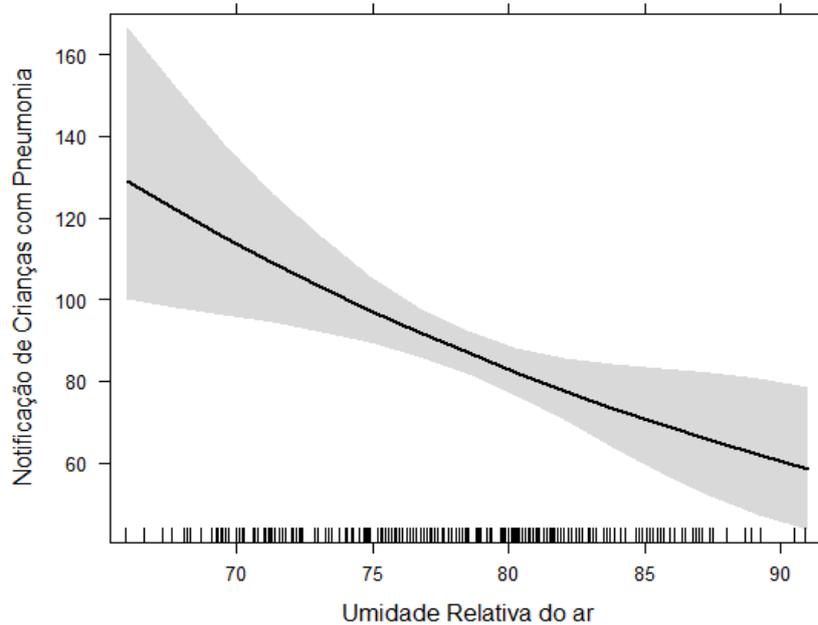
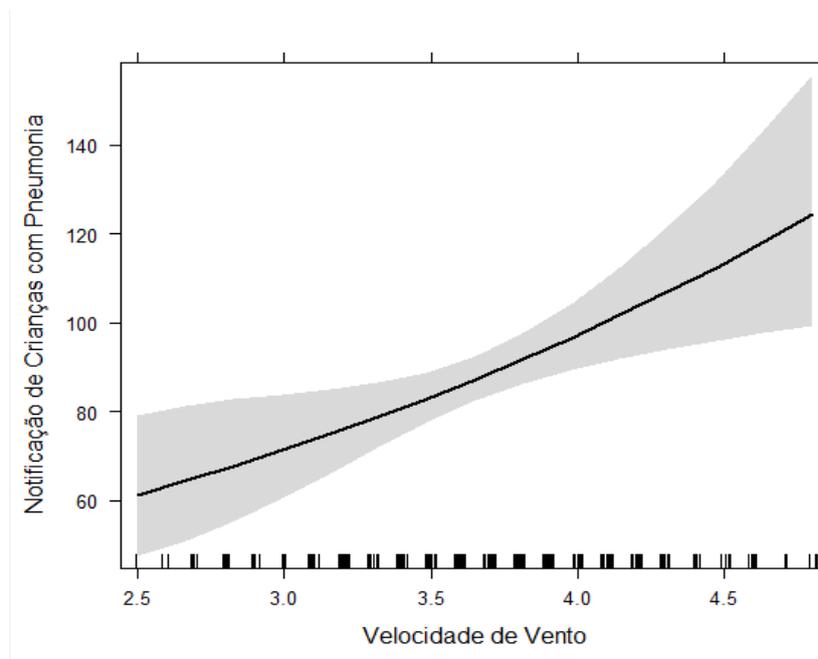


Figura 28 - Comportamento dos casos de pneumonia em crianças menores de 9 anos em relação ao vento em Campina Grande (PB), 1998 A 2017.



Analisando-se as taxas de internações por pneumonia para o município de Campina Grande, tanto mensal quanto sazonalmente, há um comportamento que se repete nos anos avaliados, onde as menores taxas de internações são percebidas nos

meses de verão, após o qual se elevam durante o outono, e inverno, decaindo novamente durante a primavera.

Alguns fatores podem contribuir para que o frio aumente a incidência de infecções no trato respiratório, dentre eles, o favorecimento da transmissibilidade de vários vírus durante o registro de baixas temperaturas, diminuição da imunidade do organismo, favorecendo a ocorrência de infecções respiratórias, aumento na probabilidade de aglomeração de pessoas permitindo a transmissibilidade dos vírus (FALANGAS *et al.*, 2008).

Segundo Hetzel, Silva e Silva (2008), as infecções respiratórias virais podem ocorrer em qualquer época do ano, entretanto apresentam maior incidência no inverno do que no verão. Essas acometem pessoas de qualquer idade, entretanto são mais incidentes entre crianças do que em adultos. A vulnerabilidade de crianças em relação a outros grupos etários pode ser explicada pela imaturidade do sistema imunológico associada ao menor calibre das vias aéreas que dificulta a remoção de partículas estranhas nas vias respiratórias, favorecendo a evolução do quadro para formas graves de pneumonia, com disfunção respiratória significativa e consequente necessidade de hospitalização (MACEDO *et al.*, 2007; O' BRODOVICH; HADDAD, 1998).

Para Omonijo *et al.* (2011), a temperatura máxima do ar está estatisticamente associada a pneumonia, sinusite e a asma. Contrapondo-se a tal achado, na atual pesquisa as internações por pneumonia influenciadas pela temperatura máxima apresentam uma relação inversa com a mesma, ou seja, nos meses de maiores registros de temperatura máxima, ocorre um menor número de registro de casos de pneumonia. Contrapondo-se a tal achado a pesquisa atual demonstrou uma relação inversa entre os casos de pneumonia e temperatura máxima e semelhantemente observou-se relação inversa com umidade relativa e positiva com o vento.

Braga, Zanobetti e Schwartz (2007) analisaram o efeito do clima e a mortalidade por doenças respiratórias, em doze cidades dos Estados Unidos. Esses autores perceberam que temperaturas baixas favorecem ao aumento principalmente dos casos de pneumonia. Para Eccles e Wilkinson (2015) o tempo frio favorece o imunocomprometimento do trato respiratório. Em crianças, por exemplo, a vasoconstrição periférica diminui o movimento ciliar restringindo, assim, a eliminação de patógenos no epitélio. Como as crianças, têm menos capacidade de se adaptar às

condições climáticas que mudam repentinamente pode haver um aumento no risco de adoecimento por doenças respiratórias (TIAN et al., 2017; XU et al., 2012).

Rosa et al (2008) realizaram estudo em Tangará da Serra (MT), no período de 2000 a 2005 e analisaram as internações hospitalares por doenças respiratórias em menores de 15 anos de idade. Foi verificado que no período da seca (maio a outubro) ocorreram mais internações que na estação chuvosa (novembro a abril), tendo a pneumonia como 90,7% dos casos. No caso dos menores de cinco anos, as internações por pneumonia se deram quatro vezes a mais do que o esperado.

Em Ribeirão Preto (SP), no período de 1978 a 2008, foi analisada a influência das condições climáticas em internações por pneumonia. Para isso, foram coletados dados de temperatura máxima, mínima, precipitação pluvial e umidade relativa do ar. Através dessa análise foi observado associação estatística significativa entre as variáveis em estudo. As condições diárias de temperatura mínima com valores inferiores a 15°C, temperatura média com valores inferiores a 21,5°C e amplitude térmica superior a 14,8°C associaram-se ao aumento do risco de hospitalizações por pneumonia com significância estatística, A umidade relativa do ar não demonstrou significância estatística (ALEIXO; SANT'ANNA NETO 2014).

Em Brisbane na Austrália, no período de 2001 a 2010 foi realizado estudo entre a diferença de temperatura máxima e mínima e a diferença média de temperatura de um dia para o outro (a mudança de temperatura) com o número de registro de casos de pneumonia em crianças que evidenciou uma tendência sazonal na pneumonia infantil. Nenhuma associação significativa entre diferença de temperatura máxima e mínima foi observada, entretanto uma queda de temperatura para o dia seguinte foi associada com o aumento de casos de pneumonia, esse efeito durou 3 semanas. O estudo também constatou que havia uma sazonalidade na ocorrência de pneumonia em crianças e o impacto maior no aumento dos registros ocorreu no inverno (junho, julho e agosto) (XU; HU; TONG ,2014).

O estudo de Andrade et al. (2015) avaliaram que havia maior número de atendimentos às crianças menores de cinco anos por doenças respiratórias (pneumonia, doenças obstrutivas, Infecções respiratórias agudas e infecções das vias aéreas superiores) em Goiânia (GO), no período de 2008 a 2010. Verificou-se que o número de crianças com sintomas respiratórios (no trato respiratório inferior, incluindo a pneumonia) foi maior quando havia um aumento da umidade relativa do ar e aumento da precipitação pluviométrica demonstrando uma correlação positiva entre

as variáveis em estudo. Diferentemente na atual pesquisa observou-se relação inversa com a umidade relativa. A precipitação pluviométrica não demonstrou significância estatística.

Na pesquisa de Botelho (2003) e Alonso (2007), observou-se um aumento no adoecimento por doenças respiratórias em períodos com umidade relativa do ar alta, tal fato pode ser explicado por maiores aglomerações, proliferação de fungos e ácaros.

Em São Paulo (SP) foi realizado um estudo que investigou a associação de internações por pneumonia e gripe com variáveis meteorológicas tais como, temperaturas máximas e mínimas diárias e umidade relativa do ar, o período de estudo foi de 2002 a 2005. Em geral as internações não apresentaram correlação forte, mostrando correlações médias entre julho e setembro de 2004, para a influenza e a pneumonia. Observou-se associação das internações por pneumonia com baixas temperaturas nas madrugadas (47%) e temperaturas máximas durante a tarde (35%), nos períodos mais secos do ano. Nesses casos, as internações nesse período são reflexos da umidade do ar abaixo de 30%. Os picos de internação ultrapassam 80 pacientes por dia, após um período anterior de aproximadamente três dias de baixa umidade. Semelhante a achado observado no presente estudo, houve maior proporção de internações por pneumonia para os meses com menores registros de umidade relativa do ar. Estes resultados corroboram com os encontrados na atual pesquisa. É importante salientar que, para o bom funcionamento das vias aéreas, há necessidade de certo grau de umidade, que não deverá ser inferior a 60% (MIRANDA, 2016; OPS/OMS, 1992).

Segundo Lowen et al. (2007), a umidade relativa do ar pode influenciar a ocorrência de doenças respiratórias devido aos seguintes mecanismos: respirar o ar seco pode causar ressecamento da mucosa nasal e torna o hospedeiro mais suscetível a infecções; a exposição prolongada ao ar seco pode contribuir com o crescimento do vírus no trato respiratório superior.

O atual estudo mostrou uma associação positiva em relação ao vento e o aumento na ocorrência de pneumonia. É conhecida a capacidade do vento em promover dispersão de poluentes e de material particulado, produzindo uma redução de suas concentrações no ar. Os seres humanos possuem pouca tolerância ao vento, velocidades acima de (8,88 m/s) são irritantes. O vento ao dispersar a poeira, pode ocasionar irritação nas membranas do nariz e garganta, além de causar desconforto

aos olhos. Mesmo uma brisa moderada pode trazer complicações para pessoas com doenças respiratórias, pois as brisas podem transportar poeiras, poluentes, pólenes e outros alérgenos (PALMER, 1976, apud HOBBS, 1980; PITON; DOMINGOS, 2004; SILVA JÚNIOR, 2016).

Souza et al (2012) verificaram em estudo realizado em Campo Grande (MS) no período de 2004 a 2008 o impacto de variáveis climáticas (precipitação, temperatura do ar, umidade e velocidade dos ventos) sobre as internações por pneumonia em lactentes e crianças, mostrou que a diminuição da umidade, precipitação e velocidade dos ventos (altas polares, que se caracterizam por serem frias e secas) favorecem a internações por pneumonia. Semelhantemente no atual estudo constatou-se que a diminuição da umidade relativa favoreceu as internações por pneumonia. Entretanto a diminuição na velocidade do vento diminui as internações.

Estudos de Rudan et al (2013) destacam a redução de casos de pneumonia de 25% em crianças nos países de baixa e média renda, ao longo de uma década, entre 2000 e 2010. Contudo, segundo a organização mundial de saúde a pneumonia ainda configura a principal causa de morte em crianças.

Para o município de Ponta Grossa (PR), Pontes et al. (2016) avaliaram os efeitos do clima (através das variáveis climáticas temperatura do ar, precipitação e umidade relativa do ar) nas internações por pneumonia em crianças menores de cinco anos, no período de 1998 a 2013. O estudo demonstrou forte correlação positiva e forte entre as temperaturas máxima e mínima, evidenciando que essas temperaturas são as que mais influenciam nas internações por pneumonia, ambas altamente significativas. As variáveis umidade relativa do ar e precipitação pluviométrica apresentaram correlação negativa e não mostraram correlação significativa. Diferentemente dos resultados encontrados na atual pesquisa as internações por pneumonia na cidade de Campina Grande, apresentaram relações estatisticamente significativas para a variável temperatura, além de relação positiva com a temperatura média e negativa com a temperatura máxima, Logo, espera-se que para os meses com maiores registros de temperatura máxima do ar, observam-se os menores índices de hospitalizações por pneumonia na faixa etária em estudo, contrapondo-se aos resultados encontrados para o município de Ponta Grossa.

Em Seul na Coréia, durante o período de 2009 a 2014, foi analisada a influência dos fatores meteorológicos no número de atendimentos de emergência devido a pneumonia. O estudo utilizou faixas etárias para análise e observou-se que a faixa

etária mais vulnerável era a de crianças menores de 5 anos. Houve uma correlação negativa entre os casos de pneumonia e a variável temperatura do dia atual e do dia anterior), constatou-se que quando havia um aumento repentino de 6 ° ou mais da temperatura do dia atual em relação ao dia anterior, haveria um aumento dos casos de pneumonia após 7 dias. Foi observado que um aumento na diferença entre temperatura mínima e máxima serviu como um fator de proteção. Uma diminuição na umidade relativa do ar, também pode ser considerada um risco para a pneumonia (SANGHO et al., 2019).

No período do inverno ocorre de maneira habitual a diminuição da temperatura do ar, das chuvas e da umidade relativa do ar. Esses fatores potencializam situações de agravo ao aparelho respiratório, pelo ressecamento da mucosa nasal (ALEIXO; SANT`ANNA NETO, 2014).

Em Hangzhou na China, foi realizado estudo para investigar se a incidência de pneumonia por micoplasma pediátrico (MP) e pelo vírus sincicial respiratório (VSR) estava associada a fatores meteorológicos. Neste estudo, os resultados mostraram que fatores meteorológicos desempenham um papel importante na incidência desses dois patógenos. Os resultados desse estudo demonstram associação entre a ocorrência de pneumonia e a variável temperatura (temperatura mínima, máxima e média), contudo não houve correlação significativa com a variação de temperatura, umidade relativa e precipitação média. Houve uma correlação positiva entre a temperatura e a taxa de infecção do MP, mas a taxa de infecção por VSR foi negativa em relação a temperatura. Aproximadamente 80% das infecções por MP ocorreram em crianças com sete anos de idade ou menos. No entanto, RSV infectou principalmente bebês, especialmente crianças com seis meses ou menos. A infecção pelo VSR foi predominantemente prevalente no inverno. Na atual pesquisa observou-se relação com a temperatura (média e máxima), umidade relativa e vento para os casos de pneumonia. (TIAN et al., 2017).

Falangas et al. (2008) em pesquisa na Grécia relação a qual correlacionaram variáveis meteorológicas com infecções do trato respiratório (ITR), constataram que após análises estatísticas, houve correlação negativa estatisticamente significativa entre a temperatura média semanal e os casos de infecções do trato respiratório, ou seja, os casos de ITR aumentaram à medida que as médias de temperatura diminuíram. Também houve correlação negativa entre o vento e a ocorrência de infecções no trato respiratório superior e inferior. Além disso, houve correlação

positiva entre umidade relativa e a ocorrência de infecções do trato respiratório. Contrapondo-se a atual pesquisa que encontrou associação positiva com a temperatura média, inversa com a umidade relativa do ar e positiva com o vento.

4.3.2 Casos de Bronquite/Bronqueolite em Campina Grande

*Bronquite/ bronqueolite*_{*i*} significa o número de internações hospitalares por bronquite/bronqueolite tal que bronquite/bronqueolite $i \sim P(\mu_i)$ em que:

$$\log \mu_i = \beta_0 + \beta_1 \text{tempmedi} + \beta_2 \text{tempmáxi} + \beta_3 \text{tempmini} + \beta_4 \text{precipi} + \beta_5 \text{sumidi} + \beta_6 \text{pressaoi} + \beta_7 \text{insolai} + \beta_8 \text{ventoi} + \beta_9 \text{evaporaçãoi}$$

Para $i = 1, 2, \dots, 240$. Entretanto, o ajuste do modelo forneceu $D(y; \mu) = 1.185,90$ para 233 graus de liberdade, indicando fortes indícios de sobredispersão e há evidência significativa de que o ajuste não seja adequado, o que é confirmado pelo gráfico normal de probabilidade da Figura 29. Foi aplicado, então, o modelo binomial negativo em que bronquite/bronquiolite $\sim \text{BN}(\mu_i, \phi)$ com ênfase na relação entre o número de hospitalizações de ocorrência de bronquite/bronquiolite e as variáveis climáticas em estudo.

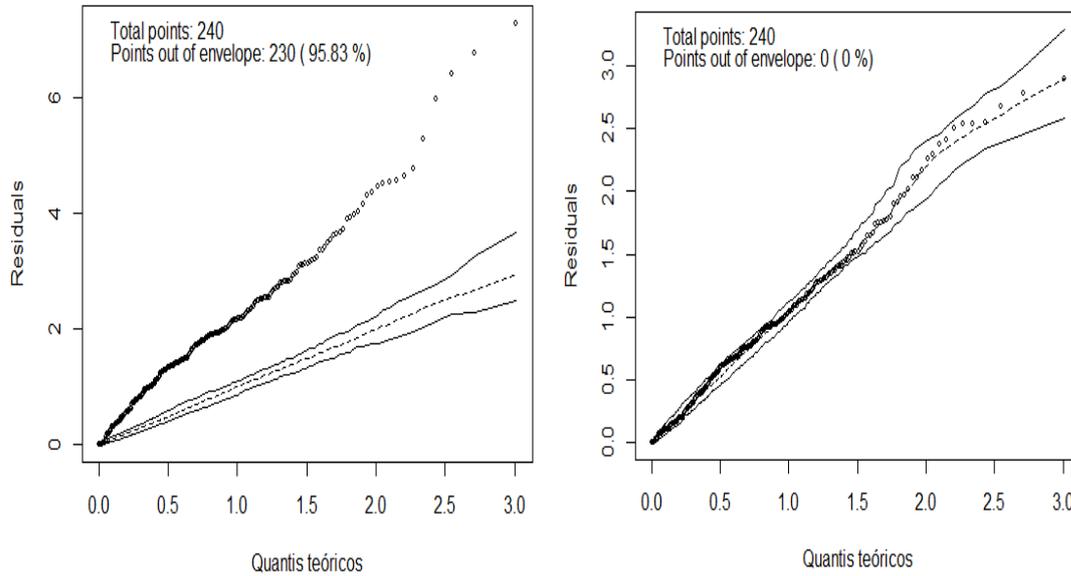
Em que $(\text{bronquite/bronquiolite})_i \sim \text{BN}(\mu_i, \phi)$.

$$\text{BN} \mu_i = \beta_0 + \beta_1 \text{tempmedi} + \beta_2 \text{tempmáxi} + \beta_3 \text{tempmini} + \beta_4 \text{precipi} + \beta_5 \text{sumidi} + \beta_6 \text{pressaoi} + \beta_7 \text{insolai} + \beta_8 \text{ventoi} + \beta_9 \text{evaporaçãoi}$$

O gráfico normal de probabilidades bem como o desvio $D(y; \mu) = 267,13$ fornecem indícios de ajustes adequados, com estimativa do parâmetro de dispersão (ϕ) igual a 2,04, fornecendo indícios de ajustes adequados.

Figura 29 - Gráficos normais de probabilidades referentes aos modelos log-linear de Poisson (a) e log-linear binomial negativo (b) ajustados aos dados relacionados as

internações hospitalares por bronquite/ bronquiolite em crianças menores de 9 anos no período de 1998 a 2017 em Campina Grande-PB.



Os resultados apresentados na Tabela 13 indicam que as variáveis meteorológicas temperatura média, máxima, temperatura mínima e pressão atmosférica, foram significativas ao nível de 5% de probabilidade, no que se refere à explicação da taxa de aumento/decréscimo nos casos de internações hospitalares por bronquite/bronqueolite no período de 1998 a 2017 em Campina Grande (PB).

Tabela 13 - Estimativas dos parâmetros do modelo e seus respectivos erro estandardizado, valor de z, e o correspondente p-valor para ocorrência de internações hospitalares por bronquite/bronqueolite no período de 1998 a 2017 em Campina Grande (PB)

Coeficientes	Estimativa	Erro			
		estandardizado	Valor de z	p-valor	
Intecepto (β_0)	-204,93871	55,86092	-3,669	0,000244	***
Tmed (β_1)	0,64113	0,17994	3,563	0,000367	***
Tmax (β_2)	-0,24033	0,07023	-3,422	0,000622	***
Tmin (β_3)	-0,38317	0,12898	-2,971	0,002970	**
Pressão (β_6)	0,21697	0,05707	3,802	0,000144	***

Signif, códigos: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Em relação aos casos de internação por bronquite/bronquiolite no município de Campina Grande (Tabela 13). Tomando base o coeficiente $\beta_1= 0,64113$ espera-se

que haja um aumento dos casos de bronquite/bronquiolite em função do aumento da temperatura média, Figura 30, já o coeficiente $\beta_2=-0,24033$, corresponde a temperatura máxima, indica que há uma diminuição na ocorrência de bronquite/bronquiolite à medida que a temperatura máxima aumenta, Figura 31. Sendo assim, $\exp(0,64113)=1,8986$, estima-se que o número médio de casos de bronquite/bronquiolite aumente aproximadamente 11 % a cada grau centígrado de aumento da temperatura média do ar e para temperatura máxima $\exp(-0,24033)=0,7864$ espera-se que o número médio de casos de bronquite/bronquiolite aumente aprox. 21% a cada grau centígrado de diminuição da temperatura máxima do ar. Em relação ao coeficiente β_3 que corresponde a temperatura mínima do ar tem-se $\beta_3=-0,38317$, que foi negativo, indicando a diminuição dos casos de bronquite/bronquiolite em função do aumento da temperatura mínima, Figura 32. Estima-se que o número médio de casos de bronquite/bronquiolite $\exp(-0,38317)=0,6817$ diminua aprox. 32 % a cada grau centígrado de aumento da temperatura mima do ar.

A pressão apresentou coeficiente $\beta_6=0,21697$ e uma correlação positiva entre a pressão e os casos de internações por bronquite/bronquiolite em Campina Grande. Assim espera-se que a medida que aumente a pressão atmosférica aumento o número de casos de internações por bronquite/bronquiolite, Figura 33. Portanto $\exp(0,21697)=1,2423$, estima-se que o número de casos de bronquite/bronquiolite aumente em torno de 24% a cada de aumento na pressão atmosférica.

Figura 30 - Comportamento dos casos de bronquite/bronqueolite em crianças menores de 9 anos em relação a temperatura média em Campina Grande (PB), 1998 A 2017.

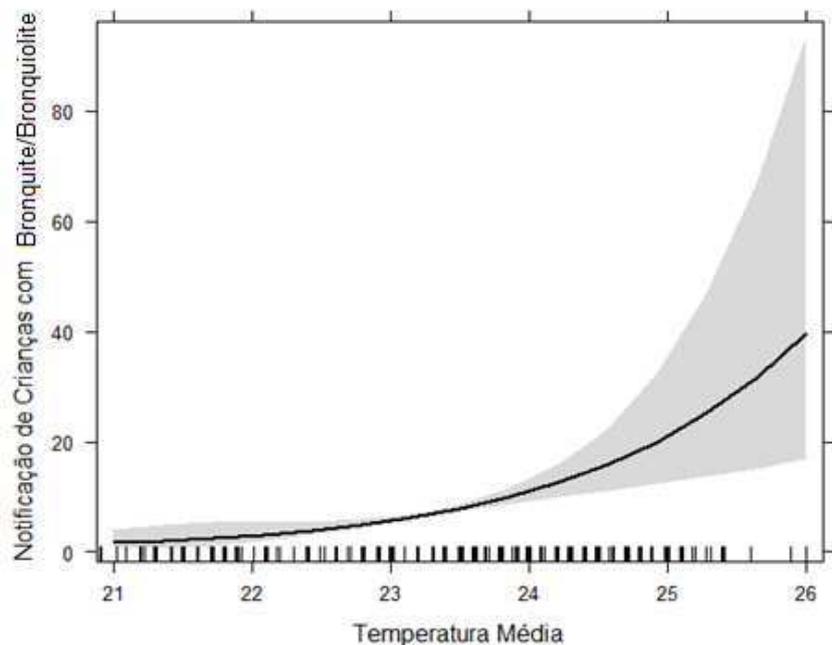


Figura 31 - Comportamento dos casos de bronquite/bronqueolite em crianças menores de 9 anos em relação a temperatura máxima em Campina Grande (PB), 1998 A 2017.

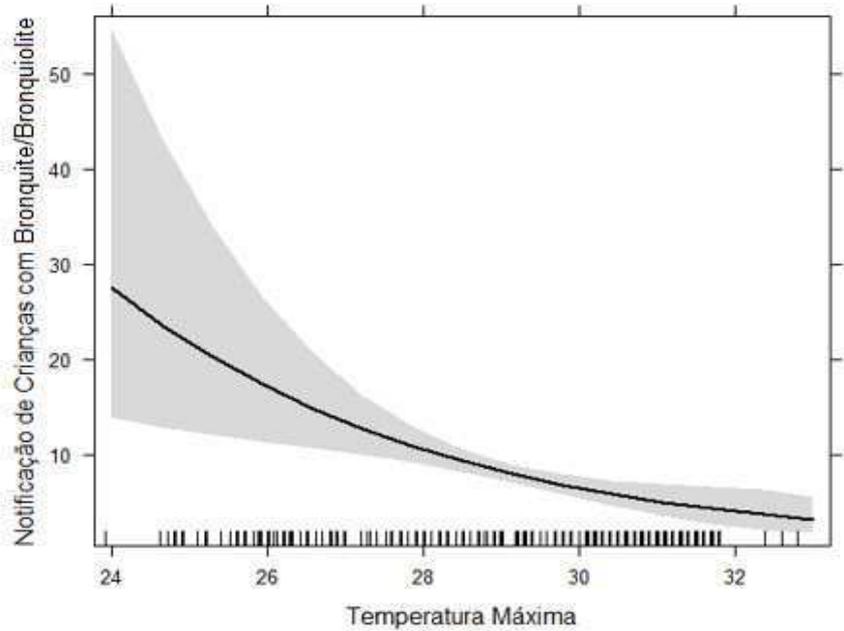


Figura 32 - Comportamento dos casos de bronquite/bronqueolite em crianças menores de 9 anos em relação a temperatura mínima em Campina Grande (PB), 1998 A 2017.

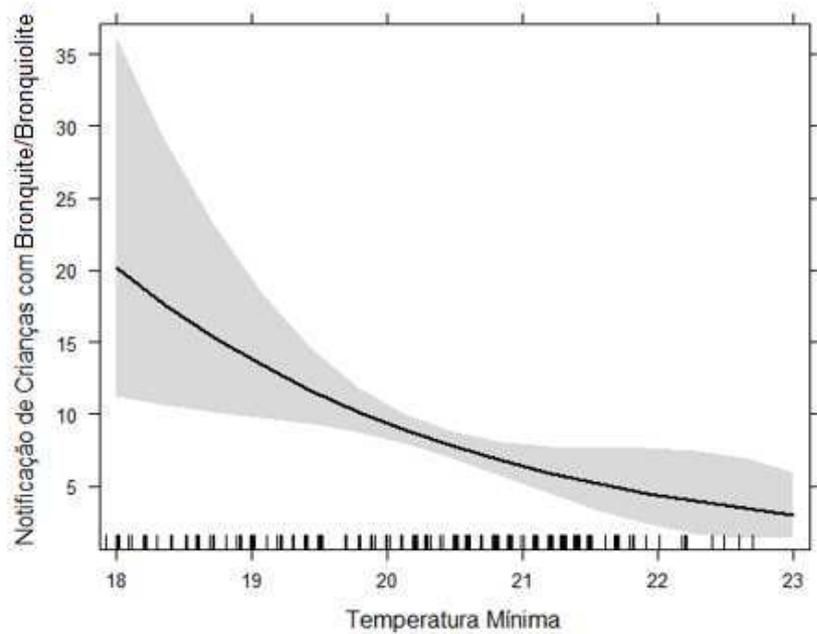
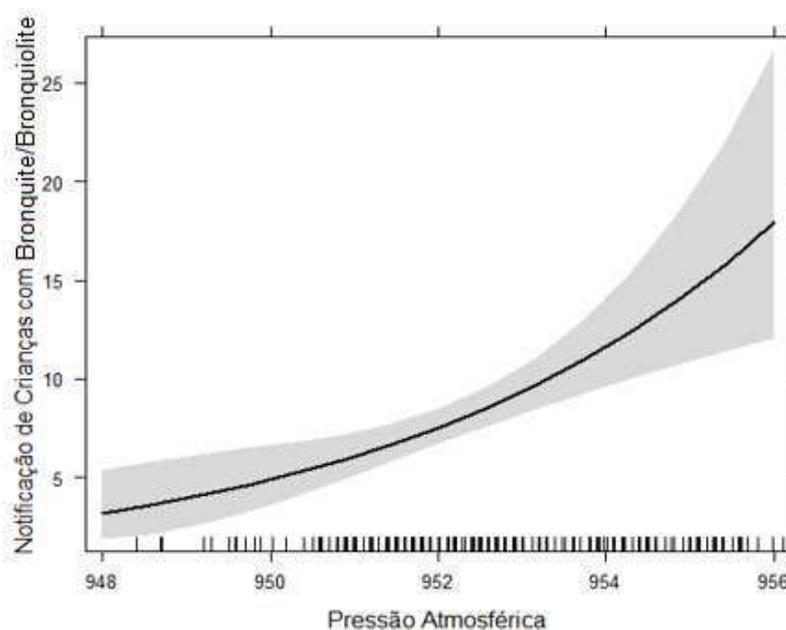


Figura 33 - Comportamento dos casos de bronquite/bronqueolite em crianças menores de 9 anos em relação a Pressão atmosférica em Campina Grande (PB), 1998 A 2017.



Na análise da presente pesquisa, mediante o ajuste do modelo binomial negativo, vê-se a relação das internações por bronquite/bronquiolite com a temperatura média, máxima e temperatura mínima do ar além da pressão atmosférica.

Na cidade de Macapá, no Amapá entre os anos de 2008 a 2012, foi analisada a associação entre variáveis ambientais e internações por bronquite em crianças. A pesquisa mostrou associação de moderada a fraca com as seguintes variáveis: precipitação pluviométrica, temperatura máxima, temperatura mínima e umidade relativa do ar (AMORIM et al., 2013). De modo semelhante o atual estudo apresentou associações significativas com a temperatura (máxima, mínima e média) além de, associação com a pressão atmosférica.

O VSR permanece como agente etiológico mais frequente em lactentes com bronquiolite aguda. Ysuf et al. (2007) avaliaram em seu estudo a relação das condições meteorológicas com epidemias pelo Vírus Sincial Respiratório (VSR), considerado universalmente como o vírus mais comum relacionado a doenças respiratórias tais como, bronquite, intensificação da asma e pneumonia em crianças, sendo a causa mais comum de infecção respiratória no trato inferior de crianças menores de 1 ano de idade. Constatou-se que a associação mais forte foi com a variável temperatura apresentando correlações positivas com a atividade do VSR, na

cidade de Miami e até certo ponto do México, sugerindo que a atividade do VSR depende da temperatura. Além de Correlações positivas altamente significativas entre a umidade relativa do ar e atividade do VSR para as cidades de Miami-USA, Cidade do México e Santiago do Chile.

A bronquite em crianças menores de cinco anos está fortemente associada à circulação do vírus sincicial respiratório que é a principal causa de bronquite aguda (FLEMING; ELLIOT; CROSS, 2007; FLEMING et al., 2005).

Em Florianópolis (SC) Murara, Mendonça e Bonetti (2013) avaliaram a relação existente entre o clima e a saúde humana, através das relações entre os elementos climáticos e as principais doenças do aparelho e respiratório. Foi identificado uma fraca correlação com as doenças respiratórias (influenza, pneumonia e asma) apresentaram, nos períodos de inverno e outono, os maiores registros de internações, correlacionando-se moderadamente com as médias mensais de temperatura e com a pressão atmosférica.

Conforme estudos realizados por Pesce et al. (2016) em cidades italianas no período de 2006 a 2010, observou-se que a bronquite, possui significativa associação inversa com a variável temperatura do ar. Já a rinite alérgica não apresentou relações significativas com as variáveis meteorológicas. Observou-se na atual pesquisa a associação significativa entre os casos de bronquite e a variável temperatura, contudo foi positiva para a temperatura média e inversa com a máxima e mínima

Em estudo realizado em 30 departamentos de emergência (EDs) em 15 estados nos EUA, Wang, et al (2012) analisaram se os fatores ambientais (altitude, temperatura, ponto de orvalho, velocidade do vento, precipitação e pressão barométrica) poderiam contribuir para a gravidade da apresentação de bronquiolite e taxas de internação hospitalar, no período de 2004 a 2006. Os pacientes foram incluídos no estudo eram menores de dois anos e se foram diagnosticados com bronquiolite por um dos médicos de emergência. Na análise das internações hospitalares por bronquiolite preditores significativos foram menores altitudes; temperaturas médias, máximas e mínimas mais elevadas; e uma menor pressão barométrica, aumento da velocidade do vento foi associado a um aumento na gravidade das retrações no peito, revelaram ainda que um ponto de orvalho mais alto estava associado a um menor risco de internação hospitalar (WANG et al., 2012). Contrapondo-se ao estudo anterior os resultados do presente estudo demonstram haver associação positiva entre os casos de bronquite/bronquiolite com a temperatura

média e associação inversa com as temperaturas máxima e mínima, além de associação positiva com pressão atmosférica

Em Hefei, China, foi analisada a relação entre a faixa de temperatura diurna (DTR) e consultas ambulatoriais de bronquite aguda infantil, no período de 2010 a 2013, foram analisadas crianças de 0 a 14 anos. Observou-se uma associação significativa das variáveis em estudo na bronquite em crianças do sexo feminino e na faixa etária de 0 e 4 anos, esses demonstraram ser mais vulneráveis ao aumento de temperatura do que crianças de 5 a 14 anos e do sexo masculino. Então o risco de bronquite aguda na infância aumentou quando a DTR foi acima de 10.9. O efeito do aumento de temperatura foi maior após três dias (XIE et al.,2016).

As variações na temperatura podem influenciar na imunidade das crianças. Além disso, o fato do sistema imunológico, delas ser subdesenvolvido e possui baixa capacidade no autocuidado, torna as crianças mais vulneráveis a tais variações. Mudanças repentinas de temperatura ocasionam respostas fisiopatológicas no epitélio respiratório, tais como broncoespasmo e inflamação (BULL, 1980; GRAUDENZ et al., 2006; TOGIAS et al., 1985).

4.3.3 Casos de asma em Campina Grande

$Asma_i$ consiste no número de internações hospitalares por asma tal que $Asma_i \sim P(\mu_i)$ em que:

$$\log \mu_i = \beta_0 + \beta_1 temp_{medi} + \beta_2 temp_{máxi} + \beta_3 temp_{míni} + \beta_4 precip_i + \beta_5 umidi_i + \beta_6 pressao_i + \beta_7 insola_i + \beta_8 ventoi + \beta_9 evaporaçãoi$$

Para $i = 1, 2, \dots, 240$. Entretanto, o ajuste do modelo forneceu $D(y; \mu) = 2.349,20$ para 234 graus de liberdade, indicando fortes indícios de sobredispersão e há evidência significativa de que o ajuste não seja adequado, o que é confirmado pelo gráfico normal de probabilidade da Figura 34 .

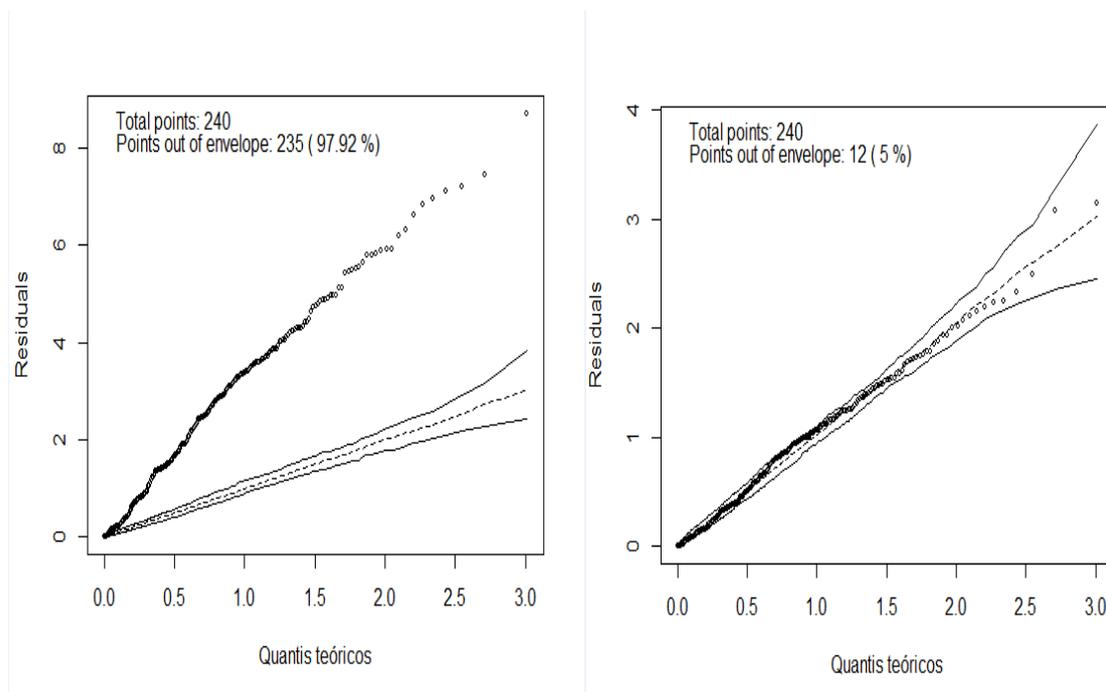
Esses dados, também foram ajustados ao modelo binomial negativo em que em que asma $\sim BN(\mu_i, \phi)$ com ênfase na relação entre o número de hospitalizações de ocorrência de asma e as variáveis climáticas em estudo.

Em que $(asma)_i \sim BN(\mu_i, \phi)$.

$$BN\mu_i = \beta_0 + \beta_1 tempmedi + \beta_2 tempmáxi + \beta_3 tempmini + \beta_4 precipi + \beta_5 umidi + \beta_6 pressaoi + \beta_7 insolai + \beta_8 ventoi + \beta_9 evaporaçãoi$$

O gráfico normal de probabilidades bem como o desvio $D(y;\mu) = 251,16$ fornecem indícios de ajustes adequados, com estimativa do parâmetro de dispersão (ϕ) igual a 4,11.

Figura 34 - Gráficos normais de probabilidades referentes aos modelos log-linear de Poisson (a) e log-linear binomial negativo (b) ajustados aos dados relacionados as internações hospitalares por asma em crianças menores de 9 anos no período de 1998 a 2017 em Campina Grande-PB



Os resultados apresentados na Tabela 14 indicam que as variáveis meteorológicas temperatura média, máxima, temperatura mínima e umidade relativa, foram significativas ao nível de 5% de probabilidade, no que se refere à explicação da taxa de aumento/decréscimo nos casos de internações hospitalares por asma no período de 1998 a 2017 em Campina Grande (PB).

Tabela 14 - Estimativas dos parâmetros do modelo e seus respectivos erros standardizados, valor z e o correspondente p-valor para ocorrência de internações hospitalares por asma no período de 1998 a 2017 em Campina Grande (PB).

Coeficientes	Estimativa	Erro		p-valor	
		estandardizado	Valor z		
Intecepto (β_0)	7,64360	1,35070	5,659	1,52e ⁻⁰⁸	***

Tmed (β_1)	0,59868	0,11932	5,017	5,24e ⁻⁰⁷	***
Tmax (β_2)	-0,31635	0,05314	-5,953	2,63e ⁻⁰⁹	***
Tmin (β_3)	-0,30808	0,08943	-3,445	0,000571	***
UR (β_5)	-0,03464	0,00997	-3,474	0,000513	***

Signif, códigos: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Para os casos de internação por asma no município de Campina Grande (Tabela 14). Tomando base o *coeficiente* $\beta_1=0,59868$ espera-se que haja um aumento dos casos de asma em função do aumento da temperatura média, Figura 35 já o coeficiente $\beta_2=-0,31635$, corresponde a temperatura máxima, indica que há um aumento na ocorrência de asma à medida que a temperatura máxima diminui, Figura 36. Sendo assim, $\exp(0,59868)=1,8197$, estima-se que o número médio de casos de asma aumente aproximadamente 81 % a cada grau centígrado de aumento da temperatura média do ar e para temperatura máxima $\exp(-0,31635)=0,7288$ estima-se que o número médio de casos de asma aumente aprox. 27% a cada grau centígrado de diminuição da temperatura máxima do ar. Em relação ao coeficiente β_3 que corresponde a temperatura mínima do ar tem-se $\beta_3=-0,30808$, que foi negativo, indicando a diminuição dos casos de asma em função do aumento da temperatura mínima, Figura 37. Assim sendo, $\exp(-0,30808)=0,7348$. Estima-se que o número médio de casos de asma aumente aprox. 26% a cada grau centígrado de diminuição da temperatura mima do ar.

A umidade relativa apresentou coeficiente $\beta_5=-0,03464$ e uma correlação negativa para os casos de internações por asma em Campina Grande. Assim espera-se uma diminuição das internações por asma a medida que aumente a umidade relativa do ar, Figura 38. Portanto $\exp(-0,03464)=0,9659$, estima-se que o número de casos de asma aumente em torno de 3% com a diminuição na umidade relativa do ar.

Valença, Restivo e Nunes (2006) observaram em sua pesquisa que os atendimentos, por asma em pronto-socorro abrangendo crianças em uma cidade satélite do Gama (DF), apresentavam uma variação sazonal, com um significativo aumento de casos em março e uma diminuição nos meses de agosto e setembro. Foi observado pelos pesquisadores que os casos agudos de asma aumentaram de um a dois meses após a elevação da umidade relativa do ar e dois meses após o aumento

do índice pluviométrico e da temperatura média. A elevação da umidade relativa máxima pode contribuir com o aumento de fatores desencadeantes das crises asmáticas, tais como ácaros e fungos, que encontram no período de alta umidade excelente meios de proliferação. Os fungos são importantes alérgenos, especialmente em indivíduos predispostos, estando associados à asma (SBPT, 2006). Assim como, na pesquisa de Valença, Restivo e Nunes a atual pesquisa encontrou uma associação positiva entre os casos de asma e a temperatura média, já em relação a umidade relativa o atual estudo encontrou uma relação inversa, ou seja, quando há um aumento da umidade relativa do ar, ocorre uma diminuição dos registros hospitalares por asma, contrapondo-se aos resultados na pesquisa de Valença, Restivo e Nunes.

Coelho *et al.* (2006) comprovaram em sua pesquisa que a temperatura máxima e umidade relativa são as variáveis meteorológicas que melhor explicam as relações causa-efeito de internação por asma na cidade de Brasília. Notou-se que em março a umidade relativa mínima explicou o aumento das internações, neste caso então já se esperava que nesta época do ano a umidade relativa do ar na região começasse a diminuir, provocando por sua vez internações dos asmáticos.

González, Victora e Gonçalves (2008), observaram em seus estudos em Pelotas, Rio Grande do Sul efeitos do clima (através da variável, temperatura média) no trimestre do nascimento e nos seis primeiros meses de vida sobre as internações por asma e pneumonia em crianças e sobre o diagnóstico de asma em adultos pertencentes ao estudo de coorte de nascimento de 1982 na cidade referenciada anteriormente. Neste sentido, constataram que os nascidos entre abril e junho (outono no hemisfério sul) mostraram risco de hospitalização por pneumonia de 1,3 a 2,5 vezes mais do que aqueles nascidos entre janeiro e março (verão no Sul). Em relação as internações nos primeiros seis meses de vida, constatou-se que a incidência de hospitalização por asma foi maior entre crianças que viveram os seis primeiros meses expostas a baixas temperaturas. Constatou-se também que as hospitalizações relacionadas ao clima diminuíram ao longo do tempo nos pacientes, isto é, 77% daqueles que nasceram em 1982, dentro do coorte, foram acompanhados.

Segundo estudos de Amorim *et al* (2013) a associação entre temperatura máxima e o número de casos de asma apresentou correlação positiva moderada e fraca nos anos de 2011 e 2012. Entretanto correlações entre as variáveis ambientais e as morbidades em estudo não foram tão significativas.

A associação entre asma e poluição do ar, também é influenciado pela sazonalidade climática e essa associação é especialmente considerável durante os meses que apresentam aumento de temperatura. No inverno, a poluição do ar é muitas vezes menor, mas pode também desempenham um papel na asma. As condições meteorológicas, aumentam a nocividade dos poluentes pode intensificar a resposta inflamatória relacionada a alérgenos e vírus, criando um risco de múltiplos fatores de risco para exacerbação da asma. A inalação de ozônio ou de dióxido de carbono em combinação com a inalação de alérgenos desencadeia crise de asmática, função respiratória prejudicada e exacerbação da hiporresponsividade brônquica. (GUILLEMINAULT *et al.*, 2016; SEGALA *et al.*, 1998; SILVERMAN; ITO, 2010; YAMAZAKI *et al.*, 2009; YAMAZAKI *et al.*, 2014;).

Xirasagar, Lin e Liu (2006) realizaram estudo em Taiwan, para examinar a influência da sazonalidade nas admissões pediátricas por asma. Um modelo ARIMA, analisou em conjunto padrões de sazonalidade distintas. As admissões em fevereiro (primavera) apresentaram os menores registros, subindo em março a com um pico em Abril (primavera) em seguida, um declínio de uma em Julho (verão), uma subida acentuada novamente em Agosto (outono), seguido de um aumento gradual até um pico no Novembro (inverno), e em declínio em dezembro e janeiro-fevereiro. A Correlações com poluentes atmosféricos (PM10, SO2, CO, O3, NO2) e fatores climáticos (temperatura ambiente, umidade relativa, pressão atmosférica, precipitação e horas de insolação). Tanto a sazonalidade quanto as associações com poluentes atmosféricos e fatores climáticos variam por faixa etária. Entre os menores de dois anos, apenas dois fatores, PM10 e precipitação, estão associados as admissões hospitalares. Para pré-escolares (2 a 5 anos), cinco fatores (PM10, CO, O3, temperatura e pressão) e para os. Entre escolares (6 a 14 anos) todos os poluentes do ar, exceto NO2, e todos fatores climáticos, exceto a precipitação pluviométrica, foram significativos estatisticamente.

Estudos realizados por Pesce *et al.* (2016) em cidades italianas no período de 2006 a 2010 buscou-se entender se as variações geoclimáticas poderiam explicar a prevalência de doenças respiratórias, tais como, asma, rinite alérgica e bronquite. Observou-se na pesquisa que a prevalência nos casos de asma foi significativamente associada a variáveis climáticas (temperatura média anual, precipitação, radiação solar, ocorrendo um aumento nos casos de asma quando havia maior exposição a radiações solares e aumento da temperatura média anual e menores registros de

precipitação. A atual pesquisa encontrou relação positiva com a temperatura média e inversa com a temperatura máxima e mínima. A variável precipitação não apresentou significância estatística

A pesquisa de Silva Júnior et al. (2016) avaliou o efeito da sazonalidade climática nas internações por algumas doenças respiratórias, tais como pneumonia, asma, bronquite/bronquiolite entre outras. Os resultados mostraram uma relação inversa entre temperatura máxima e o número de hospitalizações por asma, bem como foi encontrado na atual pesquisa. Em relação a umidade relativa os autores citados anteriormente encontraram uma relação positiva entre umidade relativa máxima e o número de hospitalizações por asma, diferentemente do atual estudo que encontrou uma relação inversa entre os registros hospitalares por asma e a umidade relativa do ar. O presente estudo, assim como na pesquisa anterior, encontrou relação inversa com a temperatura máxima e diferentemente relação inversa com a umidade relativa.

Figura 35 - Comportamento dos casos de asma em crianças menores de 9 anos em relação a temperatura média em Campina Grande (PB), 1998 A 2017.

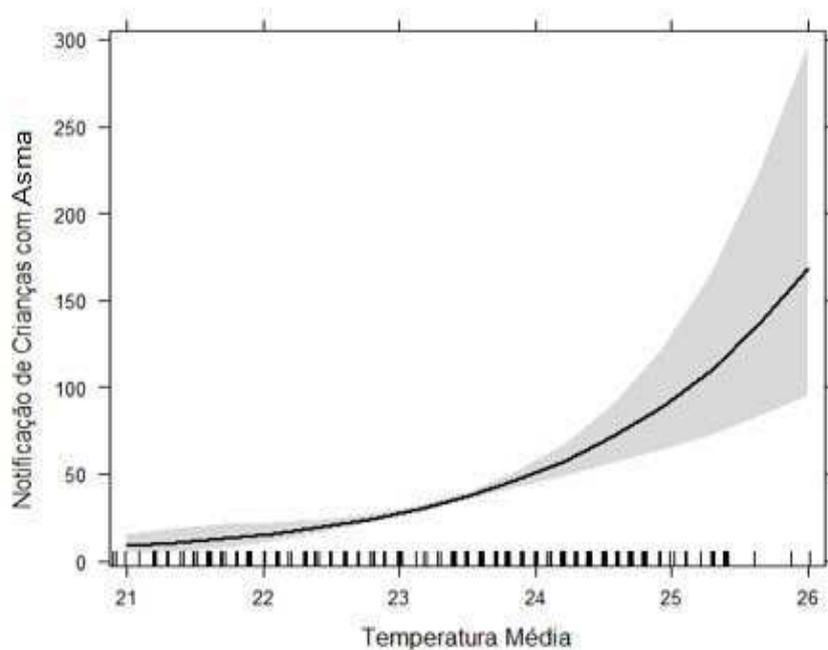


Figura 36 - Comportamento dos casos de asma em crianças menores de 9 anos em relação a temperatura máxima em Campina Grande (PB), 1998 A 2017.

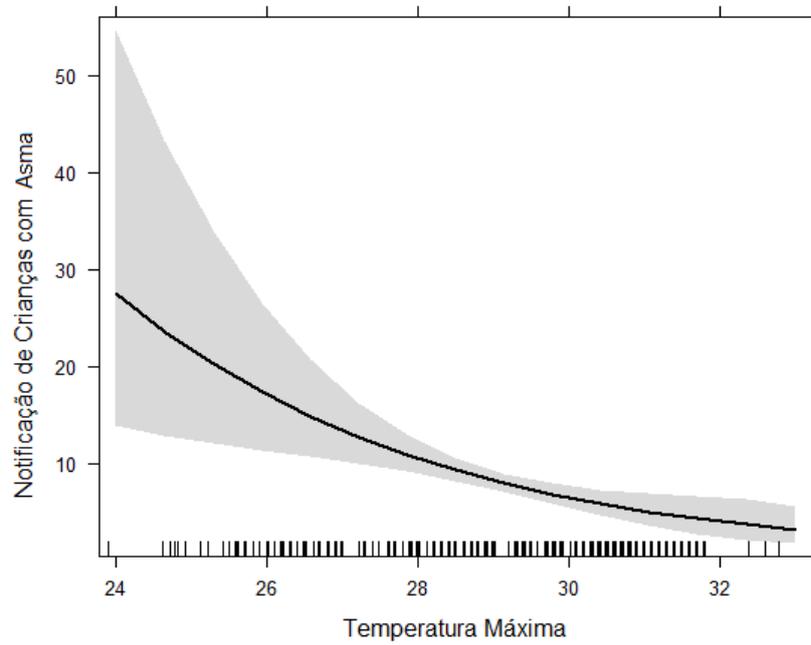


Figura 37 - Comportamento dos casos de asma em crianças menores de 9 anos em relação a temperatura mínima em Campina Grande (PB), 1998 A 2017.

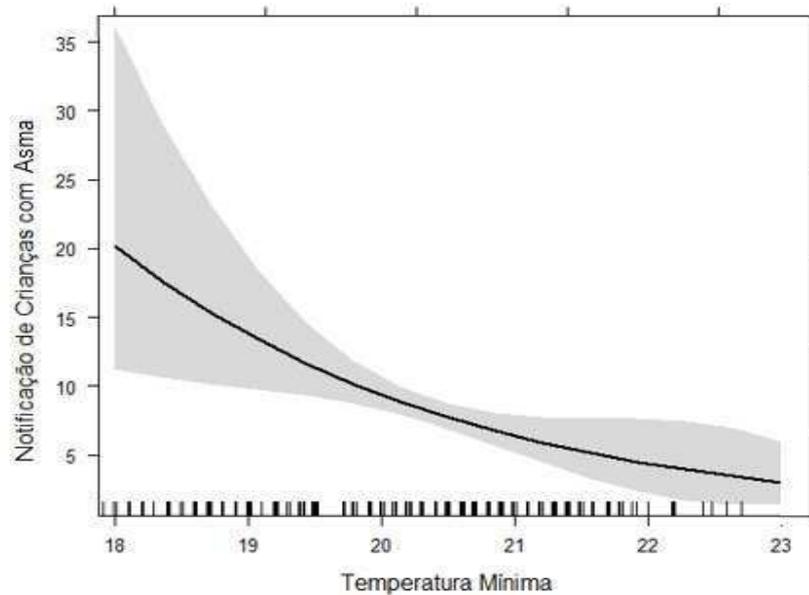
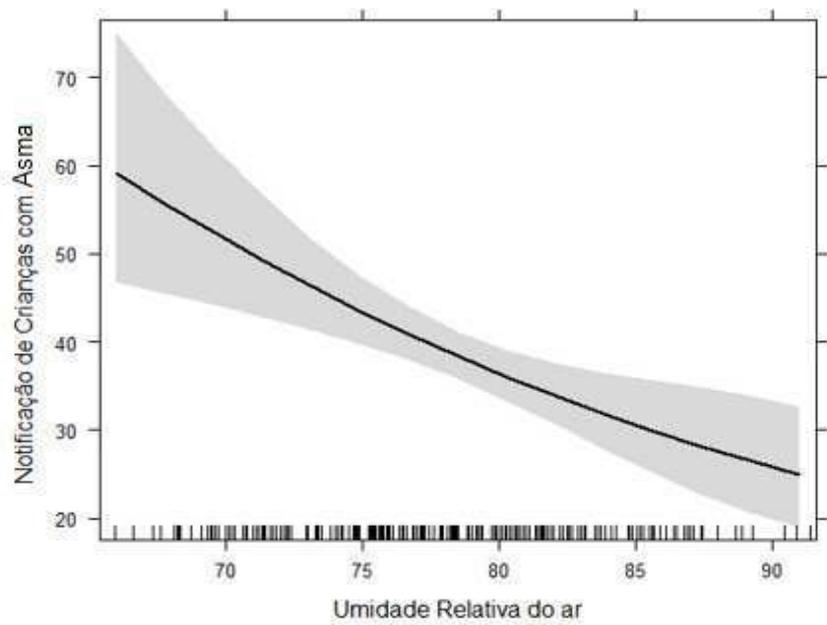


Figura 38 - Comportamento dos casos de asma em crianças menores de 9 anos em relação a umidade relativa do ar em Campina Grande (PB), 1998 A 2017.



5 CONCLUSÃO

Neste estudo foi elaborado um modelo preditor que estimou o número de internações por pneumonia, bronquite/bronquiolite e asma em crianças de 0 a 9 anos no município de Campina Grande (PB)

Com o modelo de previsão elaborado a partir das variáveis analisadas para os anos de 2018 a 2020 foi possível constatar uma tendência de diminuição nos casos de internações por pneumonia, corroborando o que vem acontecendo nos últimos 20 anos. Em relação aos casos de bronquite/bronquiolite o modelo de previsão demonstrou haver variabilidade nas taxas de internações hospitalares, com leve tendência positiva. Para os casos de asma, o modelo linearizou o número previsto de internações, sem variabilidade na taxa de ocorrência de internações.

Os gestores da saúde pública podem utilizar o modelo de previsão para preparar os serviços de saúde para receber um maior aporte de pacientes (crianças) com aumento de mão de obra e infraestrutura, evitando superlotação e atendimento de baixa qualidade em períodos em que ocorrem maiores registros de casos. Isso vai ao encontro da sugestão da Organização Mundial de Saúde que estimula a criação de modelos que possam prever um aumento de doenças, pois, se esses mostram uma boa acurácia, eles podem ser de grande valor para o combate e a prevenção de epidemias (SILVA JÚNIOR et al., 2016).

Após ajuste do modelo binomial negativo que teve como ênfase a relação entre o número de hospitalizações das morbidades em estudo (pneumonia, bronquite/bronquiolite e asma) e as variáveis climáticas. Observou-se que as variáveis evaporação, insolação e precipitação não foram significativas estatisticamente. Para os casos de pneumonia foram importantes as variáveis temperatura do ar, umidade relativa do ar e vento. Já para os casos de bronquite/ bronquiolite as variáveis significativas do ponto de vista estatístico foram temperatura do ar e pressão atmosférica. E em relação aos casos de asma as variáveis significativas foram temperatura do ar e umidade relativa do ar. Essas variáveis explicaram o aumento e decréscimo das internações hospitalares por essas doenças.

Estima-se que número médio de casos de pneumonia aumente aproximadamente 48 % a cada grau Celsius de aumento da temperatura média do ar e diminua aproximadamente 32% a cada grau Celsius de aumento da temperatura máxima do ar, diminuindo também em torno de 3% a cada 1% de aumento acima da

média da umidade relativa, já em relação a variável vento espera-se que o número de casos de pneumonia aumente em torno de 36% com o aumento na velocidade do vento.

Para a bronquite/bronquiolite espera-se que haja um aumento de aproximadamente 11 % a cada grau Celsius de aumento da temperatura média do ar, aumentando também, aproximadamente 21% a cada grau Celsius de diminuição da temperatura máxima do ar e diminua cerca de 32 % a cada grau Celsius de aumento da temperatura mínima do ar. Já em relação a variável pressão atmosférica estima-se que ocorra um aumento em torno de 24% com o aumento na pressão.

Para os casos de asma pressupõe-se que ocorra um aumento de 81% nos casos de asma a cada grau Celsius de aumento da temperatura média, aumentando, do mesmo modo cerca de 27 % desses casos com o aumento da temperatura máxima, em relação a temperatura mínima espera-se que haja uma diminuição de 26% dos casos de asma em função do aumento da temperatura mínima. Estima-se também uma diminuição de 3 % das internações por asma a medida que aumente a umidade relativa do ar.

Sugere-se que em trabalhos futuros sejam analisadas associações das morbidades em estudo com as variáveis climáticas em outras faixas etárias, tais como adolescentes, adultos e idosos acima de 65 anos, suscetibilidade em relação ao sexo, outros fatores igualmente importantes para a ocorrência das morbidades respiratórias, tais como: poluição atmosférica, aglomerações domiciliares, desmame precoce, déficit no estado nutricional, esquema de imunização incompleto, exposição ao tabagismo passivo.

6 REFERÊNCIAS

- ALEIXO, N. C. R.; SANT'ANNA NETO, J. L. Condicionantes climáticos e interações por pneumonia: estudo de caso em Ribeirão Preto/SP. **Revista do Departamento de Geografia USP**. v. 27, p. 1-20, 2014
- ALONSO WJ, VIBOUD C, SIMONSEN L, HIRANO EW, DAUFENBACH LZ, MILLER MA. Seasonality of influenza in Brasil: a traveling wave from the Amazon to the subtropics. **Am J Epidemiol**. 2007; 165 (12):1434-42
- ALVAREZ, A.E.; MARSON, F.A.L.; BERTUZZO, C.S.; ARNS, C.W.; RIBEIRO, J.D. Epidemiological and genetic characteristics associated with the severity of acute viral bronchiolitis by respiratory syncytial vírus. **Jornal de Pediatria**. v.89, n.6, p.531-543, 2013.
- AMORIM, M.C.C.T. Ilhas de calor em Birigui/ SP. **Revista Brasileira de Climatologia**, v.1, n. 1, p. 121-130, 2005.
- AMORIM, J.R.G.; OLIVEIRA, A.M.; NEVES, D.; OLIVEIRA, G.P. Associação entre variáveis ambientais e doenças respiratórias (asma e bronquite) em crianças na cidade Macapá-AP no período de 2008 a 2012. **Planeta Amazônia: Revista Internacional de Direito Ambiental e Políticas Públicas**. n. 5, p. 141-153, 2013.
- ANDRADE, D. O; BOTELHO, C; SILVA JÚNIOR; FARIAS, S.S; RABAHI, M.F. Sazonalidade climática e hospitalizações em crianças menores de cinco anos com doença respiratória, Goiânia/Go. **Hygeia** 11 (20): 99 - 105, Jun/2015 ISSN: 1980-1726 **Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde** - <http://www.seer.ufu.br/index.php/hygeia> Hygeia 11 (20): 99 - 105, Jun/2015
- ARMOND, G.A. Final do inverno e início da primavera é época de varicela (catapora). **Revista de Epidemiologia e Controle de Infecções**. v. 4, n.2, p. 171-175, 2014.
- AYOADE, J. O. **Introdução à Climatologia para os Trópicos**. Editora Bertrand. Brasil, 6ª Edição, 2001.
- AYOADE, J.O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. 12ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2012.
- BANERJEE, S.; ADITYA, G.; SAHA, G.K. Household wastes as larval habitats of dengue vectors: comparison between urban and rural areas of Kolkata, India. **Plos one** v. 10, n.10, p. 1-21, 2015.
- BARCELLOS, C.; MONTEIRO, A.M.V.; CORVALÁN, C.; GURGEL, H.C.; CARVALHO, M. S.; ARTAXO, P.; HACON, S.; RAGONI, V. Mudanças climáticas e ambientais e as doenças infecciosas: cenários e incertezas para o Brasil. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, v.18, n. 3, p. 285-304, 2009.
- BEREZIN, E.N.; CARDENUTO, M.D.; FERREIRA, L.L.; OTSUKA, M.; GUERRA, M.L.; BRANDILEONE, M.C. Distribution of Streptococcus pneumoniae serotypes in

nasopharyngeal carriage and in invasive pneumococcal disease in Sao Paulo, Brazil. **Pediatric Infectious Disease Journal**. V.26, p.643-645, 2007.

BENGUIGUI, Y. Acute respiratory control in the context of the IMCI strategy in the Americas. **Revista Brasileira Saude Materno Infantil**.v.3, p.25-36, 2003.

BLACK, R.E.; ALLEN, L.H.; BHUTTA, Z.A.; CAULFIELD, L.E.; DE ONIS, M.; EZZATI, M.; MATHERS, C.; RIVERA, J. Maternal and child undernutrition: global and regional exposures and health consequences. **Lancet** . v.371, p.243–260, 2013

BLUSH, R.R. Acute bronchitis: evaluation and management. *Nurse Pract*. V.38, n.10 p. 14-20, 2013.

BOTELHO C, CORREIA AL, SILVA AMC, M AG, SILVA COS. Fatores ambientais e hospitalizações em crianças menores de cinco anos com infecção respiratória aguda. **Cad Saude Publ**.2003;19 (6):1771-80.

BRAGA, A. L. F.; ZANOBETTI, A.; SCHWARTZ, J. The effect of weather on respiratory and cardiovascular deaths in 12 U. S. cities. **Environmental Health Perspectives**, v. 110, n. 9, p. 859-863, 2007.

BRAMAN, S.S. Chronic cough due to acute bronchitis: ACCP evidence-based clinical practice guidelines. **Chest**.v.129(1 Suppl), p. 95-103, 2006.

BRASIL. **Lei nº 8.080, de 19 de setembro de 1990**. Dispõe sobre as condições para a promoção, proteção e recuperação da saúde, a organização e o funcionamento dos serviços correspondentes e dá outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 31 set 1990.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Mudanças climáticas e ambientais e seus efeitos na saúde: cenários e incertezas para o Brasil** / Organização Pan-Americana da Saúde. – Brasília: Organização Pan-Americana da Saúde, 2008. 40p.

BRASIL. Ministério da Saúde. Departamento de atenção básica. **Doenças respiratórias crônicas**. Brasília: Ministério da Saúde, 2010.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Enfisema pulmonar e bronquite crônica**. Brasília: Ministério da Saúde, 2014.

BRASIL. Secretaria de Vigilância em Saúde. **Análise de indicadores relacionados à água para consumo humano e doenças de veiculação hídrica no Brasil, ano 2013, utilizando a metodologia da matriz de indicadores da Organização Mundial da Saúde** / Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde, Departamento de Vigilância em Saúde Ambiental e Saúde do Trabalhador. – Brasília :Ministério da Saúde, 2015.

BRASIL. Ministério da saúde. **Períodos com baixa umidade do ar requer cuidados especiais**. Brasília: Ministério da Saúde, 2015

BRICKS LF, BEREZIN E. Impact of pneumococcal conjugate vaccine on the prevention of invasive pneumococcal diseases. *J Pediatr (Rio J)*. 2006;82:S67-74.

BRUZOS, G. A. de S.; KAMIMURA, H. M.; ROCHA, S. A.; JORGETTO, T. A. C.; PATRÍCIO, K. P. Meio Ambiente e Enfermagem: suas interfaces e inserção no ensino de graduação. **Saúde & Sociedade**, v.20, n.2, p.462-469, 2011.

BULL G.M. The weather and deaths from pneumonia. *Lancet* 1980;1:1405e8.

CAMELO-NUNES I.; SOLÉ D.; NASPITZ C.K. Fatores de risco e evolução clínica da asma em crianças. **Jornal de Pediatria**. v.73, n. 3, p. 151-60, 1997. Disponível em: <<http://www.jped.com.br/conteudo/97-73-03-151/port.pdf>. >Data de acesso: 12 nov 2016.

CASTRO, A.P.B.M. Gripe e resfriados e sua relação com alergias respiratórias. **Pediatria moderna**, v. 44, n.3, p. 77-86, 2008. Disponível em: <<http://bases.bireme.br/cgi-bin/wxislind.exe/iah/online/?IscScript=iah/iah.xis&src=google&base=LILACS&lang=p&nextAction=lnk&exprSearch=487690&indexSearch=ID>> Acesso em 02 Jan 2017.

CARDOSO, J.P.; OLIVEIRA, M.N.D. Tendência das doenças respiratórias no município de Salvador. *Revista Brasileira de Promoção e Saúde*, n.24, n.1, p.31-39, 2011.

CERCI NETO, A.; FERREIRA FILHO, O.F.; BUENO, T. Exemplos brasileiros de programas de controle de asma. **Jornal brasileiro de pneumologia**. 2008; 34(2): 103-06.

CERCAL, A. Frio aumenta incidência de doenças respiratórias, 29 mai 2013. Disponível em: < <http://www.diariodoscamos.com.br/saude/2013/05/frio-aumenta-incidencia-de-doencas-respiratorias/959367/>>. Acesso em: 08 jan 2017.

COELHO, M.S; LUCIO, P.S; LEANDRO, I.V., DE PAULA, T.P; Análise da Ocorrência de Asma em Brasília a partir da Associação entre internações e variáveis meteorológicas. **XIV Congresso Brasileiro de Meteorologia**, em 30 de novembro de 2006. Disponível em: <http://www.cbmet.com/cbm-files/14-aa7ad165f651eec5520cdaf04ba4e114.pdf>. Acesso em: 14 jan. 2017.

COLLINS, P.L; CHANOCK, R.M; MURPHY, B.R. Respiratory syncytial vírus. **In: Fields virology**. 4ª ed. Philadelphia: Lippincott-Raveen Publishers, 2001.

CONTI, J. B. Clima urbano. **In: Clima e meio ambiente**. 1ª ed. São Paulo: Atual, 2007.

CORREAL, M.E.C.; MARTHÁ, J. E.; SARMIENTO, R. Influencia de la variabilidad climática em las enfermedades respiratórias agudas em Bogotá. **Biomédica**; v.35, p.130-138, 2015.

CUI, B.; ZHANG, D.; PAN, H.; ZHANG, F.; FARRAR, J.; LAW, F.; VAN DOORN, H R; WU, B.; BA-THEIN, W. Viral aetiology of acute respiratory infections among children and associated meteorological factors in southern China. **BMC Infectious Diseases**. v.15, n.124, 2015. Disponível em: < https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4365542/pdf/12879_2015_Article_863.pdf.> Acesso em: 15 Jan 2017.

CURRIERO, F.C.; PATZ, J.A. ROSE, J.B.; LELE, S. The Association Between Extreme Precipitation and Waterborne Disease Outbreaks in the United States, 1948–1994. **American Journal of Public Health**, v.91, n. 8, p. 1194-1199, 2001.

CRESWELL, J. W. **Projeto de pesquisa**: métodos qualitativos, quantitativos e misto. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

DATASUS. Morbimortalidade geral. 2015. Disponível em: < <http://tabnet.datasus.gov.br>> Acesso em: 20 dez. 2018.

DUQUIA, R. P.; BASTOS, J. D. L. Medidas de Efeito: existe associação entre exposição e desfecho? Qual a magnitude desta associação? **Scientia Medica**, v. 17, n. 3, p. 171-174, 2007.

DURRINGTON, H; SUMMERS C; Recent changes in community-acquired pneumonia in adults. **TheBMJ**; v.336, n.7658, p.1429-1433, 2008.

ECLES, R.; WILKINSON, J.E. Exposure to cold and acute upper respiratory tract infection. **Rhinology**. v.53, n.2, p.99-106, 2015.

EVANS, J.S.; DOSWELL, C.A. Examination of Derecho Environments using proximity soundings. **Weather and Forecasting**. v.16, p. 329-342, 2001.

FAÇANHA, M.C. Impacto da vacinação de maiores de 60 anos para influenza sobre as internações e óbitos por doenças respiratórias e circulatórias em Fortaleza-CE-Brasil. **Jornal brasileiro de pneumologia**, v.31 n.5, p 415-420, 2005. Disponível em:<<http://www.scielo.br/pdf/jbpneu/v31n5/27158.pdf>. >Acesso 12 dez 2016.

FALAGAS, M. E.; THEOCHARIS, G.; SPANOS, A.; VLARA, L. A.; ISSARISE, E. A.; PANOS G.; PEPPAS, G. Effect of meteorological variables on the incidence of respiratory tract infections. **Respiratory Medicine**. v. 102, p. 733–737, 2008.

FERREIRA, O.S; BRITTO, M.C.A. Pneumonia aguda – tema que todos devemos estudar.**Jornal Pediatria**.v.79, p.478-9, 2003.

FIGUEIREDO, N. M. A. Enfermagem e a Questão ambiental. **In: Ensinando a cuidar em Saúde Pública**. 3 ed. São Caetano do Sul: Yendis, 2005.

FISHER, G.B. Bronquiolite viral aguda. **In Rozov T. Doenças pulmonares em Pediatria**. 2ª ed. São Paulo: Atheneu, 2011.

FLEMING, D.M.; ELLIOT, A.J. The management of acute bronchitis in children. **Expert Opin Pharmacother**. v.8, n.4, p.415-26, 2007.

FONSECA, C. M. C. S. Pneumonias em adultos, adquiridas na comunidade e no hospital. Simpósio de doenças pulmonares. Medicina, Ribeirão Preto, 31: 216-228, abr./jun. 1998 Disponível em:http://revista.fmrp.usp.br/1998/vol31n2/pneumonias_adultos_adquirida_%20com_unidade_e_no_hospital.pdf

FREIRE, E., VASCONCELOS, J. A geographical assessment on the relationship between environmental conditions and Portuguese morbidity and mortality. **In: Santis, Salute e Solidarietà, Decimo Seminario Internazionale di Geografia Medica. Edizioni Guerra, Rome, p. 163 – 172, 2012**

GERN, J.E.; LEMANSKE JR. R.F.; BUSSE W.W. Early life origins of asthma. **The Journal of Clinical Investigation**, v. 104, n. 7, p.837-43, 1999.

GONÇALVES, F. L. T.; COELHO, M. S. Z. S. Variação da morbidade de doenças respiratórias em função da variação da temperatura entre os meses de abril e maio em São Paulo. **Ciência e Natura**, UFSM, v. 32, n.1, p. 103-118, 2010.

GONZALES, R.; BARTLETT, J.G.; BESSER, R.B.; COOPER, R.J.; HICKNER, J.M.; HOFFMAN, J.R.; SANDE, M.A. Principles of appropriate antibiotic use for treatment of uncomplicated acute bronchitis: Background. **Annals of Emergency Medicine**. v.37, n.6, p. 720-727, 2001.

GONZÁLEZ, D. A.; VICTORA, C. G.; GONÇALVES, H. Efeitos das condições climáticas no trimestre de nascimento sobre asma e pneumonia na infância e na vida adulta em uma coorte no Sul do Brasil. **Caderno de Saúde Pública**, v. 24, n. 5, p. 1089-102, 2008.

GOYA, A.; FERRARI, G. F. Fatores de risco para morbimortalidade por pneumonia em crianças. **Revista Paulista de Pediatria**, São Paulo, v. 23, n. 2, p.99-105, 2005.

GRAUDENZ G.S.; LANDGRAF R.G; JANCAR S.; TRIBESS A., FONSECA S.G.; FAÉ K.C.; KALIL, J. The role of allergic rhinitis in nasal responses to sudden temperature changes. **J Allergy Clin Immunol** 2006;118:1126e32

GUILLEMINAULT, L.; JUST, J.; HUMBERT, M.; LEROYER, C.; EPAUD, R. La saisonnalité dans l'asthme: causes et approches thérapeutiques. *Presse Med.* 2016; 45: 1005–1018

GUO, L.J.; ZHAO, A.; CHEN, R..J.; KAN, H.D; KUANG, X.Y. Association between ambient air pollution and outpatient visits for acute bronchitis in a Chinese city. **Biomed Environ Sci**.v.27, n. 11, p.833-40, 2014.

HAJAT S; BIRD W, HAINES, A. Cold weather and GP consultations for respiratory conditions by elderly people in 16 locations in the UK. **European Journal of Epidemiology**. v. 10, p.959-968, 2004.

HARROD, K.S.; JARAMILLO, R.J.; ROSENBERGER C.L.; WANQ, S.Z.; BERGER, J.A.; MCDONALD, J.D.; REED, M.D. Increased susceptibility to RSV infection by exposure to inhaled diesel engine emissions. **American Journal of Respiratory Cell and Molecular Biology**. v. 28, p.451-463, 2003.

HETZEL, J.L.; SILVA, L.C.C.; SILVA, L.M.C. Asma Brônquica. **In: Doenças Pulmonares**. Guanabara Koogan: Rio de Janeiro, 2008.

HOBBS, J. E. **Weather and Human Behavior**. Applied Climatology: A study of Atmospheric Resources. New York, Dawson West view Press, 1980.

HUESTON, W.J.; MAINOUS, A.G. Acute bronchitis. **Am Fam Physician**. V.57, p. 1270-1280, 1998.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Cidades. Dados do Censo. 2018. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 19 maio 2018.

INS-Instituto Nacional de Salud. Protocolo de Vigilancia em Salud Pública. **Infección Respiratória Aguda (IRA)**. v.05, 2016. Disponível em: <http://www.ins.gov.co/lineasdeaccion/SubdireccionVigilancia/sivigila/Protocolos%20SIVIGILA/PRO%20Infeccion%20Respiratoria%20Aguda%20IRA.pdf>. Acesso em:10jan2017.

IPCC - Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas Publicações Dados, Glossário, 2013. Disponível em: <<http://www.ipcc.ch/pdf/glossary/ipcc-glossary.pdf>> Acesso em: 09/12/2016.

ISSAC-MARQUEZ AP, LEZAMA-DAVILA CM, KU-PECH RP, TAMAY-SEGOVIA P. Calidad sanitaria de los suministros de agua para consumo humano en Campeche. **Salud pública de México**. v. 36, p. 655-61, 1994.

KNUTSON, D.; BRAUN, C. Diagnosis and management of acute bronchitis. **Am Fam Physician** .v.65, n.10, p.2039-44, 2002.

KUMAR, V.; ABBAS, A.K.; FAUSTO, N. ASTER, J.C. **Robins e Contran: Patologia - Bases patológicas das doenças**. 8ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010

LAMBERT AL, MANGUM JB, DELORME MP, EVERITT JI. Ultrafine carbonblack particles enhance respiratory syncytial virus-induced airway reactivity, pulmonary inflammation, and chemokine expression. **Toxicological Sciences**; v.73:339–348, 2003.

LATORRE, M. R.D.O; CARDOSO, M.R.A. Análise de séries temporais em epidemiologia: uma introdução sobre os aspectos metodológicos. **Revista Brasileira de Epidemiologia**. v. 4, n. 3, p.145-152

LESER, W. S.; BARBOSA, V.; BARUZZI, R. G.; RIBEIRO, M. D. B.; FRANCO, L. J. **Elementos de Epidemiologia Geral**. São Paulo: Atheneu, 1985.

LIMA, E. A.; FIRMINO, J. L.N.; GOMES FILHO, M.F. A relação da precipitação pluviométrica e os casos de dengue nos estados de Alagoas e Paraíba nordeste do Brasil. **Revista brasileira de meteorologia**, v. 23, n.3, 264-269, 2008.

LIMA, N.R.; PINHEIRO, G.M.; MENDONÇA, F. Clima urbano no Brasil: análise e contribuição da metodologia de Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro. **Revista Geonorte**. v.2, n.5, p.626 – 638, 2012.

LIN, S.; LUO, R.J.; LIU, W.X.; HWANG, S. CHINERV, R. Extreme High Temperatures and Hospital Admissions for Respiratory and Cardiovascular Diseases. **Epidemiology**, v.20, n.5, p. 738-746, 2009. Disponível em: http://journals.lww.com/epidem/Abstract/2009/09000/Extreme_High_Temperatures_and_Hospital_Admissions.21.aspx. Acesso em 04 dez 2016.

LOWEN, A.C., MUBAREKA, S., STEEL, J., PALESE, P., 2007. Influenza virus transmission is dependent on relative humidity and temperature. *PLoS Pathogens* 3, 1470-6.

MACEDO, S.E.; MENEZES, A.M.; ALBERNAZ, E.; POST, P.; KNORST, M. Fatores de risco para internação por doença respiratória aguda em crianças até um ano de idade. **Revista de Saúde Pública**, v.41, p.351-8, 2007.

MARTINI, A.; BIONDI, D.; BATISTA, A. C. Variação Diária e Estacional do Microclima Urbano em Ruas Arborizadas de Curitiba-PR. **Floresta e Ambiente**. v. 20 n.4, p.460-469, 2013.

MARTINS L.C.; LATORRE M.R.; SALDIVA P.P.; BRAGA A.L. Relação entre poluição atmosférica e atendimentos por infecção de vias aéreas superiores no município de São Paulo: avaliação do rodízio de veículos. **Revista Brasileira de Epidemiologia** v. 4, p. 220-229, 2001.

MENDOÇA, F. Aspectos da interação clima-ambiente-saúde humana: da relação sociedade-natureza à (in)sustentabilidade ambiental. **R. RA'EGA**. n. 4, p. 85-99, 2000. Editora da UFPR. Disponível: <<https://www.researchgate.net/publication/269735181>> Acesso: 10 nov 2016.

MENDONÇA, F.A. **Clima e Criminalidade**: ensaio analítico da correlação entre a temperatura do ar e a incidência de criminalidade urbana. 1ª ed. Curitiba: Editora UFPR, 2001.

MENDONÇA, F.; PAULA, E.V. Meningites no estado do Paraná. **Revista RA' EGA**. n. 14, p. 127-143, 2008.

MENDONÇA, F. de A.; SOUZA, A.V. e; DUTRA, D. de A. Saúde pública, urbanização e dengue no Brasil. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, v. 21, n.3, 2009.

MIRANDA, M.J. Análise temporal das internações por gripe e pneumonia associadas às variáveis meteorológicas no município de São Paulo, SP. **Revista do Instituto Geológico**, São Paulo, 37 (2), 61-71, 2016.

Mc MICHAEL, A. J. Global climate change and health: na old story writ large. **Climate change and human health. Riskis and reponses**. Genebra: WOH, p. 1-17, 2003. Disponível em: <<http://www.who.int/globalchange/publications/climatechangechap1.pdf>. >Acesso em: 19 dez 2016.

MCCULLAGH, P.; NELDER, J. A. **Generalized Linear Models**. 2. ed. [S.l.]: Chapman & Hall, 1989.

MIRANDA, L. C.; PARENTE, M.; SILVA, C. *et al.* A percepção da dor e alterações climáticas em doentes reumáticos. **Acta Reumatológica Portuguesa**, v.32, p.351-61, 2007.

MORETTIN, P.A.; TOLOI, C.M.C. **Previsão de séries temporais**. 2.ed. São Paulo: Atual Editora, 1985.

MORETTIN, P.A.; TOLOI, C.M. **Análise de séries temporais**. São Paulo Editora Edgard Blucher, 2004.

MORETTIN, P.A.; TOLOI, C.M. **Análise de séries temporais**. 2 ed. São Paulo: Atual, 2006.

MOURA, F.E.A; BORGES, L.C.; SOUZA, L.S.F.; RIBEIRO, D.H.; SIQUEIRA, M.M.; RAMOS, E.A.G. Estudo de infecções respiratórias agudas virais em crianças atendidas em um centro pediátrico em Salvador (BA). **Jornal Brasileiro de Patologia e Medicina Laboratorial**. v. 39, n. 4, p. 275-282, 2003.

MURARA P.G.; AMORIM, M.C. DE C. T. Clima e saúde: variações atmosféricas e óbitos por doenças respiratórias. **Revista Brasileira de Climatologia**. v.6, p. 79-92, 2010.

MURARA, P.G.; MENDONÇA, M.; BONETTI, C. O clima e as doenças circulatórias e respiratórias em Florianópolis/schygeia, ISSN: 1980-1726 **Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde** Hygeia 9 (16): 86 - 102, Jun/2013

NEDEL, A.S. **Condições Meteorológicas Favoráveis à Ocorrência de Doenças Respiratórias em Crianças da Cidade de São Paulo**. São Paulo, 2008, 193 fls. Tese (Doutorado em Meteorologia). Despertamento de Ciências Atmosféricas. Universidade de São Paulo.

NATALI, R.M.; SANTOS, D.S.P.S; FONSECA, A.M.C.; FILOMENO, G.C.M.; FIGUEIREDO, A.H.A.; TERRIVEL, P.M.; MASSONI, K.M.; BRAGA, A.L. Perfil de internações hospitalares por doenças respiratórias em crianças e adolescentes da

cidade de São Paulo, 2000-2004. **Revista Paulista de Pediatria**, v.29, n.4, p.584-90, 2011.

NUNES, B. B. DA S.; MENDES, P. C. Clima, ambiente e saúde: um resgate histórico. **Caminhos de Geografia**, v.12 n.42, p. 258-269. 2012.

O'BRODOVICH, H.M.; HADDAD, G.C. The functional basis of respiratory pathology and disease. In: **Chernick V, Boat TF, Wilmott RW, Bush A. Kendig's Disorders of the Respiratory Tract in Children**. 6 ed. Philadelphia: W.B. Saunders, 1998.

OLIVEIRA, B.R.G; VIERA, C.S.; COLLET, N. LIMA,R.A.G. Causes of hospitalization in the National Healthcare System of children aged zero to four in Brazil. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, v. 13, n.2, p.268-277, 2010.

OMONIJO, A.G., OGUNTOKE, O., MATZARAKIS, A., ADEOFUN, C.O., 2011. A Study of Weather Related Respiratory Diseases in Eco-climatic Zones. *African Physical Review* 5, 41-56

ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE – OPAS. **Mudança Climática e Saúde: um perfil do Brasil / Organização Pan-Americana da Saúde**; Ministério da Saúde – Brasília, 2009.

OMS-Organização Mundial da Saúde. Infecções respiratórias agudas em crianças: seu tratamento em hospitais de pequeno porte. Notas técnicas e manual para médicos; 1994.

PAIM, J.S.; ALMEIDA-FILHO, N. **Saúde coletiva: teoria prática**. 1^a ed. Rio de Janeiro: MedBook, 2014.

PARKER, S. Sistema circulatório. In: **O livro do corpo humano**. São Paulo: Ciranda Cultural, 2007.

PAULA, G. A. **Modelos de regressão com apoio computacional**. São Paulo: USP, 2013.

PAYNTER, S.; WARE, R.S.; WEINSTEIN, P.; WILLIAMS, G.; SLY, P.D. Childhood pneumonia: a neglected, climate-sensitive disease? **Lancet** . v.376, p.1804–1805, 2010.

PEDERSEN,S.E; HURD, S.S.; LEMANSKE JÚNIOR, R.F.; BECKER, A.; ZAR, H.J; SLY, P.D.; SOTO-QUIROZ, M.; WONG, G.; BATEMAN, E.D. Global strategy for the diagnosis and management of asthma in children 5 years and younger. **Pediatr Pulmonol.** V.46, N.1, P.1-17, 2011.

PEREIRA, M.G. **Epidemiologia teoria e prática**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2012.

PESCE, G.; BUGIANI, M.; MARCON, A.; MARCHETTI, P.; CAROSSO, A.; ACCORDINI, S.; ANTONICELLI, L.; COGLIANI, E.; PIRINA, P.; POCETTA, G.; SPINELLI, F.; VILLANI, S.; MARCO, R. Geo-climatic heterogeneity in self-reported asthma, allergic rhinitis and chronic bronchitis in Italy. **Science of the Total Environment**. v. 544, p. 645–652, 2016.

PHILIPPI JR, A. **Saneamento, Saúde e Ambiente: Fundamentos para um desenvolvimento sustentável**. 10^a ed. São Paulo: Manole, 2005.

PINHEIRO, B.V., OLIVEIRA, J.C.A. Pneumonia Adquirida na Comunidade. **Revista da Universidade Federal de São Paulo**. São Paulo, v. 33, p. 7-15, 2007.

PITTON, S. E. C.; DOMINGOS, A. E. Tempo e doenças: efeitos dos parâmetros climáticos nas crises hipertensivas nos moradores de Santa Gertrudes- SP. **Estudos Geográficos**. v. 2, n.1, 2004. Disponível em: [http< www. Rc. Unesp.br/igce/grad/geografia/revista.htm>](http://www.Rc.Unesp.br/igce/grad/geografia/revista.htm). Acesso em: 10 out 2016.

PONTES, C. C.; LEITE, M. de L.; GAVÃO, N.; VIRGENS FILHO, J. S. das. Efeitos do clima na saúde: análise das internações de crianças menores de cinco anos por pneumonia no município de Ponta Grossa – PR. **Revista Brasileira de Climatologia**, Curitiba, ano 12, v. 18, p. 38-52, jan./jun. 2016.

RALSTON, S.L; LEBERTHAL, A.S.; MEISSNER H.C; ALVERSON, B.K; BALEY, J.E; GADOMSKI, A.M; JOHNSON, D.W; LIGHT, M.J.; MARAGA, N.F; MENDONÇA, E.A; PHELAN K.J; ZORC J.J; STANKO-LOPP, D.; BROWN, M.A; NATHANSON, I.; ROSENBLUM, E.; SAYLES, S. HERNANDEZ-CANCIO, S. Clinical practice guideline: the diagnosis, management, and prevention of bronchiolitis. **Pediatrics**. v.134, n.5, p. 1474-502, 2014.

R DEVELOPMENT CORE TEAM (2011), **R: A Language and Environment for Statistical Computing**. Vienna, Austria: the R Foundation for Statistical Computing. ISBN: 3-900051-07-0. Available online at <http://www.R-project.org/>.

RIOS, M.; GARCÍA, J.M.; SÁNCHEZ, J.A.; PÉREZ, D. A statistical analysis of the seasonality in pulmonary tuberculosis. **European Journal of Epidemiology**. v. 16, n.5, p.483-488, 2000.

ROSA, A.M.; IGNOTTI, E.; HACON, S.S.; CASTRO, H.A. Análise das internações por doenças respiratórias em Tangará da Serra- Amazônia Brasileira. **Jornal brasileiro de pneumologia**. v.34, n. 8, p. 575-582, 2008.

ROUQUAYROL, M. Z.; ALMEIDA FILHO, N. A. **Epidemiologia & Saúde**. 6^a ed. Rio de Janeiro: MEDSI: 2003.

ROUQUAYROL, M. Z.; GURGEL, M. **Epidemiologia e saúde**. 7. ed. Rio de Janeiro: Medbook, 2013.

RUDAN I, O'BRIEN KL, NAIR H, LIU L, THEODORATOU E, QAZI S, et al. Epidemiology and etiology of childhood pneumonia in 2010: estimates of incidence, severe morbidity, mortality, underlying risk factors and causative pathogens for 192 countries. **J Global Health**. 2013;3(1):10401

SALDANHA, C.T.; SILVA, A. M.C.; BOTELHO, C. Variações climáticas e uso de serviços de saúde em crianças asmáticas menores de cinco anos de idade: um estudo ecológico. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**. v.31, n.6, p.492-498, 2005.

SANGHO SOHN¹ , WONJU CHO² , JIN A KIM² , ALAA ALTALUONI² , KWAN HONG¹ , BYUNG CHUL CHUN¹. Pneumonia Weather': Short-term Effects of Meteorological Factors on Emergency Room Visits Due to Pneumonia in Seoul, Korea. **Journal of Preventive Medicine & Public Health** 2019;52:82-91

SANTOS, M.S.; TROSTER, E.J.; BRANDÃO, A.C.; STAPE, A.; BRITTO, J. L.B.; FAHL, K.; MOREIRA, M.C.A.; FERNANDES, M.T.B.; SANTOS, M.S.; NUDELMAN, V. **Diretrizes Assistenciais. Bronquiolite: Diretrizes para o diagnóstico, tratamento e prevenção**, Albert Einstein Hospital Israelita, 2008.

SANTOS, D. A. S. **Influências das variáveis climáticas na prevalência de Infecção Respiratória Aguda em crianças menores de dois anos no município de Rondonópolis-MT**. Rondonópolis, 2015. 132p. Tese (Doutorado em Recursos Naturais) - Universidade Federal de Campina Grande.

SANTOS, D. A.S.; AZEVEDO, P.V.; SANTOS, C.A.C; SOUZA, A.; SETTE, D.M.; SOUZA, P.M. A relação das variáveis climáticas na prevalência de infecção respiratória aguda em crianças menores de dois anos em Rondonópolis-MT, Brasil. **Ciências & Saúde Coletiva**. V.22, n.11, p. 3711-3721, 2017.

SCHWARTZMANN, P.V; VOLPE, G. J; VILAR, F. C. 3,4, JULIO C. MORIGUTI, J.C. **Simpósio: Condutas em enfermaria de clínica médica de hospital de média complexidade** - Medicina (Ribeirão Preto) v.43, n.3, p.238-248, 2010.

SEGALA, C., FAUROUX, B., JUST, J., PASCUAL, L., GRIMFELD, A., NEUKIRCH, F. Short-term effect of winter air pollution on respiratory health of asthmatic children in Paris. **European Respiratory Journal** v.11, p.677–685, 1998.

SENAC. D.N. **Saúde e prevenção de doenças: a relação entre indivíduos e as condições socioambientais**. 1^a ed. Rio de Janeiro: Senac Nacional, 2009.

SERRA, A. Climatologia Médica. **Boletim geográfica**, v.33, n. 240, 1987.

SCHMIDT, C. M. C. **Modelo de regressão de Poisson aplicado à área da saúde**. Ijuí, 2003. 98 p. Dissertação (Mestrado em Modelagem Matemática) - Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul.

STEIN, R.T. Early-Life Viral Bronchiolitis in the Causal Pathway of Childhood Asthma Is the Evidence There Yet? **American Journal of respiratory and critical care medicine**. v. 178, n.11, p.1097-1099, 2008.

SIGURS, N.; BJARNASON R.; SIGURBERGSSON F.; KJELLMAN B. Respiratory syncytial virus bronchiolitis in infancy is an important risk factor for asthma and allergy at age 7. **American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine**. v.161, p.1501–1507, 2000.

SILVA JÚNIOR, J. L. R.; DINIZ, I. T. DE LIMA ; NUNES, L. F. G.; BORGES, T. R. Efeito da sazonalidade climática nas hospitalizações por doença respiratória na cidade de Anápolis-GO entre 2002 e 2012. **Rev. Educ. Saúde** 2016; 4 (2): 31-42.

SILVA JÚNIOR, J.L.R.; PADILHA, T.F.; REZENDE, J.E.; RABELO, E.C.A.; FERREIRA, A.C.G.; RABAHI, M.F. Efeitos da sazonalidade climática na ocorrência de sintomas respiratórios em uma cidade de clima tropical. **Jornal brasileiro de pneumologia**. v. 37 n. 6, p.759-767, 2011.

SILVA, R.D.; VIANA, V.P.; MULLER, A.M.; LIVI, F.P.; DALCIN, P.T.R. Respiratory viral infections and effects of meteorological parameters and air pollution in adults with respiratory symptoms admitted to the emergency room. **Influenza and Other Respiratory Viruses**. v.8 n. 1, 42-52, 2013.

SILVA, F.D.; SANTOS, A.M.; CORRÊA, R.G.C.F; CALDAS, A.J.M. Temporal relationship between rainfall, temperature and occurrence of dengue cases in São Luiz, Maranhão, Brazil. **Ciência & Saúde Coletiva**. v. 21 n.2, p. 641-646, 2016.

SILVERMAN, R.A., ITO, K. Age-related association of fine particles and ozone with severe acute asthma in New York City. **Journal of Allergy and Clinical Immunology**. v.125, n. 2, 2010. Disponível: < <http://dx.doi.org/10.1016/j.jaci.2009.10.061> [367.e5–73.e5].> Acesso em: 20 Fev. 2017.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE PNEUMOLOGIA E TISIOLOGIA- SBPT. IV Diretrizes Brasileiras para o Manejo da Asma. *J Bras Pneumol*. v .32(Supl 7):S447-S474, 2006.

Sociedade Paulista de Pneumologia e Tisiologia- SPPT. **Pulmonar pela sua saúde respiratória**. Disponível em <<http://www.pulmonar.org.br/?op=paginas&tipo=pagina&secao=1&pagina=35>>. 2012. Acesso: 20 jan 2017.

SOUZA, A.; ARISTONE, F.; FERNANDES, L.; BAI, L.; YU, W.; SANTOS, D.A.S.; SABBA, I. Hospitalizações por infecção respiratória associada a fatores ambientais. **Revista Brasileira de Promoção a Saúde**, Fortaleza, 27(3): 312-318, jul./set., 2014

SOUZA, A.; FERNANDES, W. A.; PAVÃO, H.G; ALBREZ, G.L.E.A. Potenciais impactos da variabilidade climática sobre a morbidade respiratória em crianças, lactentes e adultos. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**. v. 38 n. 6, p.708-715, 2012.

SPIEGEL, M. R. **Estatística**. 3. ed. São Paulo: Pearson Makron Books, 1993.

STOCCO, C.; LEITE, M.L.; LABIAK, V.B.; VIRGENS FILHO, J.S.; NASCIMENTO, E. Influência de Variáveis Climáticas sobre a Incidência de Meningite e sua Distribuição Espacial no Município de Ponta Grossa – PR, 2001-2005. **Saúde e Sociedade**. v.19, n.1, p.84-93, 2010.

TADANO, Y. S. **Análise do impacto de MP10 na saúde populacional**: estudo de caso em Araucária, PR. 2007. 99 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica e de Materiais), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

TAUSSIG, L.M.; WRIGHT, A.L.; HOLBERG, C.J.; HALONEN, M.; MORGAN, W.J.; MARTINEZ, F.D. Tucson Children's Respiratory Study: 1980 to present. **Journal of Allergy and Clinical Immunology**. v. 111, p.661-675, 2003.

TIAN DD, JIANG R, CHEN XJ, YE Q. Meteorological factors on the incidence of MP and RSV pneumonia in children. **PLoS One** 2017;12(3):e0173409.

TOGIAS AG, NACLERIO RM, PROUD D, FISH JE, ADKINSON JR NF, KAGEY-SOBOTKA, A.; NORMAN, P.S.; LICHTENSTEIN, L.M.. Nasal challenge with cold, dry air results in release of inflammatory mediators. Possible mast cell involvement. **J Clin Investig** 1985;76:1375e81

TORTORA, G. R. O Sistema Cardiovascular (circulatório). In: **Corpo Humano: fundamentos de anatomia e fisiologia**. 4ª ed. Porto Alegre: Artmed Editora. 2000.

TOYOSHIMA, M.T.K.; ITO, G.M.; GOUVEIA, N. Morbidade por doenças respiratórias em pacientes hospitalizados em São paulo/SP. **Revista da Associação Médica Brasileira**. v. 51, n.4, p.209-213, 2005.

TRAVASSOS, K. D.; GHEYI, H.R.; SOARES, F.A.L.; BARROS, H.M.M.; DIAS, N.S.; UYEDA, C.A.; SILVA, F.V. Crescimento e desenvolvimento de variedades de girassol irrigado com água salina. **Irriga, Botucatu, Edição Especial**, p. 324 - 339, 2012.

VALENÇA, L.M.; RESTIVO, P.C.N; NUNES, M.S. Variação sazonal nos atendimentos de emergência por asma em Gama, Distrito Federal. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**.v.32, n.4, p.284-289, 2006.

VIANELLO, R.L.; ALVES, A. R. **Meteorologia Básica e Aplicações**.1º Ed. Viçosa: Editora UFV , 2000.

VIEIRA, S.E; STEIN R.T. Bronquiolite viral aguda. In: Rodrigues JC; ADDE, F.V; FILHO, L.V.R. Doenças respiratórias. São Pauo:Manole, 2008.

WANG, J.V.; CAVAGNARO, C.C.; CLARK,S.; CAMARGO JÚNIOR, C.A.; MANSBACH, J.M. Altitude and environmental climate effects on bronchiolitis severity among children presenting to the emergency departamento. **Journal of Environmental Health**. v. 75, n.73, p. 8-15, 2012.

WARDLAW, T.; SALAMA, P.; JOHANSSON, E.W.; MASON, E. Pneumonia: the leading killer of children. **Lancet**. v. 368, n. 9541, p.1048-50, 2006.

WELTE, T.; TORRES, A.; NATHWANI, D. Clinical and economic burden of community-acquired pneumonia among adults in Europe. **Thorax**. v.67, n.1, p.71-79, 2012.

WENZEL, R.P.; FOWLER , A.A. Clinical practice. Acute bronchitis. **New England Journal of Medicine**. v.355, n. 20, p. 2125-30, 2006.

WILKS, D.D. **Statistical Methods in the Atmospheric Sciences**. 2^a Ed., 2006.

WHO: <http://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/pneumonia>. 2016

WORLD HEALTH ORGANIZATION [homepage on the Internet]. Geneva: World Health Organization [cited 2014 May 20]. The top 10 causes of death Available from: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs310/en/index1.html>.

XIRASAGAR, S.; LIN, H.C; LIU, T.C. Seasonality in pediatric asthma admissions: the role of climate and environmental factors **European journal of pediatrics**. v. 165, p.747–752, 2006.

XU, Z.; HU, W.; TONG, S. Temperature variability and childhood pneumonia: an ecological study. **Environmental health**. v.131, p.2-8, 2014.

XU Z.; ETZEL RA, SU H, HUANG C., GUO Y., TONG S. Impact of ambient temperature on children's health: a systematic review. **Environ Res**.v.117, p.120-131, 2012.

YAMAZAKI S, SHIMA M, ANDO M, NITTA H. Modifying effect of age on the association between ambient ozone and nighttime primary care visits due to asthma attack. **Journal of Epidemiology**. v.19, p.143–151, 2009.
https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3944030/pdf/12199_2013_Article_371.pdf. Acesso em 30 Jan 2017.

YUSUF, S.;PIEDIMONTE, G.; AUAIS, A.; DEMMLER, G.; KRISHNAN, S.; VAN CAESELE, P.; SINGLETON, R.; BROOR, S.; PARVEEN, S.; AVENDANO, L.; PARRA, J.; CHAVEZ-BUENO, S.; MURGUIÁ DE SIERRA, T.; SIMOES, E.A.F.; SHAHA, S.; WELLIVER, SR., R. The relationship of meteorological conditions to the epidemic activity of respiratory syncytial virus. **Paediatric Respiratory Reviews**. v.135,n.7,p.1077–1090, 2007.

ZEM. J. **Interações entre a temperatura do ar e a incidência de Doenças respiratórias na população infantil da cidade de São José dos Pinhais/PR**. 2004, 172f. Dissertação (Pós-Graduação em Geografia) Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.