



Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: www.ufpe.br/rbgfe



Clima e Doenças: Análise dos Elementos Meteorológicos e Infecções Respiratórias Agudas nas Capitais do Nordeste Brasileiro

Ana Carla dos Santos Gomes¹; Thalyta Soares dos Santos²; Maytê Duarte Leal Coutinho³; Allan Rodrigues Silva⁴.

^{1,2,3,4} Doutorandos em Ciências Climáticas da Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN, Natal/RN-Brasil. anacarlsg02@gmail.com¹, tthalysoares@gmail.com², maytecoutinho@yahoo.com.br³, allansilva.r@gmail.com⁴.

Artigo recebido em 31/07/2013 e aceito em 16/09/2013.

RESUMO

Estudos demonstram que o clima influencia de forma também danosa ao meio ambiente, bem como manifestação de determinados agravos à saúde. Procurou-se analisar as capitais do Nordeste Brasileiro. O objetivo deste estudo é detectar possíveis associações entre as infecções respiratórias agudas em crianças e o clima nas capitais. Utilizaram-se dados mensais do Sistema Único de Saúde – SUS de internações por infecções agudas do sistema respiratório; dados mensais de variáveis meteorológicas (temperatura do ar, umidade relativa do ar, Precipitação pluvial acumulada), disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia, no período de 2000 a 2011. Foi utilizado o modelo marginal das Equações de Estimativas Generalizadas, a fim de obter estimativas confiáveis para as variáveis, levando em consideração os dados de contagem e uma estrutura de correlação para detectar associações entre os indicadores climáticos e os números de internações. Os resultados constataam que Fortaleza apresentou o maior número de casos, totalizando 72.670 internações. Constatando também associações significativas, do número de internações de crianças, com a temperatura e a umidade relativa do ar (ambos os valores $p < 0,001$) na cidade do Recife-PE. Em Fortaleza-CE e Natal-RN as associações significativas, entre número de internações de crianças foram captadas apenas com a temperatura (ambos os valores $p < 0,001$). Salvador-BA e Teresinha-PI mostraram associações significativas com a umidade relativa do ar (valor $p = 0,019$ e $0,033$ respectivamente). Aracaju-SE, João Pessoa-PB e São Luís-MA as associações significativas ocorreram apenas com a precipitação (valor $p < 0,001$, $0,050$ e $0,001$ respectivamente). Esses resultados preliminares podem ser indicadores para que gestores possam focar em medidas que possam minimizar os efeitos danosos da variabilidade climática na saúde.

Palavras-Chave: Doenças Respiratórias, Modelo Marginal de Equações de Estimativa Generalizadas.

Climate and Diseases: Analysis of Elements Meteorological and Respiratory Infections Acute in the Capitals of Northeast of Brazil

ABSTRACT

Studies show that the climate influence so harmful to the environment, also as well as manifestation of certain health problems. We analyze the capitals of Northeastern Brazil. The objective of this study is to detect possible associations between acute respiratory diseases in children and the climate in the capital. Monthly data were used from the National Health System – SUS admissions for acute diseases of the respiratory system; monthly weather variables data (air temperature, relative humidity, precipitation accumulated), provided by the National Institute of meteorology, in the period from 2000 to 2011. We used the marginal model of generalized equations estimations, in order to obtain reliable estimates for the variables, , taking into account the count data and correlation structure to detect associations between climatic indicators and numbers of hospitalizations. The results indicate that Fortaleza presented the largest number of cases, totaling 61,670 hospitalizations. Noting also significant associations, the number of hospitalizations of children, with the temperature and the relative humidity of the air (both p -values < 0.001) in the city of Recife-PE. Fortaleza-CE and Natal-RN only with temperature (both p -values < 0.001). Salvador-BA and Teresina-PI showed association with relative air humidity (p -value = 0.019 and 0.033 , respectively), Aracaju-SE, João Pessoa-PB and São Luís-MA only with precipitation (p -value, 0.050 0.001 0.001 and $<$ respectively). These preliminary results can be indicators that managers can focus on measures that can minimize the harmful effects of climate variability on health.

* E-mail para correspondência: anacarlsg02@gmail.com (Gomes, A. C. S.).

Introdução

Procurou-se analisar as capitais do Nordeste Brasileiro (NEB), que se encontram na região entre o trópico de capricórnio e a linha do equador; por isso, as temperaturas médias são mais altas, quando comparadas com as cidades do Sul e Sudeste, as amplitudes térmicas são menores, ou seja, faz calor o ano todo, são cidades litorâneas (úmidas), possuindo assim um regime de chuvas frequentes, destacou-se a dinâmica das massas de ar, pois atuam diretamente tanto na temperatura quanto na Precipitação pluvial, provocando as diferenciações climáticas regionais (Nimer, 1979).

Os municípios do nordeste Brasileiro (NEB), devido as suas localizações geográficas, apresentam aspectos climáticos e meteorológicos diferentes. A região do NEB é influenciada por diferentes tipos de sistemas meteorológicos com características tropicais e extratropicais. Dentre os sistemas meteorológicos de diferentes escalas de tempo e espaço, podem ser citadas as Frentes Frias, os Complexos Convectivos de Meso-escala (CCM), Linhas de instabilidades (LI), Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), conforme Uvo (1989). Deve-se salientar que alguns destes sistemas só atuam em determinadas estações do ano. Além disso, a topografia e a proximidade com o Oceano Atlântico ajudam na singularidade climática das cidades litorâneas (Cortez & Ortigoza, 2009).

A interação entre sistemas de escalas diferentes é responsável pela alta variabilidade temporal e espacial da Precipitação pluvial no NEB, provocando tanto excesso de chuva e enchentes como também secas severas, Molion e Bernardo (2002), isso estará relacionado também com o número de internações por doenças respiratórias. Grosso (2010) destaca que períodos de estiagem prolongada, oscilações e quedas de temperatura e umidade relativa, na maioria das vezes, a baixo de 60%, coincidiram com os momentos em que houve aumento do número de casos de internação, por agravos respiratórios.

Para Confalonieri (2003), o clima pode atuar sobre a saúde das pessoas de duas formas básicas:

1. O clima com influência sobre o comportamento biológico;
2. Fenômenos climáticos e/ou meteorológicos extremos com possibilidade de acidentes e traumas aos envolvidos.

O primeiro poderia culminar, por exemplo, em casos de doenças respiratórias ou facilitar a recuperação das mesmas. Enquanto o segundo representaria o caso de vítimas de enchentes ou secas prolongadas.

Ayoade (2007) confirma que temperaturas extremamente altas provocam a incidência de choques térmicos, exaustão e câibras pelo calor. Por outro lado, temperaturas extremamente baixas causam doenças como artrites, sinusites e enrijecimento de juntas, e ainda, o ar muito

seco prejudica ou diminui o vigor físico e a disposição para o trabalho físico e mental. Murara et al. (2010) corrobora que o clima frio influencia no desencadeamento de doenças respiratórias e cardiovasculares, como asma, bronquite, sinusite, acidente vascular cerebral, angina e arritmias cardíacas e que a poluição atmosférica é um dos outros agentes responsáveis.

Não podendo deixar de mencionar que os efeitos das variáveis meteorológicas na saúde são classificados segundo Cavalcanti (2010) da seguinte forma:

- Agudos — podendo ser de caráter temporário, efeitos imediatos, como irritação nos olhos, tosse e até efeitos graves, como o aumento de mortalidade. Os efeitos agudos são, em geral, reversíveis (como é o caso das irritações na vista) e ocorrem quando há condições de tempo adversas, com consequente aumento da concentração de poluentes.
- Crônicos — de caráter permanente, podendo ocasionar prejuízos à saúde das pessoas, causando-lhes incômodos e desconforto (danos sociais), provocando, também em longo prazo, efeitos consistentes, por exemplo, em uma intoxicação gradativa, causada pela presença no ar de gases tóxicos e partículas em suspensão, provocando infecções das vias respiratórias mais ou menos permanentes (asma e bronquite).

Com o intuito de elucidar o grau de relação entre o comportamento de morbidades por doenças respiratórias, em crianças de zero

a quatro anos, com variáveis meteorológicas, analisou-se o comportamento espacial, por local de residência, dessas internações, provenientes do aparelho respiratório em 95 municípios da região do nordeste brasileiro (NEB) no período de 2000 a 2011, associadas às variáveis meteorológicas, temperatura do ar, umidade relativa do ar e pluviosidade acumulada.

Material e Métodos

Foram utilizados dados mensais de morbidades por infecções respiratórias agudas (IRA): Amigdalite Aguda, Bronquite aguda, Bronquiolite Aguda, Faringite aguda, Laringite, Pneumonia e Traqueíte Aguda, por local de residência, em crianças de zero a quatro anos, do banco de dados do Sistema Único de Saúde, disponibilizados pelo DATASUS, por local de residência, no site: <http://www.datasus.gov.br/>.

As variáveis meteorológicas foram: temperatura, precipitação e umidade relativa do ar; obtidas no Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP) do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) no site: <http://www.inmet.gov.br>, referentes às estações meteorológicas presentes nos municípios conforme tabela 01 abaixo.

Foram calculadas as médias mensais da precipitação e temperatura. Também, a média diária de umidade relativa do ar para os meses analisados. Esses cálculos foram obtidos através de script *Fortran* eliminando os meses em que as falhas eram maiores do

que 5 dias. Com estes dados calculados e conhecendo a latitude e longitude de cada estação meteorológica, eles foram transformados em arquivo NetCDF por meio de outro script em *Fortran*, para facilitar a sua posterior manipulação na linguagem NCAR Command Language (NCL), gerando os mapas das doenças, de precipitação, temperatura média e de umidade. A interpolação utilizada para gerar os mapas foi a Krigagem.

Os dados foram trabalhados no NCL (NCAR Command Language), uma linguagem projetada especificamente para o processamento de dados científicos. Possui visualização portátil, robusta e livre, o NCL está disponível como código aberto ou binário, com funções de análises embutidas

em numerosos gráficos de alta qualidade (NCL, 2012).

Ademais foram feitas análises estatística, nas quais se utilizaram os Modelos Marginais das Equações de Estimções Generalizadas, considerando a distribuição *Poisson* para o número de internações e levando em conta uma estrutura de correlação para detectar associações entre os indicadores climáticos e os números de internações.

A modelagem estatística utilizada foi realizada com o auxílio do *software* estatístico livre R 2.15.0. Utilizou-se o pacote *geepack* (*Generalized Estimating Equation Package*) e a função *geeglm* (*Fit Generalized Estimating Equations*) para o modelo marginal das equações de estimação generalizadas.

Tabela 01- Municípios Utilizados para a Construção dos Mapas.

Estados	Cidades
Alagoas	Água Branca, Maceió, Palmeira dos Índios, Pão de Açúcar, Porto de Pedras.
Bahia	Alagoinhas, Barra, Barreiras, Bom Jesus da Lapa, Caetite, Canavieiras, Caravelas, Carinhanha, Cipo, Correntina, Cruz das Almas, Feira de Santana, Guaratinga, Irece, Itirucu (Jaguaquara), Itaberaba, Ituaçu, Jacobina, Lençóis, Monte Santo, Morro do Chapéu, Paulo Afonso, Remanso, Salvador (Ondina), Senhor do Bonfim, Serrinha, Sta. R. de Cassia (Ibipetuba), Vitoria da Conquista.
Ceará	Barbalha, Campos Sales, Crateús, Fortaleza, Guaramiranga, Iguatu, Jaguaruana, Morada Nova, Quixeramobim, Sobral, Taua,
Maranhão	Alto Parnaíba, Bacanal, Balsas, Barra do Corda, Carolina, Caxias, Chapadinha, Colinas, Imperatriz, Turiacu, Zé Doca.
Paraíba	Areia, Campina Grande, João Pessoa, Monteiro, Patos.
Pernambuco	Arcoverde, Cabrobo, Guaranhuns, Pesqueira, Petrolina, Surubim, Triunfo.
Piauí	Bom Jesus do Piauí, Caracol, Esperantina, Floriano, Luzilândia, Parnaíba, Paulistana, Picos, Piripiri, São João do Piauí, Teresina, Vale do Gurgueia.
Rio Grande do Norte	Apodi, Ceara Mirim, Cruzeta, Florania, Macau, Natal, Serido (Caico).
Sergipe	Aracaju, Itaibaianinha, Propria.
Pará*	Belém, Marabá
Tocantins*	Pedro Afonso, Taguatinga.
Minas Gerais*	Espinosa, Pedra Azul.

* dados acrescentados melhorar a interpolação.

Resultados e Discussão

Constatou-se que Fortaleza e Recife foram os municípios com os maiores números de internações, por local de residência, por doenças do aparelho respiratório no período estudado, totalizando 287,474 e 132,994 internações respectivamente. Sendo a Pneumonia principal causa de internação dentre as doenças estudadas. Observou-se nos mapas de distribuição espacial das doenças

Figura 01, que o número máximo das mesmas ocorre durante todos os meses do ano no litoral do NEB e que a média do número de enfermidades para cada latitude é crescente à medida que se aproxima do equador para todos os meses. O número de casos aumenta no interior do território e diminui na costa de janeiro a setembro (exceto julho).

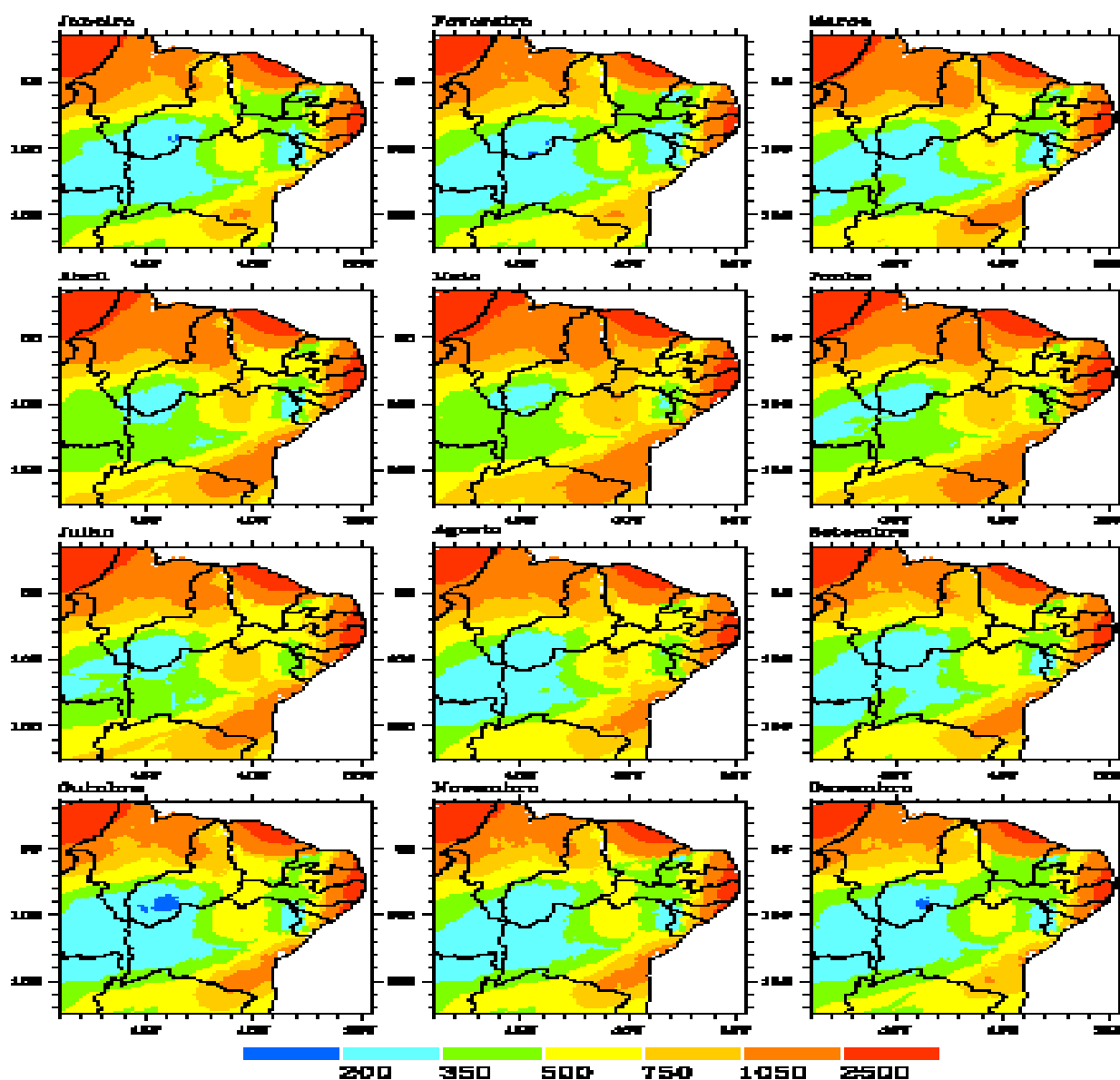


Figura 01- Distribuição espacial das doenças respiratórias em crianças de 0 a 4 anos no NEB, no período de 2000 a 2011.

O comportamento da temperatura média mensal do ar, Figura 02, encontrou-se entre 19°C a 29°C, verificou-se que as temperaturas médias máximas mensais

ocorrem de setembro a janeiro, mais ao norte do NEB. Já as médias mínimas ocorrem mais ao sul do NEB, entre os meses de maio a setembro.

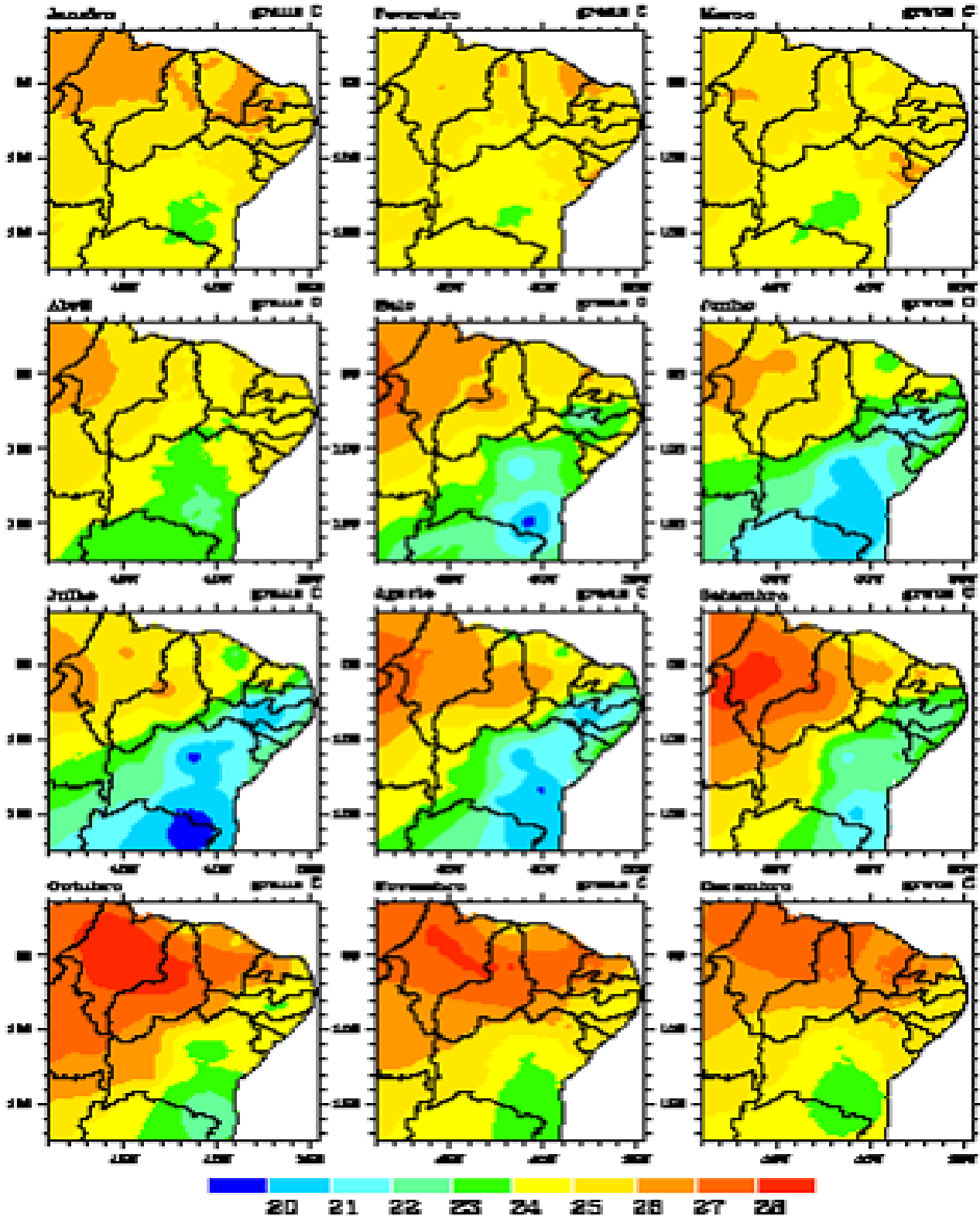


Figura 02- Distribuição espacial das temperaturas médias mensais do ar no NEB, no período de 2000 a 2011.

As umidades médias relativas mensais do ar, Figura 03, encontram-se entre 40% a 90%, destacando-se os meses de agosto e setembro com os valores mais baixos na parte

central da região. Os meses mais úmidos foram evidenciados de janeiro a junho no período estudado.

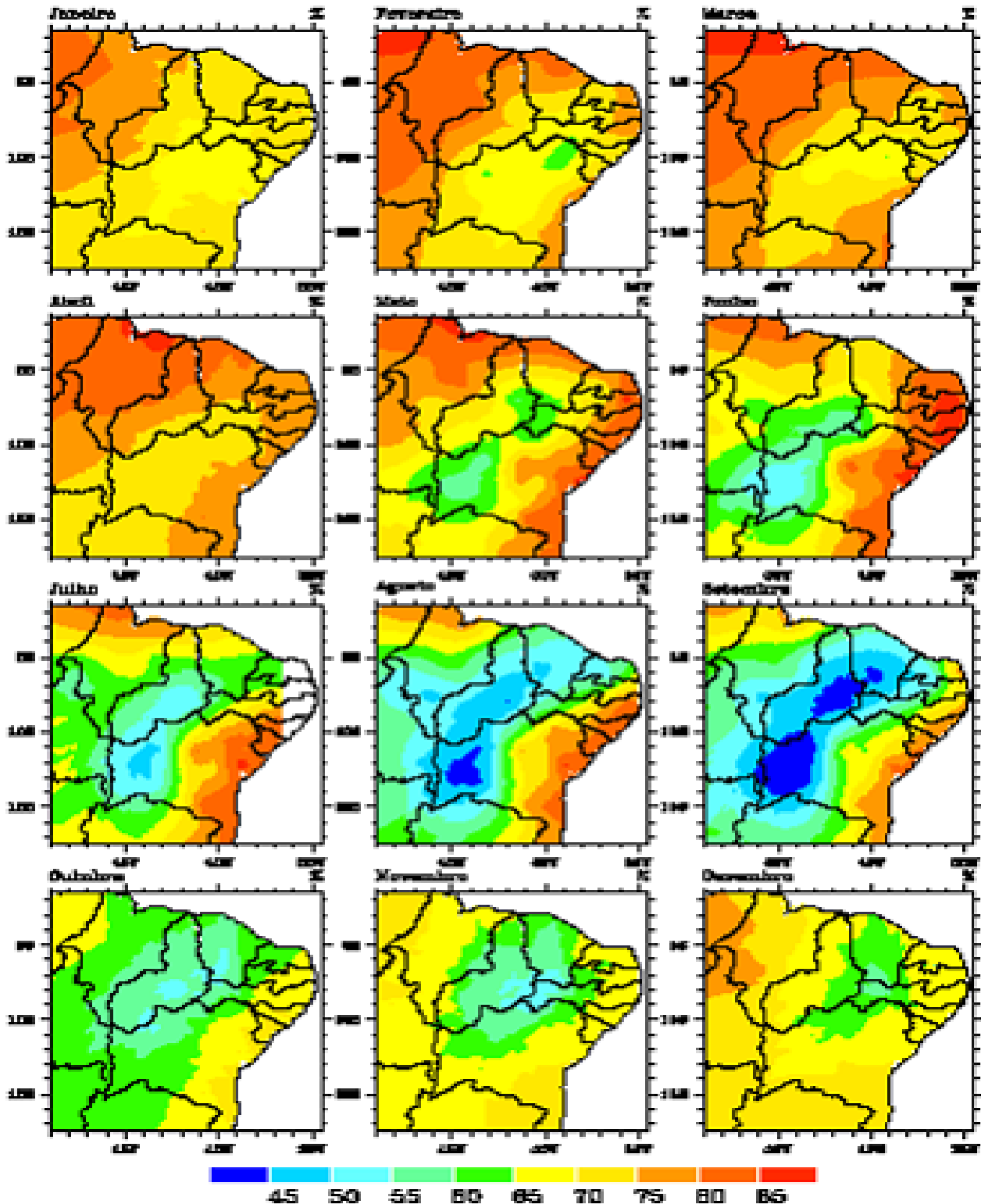


Figura 03 - Distribuição espacial das umidades médias relativas mensais do ar no NEB, no período de 2000 a 2011.

A precipitação pluvial no NEB, Figura 04, ocorre principalmente de janeiro a junho, em grande parte de seu território, variando de 50 a 150 mm. A partir do mês de agosto é possível visualizar uma diminuição da

ocorrência das chuvas, começando na região central do NEB, expandindo-se para sua quase totalidade territorial nos meses subsequentes.

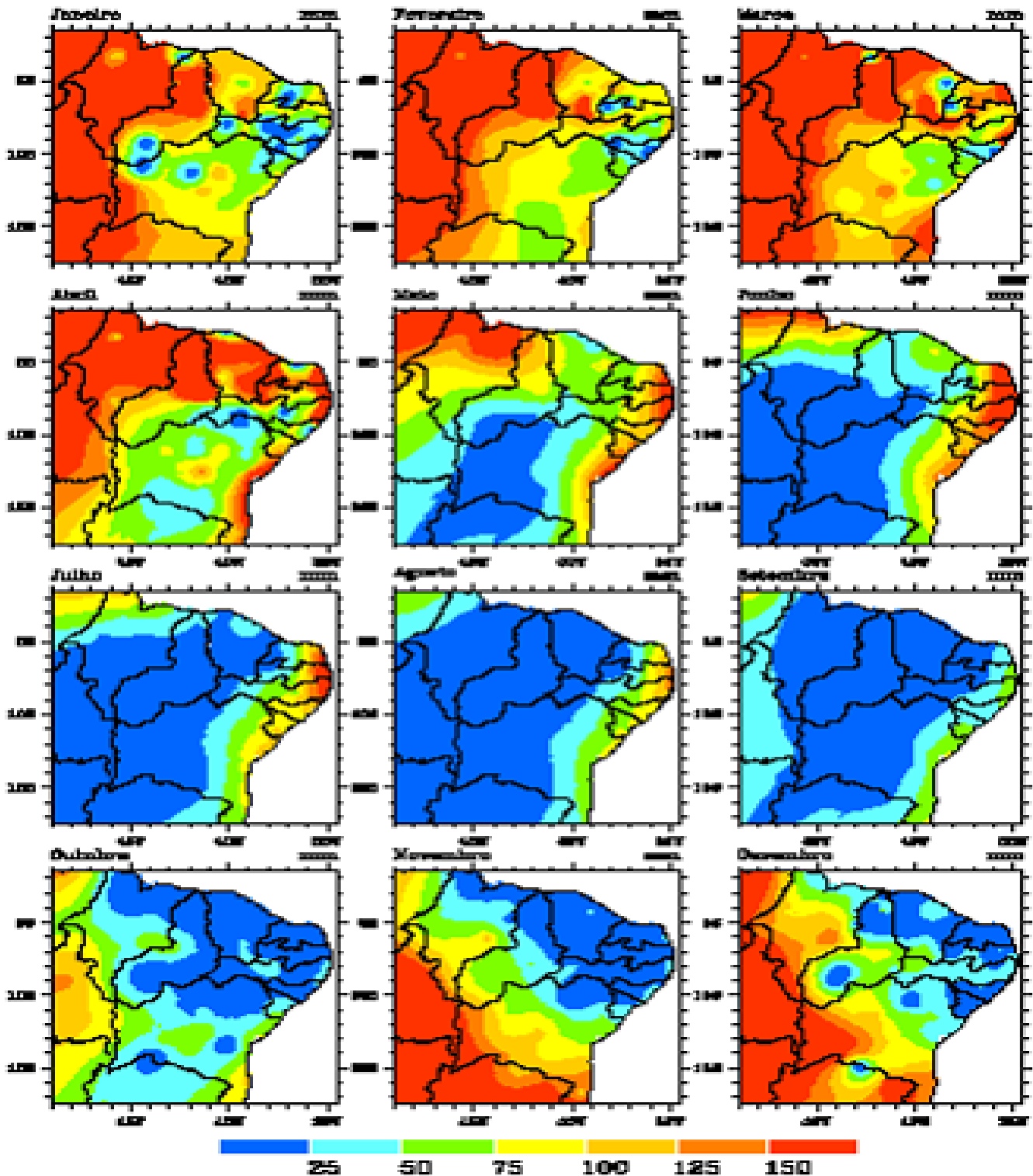


Figura 04- Distribuição espacial da precipitação pluvial médias mensais no NEB, no período de 2000 a 2011.

Comparando as Figuras percebeu-se que nos meses de julho a setembro, destaca-se que, a oeste da região do NEB, ocorreu formação de um cenário, onde os menores números de internações coincidiram com o aumento da temperatura média do ar e diminuição tanto da umidade média relativa do ar, como também da precipitação média pluvial. Ocorrendo situação inversa para o litoral da região. Segundo Lemos (2009), diferente do Sul e Sudeste, onde as doenças respiratórias são mais frequentes no inverno, na Bahia o pico acontece a partir da metade do outono. O ciclo dessas infecções respiratórias tem início no carnaval e segue com a nova estação devido às chuvas e diminuição da temperatura.

Os Modelos Marginais das Equações de Estimacões Generalizadas conseguiram captar diferentes associações significativas entre a variável dependente (doenças respiratórias) e as variáveis explicativas (variáveis meteorológicas), o principal motivo das diferentes relações estatísticas encontradas se deve pela dinâmica e complexidade que envolve os aspectos de cada município, os quais não são possuidores de características que denotam igualdade.

Para caracterizar e exemplificar o NEB, a tabela 02 mostra as associações significativas entre as infecções respiratórias agudas e as variáveis meteorológicas nas capitais nordestinas.

Tabela 02- Modelos Marginais das Equações de Estimacão Generalizadas nas Capitais do Nordeste Brasileiro, associando as infecções respiratórias em crianças e as variáveis meteorológicas: Precipitação pluvial, Temperatura do ar e Umidade relativa do ar, no período de 2000 a 2011.

Coefficientes	Estimativa	Erro Padrão	Wald	Valor-p
IRA_Crianças_Natal	5.124459	1.071097	22.89	1.706 ***
PRP_Natal	0.000186	0.000259	0.52	0.47
TEMP_Natal	-0.085336	0.020324	17.63	2.705 ***
UR_Natal	0.022355	0.014773	2.29	0.13
IRA_Crianças_Salvador	3.039459	2.184544	1.94	0.164
PRP_Salvador	0.000142	0.000381	0.14	0.709
TEMP_Salvador	-0.046298	0.032795	1.99	0.158
UR_Salvador	0.045727	0.019418	5.55	0.019 *
IRA_Crianças_SLuis	8.99	1.98	20.53	5.906 ***
PRP_SLuis	-9.7105	3.1904	0.09	0.761

				Cont.
Temp_SLuis	-1.3601	7.2902	3.48	0.062 .
UR_SLuis	-5.4803	3.5203	2.42	0.120
IRA_Crianças_Teresina	7.089616	1.138473	38.78	4.710 ***
PRP_Teresina	-0.000384	0.000418	0.84	0.359
TEMP_Teresina	-0.086234	0.035719	5.83	0.016 *
UR_Teresina	0.001060	0.003783	0.08	0.779
IRA_Crianças_JPessoa	4.447344	1.126886	15.58	7.905 ***
PRP_JPessoa	0.000420	0.000201	4.39	0.036 *
TEMP_JPessoa	-0.002854	0.024955	0.01	0.909
UR_JPessoa	0.006224	0.006614	0.89	0.347
IRA_Crianças_Recife	7.126951	1.197629	35.41	2.709 ***
PRP_Recife	0.000400	0.000258	2.40	0.121
TEMP_Recife	-0.094656	0.038452	6.06	0.014 *
UR_Recife	0.008373	0.008735	0.92	0.338
IRA_Crianças_Maceió	6.93	1.00	48.03	4.212 ***
PRP_Maceió	4.3504	7.5505	33.15	8.509 ***
Temp_Maceió	-3.6002	2.2202	2.63	0.10
UR_Maceió	-1.5003	6.1803	0.06	0.81
IRA_Crianças_Aracaju	6.351092	0.971358	42.75	6.211 ***
PRP_Aracaju	0.000565	0.000216	6.86	0.0088 **
Temp_Aracaju	-0.079302	0.041221	3.70	0.0544 .
UR_Aracaju	-0.002282	0.005491	0.17	0.6778

— Códigos de Significância: 0 ‘****’ 0.001 ‘***’ 0.01 ‘*’ 0.05 ‘.’ 0.1 ‘ ’ 1

As associações significativas com as IRA captadas pelos Modelos Marginais das Equações de Estimação Generalizadas com as capitais foram:

- Com a Precipitação Pluvial média: João Pessoa ($p=0.036$), Maceió (valores- $p<0,001$) e Aracaju ($p=0,008$).
- Com a Temperatura média do ar: Natal ($p<0,001$), São Luis ($p=0,062$), Teresina ($p=0,016$), Recife ($p=0,014$) e Aracaju ($p=0,054$).
- Com a Umidade Relativa média do ar: Salvador ($p=0,019$).

A partir da exponencial das estimativas geradas pelos Modelos Marginais das Equações de Estimação generalizadas, permitem verificar risco relativo que é Segundo Agresti (1996) as probabilidades de sucesso de dois níveis da variável explicativa.

Conclusão

Diante dos resultados encontrados, na região central do NEB, onde há ausência das chuvas ou a presença dela de forma reduzida, os números de internações foram menores em comparação à região do litoral nordestino, local em que há precipitação pluviométrica. Porém, ocorreu o processo inverso entre ambas as partes interior e o litoral da região, sinalizando influências distintas do clima nas doenças do aparelho respiratório humano.

Os Modelos Marginais das Equações de Estimações Generalizadas captaram associações significativas, que permitem

evidenciar a relação entre as infecções respiratórias em crianças de zero a quatro anos de idade com as variáveis meteorológicas. Apresentando um risco relativo estatisticamente significativo.

Agradecimentos

Os autores deste trabalho agradecem ao programa de Pós- Graduação em Ciências Climática da Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN e a CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pela ajuda de custo para o desenvolvimento desta pesquisa.

Referencias

Agresti A. 1996. An Introduction to categorical data analysis. John Wiley and Sons. Inc. New York.

Ayoade, J.O. 2007. Introdução á Climatologia para os Trópicos. 12ª Edição. Rio De Janeiro: Bertrand Brasil,

Benicio M. H. D. A., Cardoso M. R. A. B, Gouveia N. C, Monteiro C. A. 2000. Tendência secular da doença respiratória na infância na cidade de São Paulo (1984-1996). *Rev Saúde Pública* 34(6 Sup.1): 91-101.

Confalonieri, U. E. C. 2003. Variabilidade Climática, Vulnerabilidade Social e Saúde no

Brasil. TERRA LIVRE, SÃO PAULO, V.19, N.20, JAN./JUL., P.193- 204.

Cortez, A. T. C., Ortigoza, S. A. G., 2009. Da Produção ao Consumo: Impactos Socioambientais no Espaço Urbano. São Paulo: Editora UNESP; São Paulo.

Cavalcanti, P. M. S., 2010. Modelo de Gestão da Qualidade do Ar – Abordagem Preventiva e Corretiva. COPPE/UFRJ.

Grosso, C. 2010. Doenças Respiratórias em Ambientes Urbanos. São Paulo: VI Seminário Latino Americano de Geografia Física II Seminário Ibero Americano de Geografia Física Universidade de Coimbra, Maio.

Hueb M. M. 2009. The Relevance of Bioclimatology to the Health of Airways. VIII IAPO Manual of Pediatric otorhinolaryngology Ed. Sih T, Chinsky A, Eavey R, Godinho R., pp. 36-42.

Lemos A. C. 2009. Chuvas aumentam casos de doenças respiratórias, Faculdade de Medicina da Universidade Federal da Bahia. Boletim de Pneumologia do Hospital das Clínicas.

Molion, L. C. B; Bernardo, S. O. 2002. Uma Revisão da Dinâmica das Chuvas no Nordeste Brasileiro. Revista Brasileira de

Meteorologia, Rio de Janeiro (RJ), v. 17, n. 1, p. 1-10.

Murara, P.; Coelho-Zanotti, M. S. S. ; Amorim, M. C. C. T. . 2010. Análise da Influência Meteorológica nas Internações por Doenças Cardiovasculares. Caderno Prudentino de Geografia, v. 1, p. 55-65.

Nelder J. A.; Wedderburn R. W. M. 1972. Generalized Linear Models. J R STAT SOC (SERIES A); 135(3):370-84.

Nimer, E.; Pinheiro Filho, A. A. Amador, E. da S.; Araujo Neto, M. D. Climatologia do Brasil Superintendência de Recursos Naturais e Meio Ambiente, Rio de Janeiro, RJ (Brasil) 1979. p. 393-421. no. 4.

Oliveira M. M. 2004. Modelos de Regressão Não Lineares, fep. up.pt.

Olmo N.R.; Saldiva, P. H. N.; Braga, A. L. F.; Lin C. A; Santos U. P.; Santos, U. de P.; Amador P. L. A. 2011. A Review of low-level Air Pollution and Adverse Effects on Human Health: Implications for Epidemiological Studies and Public Policy. Clinics (USP. Impresso), v. 66, p. 681-90.

Oga, S.; Camargo, M. M. M. A; Batistuzzo, J.A.O. (EDS). 2008. Fundamentos de Toxicologia. 3A ed. São Paulo: Atheneu Editora, 677P.

Uvo, C. R. B. 1989. A zona de convergência intertropical (ZCIT) e sua relação com a precipitação na região norte e nordeste brasileiro. São José dos Campos, INPE, São Paulo.