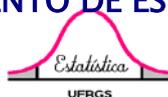




UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE MATEMÁTICA
DEPARTAMENTO DE ESTATÍSTICA



Análise estatística da relação entre internações hospitalares por doenças do aparelho respiratório e variáveis ambientais na cidade de Campo Grande-MS

Autor: Elaine Soibelman Schujmann

Orientador: Professora Jandyra Maria Guimaraes Fachel
(Departamento de Estatística - UFRGS)

Co-orientador: Professor Amaury de Souza
(Departamento de Física - UFMS)

Porto Alegre, 05 de Dezembro de 2011

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Instituto de Matemática
Departamento de Estatística

**Análise estatística da relação entre
internações hospitalares por doenças do
aparelho respiratório e variáveis ambientais
na cidade de Campo Grande-MS**

Autor: Elaine Soibelman Schujmann

Monografia apresentada para obtenção
do grau de Bacharel em Estatística.

Banca Examinadora:

Professora Dra. Jandyra Maria Guimaraes Fachel (UFRGS)

Professora Dra. Sidia Maria Callegari Jacques (UFRGS)

Porto Alegre, 05 de Dezembro de 2011.

“É fazendo que se aprende a fazer aquilo que se deve fazer.”
Aristóteles

“O único lugar onde o sucesso vem antes do trabalho é o dicionário”
Albert Einstein

AGRADECIMENTOS

A todos os professores do Departamento de Estatística da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), que contribuíram para minha formação com seus ensinamentos e acreditaram junto comigo que nunca é tarde para se aprender.

Obrigada em especial a minha orientadora professora Jandyra Maria Guimaraes Fachel que acreditou em mim ao me convidar para realizar este trabalho e ao professor Amaury de Souza que procurou a UFRGS com idéias inovadoras disponibilizando o seu banco de dados da cidade de Campo Grande.

Sou grata também aos professores Cleber Bisognin e Hudson da Silva Torrent pela disposição em ajudar em todas as minhas dúvidas.

Agradeço a meu marido e filhos pelo incentivo e apoio. E gostaria de agradecer em especial a meus colegas de aula que me receberam e acolheram durante estes quatro anos e com os quais pude ter certeza de que tudo vale apenas.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	6
1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	6
1.2 ASPECTOS CLIMÁTICOS E METEREOLÓGICOS DA REGIÃO EM ESTUDO ...	7
1.3 DEGRADAÇÃO DO MEIO AMBIENTE.....	8
1.4 REVISÃO DA LITERATURA.....	9
1.5 JUSTIFICATIVA	15
1.6 OBJETIVOS.....	16
1.6.1 Objetivo Geral	16
1.6.2 Objetivos Específicos	16
1.7 DADOS EXPERIMENTAIS E METOLOGIA.....	17
REFERÊNCIAS	20
2 ARTIGO	22
Resumo	23
Abstract	23
1 Introdução	24
2 Materiais e Métodos	26
3 Resultados	31
4 Discussão	42
Referências	43
3 CONCLUSÕES	44
3.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS	44
3.2 SUGESTÕES PARA ESTUDOS FUTUROS	45

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A poluição atmosférica é um fenômeno notório em todo o mundo. Após a revolução industrial tornou-se clara a interação desastrosa do homem com a natureza, uma vez que a industrialização ocorreu sem planejamento de forma destrutível agredindo a natureza e gerando poluição. Desde então a atmosfera terrestre tem sido constantemente contaminada por substâncias tóxicas, tornando-se cada vez mais poluída.

A poluição atmosférica está presente em todos os grandes centros urbanos devido à grande quantidade de substâncias tóxicas emitidas por indústrias, automóveis, termoelétricas, queimadas e muitas outras fontes. A poluição do ar contribui ainda mais para agravar os problemas de saúde das populações deixando, portanto, de ser apenas um problema ambiental para fazer parte também dos problemas de saúde pública.

A queima de biomassa, em ambientes externos e internos, utilizada desde a pré-história, tem sido uma importante fonte de poluição atmosférica, sendo o ozônio um dos principais poluentes resultantes. Tanto as queimadas de florestas, quanto aquelas realizadas deliberadamente provocam danos consideráveis à saúde das populações expostas. Os poluentes gasosos e o material particulado fino produzidos pelas queimadas apresentam efeitos diretos no sistema respiratório. Efeitos como coceira nos olhos e lacrimejamento já são indicadores de dias poluídos. Da mesma forma, crises cardíacas e principalmente respiratórias são atualmente também associadas aos problemas ambientais.

Além de atingir diretamente a saúde humana, a poluição também é responsável por alterações climáticas que igualmente podem afetar a saúde da população. Muitos estudos já foram realizados para avaliar a influência dos fenômenos meteorológicos na saúde humana.

Segundo a Organização Mundial da Saúde, em vários locais do mundo a saúde humana tem sido influenciada pelas mudanças climáticas. Ondas de muito calor, seguidas de ondas de muito frio e vice versa, enchentes, temporais e outros desastres naturais resultantes das mudanças climáticas têm afetado a saúde das

populações. Diante destes fatos torna-se cada vez mais importante analisar a relação entre as doenças e as variáveis ambientais.

Este estudo foi desenvolvido com o interesse de relacionar as internações hospitalares devido às doenças respiratórias na cidade de Campo Grande no Mato Grosso do Sul com a poluição atmosférica e variáveis climáticas, para o período entre os anos de 2005 a 2006.

1.2 ASPECTOS CLIMÁTICOS E METEOREOLOGICOS DA REGIÃO EM ESTUDO

Campo Grande (20°27'16" S; 54°47'16" W, 650 m) é um município brasileiro da região Centro-Oeste, capital do estado de Mato Grosso do Sul. A cidade está localizada no planalto denominado Maracaju – Campo Grande, a 150 km do início da maior planície alagável do mundo, o Pantanal Mato-Grossense (139.111 km² de área).

De acordo com Instituto Municipal de Planejamento Urbano de Campo Grande (PLANURB, 2007) o município tem uma área de 8096 km², sendo a área urbana de 35302,82 ha e está localizado geograficamente na porção central de Mato Grosso do Sul, ocupando 2,26% da área total do Estado.

Como o município de Campo Grande está localizado em uma região tropical, apresenta características climáticas predominantemente quentes ao longo do ano, com altos índices de precipitações e uma elevada umidade relativa.

Sant'Anna Neto e Anunciação (2003) descrevem o clima urbano de Campo Grande, da seguinte forma:

A temperatura média anual da cidade está em 23,5°C sua precipitação é de 1396 mm, a umidade apresenta um valor médio anual de 71%, porém variando entre 64,7% e 79%. A direção predominante dos ventos é do quadrante Norte (N), seguido do Nordeste (NO) e do Este (E); as massas de ar atuantes são quatro: a mPa, a mTa, a mEc e a mTc.

Anunciação e Sant'Anna Neto (2002) em estudo realizado sobre os climas das cidades brasileiras, afirmam que no verão Campo Grande apresenta as temperaturas em constante elevação, onde as máximas absolutas ultrapassam os 35°C, e a precipitação, a umidade relativa e a pressão atmosférica também apresentam altos índices. Relatam que, no verão, a temperatura média é de 25,2°C

e as temperaturas máximas absolutas oscilam entre 35,8°C e 37°C, ao passo que as temperaturas mínimas variam entre 9,8°C e 12,8°C. A precipitação no verão apresenta valores elevados, em média 552,9mm. Já os registros de umidade relativa do ar e pressão atmosférica apresentam pouca variabilidade e registros altos.

No inverno as temperaturas tendem a ser amenas, e homogêneas em diferentes pontos da cidade. O índice de precipitação é baixo e da mesma forma a umidade relativa e a pressão atmosférica do ar. A temperatura média no inverno oscila entre 20,3°C e 22,2°C, a temperatura máxima absoluta varia entre 34,8°C e 39°C, ao passo que a temperatura mínima absoluta fica entre -1°C e 3°C. A precipitação apresenta valores médios registrados de 108,7mm e a variabilidade dos registros da umidade relativa está entre 58,5% e 70,9%.

1.3 DEGRADAÇÃO DO MEIO AMBIENTE

Coelho (2007) salienta que o ar é indispensável à vida e é exatamente este elemento que mais vem sendo agredido pelo homem. Segundo o autor os primeiros sinais de poluição do ar ocorreram na era pré-cristã, quando o carvão mineral era usado como combustível. Desde aquela época as cidades já apresentavam sinais de poluição e os doentes eram levados para regiões de "ar mais puro". No entanto, a sociedade ainda não se preocupava com o controle da qualidade do ar.

Foi a partir de três episódios de poluição excessiva, causadores de mortes em algumas cidades da Europa e dos Estados Unidos, que a comunidade científica começou a se preocupar com o controle da emissão de poluentes. O primeiro episódio ocorreu em 1930 no Vale de Meuse, na Bélgica. Esse vale apresentava grande concentração de indústrias, siderúrgicas, metalúrgicas e centrais de produção de energia, que utilizavam fornos de carvão ou gasogênio. Essas indústrias eram distribuídas em uma faixa de aproximadamente vinte quilômetros de comprimento. Nos cinco primeiros dias de dezembro de 1930, a falta de ventos e chuva impediu a dispersão dos poluentes na região, sendo então registrados um aumento significativo no número de doenças respiratórias e sessenta mortes até dois dias após o episódio. O segundo caso ocorreu em Donora, na Pensilvânia, EUA, durante os últimos seis dias de outubro de 1948, quando uma nuvem de poluentes ficou sobre a cidade. Foram observadas vinte mortes enquanto que a

média anterior para o período era de apenas duas mortes e 10% da população foi internada com problemas cardíacos e respiratórios. O mais clássico e grave episódio ocorreu em Londres no inverno de 1952. Uma inversão térmica impediu a dispersão dos poluentes e uma nuvem com concentração até nove vezes maior de poluentes ficou estacionada sobre a cidade durante três dias resultando em quatro mil mortes (COELHO 2007).

Na época, medidas governamentais para o controle ambiental foram adotadas na Inglaterra e nos Estados Unidos com o objetivo de reduzir os níveis de poluentes atmosféricos. Durante as duas décadas posteriores, alguns episódios com elevada concentração de poluentes produziram um aumento no número de internações. Estes episódios chamaram a atenção de pesquisadores que passaram a procurar entender o fenômeno que estava provocando tantas mortes. A partir de então iniciaram as políticas governamentais com a finalidade de estabelecer controle de emissão de poluentes (COELHO, 2007).

No Brasil, desde 1990 a legislação passou a diferenciar padrões primários e secundários de qualidade do ar. Os padrões primários de qualidade do ar são as concentrações de poluentes que, quando ultrapassadas, podem acarretar danos à saúde da população. Os padrões secundários de qualidade do ar são as concentrações de poluentes abaixo das quais se espera o mínimo de efeito sobre a saúde da população, da fauna e da flora. Define-se que, a curto e médio prazo os padrões primários devem ser desejados e que, em longo prazo os padrões secundários devem ser objetivados. Segundo a Resolução N.º 003 de 28 de junho de 1990 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), publicada no Diário Oficial da União de 22/08/90, seção I, pags. 15.937 a 15.939, para ambos os padrões, a concentração média de uma hora não pode exceder mais de uma vez ao ano 160 microgramas/m³ de ar.

1.4 REVISÃO DE LITERATURA

Coelho (2007) relata que, depois dos três episódios graves: Vale do Mense (Bélgica 1930) Donora (Pensilvânia 1948) e Londres (1952), multiplicaram-se os estudos sobre os efeitos da poluição do ar na saúde humana.

Segundo Coelho (2007), as pesquisas iniciaram com Martin e Bradley publicando um estudo em 1960 sobre o incidente de nevoeiro no inverno londrino avaliando o efeito da poluição sobre a saúde da população. Utilizaram correlação e regressão linear simples entre mortes diárias e as concentrações de poluentes. Os fatores meteorológicos foram discutidos, mas não considerados na análise. Em seguida, foram realizadas investigações sobre os efeitos da poluição no número de internações em Los Angeles (1961), Nova York (1963), localidades industriais no norte da França (1977) e em Ontário no Canadá (1977).

Na década de 80, os estudos prosseguiram usando regressões múltiplas que incluíam o controle por potenciais fatores de confusão e buscavam modelos alternativos de regressão não linear para ajustar variáveis não lineares. Nesta década, as publicações ficaram mais claras na apresentação dos modelos utilizados, dos ajustes e do controle dos fatores de confusão. Na segunda metade dos anos 1990 destacou-se, nas análises, o modelo de regressão para séries temporais de contagem que havia sido proposto por Zeger em 1988, que permitia ajustar adequadamente os dados quando os mesmos apresentassem sobre dispersão e/ou autocorrelação. Este modelo ficou conhecido como o Modelo de Poisson auto-regressivo, modelo log-linear com erros Poisson auto-regressivos ou modelo de regressão de séries temporais de Poisson. As séries analisadas (desfecho) eram contagens diárias de mortalidade ou admissões hospitalares por causa específica, principalmente em cidades da Europa associadas ao projeto APHEA (*Air Pollution and Health: a European Approach*). Também neste período foram adotados em alguns estudos os modelos aditivos generalizados (MAG) de Poisson, como os descritos por Hastie e Tibshirani no início da década de 90, permitindo ajustar de forma não paramétrica tanto os fatores meteorológicos como a tendência e a sazonalidade. Estes modelos forneceram maior flexibilidade na descrição da relação entre o desfecho e as covariáveis, incluindo as que não fossem lineares (COELHO, 2007).

A principal diferença entre os Modelos Aditivos Generalizados e os Modelos Lineares Generalizados é a substituição da usual forma linear das covariáveis por funções suavizadoras não paramétricas que sumarizam a associação entre a variável resposta e as variáveis explicativas. Os MLG's são modelos que apresentam preditores lineares, ou seja, funções lineares para cada uma das variáveis explicativas. Por sua vez os MAG's são modelos menos rígidos com

preditores denominados aditivos onde os termos lineares são substituídos por funções não paramétricas, isto é, cuja forma não é especificada. Os preditores aditivos são estimados através de curvas de alisamento.

No Brasil, Coelho (2007) relata que os estudos iniciaram com Ribeiro no início da década de 70 que verificou a associação entre o número de atendimentos por infecções das vias aéreas superiores (IVAS) e bronquite asmática em crianças menores de 12 anos, nos postos de saúde da Região de Santo André (São Paulo), e as taxas mensais de sulfato e poeiras em suspensão, (entre agosto de 1967 e agosto de 1969). Foram constatadas correlações positivas significantes entre a frequência anual de IVAS e taxas médias anuais de sulfatos, assim como entre a incidência de bronquite e os níveis de poeiras sedimentáveis.

Posteriormente, vários estudos foram feitos, principalmente em São Paulo, a maior metrópole do país. Saldiva et al. (1994) realizaram um estudo que evidenciou a associação entre NO₂ (dióxido de nitrogênio) e mortalidade fetal tardia em São Paulo. Martins et al. (2001) relacionaram a poluição atmosférica, os atendimentos por infecção de vias aéreas superiores e o rodízio de veículos no município de São Paulo. Estes autores usaram Modelos Aditivos Generalizados de Regressão de Poisson, ajustados para sazonalidade (funções não-paramétricas de alisamento), fatores climáticos (termos lineares), indicadores de dias da semana, períodos de rodízio e número diário de atendimentos por doenças não respiratórias. A conclusão foi a de que o rodízio de veículos reduziu os níveis médios dos poluentes, porém não houve diminuição no número de internações.

Gouveia et al. (2003) realizaram um estudo de séries temporais sobre a poluição do ar e seus efeitos na saúde das populações de São Paulo e do Rio de Janeiro. Foram obtidas informações diárias sobre mortalidade, internações hospitalares, níveis atmosféricos dos principais poluentes do ar e de variáveis meteorológicas das duas cidades. Esses dados foram analisados através de séries temporais em Modelos Lineares ajustados por tendências de longo prazo, sazonalidade, dia da semana, feriados, temperatura e umidade ou por meio de Modelos Aditivos Generalizados ajustados por funções não paramétricas de alisamento. Os autores encontraram associações estatisticamente significantes entre aumentos nos níveis de poluentes atmosféricos e aumentos na mortalidade e no número de hospitalizações por causas respiratórias e cardiovasculares, em crianças e idosos de ambos os municípios. Os autores concluíram que os níveis de

poluição vivenciados atualmente em São Paulo e no Rio de Janeiro são suficientes para causar agravos à saúde da população.

Gouveia et al. (2006) avaliaram associação entre a hospitalização por causas respiratórias e cardiovasculares e a contaminação atmosférica no município de São Paulo. O número diário de internações foi considerado como variável dependente e os níveis médios diários dos poluentes atmosféricos foram analisados como variáveis independentes. As variáveis de controle introduzidas no modelo foram: dia da semana (variável indicadora), número de dias transcorridos (função não paramétrica de alisamento), fatores meteorológicos (termos lineares ou funções não paramétricas de alisamento) e feriados (variável indicadora). Neste estudo, foi detalhada a relação entre a poluição atmosférica e a ocorrência de hospitalizações em idosos e crianças através do uso de series temporais concluindo que existe uma associação estatisticamente significativa entre o aumento no nível de poluição atmosférica e o aumento de hospitalização nos dois grupos.

Estudo realizado em Brasília através da análise de regressão de Poisson mostrou associação positiva entre internações por Afecções de Vias Aéreas Inferiores (AVAI) e o índice de umidade e as temperaturas mínima e máxima (COELHO et al.,2006). Os autores deduziram que as internações na cidade de Brasília podem estar associadas, além dos fatores meteorológicos, ao grau de poluição pelo fato da região central do Brasil ser constantemente atingida por queimadas e sugeriram a realização de medições de poluentes para se estudar os efeitos dos poluentes nas internações por AVAI.

Coelho (2007) realizou um estudo para criar um modelo capaz de prever as internações usando Regressão de Poisson e Análise de Componentes Principais a partir dos dados de poluição do ar e índices de conforto térmico humanos para a cidade de São Paulo. Ela utilizou dados diários de internações, poluição do ar e dados meteorológicos de 1997 a 2000, os índices de conforto térmico foram calculados a partir das variáveis meteorológicas. Os resultados mostraram associação entre o número de internações e a poluição do ar e índices de conforto térmico humano.

Conceição et al. (2001) compararam os Modelos Lineares Generalizados (MLG) e os Modelos Aditivos Generalizados (MAG) para avaliar a associação entre poluição atmosférica e marcadores de morbi-mortalidade. Este estudo avaliou a associação entre mortalidade em idosos e poluição atmosférica na cidade de São

Paulo no período de 1994 a 1997. Ressaltando que o MAG é uma alternativa para a modelagem de relações não lineares não especificadas e constituem uma boa opção para representar sazonalidade os autores concluíram que as duas classes de modelos apresentadas produziram resultados coerentes, sendo que o MAG permite que a sazonalidade seja definida pelos próprios dados, sem a imposição de uma estrutura rígida e o MLG necessita a inclusão de uma variável referente aos meses do ano com a qual se produz um resultado mais fidedigno. Segundo os autores existem desvantagens em utilizar as curvas suavizadas do MAG, pois os coeficientes estimados correspondentes nos modelos de regressão não são interpretáveis. No MLG, foram consideradas 18 variáveis explicativas, enquanto apenas 4 no MAG. Assim, aparentemente, os modelos MAG são mais parcimoniosos, ou seja, necessitam de um número menor de variáveis explicativas, o que justificaria o fato de detectarem um número maior de associações.

Simas (2003) avaliou o desempenho de métodos paramétricos e não paramétricos no controle dos fatores de confusão na estimação do efeito da poluição do ar na saúde coletiva, através de estudo comparativo entre Modelos Lineares Generalizados (MLG) e Modelos Aditivos Generalizados (MAG), com dados da cidade do Rio de Janeiro. Os fatores meteorológicos foram ajustados pelo efeito calendário, bem como por tendência e sazonalidade. Os dois modelos forneceram resultados similares não apresentando desempenho diferente em relação ao controle de fatores de confusão na análise de séries temporais epidemiológicas.

Tadano et al. (2009) descreveram como analisar dados da poluição atmosférica na saúde populacional usando a Regressão de Poisson. Segundo os autores o modelo de regressão de Poisson é um tipo específico de MLG e MAG que teve origem por volta de 1970, quando Wedderburn em 1974 desenvolveu a teoria da quase verossimilhança, estudada com mais detalhes por McCullagh em 1983.

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 igual à variância. Ao se trabalhar com dados experimentais, esta propriedade é seguidamente violada podendo ocorrer uma super dispersão quando a variância é maior ou uma sub dispersão quando a variância é menor que a média. Porém fazendo-se alguns ajustes ainda é possível aplicar o modelo de Regressão de Poisson (TADANO et al., 2009).

Souza et al. (2010a) avaliaram as condições de clima do Mato Grosso do Sul por meio do índice de temperatura e umidade (ITU) e realizaram o zoneamento bioclimático relacionado ao conforto térmico. Os valores de ITU foram estimados a partir de dados de temperatura e umidade relativa do ar para o período de 1979 a 2008. Quatro intervalos de ITU foram usados para classificar o desempenho humano ($ITU < 74$: conforto; $74 \leq ITU < 79$: quente; $79 \leq ITU < 84$: muito quente, e $ITU > 84$: extremamente quente). O clima de Mato Grosso do Sul alterna entre duas estações ao longo do ano, o verão quente e úmido e o inverno seco com temperaturas mais amenas. O risco de desconforto térmico é maior de outubro a abril comparado a maio-setembro. Os avanços na área de bioclimatologia propiciaram desenvolvimento significativo no entendimento dos efeitos climáticos sobre os seres vivos.

Souza et al. (2010b) realizaram um estudo sobre doença respiratória e sua relação com radiação solar global: radiação extraterrestre, radiação UV e índice de limpidez atmosférico e pesquisaram a correlação da concentração de ozônio com a pneumonia em crianças. Realizaram um estudo ecológico de série temporal relativo ao ano de 2006, em Campo Grande, MS, concluindo existir: a) correlação positiva entre a radiação solar global, radiação solar extraterrestre, índice de raios ultravioleta e índice de limpidez; b) correlação negativa entre o nível ozônio, radiação solar global, radiação extraterrestre, índice de raios ultravioleta e índice de limpidez; c) correlação positiva entre pneumonia e concentração de ozônio. Não houve correlação estatisticamente significativa entre o índice de limpidez da atmosfera, pneumonia e ozônio.

Coelho et al. (2010) realizaram um estudo com o objetivo de criar um modelo estocástico capaz de prever o número de internações hospitalares devido a doenças do aparelho respiratório. A pesquisa foi realizada com dados da cidade de São Paulo, sendo realizado um estudo de séries temporais durante um período de quatro anos (1997-2000), com crianças menores de treze anos internadas devido a doenças respiratórias. A variável dependente foi o número de internações hospitalares destas crianças (em cerca de 80 hospitais tanto públicos como particulares) e as variáveis independentes foram a poluição do ar, variáveis meteorológicas, e os índices de conforto térmico humano. Foi realizada uma Regressão de Poisson, sendo aplicada uma estrutura de defasagem em todas as variáveis independentes variando de um a sete dias, pois segundo os autores a internação do dia depende das variáveis meteorológicas de dias anteriores. O

modelo foi também ajustado devido à sazonalidade através de variáveis *dummy* (estações do ano, feriados, dias da semana e meses).

Coelho et al. (2010) criaram o modelo chamado “Clima do Brasil e Modelo de Saúde”, capaz de prever internações hospitalares a partir de variáveis ambientais para a cidade de São Paulo. De acordo com os autores, a poluição do ar, as variáveis meteorológicas e os índices de conforto térmico humano estão significativamente correlacionados com o número de internações devido a doenças do aparelho respiratório.

1.5 JUSTIFICATIVA

O organismo humano reage de diferentes formas em relação às mudanças nas condições atmosféricas e sabe-se que a poluição atmosférica é um preocupante problema de saúde pública em grandes centros urbanos. As variáveis meteorológicas, como temperatura, umidade do ar e velocidade do vento, afetam diretamente o conforto térmico humano e conseqüentemente o comportamento das pessoas. Atualmente já existem índices biometeorológicos chamados de índices de Conforto Térmico Humano (CTH).

Muitos estudos sobre os efeitos da poluição e de variáveis climáticas na saúde humana têm sido realizados nos últimos anos, porém poucos utilizaram os índices de conforto térmico em suas análises.

Cada vez mais tem sido identificada poluição atmosférica nos grandes centros urbanos, tendo como desfechos o aumento das internações hospitalares e o incremento na mortalidade, portanto os estudos das relações com a saúde pública continuam sendo um assunto de extremo interesse.

É oportuno sabermos a relação entre os parâmetros climáticos e o número de internações hospitalares devido a doenças do aparelho respiratório e é inovador a inserção dos Índices de Conforto Térmico nos modelos.

É importante saber se os índices biometeorológicos também são responsáveis pelas internações por doenças respiratórias. O presente estudo tornou-se viável pela existência de dados diários do número de internações devido a doenças respiratórias e parâmetros climáticos na cidade de Campo Grande, MS no período de 2005 a 2006.

Este trabalho foi realizado visando criar um modelo estatístico que contemple, além dos efeitos extremos das variáveis meteorológicas, os índices CTH e que possa ser capaz de prever as internações a partir de mudanças climáticas.

Estudos sobre métodos e modelos específicos para a compreensão da evolução de modelos estatísticos em análises que buscam identificar os efeitos da poluição e dos parâmetros climáticos na saúde pública são aspectos fundamentais à incorporação de futuras metodologias.

1.6 OBJETIVOS

1.6.1 Objetivo Geral

Verificar as associações entre variáveis ambientais e o número de internações por doenças respiratórias na cidade de Campo Grande, MS. As variáveis ambientais estudadas foram: poluição do ar medida através da concentração de ozônio, precipitação pluviométrica, umidade do ar, velocidade do vento, temperatura máxima, temperatura mínima, temperatura média e os índices de conforto térmico humano temperatura efetiva (TE) e temperatura efetiva com vento (TEV).

1.6.2 Objetivos Específicos

1. Descrever a frequência das internações hospitalares.
2. Verificar qual o “lag” estimado para as séries temporais de parâmetros físicos.
3. Estimar os efeitos da poluição do ar, dos índices de conforto térmico humano e das condições meteorológicas sobre a ocorrência de internações de doenças respiratórias.
4. Calcular o risco relativo e o acréscimo de internações utilizando o Modelo de Regressão de Poisson, incluindo a estimativa do “lag”.
5. Criar um modelo preditivo para estimar internações diárias por doenças respiratórias a partir dos poluentes e dos índices biometeorológicos.

1.7 DADOS EXPERIMENTAIS E METODOLOGIA

O local estudado é a região metropolitana de Campo Grande, capital do estado do Mato Grosso do Sul. O período pesquisado foi de dois anos de janeiro de 2005 a dezembro de 2006. A população de estudo foi formada por todos os pacientes atendidos no município de Campo Grande no período, cujo diagnóstico havia sido classificado como doença respiratória.

Foram analisadas todas as internações por afecções das vias aéreas com diagnóstico de doenças respiratórias de todos os hospitais da cidade. Estes dados são registros das Autorizações de Internação Hospitalar (AIH) de hospitais públicos e privados que atendem à parcela da população que não dispõe de planos de saúde privados (<http://www.datasus.gov.br>).

O poluente utilizado foi o registro da concentração de ozônio (O_3) presente na atmosfera durante os anos de 2005 e 2006 obtidos através de coletas diárias realizadas pela estação de monitoramento do Departamento de Física da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul. Essas medidas são realizadas ininterruptamente 24 h por dia e a cada 15 minutos são fornecidos valores da concentração de ozônio. A seguir, foi calculada a média aritmética por dia, pressupondo-se que essa estimativa era representativa da poluição do ar no município de Campo Grande. Informações sobre precipitação, temperatura do ar, umidade e velocidade dos ventos foram obtidas junto à Embrapa - Gado de Corte-Campo Grande.

O conforto térmico humano é medido por meio de índices de Conforto Térmico Humano (CTH) também chamados de índices Biometeorológicos. No estudo foram calculados o índice de Temperatura Efetiva (TE) e o índice de Temperatura Efetiva com Vento (TEV). Estes índices foram escolhidos porque representam satisfatoriamente o clima (COELHO, 2007). O TE utiliza os parâmetros meteorológicos temperatura e umidade e o TEV, além destes parâmetros, utiliza também a velocidade dos ventos. Eles são calculados segundo as seguintes expressões matemáticas:

$$TE = T - 0,4(T-10) (1-UR/100)$$

onde TE é a temperatura efetiva (°C), T é a temperatura do bulbo seco e UR é a umidade relativa (%),

$$TEV = 37 - (37 - T) / [0,68 - 0,0014UR + 1 / (1,76 + 1,4v^{0,75})] - 0,29T(1 - UR/100)$$

onde TEV é a temperatura efetiva em função do vento (°C), T é a temperatura do bulbo seco (°C), UR é a umidade relativa em (%) e v é a velocidade do vento (m/s).

Foram calculados TE máximo, TE mínimo, TE médio, TEV máximo, TEV mínimo e TEV médio. Os índices são divididos em nove faixas, variando desde muito frio até muito quente. Esse critério é conhecido como “critério de Fanger” e foi obtido como resultado de medições das respostas fisiológicas do ser humano quando é exposto ao calor ou frio. As variáveis meteorológicas, como a temperatura e umidade do ar, velocidade do vento e radiação afetam diretamente o conforto térmico humano e, de uma forma geral, o comportamento dos indivíduos. Por isso a importância do estudo de índices Biometeorológicos (COELHO, 2007).

Foi realizada análise descritiva das variáveis e posteriormente uma modelagem via Modelos Lineares Generalizados (MLG) utilizando o Modelo Múltiplo de Regressão de Poisson. Neste grupo de modelos estatísticos, a variável dependente (número de internações hospitalares) é o resultado de um processo de contagem, ou seja, é uma variável quantitativa discreta, e as variáveis independentes são variáveis candidatas a explicar o comportamento da série ao longo do tempo. Como variáveis independentes, foram utilizadas as variáveis meteorológicas (temperaturas máximas, médias e mínimas, umidade do ar, índices de CTH, velocidade dos ventos e precipitação).

As variáveis "dia da semana" e "feriado" foram utilizada para controlar a sazonalidade de curta duração. Para controlar sazonalidade de longa duração, foi utilizada a variável "ano".

Foram usados “lags” variando de 1 a 7 dias, pois o objetivo do estudo é o de verificar a existência de correlação entre o número de internações hospitalares devido a doenças respiratórias e as variáveis ambientais para um período máximo de uma semana.

Os atendimentos observados em um dia específico podem tanto estar relacionados à poluição e ao clima do referido dia, como ao da poluição e clima observados em dias anteriores. Portanto é necessária a determinação de uma estrutura de “lag” (defasagem) (COELHO, 2007).

Detalhes da metodologia aplicada neste trabalho são apresentados no corpo do artigo apresentado a seguir.

REFERÊNCIAS

ANUNCIACÃO, Vicentina Socorro da; SANT'ANNA NETO, João Lima. O clima urbano da cidade de Campo Grande - MS. In: SANT'ANNA NETO, João Lima (Org.). **Os climas das cidades brasileiras**. Presidente Prudente: Editora da UNESP, 2002, p.22-35.

COELHO ZANOTTI, M. S. S.; LUCIO, P. S.; SILVA, F. D. S.; RAMALHO, W. M. 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.

COELHO, Micheline de Sousa Zanotti Stagliório. **Uma análise estatística com vistas a previsibilidade de internações por doenças respiratórias em função de condições meteorológicas na cidade de São Paulo**. 2007.196f. Tese (Doutorado em Meteorologia) – Programa de Pós-Graduação do Departamento de ciências atmosféricas, São Paulo, 2007.

COELHO, Micheline de Sousa Zanotti Stagliório; ALVES, Fábio Luiz Teixeira Gonçalves; LATORRE, Maria do Rosário Dias de Oliveira. Statistical Analysis Aiming at Predicting Respiratory Tract Disease Hospital Admissions from Environmental Variables in the City of São Paulo. **Journal of Environmental and Public Health**, 2010.

CONCEICAO, Gleice Margarete de Souza; SALDIVA, Paulo Hilário Nascimento; SINGER, Julio da Motta. Modelos MLG e MAG parágrafo Análise da Associação entre poluição atmosférica e marcadores de morbi-mortalidade: uma introdução baseada nos dados da cidade de São Paulo. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, 2001, vol.4, n.3, p. 206-219.

Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) /RESOLUÇÃO/N.º 003 de 28 de junho de 1990. Publicada no **Diário Oficial da União**, de 22/08/90, Seção I, Págs. 15.937 a 15.939.

GOUVEIA, N.; MENDONÇA G. A. S.; LEON A. P.; CORREIA J. E. M.; JUNGER W. L.; FREITAS C. U.; DAUMAS R. P.; MARTINS L. C.; GIUSSEPE L.; CONCEIÇÃO G. M. S.; MANERICH A.; CRUZ J. C. Poluição de ar e efeitos na saúde nas populações de duas grandes metrópoles brasileiras. **Epidemiologia e Serviços de Saúde**, 2003, vol.12, n.1, pp 29-40.

GOUVEIA, Nelson; FREITAS, Clarice Umbelino de; MARTINS, Lourdes Conceição; MARCILIO, Izabel Oliva. Hospitalizações por causas respiratórias e cardiovasculares associadas à contaminação atmosférica no município de São Paulo, Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**. 2006, vol.22, n.12, p. 2669-2677.

MARTINS, Lourdes Conceição; LATORRE, Maria do Rosário Dias de Oliveira; SALDIVA, Paulo Hilário Nascimento; BRAGA, Alfésio Luís Ferreira. Relação entre poluição atmosférica e atendimentos por vias de infecção aéreas superiores no município de São Paulo: avaliação do rodízio de Veículos. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, 2001, vol.4, n.3, p. 220-229.

PLANURB – Instituto Municipal de Planejamento Urbano. Anuário estatístico de Campo Grande. Prefeitura Municipal de Campo Grande, 2007.

SALDIVA, P. H. N.; LICHTENFELS, A. J. F. S.; PAIVA, P. S. O.; BARONE, I. A.; MARTINS, M. A; MASSADE, E.; PEREIRA, J. C. R.; XAVIER, V. P.; SINGER, J. M.; BOAHM, J. M. Association between air pollution and mortality due to respiratory diseases in children in São Paulo, Brazil: a preliminary report. **Environmental Research**, v.65, p.218-25, 1994.

SANT'ANNA NETO, João Lima; ANUNCIACÃO, Vicentina S. da. Uma reflexão do espaço urbano da cidade de Campo Grande/MS na perspectiva climática. **Revista Pantaneira**, vol. 3 nº1, 2003.

SIMAS, Hugo Segrilo. **Aspectos metodológicos em análise de séries temporais epidemiológicas de efeito da poluição atmosférica na saúde pública: uma revisão bibliográfica e um estudo comparativo via simulação**. 2003, 108f.

SOUZA, Amaury; PAVÃO, Germano Hamilton; LASTORIA, Giancarlo; GABAS, Garcia Sandra; CAVAZZANA, Henrique Guilherme; PARANHOS FILHO, Conceição Antonio. Um estudo de conforto e desconforto térmico para o Mato Grosso do Sul. **Revista de Estudos Ambientais (Online)**, 2010, vol.12, n.2, pp15-25

SOUZA, Amaury; PAVÃO, Germano Hamilton; LASTORIA, Giancarlo; PARANHOS FILHO, Conceição Antonio. Doença respiratória e sua relação com radiação solar global, radiação extraterrestre, radiação UV e índice de limpidez atmosférico. **Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde**, 2010, vol.6, n. 10, pp 68-76

TADANO, Yara de Souza; UGAYA, Cássia Maria Lie; FRANCO, Admilson Teixeira. Método de regressão de Poisson: metodologia para avaliação do impacto da poluição atmosférica na saúde populacional. **Ambiente & Sociedade**, 2009, vol.12, n.2, pp. 241-255.

2 ARTIGO**Relação entre o número de hospitalizações por doenças respiratórias e poluição atmosférica e índices de conforto térmico humano na cidade de Campo Grande-MS**

Elaine Soibelman Schujmann
Amaury de Souza
Jandyra Maria Guimaraes Fachel

Resumo

O conhecimento antecipado das condições meteorológicas pode ajudar a sociedade a evitar a degradação da natureza, assim como prevenir doenças do aparelho respiratório. O objetivo deste estudo é criar um modelo estatístico capaz de prever internações devido a doenças respiratórias, usando dados de nível de poluição do ar e índices Biometeorológicos, conhecidos como índices de Conforto Térmico Humano (CTH). O estudo utilizou dados diários de internações por afecções das vias aéreas com diagnóstico de doenças respiratórias, concentração de ozônio (O_3), informações sobre precipitação, temperatura do ar umidade e velocidade dos ventos de 2005 a 2006, referentes à cidade de Campo Grande no Mato Grosso do Sul. Foram calculados dois índices de Conforto Térmico Humano (CTH) o índice de Temperatura Efetiva (TE) e o índice de Temperatura Efetiva com Vento (TEV) com base nas variáveis meteorológicas. Através da metodologia estatística de Modelos Lineares Generalizados (MLG) usando a Regressão de Poisson chegou-se a um modelo capaz de prever as internações por doenças respiratórias. Os resultados encontrados mostraram associações entre o número de internações e o O_3 , com defasagem de 3 dias e com o índice TEV, também com defasagem de 3 dias. O aumento da concentração de O_3 provoca um aumento nas internações e o risco relativo das pessoas expostas a este poluente em contrair doenças respiratórias é maior do que daquelas pessoas que não se expõem. Já o conforto térmico provocado pelo aumento do índice TEV atua como fator de proteção para o número de internações, visto que o risco relativo diminui com o aumento deste índice.

Palavras chaves: Regressão de Poisson, doenças respiratórias, variáveis meteorológicas, índices biometeorológicos, poluição do ar.

Abstract

The knowledge of weather conditions with an accurate forecast can help society avoid the degradation of the environment and also to prevent respiratory diseases. The objective of this study is to develop a model to predict hospitalization due to respiratory diseases, using data from air pollution indices and Biometeorology indices known as human thermal comfort index (HTC). The study used daily data of

admissions with a diagnosis of respiratory diseases and the concentration of ozone (O_3), rain precipitation, air temperature, humidity and wind speed, from 2005 to 2006, in the city of Campo Grande in Mato Grosso do Sul. The HTC index is Effective Temperature (ET) and Effective Temperature with Wind (ETW) based on meteorological variables were obtained. Through the statistical methodology of generalized linear models (GLM), using Poisson Regression was established and developed a model capable of predicting hospital admissions for respiratory diseases. The results indicated associations between the number of admissions and O_3 with a lag of 3 days, and between the number of admissions and the index ETW, also with a lag of 3 days. An increase in O_3 concentration causes an enlargement in admissions, and the relative risk of respiratory disease for people exposed to this pollutant is higher than for people that are not exposed. On the other hand, thermal comfort caused by the increase of the index ETW acts as a protective factor for the number of hospitalizations since the relative risk decreases with the increase of this index.

Keywords: Poisson Regression, respiratory diseases, meteorological variables, biometeorology indexes, air pollution.

1 Introdução

A poluição atmosférica é um fenômeno notório em todo o mundo. Após a revolução industrial tornou-se clara a interação desastrosa do homem com a natureza, uma vez que a industrialização ocorreu sem planejamento e de forma destrutiva, agredindo a natureza e gerando poluição. Desde então a atmosfera terrestre tem sido constantemente contaminada por substâncias tóxicas tornando-se cada vez mais poluída.

A poluição atmosférica está presente em todos os grandes centros urbanos devido à grande quantidade de substâncias tóxicas emitidas por indústrias, automóveis, termoelétricas, queimadas e muitas outras fontes. A poluição do ar contribui ainda mais para agravar os problemas de saúde das populações, deixando de ser apenas um problema ambiental para fazer parte também dos problemas de saúde pública.

A queima de biomassa, em ambientes externos e internos, utilizada desde a pré-história, tem sido uma importante fonte de poluição atmosférica, sendo o ozônio um dos principais poluentes. Tanto as queimadas acidentais de florestas quanto aquelas realizadas deliberadamente provocam danos consideráveis à saúde das populações expostas. Os poluentes gasosos e o material particulado fino produzidos pelas queimadas têm efeitos diretos no sistema respiratório.

Efeitos como coceira nos olhos e lacrimejamento são indicadores de dias poluídos. Da mesma forma, crises cardíacas e respiratórias são atualmente associadas aos problemas ambientais.

Modelos estatísticos são ferramentas úteis para resumir e interpretar dados e podem facilitar o entendimento da forma e da intensidade das associações em diferentes estudos. Considerando-se estudos cujo objetivo é avaliar os efeitos da poluição atmosférica na saúde da população de grandes centros urbanos, utiliza-se, normalmente, como variável resposta a contagem de eventos que relacionados à saúde, como o número de óbitos ou o número de internações por doenças respiratórias, e como variáveis explicativas, a concentração de poluentes como o ozônio, e fatores climáticos como temperatura, precipitação, umidade do ar, velocidade dos ventos, além de fatores sazonais. Devido à complexidade destas relações torna-se essencial a escolha do modelo apropriado para a realização das análises. É importante ter consciência de que as suposições empregadas na análise quase nunca corresponderão à realidade por mais complexo que seja o modelo proposto (CONCEIÇÃO et al., 2001).

Além de atingir diretamente a saúde humana, a poluição também é responsável por alterações climáticas que, por sua vez também afetam a saúde da população. Muitos estudos já foram realizados para avaliar a influência dos fenômenos meteorológicos na saúde humana.

Segundo a Organização Mundial da Saúde, em vários locais do mundo a saúde humana tem sido influenciada pelas mudanças climáticas. Muito calor seguido de muito frio e vice versa, enchentes, temporais e outros desastres naturais resultantes das mudanças climáticas têm afetado a saúde das populações. Diante destes fatos, torna-se cada vez mais importante analisar a relação entre as doenças, principalmente as do aparelho respiratório, e as variáveis ambientais.

As variáveis meteorológicas, como temperatura, umidade do ar e velocidade do vento afetam diretamente o conforto térmico humano e, conseqüentemente, o

comportamento das pessoas. Atualmente já existem propostas de índices Biometeorológicos chamados de índices de Conforto Térmico Humano que sintetizam variações climáticas a partir de vários indicadores (COELHO, 2007).

Muitos estudos sobre os efeitos da poluição e de variáveis climáticas na saúde humana têm sido realizados nos últimos anos, porém poucos utilizaram os índices de conforto térmico em suas análises. É importante saber se variações nos índices Biometeorológicos também afetam, e de que forma afetam, a quantidade de internações por doenças respiratórias.

Este estudo foi desenvolvido com interesse de relacionar as internações hospitalares devido às doenças respiratórias na cidade de Campo Grande no Mato Grosso do Sul (período de janeiro de 2005 a dezembro de 2006) com poluição atmosférica, variáveis climáticas e os índices de Conforto Térmico Humano através da criação de um modelo estatístico que contemple, além dos efeitos extremos das variáveis meteorológicas, os índices de Conforto Térmico Humano (CTH) e que possa ser capaz de prever as internações a partir de mudanças climáticas.

2 Material e Métodos

O local estudado é a região metropolitana de Campo Grande capital do estado do Mato Grosso do Sul. O período pesquisado foi de dois anos de janeiro de 2005 a dezembro de 2006. A população de estudo foi formada por todos os pacientes atendidos no município de Campo Grande, nos anos de 2005 a 2006, com diagnóstico de doença respiratória.

Campo Grande (20°27'16" S; 54°47'16" W, 650 m) é um município brasileiro da região Centro-Oeste, capital do estado de Mato Grosso do Sul. A cidade está localizada no planalto denominado Maracaju – Campo Grande a 150 km do início da maior planície alagável do mundo, o Pantanal Mato-Grossense (139.111 km² de área).

O município de Campo Grande está localizado em uma região tropical, portanto apresenta características climáticas predominantemente quentes ao longo do ano, com altos índices de precipitações e uma elevada umidade relativa. Os indicadores meteorológicos anuais dessa cidade são descritos por Sant'Anna Neto e Anunciação (2003), como sendo a temperatura média de 23,5°C, a precipitação de 1396 mm e a umidade com um valor médio de 71%, porém variando entre 64,7% e

79%. A direção predominante dos ventos é do quadrante Norte (N), seguido de Nordeste (NO) e Este (E).

No verão, a temperatura média é de 25,2°C, as temperaturas máximas absolutas oscilam entre 35,8°C e 37°C e as temperaturas mínimas variam entre 9,8°C e 12,8°C. A precipitação apresenta valores elevados, em média 552,9mm enquanto que a umidade relativa do ar e a pressão atmosférica apresentam pouca variabilidade e sempre registros altos. No inverno as temperaturas tendem a ser mais amenas, registradas de forma mais homogênea na área urbana. O índice de precipitação, a umidade relativa e a pressão atmosférica do ar são baixas. A temperatura média no inverno oscila entre 20,3°C e 22,2°C, a temperatura máxima absoluta varia entre 34,8°C e 39°C, ao passo que a temperatura mínima absoluta entre fica -1°C e 3°C. A precipitação no verão apresenta valores médios registrados de 108,7mm. A variabilidade dos registros da umidade relativa está entre 58,5% e 70,9% (ANUNCIAÇÃO; SANT' ANNA NETO 2002).

Foram analisadas todas as internações por afecções das vias aéreas com diagnóstico de doenças respiratórias de todos os hospitais da cidade. Estes dados são registros das Autorizações de Internação Hospitalar (AIH) de hospitais públicos e privados e que atendem à parcela da população que não dispõe de planos de saúde privados (<http://www.datasus.gov.br>).

Como indicador de poluição foi utilizado o registro da concentração de ozônio (O₃ em ppb) presente na atmosfera durante os anos de 2005 e 2006 obtido através de coletas diárias realizadas pela estação de monitoramento do Departamento de Física da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul. Essas medidas são realizadas ininterruptamente 24 h por dia e a cada 15 minutos são fornecidos valores da concentração de ozônio. A seguir, foi calculada a média aritmética por dia, considerando-a representativa da poluição do ar no município de Campo Grande.

As variações diárias da concentração de ozônio dependem unicamente das condições meteorológicas, tais como, presença de nuvens, radiação solar, chuva e vento. Em dias mais ensolarados, a concentração de ozônio é maior, porque quanto mais radiação passa pela atmosfera, maiores serão as reações fotoquímicas que produzem o ozônio. Nos dias chuvosos, devido à cobertura de nuvens, há uma diminuição na radiação ultravioleta que atinge a superfície e, portanto uma diminuição nas reações fotoquímicas que são responsáveis pela produção do ozônio. (SOUZA et al., 2010)

Informações sobre precipitação, temperatura do ar, umidade e velocidade dos ventos foram obtidas junto à Embrapa - Gado de Corte-Campo Grande. O conforto térmico humano é medido por meio de índices de conforto também chamados de índices Biometeorológicos. No estudo foram calculados o índice de Temperatura Efetiva (TE) e o índice de Temperatura Efetiva com Vento (TEV). Estes índices foram escolhidos porque representam satisfatoriamente o clima (COELHO 2007). O TE medido a partir de medidas de temperatura e umidade e o TEV, além destes parâmetros, utiliza também a velocidade dos ventos. Eles foram calculados segundo as seguintes expressões matemáticas:

$$TE = T - 0,4(T-10) (1-UR/100)$$

onde TE é a temperatura efetiva (°C), T é a temperatura do bulbo seco e UR é a umidade relativa (%).

$$TEV = 37 - (37 - T) / [0,68 - 0,0014UR + 1 / (1,76 + 1,4v^{0,75})] - 0,29T(1 - UR/100)$$

onde TEV é a temperatura efetiva em função do vento (°C), T é a temperatura do bulbo seco (°C), UR é a umidade relativa em (%) e v é a velocidade do vento (m/s).

Conforme Coelho (2007) os índices de CTH são divididos em nove faixas variando desde muito frio até muito quente: muito frio <13°C; frio (13°C – 16°C); frio moderado (16°C – 19°C); ligeiramente frio (19°C – 22°C); confortável (22°C – 25°C); ligeiramente quente (25°C – 28°C); quente moderado (28°C – 31°C); quente (31°C – 34°C) e muito quente >34°C. Esse critério é conhecido como “critério de Fanger” e foi obtido como resultado de medições das respostas fisiológicas do ser humano quando é exposto ao calor ou frio. As variáveis meteorológicas como a temperatura e umidade do ar, velocidade do vento e radiação, afetam diretamente o conforto térmico humano e, de forma geral, o comportamento dos indivíduos. Por isso a importância do estudo de índices Biometeorológicos. Foram calculados os índices TE máximo, TE mínimo, TE médio, TEV máximo, TEV mínimo e TEV médio.

A análise descritiva das variáveis quantitativas envolveu medidas de tendência central (média, mediana) e de dispersão (desvio padrão, percentil) e o coeficiente de variação (CV). Posteriormente foi feita modelagem via Modelos

Lineares Generalizados (MLG), utilizando-se o Modelo Múltiplo de Regressão de Poisson.

Neste grupo de modelos estatísticos a variável dependente (número de internações hospitalares) é um processo de contagem, ou seja, é uma variável quantitativa discreta e as variáveis independentes são variáveis candidatas a explicar o comportamento da série ao longo do tempo. Como variáveis independentes, foram utilizadas as variáveis meteorológicas (temperaturas máximas, mínimas e médias, umidade do ar, índices de CTH, velocidade dos ventos e precipitação)

A variável resposta de uma regressão de Poisson deve seguir uma distribuição de Poisson onde a média da variável resposta deve ser igual à variância. Quando se trabalha com dados experimentais, nem sempre isto acontece, podendo ocorrer uma super dispersão (variância maior que a média) ou uma sub dispersão (variância é menor que a média). Mesmo assim ainda é possível aplicar o modelo de regressão de Poisson realizando-se transformações (TADANO et al.,2009).

Como a variável de interesse, o número de internações por doenças respiratórias (DRU), não tem média e variância iguais, visto que a variância (115,31) é muito superior à média (10,74), foi realizada uma transformação usando-se como variável resposta Y a raiz quadrada de DRU com a qual a variância (4,08) e a média (2,54) tornam-se mais próximas.

As manifestações biológicas dos efeitos da poluição e dos parâmetros climáticos sobre a saúde humana podem apresentar uma defasagem em relação à exposição do indivíduo aos agentes poluidores e climáticos. Os atendimentos observados em um dia específico podem tanto estar relacionados à poluição e ao clima do referido dia, como ao da poluição e clima observados em dias anteriores. Portanto é necessária a determinação de uma estrutura de "lag" (defasagem em dias) (COELHO et al. 2010).

Antes da realização da modelagem de Regressão de Poisson (MRP) foram calculados os "lags", pois as doenças do aparelho respiratório geralmente apresentam defasagem em relação à exposição dos indivíduos aos agentes climáticos. Foram usados "lags" variando de 1 a 7 dias, pois o objetivo do estudo é o de verificar a existência de correlação entre o número de internações hospitalares devido a doenças respiratórias e as variáveis ambientais para um período máximo de uma semana.

Obteve-se a matriz de correlação entre as variáveis de estudo defasadas com seus respectivos lags para definir a entrada dessas variáveis no modelo segundo o grau de significância estatística, e verificar a existência de colinearidade entre as variáveis independentes.

Foram realizados Modelos Univariáveis de Regressão de Poisson para a seleção das variáveis meteorológicas que apresentassem significância (valor-p) menor que 0,25, para então realizar os Modelos Multivariáveis de Regressão de Poisson (com estas variáveis) usando-se a seguinte equação:

$$\ln(Y) = \alpha + \sum \beta_i (X_i)$$

Onde Y é a variável dependente (raiz quadrada do número de internações por doenças respiratórias na cidade de Campo Grande), α e β são os parâmetros a serem estudados e X_i são as variáveis independentes.

Foram realizados ajustes no MRP através das variáveis reguladoras da sazonalidade: dias da semana, feriado e ano e obteve-se o cálculo do risco relativo (RR) usando os parâmetros estimados no modelo mediante a seguinte fórmula:

$$RR = \exp(\beta * X)$$

onde X é o valor da variável independente e β é o parâmetro estimado pela regressão de Poisson.

O intervalo de confiança utilizado foi de 95% e usou-se a seguinte equação:

$$IC95\% = \exp[\beta \pm 1,96 * ep(\beta)]$$

Onde ep é erro padrão de β .

Para avaliar o ajuste do modelo deve-se realizar uma análise dos resíduos. Esta análise pode ser através do gráfico dos desvios residuais de cada observação em relação aos valores ajustados pelo modelo. Um modelo bem ajustado possui o gráfico com pontos o mais próximo possível de zero no intervalo -2 e 2. Outro gráfico que também é um bom indicador do ajuste do modelo é o gráfico dos valores observados da variável resposta em relação aos valores ajustados pelo modelo. Os

pontos deste gráfico devem estar próximos indicando que os valores ajustados estão próximos dos valores observados (TADANO et al., 2009).

A escolha do melhor Modelo Multivariável de Regressão de Poisson levou em conta a estatística AIC (*“Akaike’s Information Criterion”* (AIC) quanto menor o valor do AIC melhor o modelo) além de optar pelo modelo que se mostrou mais eficiente na previsão do número de internações por doenças respiratórias.

3 Resultados

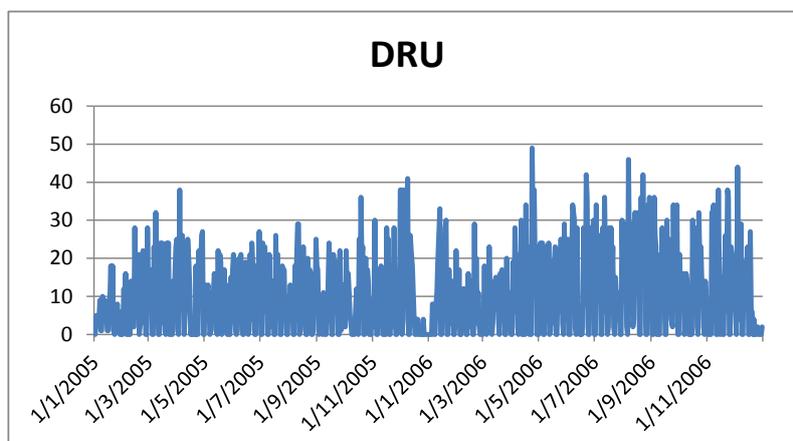
A Tabela 1 e a Figura 1 mostram a análise descritiva do número de internações por doenças respiratórias nos hospitais de Campo Grande. No período de estudo (720 dias, de 01 de janeiro de 2005 a 31 de dezembro de 2006), o número de internações por problemas respiratórios na população foi de 7766 com o máximo de 49 internações em um mesmo dia e o mínimo de zero. O ano de 2006 teve um maior número de internações por doenças do aparelho respiratório, apresentando um total de 4353 internações contra 3413 internações no ano de 2005.

Tabela 1 - Análise descritiva das admissões hospitalares diárias por doenças respiratórias em Campo Grande, de 2005 a 2006

Média	Mediana	Moda	Desvio Padrão	Variância	Mínimo	Máximo	Soma
10,64	9	0	10,74	115,31	0	49	7766

Fonte: Elaborada pela autora (2011)

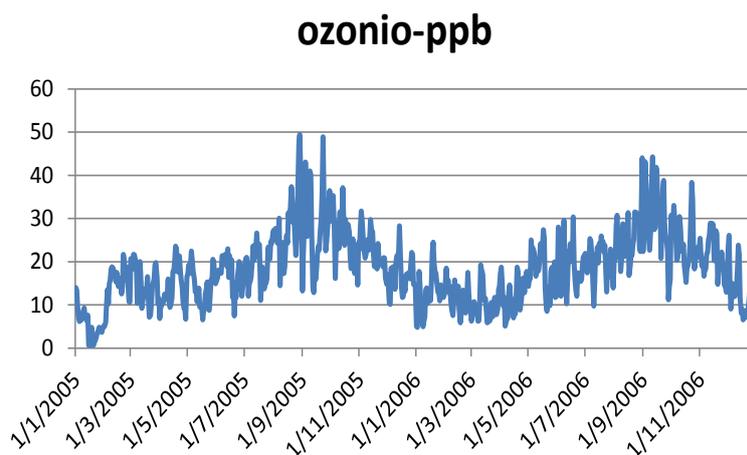
Figura 1 - Série temporal do número de internações por doenças respiratórias em Campo Grande, de 2005 a 2006



Fonte: Elaborada pela autora (2011)

O valor máximo da série temporal da concentração de O₃ foi de 49,40 ppb e o mínimo 0,70 ppb. A média e a mediana foram de 18,33 ppb e 17,8 ppb respectivamente (Figura 2). A concentração de ozônio em nenhum momento ultrapassou o limite de 160 microgramas por metro cúbico estabelecido pelo (CONAMA)

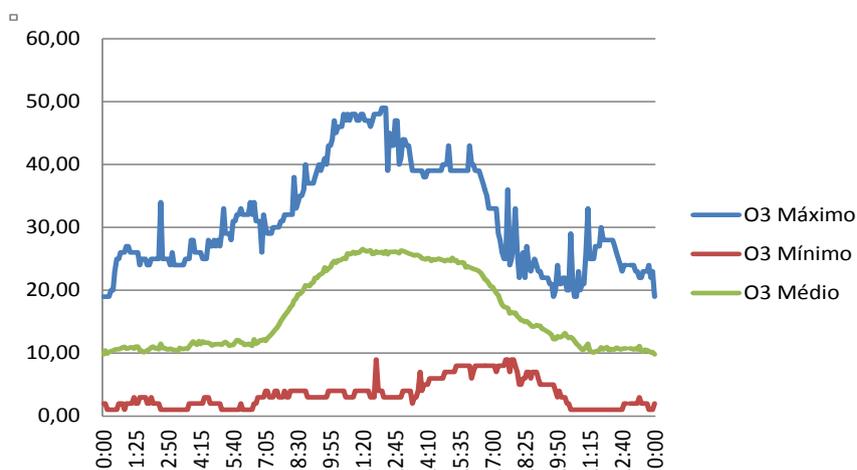
Figura 2 - Série temporal de O₃ (ppb) em Campo Grande, de 2005 a 2006



Fonte: Elaborada pela autora (2011)

Conforme mostra a Figura 3, podemos verificar que a concentração de ozônio apresenta o seguinte comportamento: valores máximos durante o dia, atingindo o seu valor máximo entre 11h00min e 15h00min, e valores mínimos durante a noite. A concentração média de ozônio foi de $17,38 \pm 5,32$ ppb, tendo o valor máximo de 49,00 ppb às 12:15 h, e o valor mínimo de 1,00 ppb na madrugada.

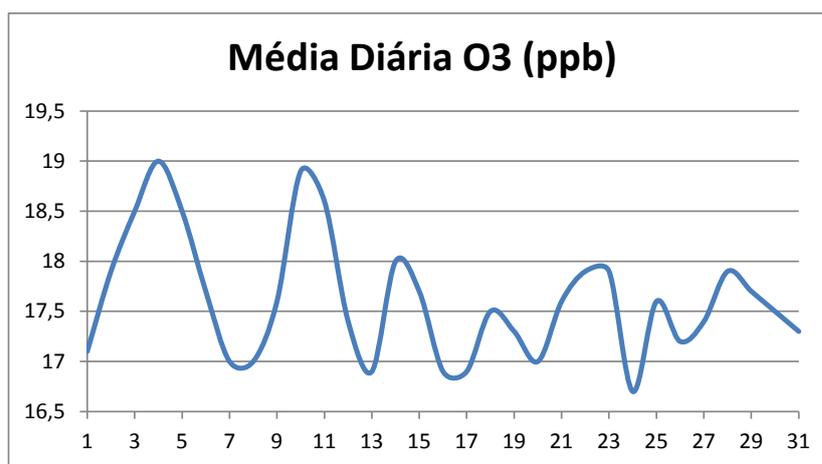
Figura 3 - Média da Concentração horária de Ozônio (ppb) em Campo Grande, de 2005 a 2006



Fonte: Elaborada pela autora (2011)

A concentração média de ozônio pode variar muito de um dia para outro, pois depende da cobertura das nuvens e dos fatores climáticos. A Figura 4 apresenta a média diária da concentração de ozônio nos meses de 2005 e 2006. Observa-se uma falta de regularidade relacionada às condições climáticas dos dias

Figura 4 – Média diária da concentração de Ozônio nos meses de 2005 e 2006 em Campo Grande



Fonte: Elaborada pela autora (2011)

Na Tabela 2 são apresentadas as variáveis meteorológicas de temperaturas (mínimas, máximas e médias), umidade, precipitação e velocidade dos ventos. Os menores e maiores valores apresentados nas séries das temperaturas foram de 4,8°C e 25,1°C para as temperaturas mínimas e 11,1°C e 36,4°C para as temperaturas máximas. Em relação à umidade do ar o mínimo registrado foi de 20,7% e o máximo de 98%. Já para a precipitação e velocidade dos ventos, os extremos foram respectivamente 0 mm e 97,8 mm e 0 m/s e 8,1m/s.

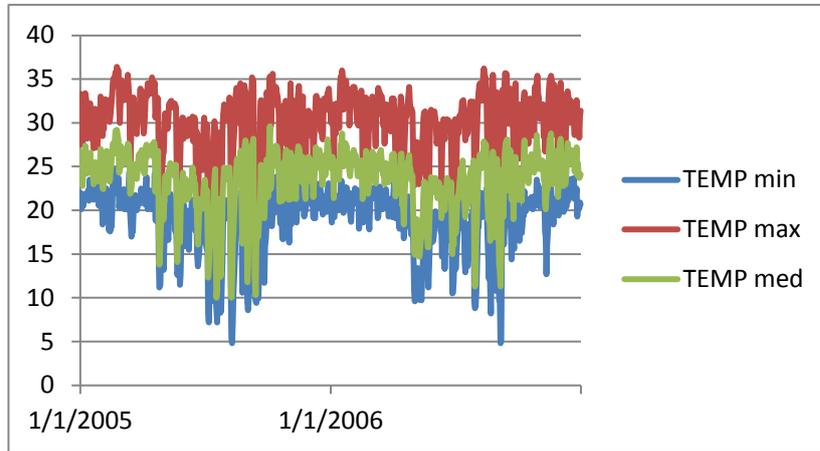
Tabela 2 - Variáveis meteorológicas diárias medidas entre 2005 e 2006 em Campo Grande

	Temperatura Mínima	Temperatura Máxima	Temperatura Média	Umidade	Precipitação	Velocidade dos Ventos
Média	18,914	30,010	23,401	66,707	3,824	3,111
Mediana	19,955	30,680	24,230	67,000	,000	3,000
Moda	20,100	30,600	24,600	66,000	,000	3,000
Desvio Padrão	3,604	3,789	3,451	15,603	10,746	1,154
Variância	12,987	14,355	11,907	243,458	115,483	1,331
Mínimo	4,776	11,100	10,000	20,710	,000	,000
Máximo	25,160	36,400	29,600	98,000	97,800	8,100

Fonte: Elaborada pela autora (2011)

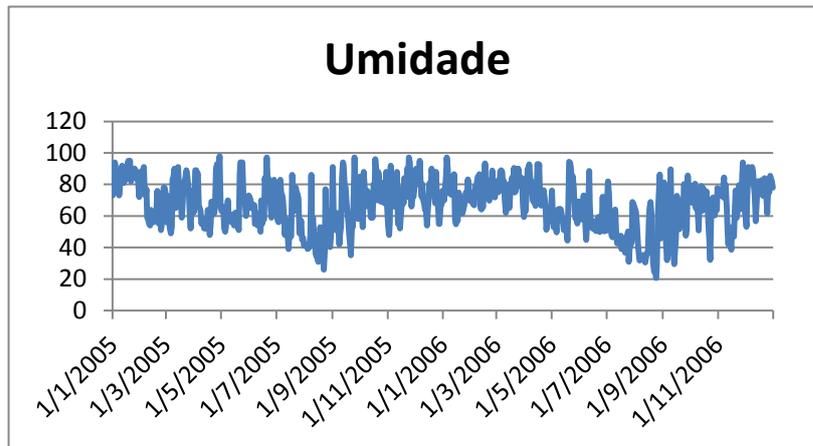
As Figuras 5-8 apresentam as séries temporais de temperaturas, umidade, precipitação e velocidade dos ventos respectivamente.

Figura 5 - Série temporal das temperaturas (°C) em Campo Grande de 2005 a 2006



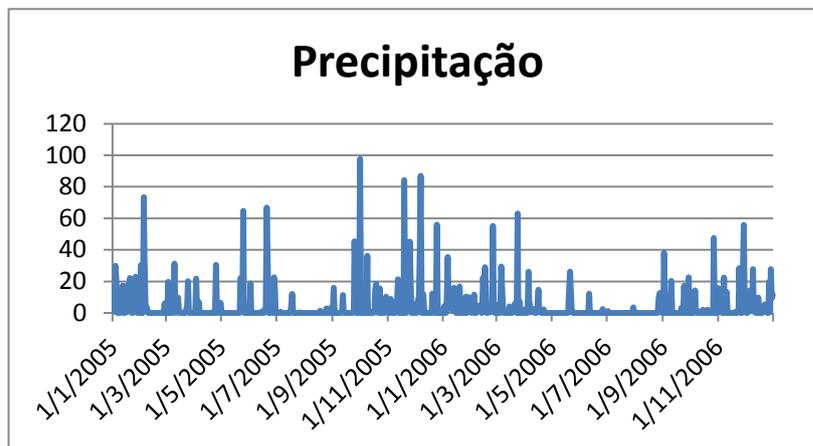
Fonte: Elaborada pela autora (2011)

Figura 6 - Série temporal da umidade do ar (%) em Campo Grande de 2005 a 2006



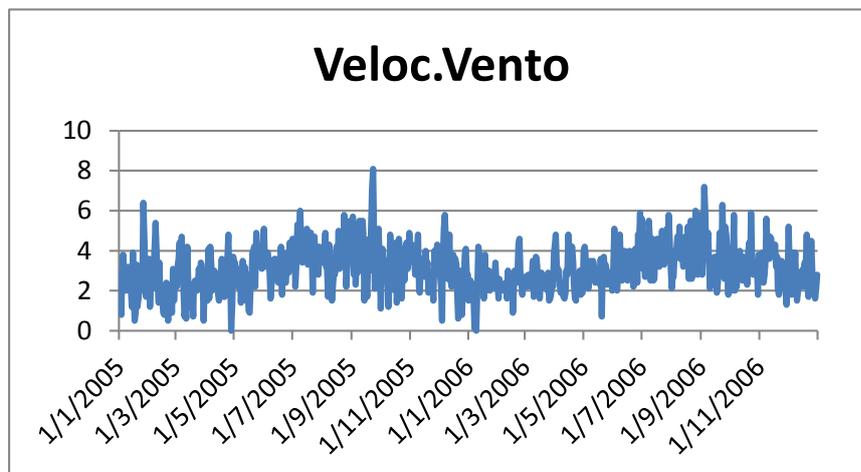
Fonte: Elaborada pela autora (2011)

Figura 7 - Série temporal da precipitação (mm) em Campo Grande de 2005 a 2006



Fonte: Elaborada pela autora (2011)

Figura 8 - Série temporal da velocidade dos ventos (m/s) em Campo Grande de 2005 a 2006



Fonte: Elaborada pela autora (2011)

Os índices de CTH são apresentados na Tabela 3. Os índices TEMAX, TEMIN e TEMED apresentam os menores valores em torno de 11°C, 5,7°C e 10°C e os maiores valores em torno de 32,8°C, 23,2°C e 26,3°C respectivamente. Já os índices TEV MAX, TEV MIN e TEV MED apresentam mínimos em torno de 0,4°C, -5,7°C e -0,9°C e máximos em torno de 32,3°C, 18,3°C e 25,2°C respectivamente.

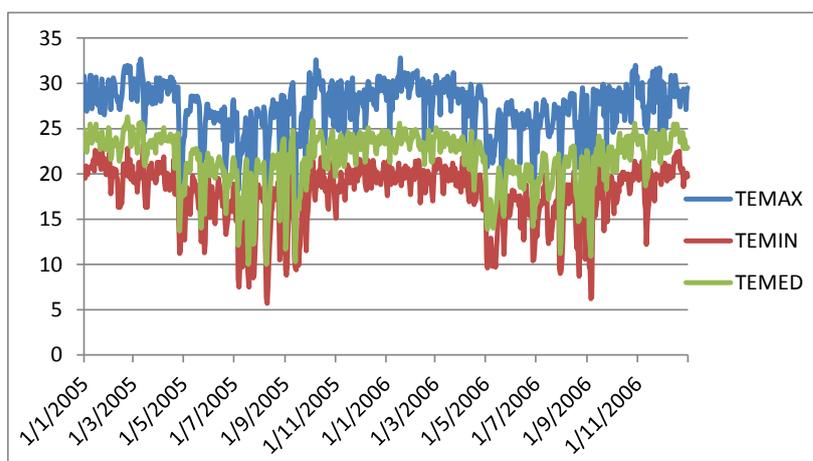
Tabela 3 - Índices diários de conforto térmico humano em Campo Grande, entre 2005 e 2006

	Mínimo	Máximo	Média	Desvio Padrão	Variância
TEMAX	11	32,8	27,27	3,13	9,82
TEMIN	5,7	23,2	17,77	3,21	10,28
TEMED	10	26,3	21,60	3,00	9,02
TEV MAX	0,4	32,3	25,17	4,42	19,53
TEV MIN	-5,7	18,3	10,00	4,22	17,79
TEV MED	-0,9	25,2	17,53	4,37	19,10

Fonte: Elaborada pela autora (2011)

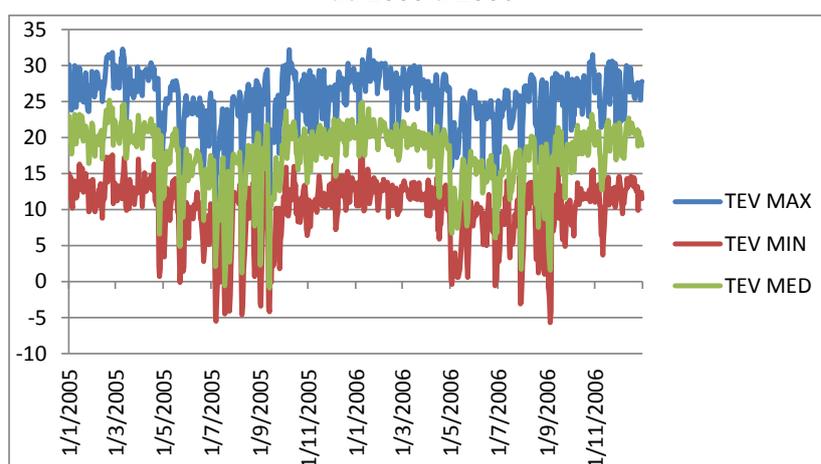
Observando-se a Figura 9, nota-se que as combinações de umidade e temperatura máxima, mínima e média entram várias vezes na faixa dentro da zona de conforto térmico que é de 22 - 25°C, segundo o critério Fanger. Quando é considerada também a velocidade dos ventos nos índices, o TEV MIN sempre permanece em intervalo desconfortável (Figura 10).

Figura 9 - Série temporal dos índices TEMAX, TEMIN e TEMED (°C) em Campo Grande de 2005 a 2006



Fonte: Elaborada pela autora (2011)

Figura 10 - Série temporal dos índices TEV MAX, TEV MIN e TEV MED (°C) em Campo Grande de 2005 a 2006



Fonte: Elaborada pela autora (2011)

A matriz de correlação entre as variáveis explicativas com seus respectivos “lags” apresentou correlação significativa entre os índices de conforto térmico e as temperaturas mínima, máxima e média e entre os índices e a umidade. Optou-se por modelar usando apenas os índices de CTH ao invés das temperaturas e umidade devido à existência da correlação entre os índices e estas variáveis. Além disso, os índices representam melhor a realidade, pois o ser humano está exposto a todas as variáveis ao mesmo tempo.

Iniciou-se a modelagem construindo os modelos Univariáveis de Regressão de Poisson com a variável Y (raiz quadrada de DRU) e as variáveis explicativas O_3 , precipitação, velocidade dos ventos, TEMAX, TEMIN, TEMED, TEV MAX, TEV MIN e TEV MED uma a uma. As variáveis que apresentaram valor-p menor que 0,25

foram consideradas variáveis candidatas ao Modelo Multivariável de Regressão de Poisson (Tabela 4).

Tabela 4 – Variáveis explicativas seus respectivos “lags” e valor-p nos modelos univariáveis de Regressão de Poisson com a variável dependente Y (raiz quadrada de DRU)

Variáveis Explicativas	Defasagem em dias	Valor-p
O ₃	3	0,049
Precipitação	1	0,039
Vel. Ventos	2	0,110
TEMAX	2	0,000
TEMIN	4	0,917
TEMED	3	0,055
TEV MAX	3	0,060
TEV MIN	3	0,208
TEV MED	3	0,076

Fonte: Elaborada pela autora (2011)

Iniciou-se a modelagem múltipla com poluente O₃, precipitação, velocidade dos ventos e o índice TEMAX com seus respectivos “lags”, dia da semana, feriado e ano. O modelo com maior relevância estatística, com o menor AIC e que se mostrou mais eficiente na previsão do número de internações por doenças respiratórias encontra-se descrito na Tabela 5.

Tabela 5 - Estimativa para os parâmetros do modelo multivariável de Regressão de Poisson

Parâmetros	β	Erro Padrão	Valor-p	Exp (β)	95 % Intervalo de Confiança Exp (β)	
					Inferior	Superior
Intercepto	-1,288	,4479	,004	,276	,115	,664
Segunda-feira	,343	,0507	,000	1,409	1,276	1,557
Domingo	-2,426	,2049	,000	,088	,059	,132
Sábado	-2,221	,1839	,000	,108	,076	,156
Sexta-feira	,176	,0585	,003	1,193	1,064	1,338
Quinta-feira	,121	,0580	,038	1,128	1,007	1,264
Quarta-feira	,227	,0566	,000	1,255	1,124	1,403
Terça-feira	0 ^a	.	.	1	.	.
Não feriado	2,473	,4350	,000	11,857	5,055	27,811
Feriado	0 ^a	.	.	1	.	.
2005	-,135	,0363	,000	,874	,814	,939
2006	0 ^a	.	.	1	.	.
O₃	,007	,0019	,000	1,007	1,004	1,011
TEVMED	-,010	,0038	,011	,990	,983	,998

Fonte: Elaborada pela autora (2011)

Variável dependente: Y (raiz quadrada de DRU)
 Modelo: intercepto, dia, feriado, ano, O₃, TEVMED
 a: zero porque é parâmetro de referência

As variáveis explicativas, concentração de ozônio e TEV MED são significativas. As variáveis reguladoras, dia da semana, feriado e ano também o são. O coeficiente β é negativo para sábado e domingo confirmando que o número de internações diminui nos finais de semana. Durante a semana todos os dias apresentaram coeficiente positivo, sendo o dia com maior β a segunda feira. Para os dias não feriados o β é positivo, ou seja, aumentam as internações em relação aos feriados. O β do ano de 2005 é negativo demonstrando que durante este ano houve um decréscimo das internações por doenças respiratórias na cidade de Campo Grande comparando-se com o ano de 2006. O coeficiente β para o parâmetro ozônio é positivo indicando aumento na frequência das internações com o aumento da concentração de ozônio no ar. Por sua vez o β do índice TEV MED é negativo, ou seja, quanto menor o conforto humano maior o número de pessoas com doenças do aparelho respiratório.

A análise do acréscimo (decrécimo) do número de internações devido ao aumento da concentração de ozônio e do índice de conforto térmico humano TEV MED pode ser observada na Tabela 6.

Tabela 6 - Risco relativo e acréscimo ou diminuição no número de internações com o aumento da concentração de Ozônio e do índice TEV MED

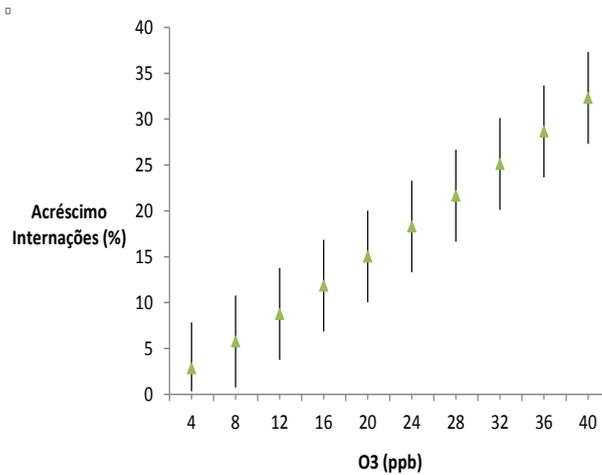
Variações	$\Delta 1$	$\Delta 2$	$\Delta 3$	$\Delta 4$	$\Delta 5$	$\Delta 6$	$\Delta 7$	$\Delta 8$	$\Delta 9$	$\Delta 10$
ΔO_3	0-4	0-8	0-12	0-16	0-20	0-24	0-28	0-32	0-36	0-40
RR	1,03	1,06	1,09	1,12	1,15	1,18	1,22	1,25	1,29	1,32
Acréscimo (%)	2,84	5,76	8,76	11,85	15,03	18,29	21,65	25,11	28,66	32,31
$\Delta TEV MED (^{\circ}C)$	0-2	0-4	0-6	0-8	0-10	0-12	0-14	0-16	0-18	0-20
RR	0,98	0,96	0,94	0,92	0,90	0,89	0,87	0,85	0,84	0,82
Acréscimo (%)	-1,98	-3,92	-5,82	-7,69	-9,52	-11,31	-13,06	-14,79	-16,47	-18,13

Fonte: Elaborada pela autora (2011)

Para a concentração de ozônio foram feitos incrementos a cada 4 ppb. Observa-se que na variação de 0 para 4 ppb ocorre um aumento estimado de 2,84% no número de internações por doenças do aparelho respiratório e para variação de 0 a 40 ppb o aumento estimado foi de 32,31% (Figura 11). O risco relativo (Figura 12) aumenta de 1,03 para 1,32 indicando que o risco de uma pessoa exposta à

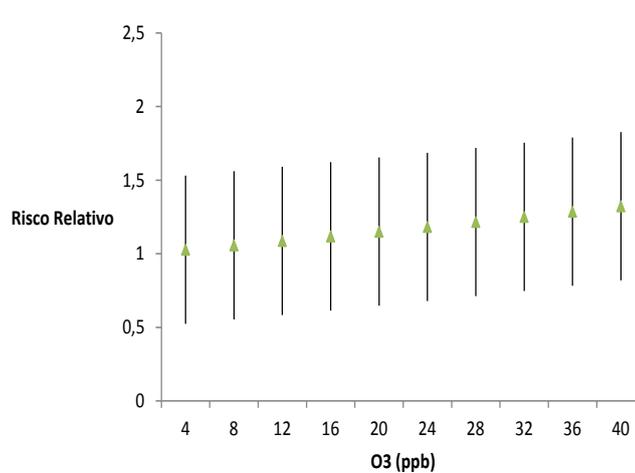
concentração de 40ppb de ozônio apresentar doença do aparelho respiratório é 1,32 vezes maior que uma pessoa que não foi exposta a esta concentração.

Figura 11 - Acréscimo de internações com o aumento do ozônio (O₃)



Fonte: Elaborada pela autora (2011)

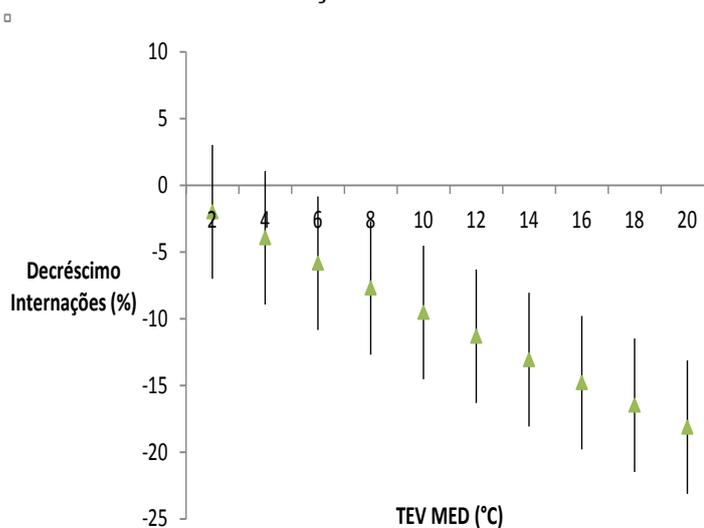
Figura 12 - Risco Relativo decorrente do aumento do ozônio (O₃)



Fonte: Elaborada pela autora (2011)

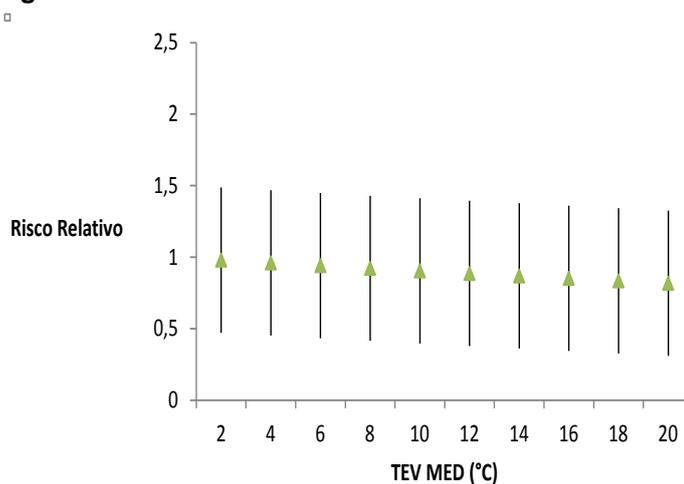
Em relação ao índice TEV MED foram utilizados incrementos de 2°C e constatou-se que o aumento deste índice significa condições mais confortáveis, fator responsável pela diminuição no número de internações hospitalares. Na Figura 13 verifica-se que se ocorrer um acréscimo de 0°C para 2°C ocorrerá um decréscimo estimado de -1,98% no número de internações, e se o acréscimo do TEV MED for de 0 para 20°C, a queda nas internações será de -18,13%. O conforto térmico provocado pelo aumento do índice TEV MED atua como fator de proteção para o número de internações, visto que o risco relativo de internação diminui com o aumento deste índice de Conforto Térmico Humano (Figura 14).

Figura 13 - Decréscimo de internações com o aumento do índice TEV MED



Fonte: Elaborada pela autora (2011)

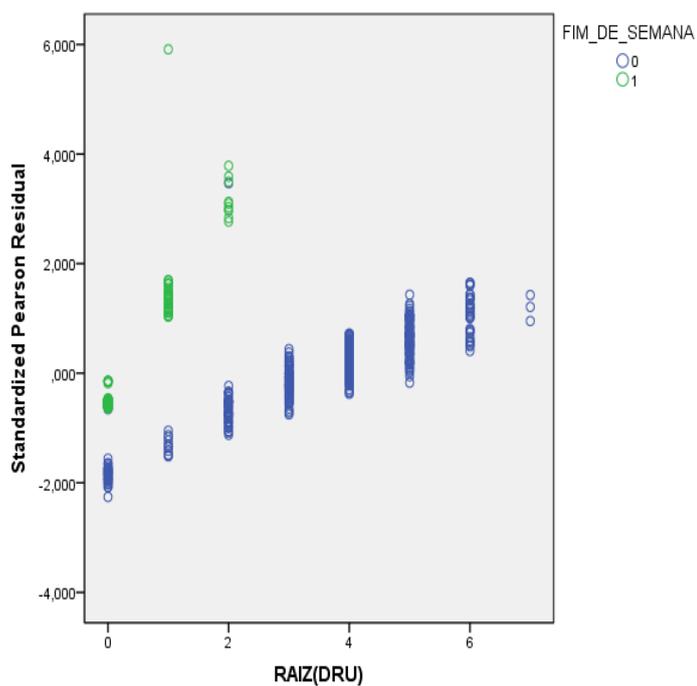
Figura 14 - Risco Relativo decorrente do índice TEV MED



Fonte: Elaborada pela autora (2011)

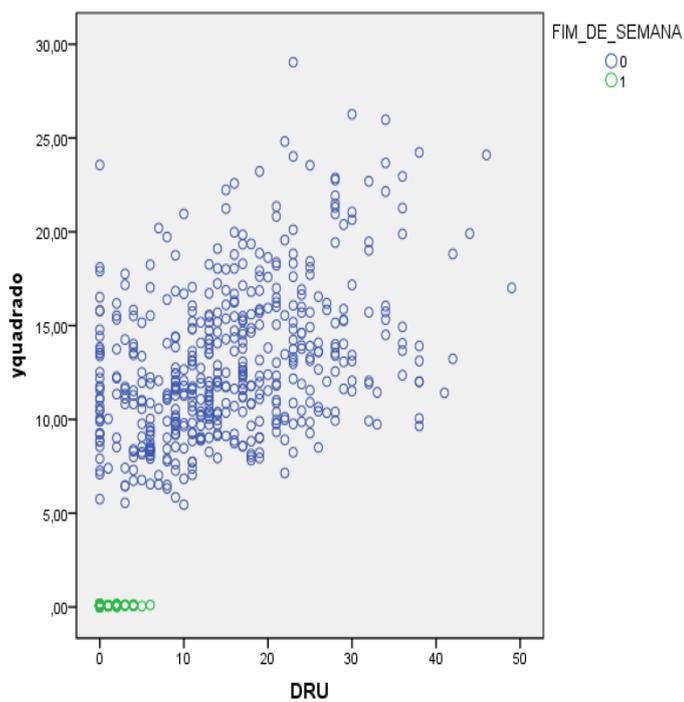
A Figura 15 demonstra que o modelo consegue prever internações hospitalares, exceto nos finais de semana onde o número de internações diminui muito, ocorrendo um acúmulo de dias sem registro de internação por doença respiratória. Esta grande quantidade de dias sem registro (muitos zeros) não permite que o modelo faça uma previsão precisa das internações, ocasionando um achatamento destes valores (Figura 16).

Figura 15 – Resíduos Padronizados de Pearson X variável dependente Y (raiz quadrada de DRU)



Fonte: Elaborada pela autora (2011)

Figura 16 - Interações (DRU) em relação aos valores ajustados pelo modelo



Fonte: Elaborada pela autora (2011)

4 Discussão

Sabe-se que pessoas com problemas respiratórios sofrem cada vez mais com a poluição do ar. A relação entre a poluição atmosférica e doenças respiratórias vem sendo avaliada em diversos estudos nacionais e internacionais. Este estudo, por intermédio de uma Regressão de Poisson, procurou detalhar a relação entre variáveis meteorológicas, poluição atmosférica e a ocorrência de hospitalizações em Campo Grande-MS. Observou-se uma associação estatisticamente significativa entre o aumento do poluente atmosférico ozônio e o aumento no número de internações hospitalares por doenças do aparelho respiratório, e uma diminuição nestas internações com o aumento dos índices de Conforto Térmico Humano. O uso de modelos de regressão sofisticados permite cada vez mais controlar fatores de confusão que podem interferir na análise dos dados.

Observa-se uma grande diminuição no número de internações nas quintas e sextas feiras, praticamente nenhuma internação nos finais de semana e um acúmulo muito grande de internações nas segundas feiras, o que pode significar que o registro do SUS permite que as internações ocorridas nos finais de semana sejam efetivamente registradas no início da semana.

Devido à grande quantidade de zeros (dias sem registro de hospitalização), o modelo de Regressão de Poisson proposto neste estudo produz um achatamento (diminuição) na previsão do número de internações. Porém, no geral, este modelo é satisfatório, visto que conseguiu mostrar que as variáveis ambientais podem ser usadas para estimar internações hospitalares.

Estimar o risco para a saúde da população em relação a fatores meteorológicos e a poluição do ar é um importante passo para o planejamento e a realização de tomadas de decisões que levem em conta questões ambientais e qualidade de vida. Os resultados apresentados no trabalho mostraram em termos quantitativos, o risco para o acréscimo no número de hospitalizações por doenças respiratórias com o aumento da concentração de ozônio na cidade de Campo Grande, controlado por um índice de conforto térmico. Espera-se que os dados apresentados sejam utilizados para uma melhor avaliação do impacto da poluição do ar na saúde humana em Campo Grande e em outras metrópoles brasileiras.

É importante salientar que a hospitalização é apenas um dos muitos efeitos causados pela poluição do ar. O uso de medicações e a redução em atividades físicas, por exemplo, não são avaliados neste trabalho, porém são de grande importância para a saúde pública.

Referências

ANUNCIACÃO, Vicentina Socorro da; SANT'ANNA NETO, João Lima. O clima urbano da cidade de Campo Grande - MS. In: SANT'ANNA NETO, João Lima (Org.). **Os climas das cidades brasileiras**. Presidente Prudente: Editora da UNESP, 2002, p.22-35.

COELHO, Micheline de Sousa Zanotti Stagliório. **Uma análise estatística com vistas a previsibilidade de internações por doenças respiratórias em função de condições meteorológicas na cidade de São Paulo**. 2007.196f. Tese (Doutorado em Meteorologia) – Programa de Pós-Graduação do Departamento de ciências atmosféricas, São Paulo, 2007.

COELHO, Micheline de Sousa Zanotti Stagliório; ALVES, Fábio Luiz Teixeira Gonçalves; LATORRE, Maria do Rosário Dias de Oliveira. Statistical Analysis Aiming at Predicting Respiratory Tract Disease Hospital Admissions from Environmental Variables in the City of São Paulo. **Journal of Environmental and Public Health**, 2010.

CONCEICAO, Gleice Margarete de Souza; SALDIVA, Paulo Hilário Nascimento; SINGER, Julio da Motta. Modelos MLG e MAG parágrafo Análise da Associação entre poluição atmosférica e marcadores de morbi-mortalidade: uma introdução baseada nos dados da cidade de São Paulo. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, 2001, vol.4, n.3, p. 206-219.

Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) /RESOLUÇÃO/N.º 003 de 28 de junho de 1990. Publicada no **Diário Oficial da União**, de 22/08/90, Seção I, Págs. 15.937 a 15.939.

SANT'ANNA NETO, João Lima; ANUNCIACÃO, Vicentina S. da. Uma reflexão do espaço urbano da cidade de Campo Grande/MS na perspectiva climática. **Revista Pantaneira**, vol. 3 nº1, 2003.

SOUZA, Amaury; PAVÃO, Germano Hamilton; LASTORIA, Giancarlo; PARANHOS FILHO, Conceição Antonio. Doença respiratória e sua relação com radiação solar global, radiação extraterrestre, radiação UV e índice de limpidez atmosférico. **Revista Brasileira de Geografia Médica e da Saúde**, 2010, vol.6, n. 10, pp 68-76.

TADANO, Yara de Souza; UGAYA, Cássia Maria Lie; FRANCO, Admilson Teixeira. Método de regressão de Poisson: metodologia para avaliação do impacto da poluição atmosférica na saúde populacional. **Ambiente & Sociedade**, 2009, vol.12, n.2, pp. 241-255.

3 CONCLUSÕES

3.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com a análise feita neste estudo, pode-se afirmar que a poluição atmosférica, os índices de Conforto Térmico Humano e as variáveis meteorológicas apresentam uma correlação com as internações por doenças do aparelho respiratório na cidade de Campo Grande-MS.

Verifica-se que o ano de 2006 apresentou um acréscimo no número de internações em relação ao ano de 2005. No período estudado observa-se que os índices TE calculados mediante as combinações de umidade e temperatura máxima, mínima e média entram várias vezes na faixa dentro da zona de conforto térmico que é de 22 - 25°C e que quando é colocada a velocidade dos ventos nos índices, o TEV MIN sempre permanece em intervalo desconfortável.

O ozônio as temperaturas (máxima, mínima e média), a umidade, a velocidade dos ventos, os índices TE e TEV (máximo, mínimo e médio) apresentaram correlação com a variável DRU (número de internações). A modelagem usou apenas os índices de CTH. Os índices de conforto humano representam melhor a realidade visto que incluem a umidade do ar, as temperaturas e a velocidade dos ventos a que o ser humano está exposto ao mesmo tempo.

O modelo com maior significância estatística, com o menor AIC e que se mostrou mais eficiente na previsão do nº de internações por doenças respiratória considera as variáveis reguladoras dias de semana, feriado e ano e as variáveis explicativas O₃ com 3 lags de defasagem e o TEV MED também com 3 lags de defasagem. O número de internações diminui nos finais de semana e nos feriados, aumenta durante a semana sendo as segundas feiras o dia com o maior número de internações. O aumento da concentração de ozônio no ar é responsável pelo aumento nas internações, já o aumento do índice TEV MED aumenta o conforto térmico humano ocasionando um decréscimo nas hospitalizações.

O modelo proposto pelo estudo consegue prever internações hospitalares exceto nos finais de semana onde o número de internações diminui muito ocorrendo um acúmulo de dias sem registro de internação por doença respiratória. Esta grande quantidade de dias sem registro (muitos zeros) não permite que o modelo faça uma previsão robusta do número das internações ocasionando um achatamento nestes valores.

3.2 SUGESTÕES PARA ESTUDOS FUTUROS

Para estudos futuros, sugere-se:

- Estimar o efeito da poluição do ar sobre as doenças respiratórias usando outros poluentes além do ozônio.
- Estimar o efeito da poluição do ar sobre o número de internações hospitalares devido a doenças do aparelho respiratório em períodos mais recentes.
- Realizar comparações entre Modelos Lineares Generalizados e Modelos Aditivos Generalizados.
- Inserir no modelo variável que indique a estimativa das estações (por exemplo, invernos mais frios que o normal, ou mais quente que a média, etc.).
- Utilizar variáveis com informações sociais, econômicas, nutricionais, educacionais, residência, moradia (dentre outros) para calibração do modelo;
- Expandir esta modelagem para outras cidades.
- Aplicar modelos alternativos para estimar a associação entre poluição atmosférica e as internações devido a doenças respiratórias, como o Modelo Poisson-Gama e o Modelo Binomial Negativo.
- Diversificar as doenças a serem modeladas usando, por exemplo, doenças cardiovasculares entre outras.