

Universidade de São Paulo

Instituto de Astronomia Geofísica e Ciências Atmosféricas

Jezabel Miriam Fernandes Azevedo

**A influência das variáveis ambientais (meteorológicas e de
qualidade do ar) na morbidade respiratória e cardiovascular
na Área Metropolitana do Porto**

**Tese de Doutorado apresentada ao
Departamento de Ciências Atmosféricas**

**Orientador: Professor Fábio Gonçalves
Co-Orientador: Professor António Rui Leal**

Abril de 2010

Agradecimentos

A Deus que permite conhecer as suas criações.

Aos meus pais, irmã e cunhado que mesmo estando ausentes fisicamente, estiveram sempre presentes para ajudar e apoiar em todos os momentos. Aos meus tios e primos pelas boas conversas e conselhos.

Um agradecimento especial ao Prof. Fábio Gonçalves que sem hesitar aceitou orientar-me sem me conhecer muito bem. Durante quase quatro anos foi muito atencioso, compreensivo e muito contribuiu para o meu desenvolvimento pessoal e desta tese.

Aos meus amigos brasileiros que foram grandes amigos na hora certa: Clayton, Clênia, Edson, Enver, Guilherme, Mauricio, Marcelo e Luciana, Nadja, Reinaldo, Dyana e Danielle e Ronison.

Ao Dr. Maciel Barbosa, presidente da ARS-Norte e sua secretária D. Filomena pelos dados hospitalares sem os quais não poderia ter feito a tese. À Dra. Delfina, Dr. Rocha Nogueira e Engenheira Gabriela, do Centro Regional de Saúde do Porto, por me apoiarem e deixarem fluir todo o processo de aquisição dos dados.

Às Professoras. Adalgiza Fornaro, Maria de Fátima Andrade, Teresinha Xavier e ao Professor Tércio Ambrizzi por darem sempre excelentes exemplos e conselhos.

À Rose e ao Marcel da secretaria de pós-graduação e ao Sr. Artur Azevedo (divisão de imigração, Brasília) que foram fundamentais no processo de legalização. Aos indispensáveis e incansáveis informáticos Sebastião e Samuel e às secretárias do departamento.

À Edna e Michele por me receberem em casa na primeira semana que cheguei para fazer o curso.

À Anita e Gyrlene que foram minhas companheiras, no meu primeiro congresso no Brasil, em Florianópolis.

À Profa Fantina Pedrosa e Prof. Rui Leal pela colaboração na preparação do projeto em Portugal.

Índice

Resumo.....	4
Abstract	6
1. Introdução	7
1.1. As relações entre o ambiente e a saúde humana	7
1.2. Biometeorologia.....	10
1.3. As relações tempo/clima e saúde	11
1.4. As relações poluição e saúde	13
1.5. Conforto térmico	16
1.6. Estudos na região em questão	17
1.7. O Problema	19
2. Localização e descrição da área de estudo.....	20
2.1. O clima	22
3. Materiais e metodologia.....	24
3.1 Material.....	24
3.2. Metodologia	31
3.2.1. Índices de conforto térmico humano	31
3.2.2. Estatística descritiva	35
3.2.3. Estrutura de defasagem ('lag')	37
3.2.4. Métodos de regressão	37
3.2.4.1. Correlação	37
3.2.4.2. Regressão Linear Múltipla	37
3.2.5. Análise Fatorial por Componentes Principais.....	39
3.2.6. Análise da distribuição em quantis	40
4. Resultados	41
4.1. Análise do período temporal na íntegra.....	41
4.1.1. Comportamento das variáveis meteorológicas durante o período de estudo	42
4.1.2. Conforto Térmico	46
4.2. Análise sazonal	95
4.2.1. Primavera	95
4.2.2. Verão.....	97
4.2.3. Outono	101
4.2.4. Inverno	102
4.3. Estudos de caso.....	105
4.3.1. Eventos extremos.....	105
4.3.1.1. Verão	106
4.3.1.2. Distribuição temporal e espacial do Material Particulado durante eventos os 'extremos de calor' de 2003 e 2005	110
4.3.1.3. Ausência de precipitação durante o inverno.....	116
4.3.1.4. O Impacto de inversão térmica durante o inverno 2004/05	121
4.3.2. O impacto da OAN na qualidade do ar e na saúde pública, estudo de caso referente ao ano de 2004.....	123
5. Conclusões.....	129
5.1. Sugestões para Futuros trabalhos	131
Referencias Bibliográficas	133
Anexo I	143
Anexo II	145

Resumo

O Homem é parte integrante do sistema Ambiental. O ambiente cria impactos Nele e por sua vez ele também pode provocar impactos no Ambiente. O objetivo da tese foi identificar qual a intensidade e frequência do impacto que a poluição atmosférica e a variabilidade das variáveis meteorológicas na saúde da população da Área Metropolitana do Porto (Portugal), através de um estudo epidemiológico ecológico. Escolheu-se o período de 2002 a 2005 para estudar um conjunto de cidades que contam com espaços urbanos, suburbanos e industriais mesclados, perto do litoral Atlântico com clima Mediterrânico. Usando como métodos a análise descritiva e multivariada (ACP), de correlação e regressão múltipla (RM), assim como índices de conforto térmico (ID, H, Te e Tev), trabalharam-se dados de admissões hospitalares (4 hospitais públicos) de doenças cardiovasculares (DCV) (401-405, Hipertensão; 410-414, DCV Isquêmica, 426-428, Insuficiência Cardíaca) e respiratórias (490-496, Asma/Bronquite; 500-507, Pneumoconioses), informações meteorológicas do Instituto de Meteorologia de Portugal (Temperatura, Umidade, Precipitação e Pressão) e valores diários e mensais do índice de Oscilação do Atlântico Norte (OAN), da NOAA, assim como, saídas de normais de pressão e médias de velocidade de vento do modelo NOAA e de 10 estações fixas de qualidade do ar pertencentes à Agência Portuguesa do Ambiente (O_3 ; NO_2 , NO , CO , SO_2 , PM_{10} , $PM_{2,5}$). Identificaram-se alguns períodos de temperaturas elevadas ($38^\circ C$) durante o verão e inversões térmicas durante o inverno (2004/05), as quais criaram situações de estresse térmico por calor e muito frio (dos 1461 mais de 930 dias - $24^\circ C < TEv$ $tmin$ $Urmáx$ $vmáx < 0^\circ C$), por um lado, e aumento da poluição, por outro. Esse aumento da poluição contribuiu para se observar maior número de casos por doenças respiratórias por Asma/bronquite (lag 3 dias durante inverno 2004/05 correlação com $PM_{2,5}=0,33$), doenças Cardíacas Hipertensivas (regressão multivariada para Primavera, para PM_{10} com $Beta=0,80$, $R^2_{ajustado}=0,076$), e Insuficiências Cardíacas (regressão para Outono NO_2 $Beta = 0,42$ com $R^2_{ajustado}= 0,060$). Encontrou-se também relação significativa e forte entre a variabilidade da Oscilação do Atlântico Norte (OAN) e de alguns poluentes durante o inverno (ex: correlação $PM_{10}=0,71$, em 2003; $PM_{2,5}= 0,91$, em 2005; $SO_2=0,45$, em 2004). Uma importante conclusão, também sugerida por outros autores, é que as mudanças climáticas podem modificar a intensidade e regularidade da OAN, afetando assim a circulação atmosférica o que terá

impacto direto na dispersão dos poluentes em pequena escala e conseqüentemente irá influenciar a saúde pública.

Abstract

Humans are part of environmental system. Environment impacts on Humans and we so can impact on earth ecosystems. The thesis aims identify the intensity and frequency of air pollution and meteorological impact on Porto Metropolitan Area (PMA) public health, although a ecological epidemiological study. The 2002- 2005 period was select to study climatologically Mediterranean seaside cities with typical urban, suburban and industrial mixed spaces. The statistical methods used were: descriptive and multivariate (ACP) analyze, correlation and multiple regression, as well as, discomfort indices (ID, Te, Tev, H). Data set from 3 different institutions was analyzed: admission from 4 public hospitals referent to heart (401-405, Hypertension; 410-414, Ischemic cardiac, 426-428, Heart Insufficiency) and respiratory diseases (490-496, Asthma/Bronchitis; 500-507, Pneumoconioses), meteorological information from Meteorological Institute of Portugal.(Temperature, Humidity, Precipitation, Wind speed, Pressure) and daily and monthly North Atlantic Oscillation index values, from NOAA, as well as, pressure daily normal and wind velocity daily mean NOAA model output and from 10 fixed air quality stations (Environmental Portuguese Agency) the pollutants (O_3 ; NO_2 , NO, CO, SO_2 , PM_{10} , $PM_{2.5}$) time series. Some high temperature ($38^\circ C$) periods was identified during summertime and thermal inversions in the wintertime (2004 and 2005), which provoked stress for heat and cold (from 1461 days, 930 days the thermal sensation was $-24^\circ C < T_{Ev} t_{min} U_{rmax} v_{max} < 0^\circ C$), and pollution increase. The air pollution increased the hospital admissions for respiratory diseases special Asthma/bronquitis (lag 3 days during 2004/05 Winter correlation $PM_{2.5}= 0.33$), Cardiac Hypertension (Spring multivariate regression Beta= 0.80, $R^2_{ajusted}= 0.076$), and Heart insufficiency (Autumn multivariate regression NO_2 Beta = 0.42 with $R^2_{ajustaded}= 0.060$). Significant and strong association was found between North Atlantic Oscillation (NAO) and some pollutants during Wintertime (eg.: correlation $PM_{10}=0.71$, 2003; $PM_{2.5}=0.91$, 2005; $SO_2=0.45$, 2004).). It is important to notice that some studies have already suggested that climate change can modify the intensity and regularity of the NAO, affecting the atmospheric general circulation and it could have a direct impact on pollutants dispersion in small scale and on public health.

1. Introdução

A preocupação com o ambiente e o seu impacto na saúde vem desde as eras pré-cristãs. Devido ao uso do carvão como combustível, nas cidades da época já se respirava ar de qualidade duvidosa. Esta situação veio-se agravando até que temos o primeiro relato no final do século XIII em Inglaterra (Clayton, 1978) e depois durante a revolução industrial a situação foi piorando. No início do século XX o aumento dos automóveis e o uso do combustível fóssil veio se somar às emissões industriais e às guerras, como fontes poluidoras.

Seguiram-se eventos trágicos que chamaram a atenção da população e dos pesquisadores para a importância de se entender os fenômenos meteorológicos associados à poluição para minimizar os seus impactos na saúde pública. Nos pontos seguintes estão alguns exemplos divididos em 7 partes principais;

- 1.1. As relações entre o ambiente e a saúde humana
- 1.2. Biometeorologia
- 1.3. As relações clima/tempo e saúde
- 1.4. As relações poluição saúde
- 1.5. Conforto térmico
- 1.6. Estudos na região em questão
- 1.7. O problema

1.1. As relações entre o ambiente e a saúde humana

O risco a que os indivíduos estão expostos em grandes cidades em volta do mundo não é sempre o mesmo. O esforço de cada governo em diminuir os limites máximos de exposição permitidos depende em grande medida de outros fatores ligados ao desenvolvimento econômico e social do país. E, como consequência, ao grau de importância que a saúde pública tem face ao desenvolvimento econômico, que por sua vez, estará sempre associado ao maior ou menor número de fontes móveis e fixas de poluentes (Samet, 1999).

Os métodos de quantificação dos riscos associados à exposição a uma atmosfera poluída têm vindo a ser desenvolvidos ao longo de mais de 20 anos. Trabalhos epidemiológicos (Bourotte et al., 2007; Lin et al., 2003) e experimentais (Soares et al, 2003; Massad et al, 1985) têm mostrado que viver numa atmosfera poluída afeta

diretamente o sistema respiratório e cardiovascular e indiretamente todos os outros sistemas orgânicos.

A concepção da ‘sociedade de risco’ designa uma fase de desenvolvimento da sociedade moderna na qual a dinâmica de troca da produção de riscos escapa, cada vez em maior proporção, às instituições de controlo e proteção da sociedade industrial. Por um lado, esta sociedade industrial tem necessidade de conviver com os riscos devidos ao seu desenvolvimento, mas por outro critica-se, através do sistema direto, políticas públicas e organizações de defesa, que derivam da dinâmica da sociedade industrial (Beck et al., 1996). Neste âmbito podem-se distinguir três referenciais de interação:

- direito dos grupos expressarem as suas formas de vida e ideias sobre a segurança oferecida principalmente a partir do século XX com as democracias ocidentais.

- relação da sociedade moderna industrializada com os seus recursos naturais e culturais sobre os quais se constitui e se pretende continuar a desenvolver.

- relação da sociedade com os problemas decorrentes do respeito pela segurança e pelo direito ao acesso a qualidade de vida económica, tecnológica e de exploração dos seus próprios recursos.

O impacto associado com o risco afetam de forma diferente os vários grupos sociais. Cada grupo, apresenta um quadro, pré e pós manifestação do evento, que reflete a grande complexidade no estudo e dimensionamento do que é o Risco Ambiental e a sua gestão, em diferentes partes do nosso planeta.

O risco ambiental pode ser dividido em vários setores que o qualifica mais especificamente. Como sendo risco: tecnológico, biológico, natural, social, de saúde, habitação, trabalho, e tantos outros que estão associados à segurança pessoal. (Marques e Rocha, 2003) Destes podemos delimitar dois grandes grupos de riscos: os riscos induzidos pela atividade antrópica e os riscos naturais, associados aos fenômenos geofísicos.

Os *Riscos* são dependentes dos conceitos, cultura, formação, objetivos que a Sociedade tem. Estes fatores intervêm nas precauções que são tomadas para evitar situações de risco e reflete os valores e as instituições da sociedade.

O conceito da sociedade de risco cruza-se diretamente com o de globalização: os riscos são ‘democráticos’, afetando nações e classes sociais sem respeitar fronteiras de nenhum tipo (Guivant, 2000). Deixou de se ter uma sociedade industrial só preocupada com a produção de bens e sua distribuição. Agora também se analisa como se vai

distribuir a poluição. É o fim do risco pessoal, para passar a ser global, por exemplo, a poluição atmosférica pode afetar seres vivos e não vivos em vários locais distantes da fonte de emissão.

O *Risco* só se verifica no caso de existir a probabilidade de provocar danos ao Homem ou suas atividades. Risco em epidemiologia é a probabilidade de ocorrência de uma doença específica ou de um evento adverso à saúde. Pode-se, então, definir por fator de risco o elemento ou características positivamente associadas ao risco (ou probabilidade) de desenvolver uma doença. Podemos então apresentar a causalidade como uma relação causa-efeito em que alguns elementos devem estar presentes para que a doença ocorra.

Geralmente, a causa abrange um conjunto de fatores de risco, não sendo necessário identificá-los na totalidade para implementar medidas efetivas de prevenção, uma vez que a eliminação de um deles pode interferir na ação dos demais, naquilo que denominamos configuração favorável, e, portanto, evitar a doença. O peso de cada fator pode ser variável em diferentes doenças.

Rothman e Greenland (1998) apresentaram um modelo de causalidade que enfatiza a gênese da patologia de forma multifatorial, com causas ou fatores multi-componentes que aumentam o risco e as diversas causas. Ele identificou necessariamente elementos e combinações de exposições suficientes para resultarem em desenvolvimento da doença. A inferência causal focaria mais quão bem os resultados dos estudos epidemiológicos se ajustam com aquele modelo. A causa de um evento pode ser definida como um evento antecedente, condição ou características necessárias para a ocorrência de uma doença num dado momento, dado que outras condições são fixas (Rothman, 2005).

O modelo de causalidade que descreve as causas em termos de causas suficientes e seus componentes é importante para os princípios de multi-causalidade, para a forte dependência dos componentes de causa na prevalência dos componentes de causa complementar e na interação entre esses componentes (Rothman, 2005).

A compreensão da concepção multicausal pressupõe o conhecimento do conceito de risco e de fator de risco. Greenland (2005) propôs que os fatores de interação que compõem a causa podem ser de origem social como, por exemplo, socioeconômicos, sexo ou raça.

Os epidemiologistas procuram desenvolver ajustes nos seus estudos com o objetivo de poder avaliar com mais razoabilidade a natureza causal das associações

observadas (Lucas, 2005). Após essa avaliação será mais fácil introduzir estratégias de redução do risco e o impacto relativo àquela doença.

As relações entre ambiente e saúde estão dentro do escopo da área de estudo denominada de Biometeorologia vista a seguir.

1.2. Biometeorologia

A Biometeorologia é uma ciência que se ocupa em entender as relações dos seres vivos com o meio envolvente. Como se dão as trocas de informação entre o organismo vivo e o ambiente, o impacto que o ambiente tem nos sentidos, fisiologia e limites do organismo, a sua sensibilidade às variações de cada variável meteorológica ou da composição química da atmosfera.

É uma ciência recente que pode ser ramificada atualmente em: Biometeorologia Humana, Arquitetural e Urbana, Animal e das Plantas.

A Biometeorologia humana teve origem na interdisciplinaridade entre a Meteorologia e a Medicina. Oficialmente foi reconhecida como ciência com o primeiro Simpósio Internacional de Biometeorologia realizado em Paris, em agosto de 1956. Os primeiros resultados científicos publicados datam da década de 60, no Jornal Internacional de Biometeorologia, e tratam de assuntos ligados à transmissão de doenças através de mosquitos devido à intensa precipitação (Tromp, 1980).

Ao grupo de Biometeorologia logo se sentiram atraídos os meteorologista e climatologistas, contudo o grupo ficou mais completo com a integração de médicos e epidemiologistas, biólogos, botânicos, zoólogos, agrônomos e mais recentemente especialista da área ambiental.

As alterações climáticas e a variabilidade meteorológica podem aumentar significativamente a vulnerabilidade humana, animal e das plantas. No caso humano, a incidência (aumentos de casos) de várias doenças ou agravo do quadro clínico de pacientes que já estejam hospitalizados podendo levar ao óbito.

É conhecida a surpreendente capacidade dos seres vivos se adaptarem ao longo dos tempos a regiões geladas como o Ártico ou Escandinávia, ou às regiões equatoriais, como a floresta Amazônica, e áridas, como os Andes. No entanto, o sucesso dessas adaptações por vezes é interrompido por mudanças temporárias. Entender a adaptação ambiental e especificamente o clima e as características que tornam a população vulnerável é matéria para especialistas de várias áreas. Segundo as diretrizes da

Gracias por visitar este Libro Electrónico

Puedes leer la versión completa de este libro electrónico en diferentes formatos:

- HTML(Gratis / Disponible a todos los usuarios)
- PDF / TXT(Disponible a miembros V.I.P. Los miembros con una membresía básica pueden acceder hasta 5 libros electrónicos en formato PDF/TXT durante el mes.)
- Epub y Mobipocket (Exclusivos para miembros V.I.P.)

Para descargar este libro completo, tan solo seleccione el formato deseado, abajo:

