

UNIVERSIDADE PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS
INSTITUTO DE ESTUDOS TECNÓLOGICOS

César Alencar Dias Silva

CONTAMINAÇÃO ATMOSFÉRICA E SUA RELAÇÃO COM A SAÚDE HUMANA

Juiz de Fora – MG

Julho de 2003

César Alencar Dias Silva

CONTAMINAÇÃO ATMOSFÉRICA E SUA RELAÇÃO COM A SAÚDE HUMANA

Monografia apresentada ao Instituto de Estudos Tecnológicos da Universidade Presidente Antônio Carlos, como requisito parcial à obtenção do título de Tecnólogo em “Meio Ambiente”.

Juiz de Fora – MG

Julho de 2003

AGRADECIMENTOS

A todos que colaboraram direta ou indiretamente no decorrer de todo o curso, em especial, aos professores e funcionários da UNIPAC, pela dedicação e competência.

A Deus vivo e único por dar-me a oportunidade de viver, amar, querer e realizar...

Durante muito tempo, a humanidade viveu num equilíbrio harmônico com a natureza, devido à baixa densidade demográfica e ao caráter empírico das atividades desenvolvidas. No entanto, com o aumento vertiginoso da população, especialmente nas últimas décadas, o que levou a uma ocupação desordenada da superfície da Terra, aliada à explosão econômica e ao grande avanço industrial e tecnológico, ocorreu um grande desequilíbrio na biosfera.

(Secretaria Estadual do Meio Ambiente - MG)

*Aos meus familiares, na certeza de serem
tudo em minha existência...*

RESUMO

O desenvolvimento industrial e urbano tem originado em todo o mundo um aumento crescente da emissão de poluentes atmosféricos. O acréscimo das concentrações atmosféricas destas substâncias, a sua deposição no solo, nos vegetais e nos materiais é responsável por danos na saúde, redução da produção agrícola, danos nas florestas, degradação de construções e obras de arte e de uma forma geral origina desequilíbrios nos ecossistemas. A poluição do ar, devido às características da circulação atmosférica e devido à permanência de alguns poluentes na atmosfera por longos períodos de tempo, sendo responsável por alterações ao nível planetário, o que obriga à conjugação de esforços a nível internacional. São, deste modo, exigidas ações para prevenir ou reduzir os efeitos da degradação da qualidade do ar o que já foi demonstrado ser compatível com o desenvolvimento industrial e social. A gestão da qualidade do ar envolve a definição de limites de concentração dos poluentes na atmosfera, a limitação de emissão dos mesmos, bem como a intervenção no processo de licenciamento, na criação de estruturas de controlo da poluição em áreas especiais e apoios na implementação de tecnologias menos poluentes.

Palavras Chave: Poluição atmosférica, meio ambiente, saúde humana.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	7
1. CONTAMINAÇÃO ATMOSFÉRICA	10
1.1. Monitoramento da Qualidade do Ar	11
1.2. Poluentes Atmosféricos	12
1.3. Efeitos na Saúde	12
1.4. Interação entre Qualidade de Ar e Mecanismos Meteorológicos	13
1.5. O ar atmosférico	16
1.6. Poluição do ar	17
1.7. Impactos e defeitos na qualidade da atmosfera	18
1.8. Padrões de qualidade do ar	18
1.9. Efeitos Globais	19
1.10. Programas Nacionais para a qualidade do ar	20
2. CONTAMINAÇÃO ATMOSFÉRICA E A SAÚDE HUMANA	21
2.1. Poluição atmosférica e saúde	23
2.2. Exposição do aparelho respiratório aos poluentes do ar	25
2.3. Ação dos diferentes poluentes	30
2.4. Ozônio	32
2.5. NO ₂	33
2.6. SO ₂	33
3. AEROSSÓIS E PARTÍCULAS	35
4. POLUIÇÃO DOS INTERIORES	36
5. FUMO DO TABACO	38
5.1. Meteorologia, poluição atmosférica e saúde	39
5.2. Recursos meteorológicos, a diminuição da poluição atmosférica e melhoria da saúde	44
5.3. Estratégias meteorológicas	52

CONSIDERAÇÕES FINAIS ----- 54

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS ----- 61

INTRODUÇÃO

A preocupação com os efeitos da poluição atmosférica não é recente, tendo inspirado políticas oficiais de controle já na década de 1950. Naquela época, na Europa, era grande a concentração de indústrias nas grandes cidades e a combustão de carvão era largamente utilizada para aquecimento dos domicílios. Em cidades muito populosas, como Londres, na Inglaterra, os níveis de partículas em suspensão no ar costumavam ser elevados. No episódio que se tornou conhecido como o grande "fog" londrino de 1952, durante uma inversão térmica, o dramático aumento da poluição foi acompanhado de grandes incrementos na mortalidade e na morbidade, principalmente por doenças respiratórias e cardíacas, sobretudo em idosos. Desde então, várias medidas foram tomadas, na Europa e nos Estados Unidos da América, para reduzir a emissão de partículas nas grandes cidades, de tal forma que hoje as concentrações encontradas são cerca de 10 vezes menores que há 50 anos naqueles países.

Apesar dos esforços para reduzir o impacto da poluição urbana na saúde, diversos estudos epidemiológicos continuaram reportando associação significativa entre os níveis de poluição e marcadores de morbidade e mortalidade. Nesses estudos, a poluição por partículas tem sido associada à piora da função pulmonar, ao aumento nos sintomas respiratórios e ao incremento das internações hospitalares por doenças respiratórias e cardiovasculares. O aumento na mortalidade diária também já foi relatado em muitos países, podendo estar associado à poluição por partículas, mesmo quando as concentrações médias estão dentro dos padrões internacionais de qualidade do ar.

Nas investigações de efeitos da poluição na saúde, o desenho mais utilizado é o de estudo ecológico de série temporal, trabalhando-se com dados agregados tanto para a exposição, quanto para as informações de saúde. Nesse tipo de estudo são analisadas as co-variações temporais entre a mortalidade e os níveis de poluição urbana, e a inferência sobre a associação depende de se identificar uma relação entre as flutuações na mortalidade diária e os níveis de poluição no mesmo dia ou em alguns dias precedentes. Esta metodologia é destinada, portanto, à mensuração dos efeitos mais imediatos da poluição e não de suas conseqüências em longo prazo.

A maioria dos estudos nessa área foi realizada em países do hemisfério norte, onde as condições climáticas e o perfil sócio-demográfico da população são bem distintos dos brasileiros. Além disso, a diversidade de fontes poluidoras, que definem o tamanho e composição das partículas, pode modificar a magnitude da associação entre a poluição e a mortalidade, tornando as funções exposição-resposta variáveis de um país para outro. Tal fato dificulta a transposição direta para o nosso meio dos achados de estudos norte-americanos e europeus, tornando importante à condução de investigações locais.

Na América Latina, alguns estudos de séries temporais já foram realizados, sendo relatada, dentre outras, associação significativa entre a poluição do ar por partículas e a mortalidade geral nas capitais do México e do Chile.

No Brasil, na cidade de São Paulo, associação significativa com mortalidade por doenças respiratórias em crianças, internações por doenças respiratórias em crianças e mortalidade entre idosos já foram relatadas, sugerindo que a poluição atmosférica naquela cidade deve ser considerada como um relevante problema de saúde pública.

No Município do Rio de Janeiro, a segunda maior metrópole do País, a poluição atmosférica também pode representar riscos à saúde, já tendo sido descrita sua associação com a mortalidade infantil por pneumonia. No entanto, os efeitos da poluição do ar sobre a saúde da população desta cidade não têm sido objeto de pesquisa nos últimos anos, havendo necessidade de ampliação e aprofundamento dos estudos, com a utilização de metodologias mais adequadas à quantificação destes efeitos.

O objetivo do presente trabalho é investigar a associação entre a poluição do ar por partículas e a saúde humana.

1. CONTAMINAÇÃO ATMOSFÉRICA

A velocidade e a intensidade das mudanças no sistema climático da Terra, principalmente nas últimas décadas, desenham um cenário preocupante, e têm sido motivo de pesquisas dos cientistas, de adoção de medidas severas dos órgãos ambientais, e de negociações entre os líderes mundiais, para restringir a emissão de gases poluentes.

Devido ao modelo de desenvolvimento baseado na queima de combustíveis fósseis, como petróleo e carvão mineral, os gases causadores do efeito estufa, principalmente dióxido de carbono, têm sido lançados na atmosfera em quantidades cada vez maiores, afetando o clima do Planeta de forma imprevisível.

As consequências para o meio ambiente e para toda a humanidade poderão ser catastróficas, como a diminuição da cobertura vegetal, o descongelamento de geleiras e calotas polares, secas cada vez mais prolongadas, aumento da frequência e intensidade de eventos climáticos extremos, como enchentes, furacões e tempestades, entre outros.

Até meados de 1980, a poluição atmosférica urbana era atribuída basicamente às emissões industriais, e as ações dos órgãos ambientais visavam ao controle das emissões dessas fontes. Com o rápido crescimento da frota veicular, verificou-se a enorme contribuição dessa fonte na degradação da qualidade do ar, principalmente nas regiões metropolitanas do país, o que levou o Governo Federal a instituir o Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores - Proconve.

Visando a redução gradativa da parcela de contribuição das emissões de poluentes de origem veicular, várias medidas preconizadas pelo Proconve já foram tomadas pelas montadoras (uso de injeção eletrônica e catalisador) e pelas fornecedoras de combustível (retirada do chumbo da gasolina e menor teor de enxofre no diesel).

Para controlar a poluição veicular e assegurar que os veículos sejam mantidos regulados, Feema e Detran assinaram um acordo de cooperação técnica e implantaram, em 1997, um Programa de Inspeção e Manutenção dos Veículos em uso, para medir os gases poluentes emitidos pelos veículos automotores por ocasião de sua vistoria anual.

1.1. Monitoramento da Qualidade do Ar

O monitoramento da qualidade do ar é realizado para determinar o nível de concentração dos poluentes presentes na atmosfera. Os resultados obtidos não só permitem um acompanhamento sistemático da qualidade do ar na área monitorada, como também se constituem em elementos básicos para elaboração de diagnóstico da qualidade do ar, visando subsidiar as ações governamentais no que toca ao controle das emissões, com vistas à saúde e melhoria da qualidade de vida da população.

Os resultados da rede de monitoramento das regiões Metropolitana e do Médio Paraíba são divulgados diariamente e mensalmente, por meio do Boletim de Qualidade do Ar, e anualmente, pelos relatórios e trabalhos publicados.

1.2. Poluentes Atmosféricos

Segundo a Resolução Conama nº 03/90

"Entende-se como poluente atmosférico qualquer forma de matéria ou energia com intensidade e quantidade, concentração, tempo ou características em desacordo com os níveis estabelecidos, e que tornem ou possam tornar o ar: impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde; inconveniente ao bem-estar público; danoso aos materiais, à fauna e flora; prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade e as atividades normais da comunidade".

Numerosos esquemas de classificação podem ser delimitados para a variedade de poluentes que podem estar presentes na atmosfera. A determinação sistemática da qualidade do ar está restrita a um grupo de poluentes universalmente consagrados como indicadores da qualidade do ar, devido a sua maior frequência de ocorrência e pelos efeitos adversos que causam ao meio ambiente. São eles: dióxido de enxofre (SO₂), partículas em suspensão (PTS), monóxido de carbono (CO), oxidantes fotoquímicos expressos como ozônio (O₃), hidrocarbonetos totais (HC) e óxidos de nitrogênio (NOX).

1.3. Efeitos na Saúde

De maneira geral, os efeitos dos gases poluentes na saúde humana estão intimamente associados à sua solubilidade nas paredes do aparelho respiratório, fato

este que determina a quantidade do poluente capaz de atingir as regiões mais distais dos pulmões.

Há evidências de que o dióxido de enxofre agrava as doenças respiratórias pré-existentes e contribui para seu aparecimento. O dióxido de nitrogênio, devido à sua baixa solubilidade, é capaz de penetrar profundamente no sistema respiratório, podendo dar origem as nitrosaminas, algumas das quais podem ser carcinogênicas. Também é um poderoso irritante, podendo causar sintomas que lembram aqueles do enfisema. A presença de oxidantes fotoquímicos na atmosfera tem sido associada à redução da capacidade pulmonar e ao agravamento das doenças respiratórias, como a asma. Os efeitos da exposição ao monóxido de carbono estão associados à diminuição da capacidade de transporte de oxigênio pelo sangue. Foi demonstrado, experimentalmente, que a pessoa exposta ao monóxido de carbono pode ter diminuído seus reflexos e acuidade visual e sua capacidade de estimar intervalos de tempo. Altos índices do poluente em áreas de fluxo intenso de veículos têm sido apontados como causa adicional de acidentes de trânsito.

Poeiras em suspensão no ar afetam a capacidade de o sistema respiratório remover as partículas do ar inalado, retendo-as nos pulmões; quanto mais finas as partículas, mais profundamente penetram no aparelho respiratório. As poeiras em suspensão também potencializam os efeitos dos gases presentes no ar.

1.4. Interação entre Qualidade de Ar e Mecanismos Meteorológicos

A atmosfera pode ser considerada o local onde ocorrem, permanentemente, reações químicas. Ela absorve uma grande variedade de sólidos, gases e líquidos, provenientes de fontes, estacionárias (industriais e não industriais), móveis (transportes aéreos, marítimos e terrestres, em especial os veículos automotores) e de fontes naturais (mar, poeiras cósmicas, arraste eólico).

Essas emissões podem se dispersar, reagir entre si, ou com outras substâncias já presentes na própria atmosfera. Estas substâncias ou o produto de suas reações finalmente encontram seu destino num sorvedouro, como o oceano, ou alcançam um receptor (ser humano, outros animais, plantas, materiais).

A concentração real dos poluentes no ar depende tanto dos mecanismos de dispersão como de sua produção e remoção. Normalmente a própria atmosfera dispersa o poluente, misturando-o eficientemente num grande volume de ar, o que contribui para que a poluição fique em níveis aceitáveis. As velocidades de dispersão variam com a topografia local e as condições meteorológicas reinantes.

Em suma, é a interação entre as fontes de poluição e a atmosfera que vai definir a qualidade do ar; as condições meteorológicas determinam uma maior ou menor diluição dos poluentes, mesmo que as emissões não variem.

A poluição atmosférica, nas regiões urbanas, tem aumentado devido à crescente atividade industrial e ao aumento do número de veículos motorizados em circulação. A qualidade do ar urbano tem causado sérios problemas às condições de vida das pessoas, das plantas e dos animais que vivem nas cidades e arredores.

Elevadas concentrações de poluentes advindos de atividades industriais e do processo de descarga da combustão de veículos automotores, partículas sólidas em suspensão, gotículas de óleo expelidas pelos motores, altas concentrações de CO, CO₂ e SO₂ e compostos de Flúor e Cloro são algumas das causas da baixa qualidade

do ar. Estes poluentes provêm de várias fontes, algumas emitidas diretamente de veículos automotores, outras formadas indiretamente através de reações fotoquímicas no ar.

Poluidor	Principal fonte	O que causa
NO ₂	Escape dos veículos motorizados	Problemas respiratórios
	Centrais termoeletricas	
SO ₂	Fábricas de fertilizantes, de explosivos ou de ácido nítrico	Problemas respiratórios, irritação nos olhos, problemas cardiovasculares
	Centrais termoeletricas	
	Petróleo ou carvão	
	Fábricas de ácido sulfúrico	
Poluidor	Principal fonte	O que causa
Partículas em suspensão	Escape dos veículos motorizados	Problemas respiratórios, irritação dos olhos, doenças cardiovasculares
	Processos industriais	
	Centrais termoeletricas	
	Reação dos gases poluentes na atmosfera	
CO	Escape dos veículos motorizados	Problemas respiratórios, intoxicações, problemas cardiovasculares
	Alguns processos industriais	
	Fumaça de cigarro	
Pb (Chumbo)	Escape dos veículos motorizados (gasolina com chumbo)	Efeito tóxico acumulativo
	Incineração de resíduos	
O ₃ (Ozônio)	Formados na atmosfera devido à reação de óxidos de azoto, hidrocarbonetos e luz solar	Irritação nos olhos Problemas respiratórios (reação inflamatória das vias aéreas)

Fonte: MMA, 2002

Nas plantas, os poluentes prejudicam o processo químico. Danos na membrana celular, interferência no mecanismo de abertura e fechamento de estômatos e corrosão da cutícula das folhas e acículas são alguns dos efeitos dos poluentes químicos.

Geralmente, os poluentes do ar que causam danos às plantas são gasosos, como os óxidos de nitrogênio, dióxido de enxofre, hidrocarbonetos e substâncias

foto-oxidantes. O efeito é direto ou indireto sobre as plantas e depende de sua concentração e período de exposição.

Quando as plantas estão sujeitas a altas concentrações de poluentes, sofrem danos agudos, com sintomas exteriormente visíveis: despigmentação da clorofila, descoloração das folhas, necrose de áreas de tecido e órgãos ou a morte. Com baixas concentrações de poluentes, não há, de início, nenhum envenenamento exteriormente visível. Mas mudanças químicas, bioquímicas, estruturais e funcionais podem ocorrer (entupimento dos estômatos, alterações na fisiologia da planta), além da susceptibilidade a pragas e doenças.

Calcula-se que 60% da poluição atmosférica nas regiões das grandes cidades sejam decorrentes dos veículos automotores. Outras fontes problemáticas são indústrias e queimadas, agravadas pelas condições climáticas.

Dos gases emitidos pelos veículos automotores, 99,9% são inofensivos, mas 1% é altamente ofensivo ao homem e ao meio ambiente. Considerando o aumento de veículos nas cidades (em 2000 o número de veículos foi de 500.000.000 no mundo), este 1% é extremamente significativo.

1.5. O ar atmosférico

Este recurso, também chamado de atmosfera, possui um importante significado biológico e também econômico. Este último de difícil avaliação. É o recurso que mais rápido se contamina e também o que mais rápido se recupera em

condições favoráveis. Sua disponibilidade e uso introduzem-se de forma perfeita nos programas de gerenciamento ambiental, apesar de ser intangível.

Deve-se fazer o controle de sua qualidade relacionando as funções ecológicas e sociais que ele desempenha.

1.6. Poluição do ar

Quando a atmosfera causa danos à fauna, flora, materiais e ao ser humano afirma-se que está poluída, esta poluição resulta da alteração de características físicas, químicas e biológicas normais da atmosfera. Esta poluição é o retrato negativo da industrialização. Milhões de toneladas de elementos poluentes são emitidos diariamente, e estes alteram de forma passageira ou até mesmo permanente as condições de vida na Terra. Nos grandes centros urbanos verifica-se a emissão de monóxido de carbono que apesar de inodoro, invisível e insípido é considerado o principal poluente destas áreas.

Alguns episódios isolados e de intensa poluição atmosférica podem acarretar sérios contratempos e até mesmo provocar diversas mortes. No Brasil estas experiências remontam os anos de 1970, época em que os primeiros dispositivos legais apareceram para regular o fenômeno.

A poluição é uma realidade do mundo moderno e, dentro dos limites suportáveis, os humanos têm que conviver com ela. Apesar disto a população tem que se conscientizar da situação, para desta forma podermos minimizar os efeitos negativos e suas conseqüências.

1.7. Impactos e defeitos na qualidade da atmosfera

Diversas são as fontes poluentes da atmosfera, estas se encontram principalmente nas zonas urbanas, mas também nas zonas rurais e florestas. É por este motivo que se faz necessário o controle dos fenômenos, a partir de uma ação preventiva como é o zoneamento ambiental, partindo-se para a ação corretiva, com o auxílio da comunidade local.

No contexto rural a poluição é causada pela agroindústria da cana e as queimadas que se realizam nos campos nos campos de cultivo e em florestas. Já no contexto urbano industrial o agente poluidor pode ser fixo, são as refinarias, indústrias petroquímicas, siderúrgica, de papel e celulose, cimento e também pode ser móvel como é o caso dos veículos automotores.

1.8. Padrões de qualidade do ar

Os padrões objetivam assegurar a saúde humana e outros requisitos ambientais. Por estes podemos agrupar os efeitos da poluição atmosférica.

Sobre o patrimônio:

- Patrimônio natural: plantas, animais e até ecossistemas inteiros são atingidos e debilitados.

- Patrimônio físico: construções, maquinaria, equipamento diversos são afetados pelo acúmulo de partículas e por fatores corrosivos.

- Patrimônio Cultural e Memória: monumentos, paisagens e construções típicas também sofrem os efeitos da poluição.

Por ser um fenômeno muito disperso não há como se estabelecer mecanismos de compensação de danos, isto somente ocorrerá quando se tratar de uma fonte identificada. Poderiam também as fontes poluidoras ser convocadas para colaborar no ressarcimento dos danos no caso de recuperação do patrimônio coletivo, na forma de contribuições para fundos de pesquisa científica e também para o gerenciamento ambiental.

1.9. Efeitos Globais

Efeito estufa: a concentração de gás carbônico resulta no aquecimento da temperatura à volta da Terra causada pela retenção de raios infravermelhos na atmosfera. Também gases como o metano, os clorofluorcarbonos e os óxidos de nitrogênio colaboram para o mesmo efeito. O reflorestamento e a manutenção da cobertura vegetal existente aprisionam o gás carbônico e reduzem os riscos do efeito estufa dentre outros.

Chuva ácida: apesar de restritas a áreas pouco extensas são prejudiciais à vegetação em geral, à agricultura e às condições atmosféricas. Deve-se atentar aos efeitos desta sobre reservas próximas a centros industriais, onde fatores climáticos podem potencializar o risco.

Redução da camada de ozônio: o ozônio da estratosfera vem sendo eliminado pelo cloro presente em determinados compostos, com isso ocorre um aumento na incidência da radiação ultravioleta que acarreta diversos males à saúde humana e outras formas de vida.

1.10. Programas Nacionais para a qualidade do ar

Existem dois programas nacionais para a qualidade do ar lançado por resoluções do Conama. São estes:

- PROCONVE – (Resolução 018/86 do Conama, de 06.05.1986) - Programa Nacional de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores, objetivando a redução de emissões.

- PRONAR – (Resolução 005/89 do Conama, de 15.07.1989) - Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar, cujo objetivo é contribuir para a gestão ambiental e o desenvolvimento socioeconômico do país, estabelecendo padrões de qualidade do ar e padrões de emissão.

Deve-se ressaltar ainda o monitoramento da qualidade do ar, ou seja, o controle da poluição atmosférica e conseqüentemente da qualidade do ar. Este deve ser amplamente divulgado, pois desta forma esclarecerá a sociedade sobre os problemas de qualidade do ar e reforçará a consciência ecológica.

2. CONTAMINAÇÃO ATMOSFÉRICA E A SAÚDE HUMANA

Entendendo e concordando com Albert Einstein quando ele afirma que o ambiente como "tudo o que não sou eu", o organismo humano está exposto às mais diversas agressões, quer no ambiente em geral, quer no ambiente particular que é o ambiente ocupacional. Os acidentes, as agressões físicas, como as radiações ultravioletas, as agressões químicas e microbiológicas constituem um permanente risco para o organismo.

O aparelho respiratório, pelas funções que desempenha, está particularmente exposto às agressões do ambiente e é freqüentemente sede de alterações de maior ou menor intensidade e de maior ou menor gravidade. Dada a extensão do tema, limitarei esta revisão aos efeitos da poluição atmosférica sobre o aparelho respiratório.

Os conhecidos acidentes do Vale do Meuse, em França em 1930, de Donora, nos EUA em 1948 e de Londres em 1952, vieram chamar a atenção para a ação deletéria da poluição atmosférica sobre o aparelho respiratório. Esses acidentes, relacionados com intensos aumentos da poluição atmosférica, acompanharam-se de um número de mortes superior ao esperado. No acidente de Londres, durante quatro dias as concentrações atmosféricas de PM (partículas em suspensão) oscilaram entre 1,98 e 2,65mg/m³ e de SO₂ entre 0,94 e 1,26ppm e foram acompanhadas por 4.000 mortes, número muito superior ao esperado, principalmente por agravamento de doenças respiratórias. Estes fatos chamaram a atenção dos poderes públicos para a

importância da poluição atmosférica na saúde e deram origem em 1956 ao "*Air Pollution Control Act of London*", ainda nos anos de 1950 ao "*Air Pollution Control Act*" e em 1970 ao "*Clean Air Act Amendments*" nos EUA. Este último, que tem sido freqüentemente atualizado, esteve na origem do estabelecimento do "*National Ambient Air Quality Standards*" (NAAQS). Na Europa surgiram as "*Air Quality Guidelines for Europe*", recentemente atualizadas.

Estes fatos vieram igualmente estimular a investigação epidemiológica e nos anos de 1970 realizaram-se dois importantes estudos sobre o efeito da poluição atmosférica sobre a saúde, um sobre a égide da OMS — Organização Mundial de Saúde — e outro realizado em França (*PAARC Pollution Atmosphérique et Affections Respiratoires Chroniques ou à Répétition*), que incidiram sobre os efeitos da poluição nas doenças crônicas da criança o primeiro e do adulto, o segundo. Ambos encontraram uma relação entre o SO₂ e a prevalência de bronquite crônica e tosse.

Na Europa, na década de 1990 decorreu o *Projecto "Air Pollution on Health: an European Approach"* (APHEA), que teve como objetivo estudar os efeitos em curto prazo da poluição sobre a saúde, programa de investigação ambiental apoiado pela Comissão Européia.

Após esta tomada de consciência as medidas implementadas em muitos países permitiram reduzir os níveis de poluentes do ambiente e melhorar muito substancialmente a qualidade do ar, pelo que episódios como os referidos são hoje muito raros. Atualmente, os níveis de SO₂ no ar ambiente já não constituem um problema nos países da Europa Ocidental, mantendo-se elevados mas com tendência para baixar nos países da Europa Oriental. Nos países em desenvolvimento, estes

níveis continuam a subir à medida que crescem a industrialização e o número de veículos motorizados.

No entanto, segundo Duarte (2000)

“A redução do uso de combustíveis fósseis foi acompanhada por um aumento dos poluentes emitidos pelos produtos de combustão libertados pelos veículos motorizados, nomeadamente partículas em suspensão, óxidos de azoto, ozônio e compostos orgânicos voláteis (VOC). Os níveis de TPS ("Total Suspended Particules"), fumo negro e PM_{10} são muito variáveis de região para região.”

2.1. Poluição atmosférica e saúde

A poluição atmosférica é causada por processos físicos, químicos e dinâmicos que conduzem à emissão de gases e partículas por certas fontes de combustão e sua acumulação na atmosfera. Resulta da ação do homem, nomeadamente dos transportes, das cozinhas, da actividade agrícola, indústria e aquecimento.

Para Duchide (2000),

“Consideram-se como poluentes aéreos os contaminantes do ar do exterior e do interior que incluem partículas e gases, potencialmente tóxicos quando inalados por pessoas ou animais, e podem afectar a vida das plantas e o ambiente em geral, ao modificarem a atmosfera da terra.”

Estes contaminantes aéreos incluem químicos ou gases lançados para o ar ou formados no ar a partir de outros contaminantes, tais como reações fotoquímicas do "smog" no ar urbano.

São poluentes aéreos os produtos comuns da combustão como as cinzas, partículas de carbono, óxidos de azoto, vapores orgânicos, agentes xenobióticos e substâncias radioativas.

Os produtos emitidos diretamente pelas fontes designam-se por **poluentes primários** enquanto que os que resultam da sua transformação, se designam por **poluentes secundários**.

De acordo com Duarte (2000)

“Ao falarmos de poluição atmosférica não podemos deixar de referir a influência do clima, já que existe uma correlação importante entre este e a poluição. As inversões térmicas, por exemplo, estão associadas a níveis mais elevados de TPS, NO₂ e SO₂, enquanto que as temperaturas diurnas elevadas, os ventos de baixa velocidade e os céus limpos aumentam os níveis dos precursores voláteis do ozônio e as taxas de fotólise.”

Podemos considerar vários níveis meteorológicos de poluição atmosférica, uma macro-escala, que afeta áreas superiores a 100 milhas, cujos efeitos se podem fazer sentir durante meses e que têm a ver com a circulação atmosférica, as frentes climáticas, os sistemas de alta e baixa pressão e os ciclones; uma macro-escala, que se estende por uma distância de 10 a 100 milhas, pode durar horas e está relacionada com brisas marítimas e continentais, ventos dos vales e ilhas urbanas de calor e uma micro-escala, que atinge distâncias inferiores a 10 milhas, dura alguns minutos e tem a ver com uso de aerossóis domésticos, pequenos remoinhos aéreos. Consoante a escala a que se dá a poluição, também varia a população atingida, desde grandes grupos populacionais nos processos de macro-escala até subgrupos ou indivíduos isolados, à micro-escala.

Os efeitos tóxicos vão depender da concentração dos poluentes na atmosfera, do tempo de exposição e da sua composição química.

Considera-se a poluição do **ambiente exterior** associada ao ozônio e a outros produtos de transformação fotoquímica (*smog*) e aos produtos de combustão, e a **poluição do ambiente interior** provocada pela acumulação de aerossóis e outros tipos de gases nos edifícios e outros tipos de compartimentos.

Os efeitos da poluição atmosférica sobre a saúde podem fazer-se sentir sobre a pele e mucosas, aparelhos respiratório, cardiovascular, digestivo e SNC, causando diversos tipos de infecções desde os mais variados quadros respiratórios até hipertensão arterial e cancro.

Para Fischer (1998)

“As exposições aos poluentes podem fazer-se de forma crônica ou aguda. Diz-se que a exposição é **crônica** quando ocorre repetidamente durante um longo período de tempo até vários anos e **aguda**, quando ocorre num período de tempo curto, de algumas horas ou um dia com concentrações elevadas de poluentes.”

O mesmo autor, Fischer (1998) comenta:

“Para além da exposição direta, por inalação das partículas contaminantes do ar ambiente, pode haver exposição indireta, por inalação de substâncias existentes na água ou em superfícies; a penetração dos poluentes no organismo pode também ser feita por via cutânea ou digestiva.”

2.2. Exposição do aparelho respiratório aos poluentes do ar

A poluição atmosférica tem efeitos não desprezíveis sobre o aparelho respiratório. O documento "State of the Air: 2001", elaborado pela American Lung

Association, refere, de acordo com Thurston apud Hofmeister (1999), que em cada ano, por cada 75 mortes causadas pela poluição, há 265 internamentos por asma, 240 internamentos por outras doenças respiratórias, 3.500 idas aos Serviços de Urgência, 180.000 exacerbações de asma, 930.000 dias com restrições da atividade e 2.000.000 dias com sintomas respiratórios agudos (Quadro 1). A asma, a bronquite crônica e o cancro do pulmão são de entre as doenças do aparelho respiratório, as que têm relações mais estreitas com a poluição atmosférica.

Atualmente, assiste-se a um aumento da prevalência da asma em todo o Mundo, principalmente nos países industrializados, um aumento da bronquite crônica nos fumantes e nos não fumantes e são em número crescente os trabalhos que demonstram a correlação entre o aumento da prevalência destas patologias e a poluição atmosférica.

Quadro 1	
Para cada 75 mortes anuais causadas pela poluição há:	
-	265 internamentos por asma
-	240 internamentos por outras doenças respiratórias
-	3.500 idas ao sistema de saúde
-	180000 exarcebações de asma
-	930.000 dias com restrições de atividades
-	2.000.000 dias com sintomas respiratórios agudos

Fonte: Thurston citado em Duchiade & Beltrão (2002)

A inalação dos poluentes aéreos produz diversos efeitos biológicos. A sua inalação, deposição e *uptake* podem afetar o aparelho respiratório; podem ainda ser absorvidos pela circulação sistêmica e atingir outros órgãos.

A poluição atmosférica tem efeitos adversos sobre o aparelho respiratório. No entanto, nem todos os efeitos da poluição lhe causam efeitos adversos.

De acordo com Duchiade & Beltrão (2002)

“Define-se como **efeito adverso**, para a saúde respiratória, as alterações fisiológicas ou patológicas com significado médico, evidenciadas por um dos seguintes parâmetros: 1) Interferência com a atividade normal da ou das pessoas afetadas; 2) doença respiratória episódica; 3) Doença incapacitante; 4) Lesão permanente; 5) Disfunção respiratória progressiva.”

Em 1999 a ATS fez uma revisão dos efeitos adversos, que se descrevem sumariamente no Quadro 2.

QUADRO 2
Efeitos adversos dos poluentes no aparelho respiratório - Aumento da mortalidade - Aumento da incidência de cancro - Exacerbações de asma mais frequentes - Infecções respiratórias mais frequentes - Aumento das exacerbações em doentes com bronquite crónica ou doenças cardiovasculares ou outras doenças que se pode manifestar por: - Redução do FEV₁ ou FVC associada a sintomas clínicos - Aumento da prevalência de pieira, não relacionada com infecções respiratórias, ou presente na maior parte dos dias ou noites - Aumento da prevalência ou incidência de aperto torácico - Aumento da prevalência ou incidência de tosse produtiva a requerer cuidados médicos - Aumento da incidência de infecções da VAS que interferem com a actividade normal - Aumento da incidência de infecções da VAS que não interferem com a actividade normal - Irritação dos olhos, nariz e orofaringe que pode interferir com a actividade normal se forem intensos - Odores
Adaptado de ATS(28)

As partículas inaladas podem depositar-se nas vias aéreas e interferir com os mecanismos de limpeza do pulmão ou depositar-se no pulmão profundo e eventualmente contribuir para o desenvolvimento da DPOC, enfisema ou cancro do pulmão se a exposição se mantiver durante anos. O pulmão pode ainda servir de

porta de entrada para a circulação sistêmica e serem atingidos vários órgãos. A inalação crônica de gases e vapores pode causar por via sistêmica lesões de vários órgãos e sistemas, nomeadamente fígado e medula óssea.

O destino das partículas uma vez inaladas depende do seu comportamento aerodinâmico e de fatores anatômicos e fisiológicos. As propriedades dinâmicas das partículas aéreas vão depender da sua dimensão, forma, densidade, inércia (sobretudo das partículas com um diâmetro superior a 0,5m) e difusão (mais importante para as partículas com diâmetro inferior a 0,5m).

Há ainda que ter em conta que o efeito da inalação de partículas depende também da sua composição química. As partículas de materiais mais solúveis depositam-se no pulmão e rapidamente entram na corrente sanguínea, podendo atingir outros órgãos, enquanto que as menos solúveis se depositam e vão causar lesões epiteliais e atuar sobre receptores vários. Atualmente consideram-se as **partículas finas** (inferior a 2,5 de diâmetro) e as **partículas grosseiras** (superior a 2,5 m). Têm origem, mecanismos de formação e composição química diferentes.

As partículas inaladas podem ter dimensões entre 100 e 0,01 m. Uma vez inaladas depositam-se nas vias aéreas superiores e inferiores a vários níveis. As de dimensões superiores a 100 m não atingem o pulmão, mas as inferiores a 10 m podem atingi-lo por inalação. As partículas mais finas (inferiores a 0,5 m) podem no ar exterior reduzir a visibilidade e aumentar a acidez do ar, mas a sua penetração nas vias aéreas é inferior a 20%. As partículas entre 2,5 e 10 m depositam-se essencialmente nos brônquios principais.

A quantidade e o local de deposição das partículas vai depender da aerodinâmica e da dimensão das partículas, mecanismos respiratórios e relações anatômicas. Em suma, uma parte fica nas vias respiratórias extratorácicas, outra na

árvore traqueobrônquica e uma outra na área das trocas gasosas, região pulmonar ou alveolar, que inclui os bronquíolos respiratórios, os ductos alveolares e os alvéolos.

Segundo Duchiade & Beltrão (2002)

“É particularmente importante a deposição de partículas inaladas pela boca, porque a sua deposição se faz maioritariamente no pulmão profundo. A deposição de partículas inaladas pelo nariz vai fazer-se principalmente na região naso-faríngea e é muito superior à que se verifica na região orofaríngea durante a inalação pela boca, principalmente para as partículas de dimensões muito grandes e muito pequenas.”

As partículas aéreas que entram em contacto com as paredes brônquicas úmidas ficam irreversivelmente depositadas e são removidas da corrente aérea. Os processos físicos mais importantes associados à deposição de partículas inaladas são os impactos, a ação da gravidade e a difusão browniana.

A deposição por ação da gravidade é mais importante nas porções mais distais da árvore brônquica e nas porções mais proximais da região de trocas gasosas e tem a ver com as partículas menores. A deposição por impacto é o mecanismo predominante para partículas de diâmetro superior a $3\mu\text{m}$ e dá-se essencialmente nas vias aéreas da cabeça e na árvore traqueobrônquica. Finalmente a deposição de partículas por difusão é, sobretudo importante para partículas de diâmetro inferior a $0,5\mu\text{m}$ e dá-se na região alveolar, mas também no nariz, boca, faringe, para partículas inferiores a $0,01\mu\text{m}$.

As partículas depositadas vão sofrer uma série de alterações de natureza biológica, física e química, nomeadamente a dissolução nos líquidos orgânicos e passagem para a corrente sanguínea, sofrem fagocitose ou pinocitose e podem ser arrastados pelo muco ou outros líquidos orgânicos. As partículas depositadas na árvore traqueobrônquica são eliminadas entre um e vinte dias após a exposição,

enquanto que as depositadas na região dos bronquíolos não ciliados e alveolares, são eliminadas muito mais lentamente. Grande parte é fagocitada pelos macrófagos alveolares, parte dos quais podem deslocar-se até à área coberta por muco e serem assim arrastadas para o exterior, enquanto que outras entram na circulação linfática e daí vão para os gânglios regionais. Outras ainda ficam retidas no tecido intersticial.

Quanto ao comportamento dos gases e vapores poluentes do ar ambiente, depende da sua composição química, da sua reatividade, solubilidade e pressão. As substâncias gasosas podem sofrer absorção à superfície de partículas, gotas, chuvas, aerossóis sofrendo eventualmente reações químicas. Os SO_2 e NO_2 , por exemplo, podem ser oxidados ou reagir com outros gases existentes no ar, pelos seguintes mecanismos: i) Nos aerossóis com a presença de água nos mesmos; ii) Por efeito fotoquímico o SO_2 pode dar origem a um radical livre SO_2 , que na presença de O_2 oxida-se em SO_3 , que por sua vez com a água causa as chuvas ácidas; iii) O SO_2 na presença de O_3 oxida-se diretamente. O transporte de moléculas gasosas do ar inalado para o epitélio das vias aéreas depende da difusão, frequência respiratória, volumes pulmonares e difusibilidade das moléculas. Nem todas as moléculas inaladas ficam retidas nas vias aéreas e uma parte é exalada.

2.3. Ação dos diferentes poluentes

O ozônio, o dióxido de enxofre, o dióxido de azoto, o monóxido de carbono, as partículas em suspensão e o chumbo são os principais poluentes monitorizados na maior parte dos países. Iremos referir-nos a todos com exceção do chumbo, já que os

órgãos alvos para este elemento são o rim, o fígado e o cérebro e não o aparelho respiratório. Os seus efeitos estão resumidos nos Quadros 3 e 4. Dada a importância do fumo do tabaco no aparelho respiratório também o abordaremos.

QUADRO 3 Efeitos dos poluentes no aparelho respiratório em adultos			
Efeito	População estudada	Poluentes	Autores
Mortalidade cardiopulmonar	8.000 EUA, 6 cidades, 15 anos	PM ₁₀ , PM ₂₅ , sulfatos	Dockery et al.
	552.000 EUA, 50 cidades, 8 anos	PM ₂₅ , sulfatos	Pope et al.
Mortalidade por cancro do pulmão	8.000 EUA, 6 cidades, 15 anos	Sulfatos	Dockery et al.
	552.000 EUA, 50 cidades, 8 anos	PM ₂₅	Pope et al.
BC e AB	EUA	IPS, PM ₁₀ , PM ₂₅	Abbey et al.
Expectoração, pieira e sintomas de AB	RU, 23 anos	Fumo negro	Scarlett et al.
Tosse, sintomas resp	SE	NO ₂ , SO ₂	Forsberg et al.
Sintomas resp	FR	NO ₂ , SO ₂	PAARC ⁽⁸⁾
Sintomas ARI	CH	PM ₁₀ , NO ₂ , SO ₂	Zemp et al.
Adaptado de U Ackermann-Luchini. In Resp Epidemiology in Europe, 2000 ⁽¹⁴⁾			

QUADRO 4 Efeitos patogénicos das partículas inaladas		
Poluente	Órgão alvo	Modo de acção e patologia
PM	Aparelho respiratório	Agrava a resposta a outros poluentes tóxicos
Chumbo	Rim, fígado, cérebro	Envenenamento sistémico
NO ₂	Brônquios e alvéolos	Irritação, inflamação, bronquite, edema pulmonar e fibrose
O ₃	Bronquíolos e alvéolos	Irritação, inflamação, dificuldade respiratória e fibrose
SO ₂	Árvore brônquica	Activação dos receptores brônquicos causando dificuldade respiratória e bronquite
CO	Sangue e células vivas de todos os órgãos	Formação de carboxihemoglobina nos eritrócitos, limitação da oxigenação
Adaptado de Rabe OC. Respiratory exposure to air pollution, 1999 ⁽¹⁵⁾		

2.4. Ozônio

Forma-se no ar em resultado de reações fotoquímicas que envolvem os óxidos de azoto emitidos para o ar em resultado de combustões a temperaturas elevadas. Neste processo também são libertados para o ar ambiente ácido nítrico, formaldeído e oxidantes orgânicos. Os seus níveis são mais elevados no verão e durante à tarde. Os níveis têm aumentado progressivamente desde o início do século XX.

Diversos estudos epidemiológicos revelam um aumento dos sintomas respiratórios e diminuição dos volumes pulmonares mesmo após exposições de curta duração. Há também um maior número de internamentos hospitalares por doenças respiratórias em doentes com patologia respiratória pré-existente ⁽²⁹⁾. A exposição prolongada provoca sintomas de bronquite e acentuação da queda anual do FEV₁ (*Forced Expiratory Volume in 1st second*).

De acordo com a American Thoracic Society (2000)

“A inalação de O₃ em estudos experimentais causa dor retroesternal durante a inspiração e uma redução do FEV₁ e FVC (*Forced Vital Capacity*), efeitos que aumentam com o exercício físico. O ozônio provoca um aumento da resposta a metacolina e à exposição a alergénios, mas não ao exercício.”

Causa ainda alterações celulares e bioquímicas, provocando uma chamada de neutrófilos às vias aéreas, evidenciada num aumento do número de neutrófilos no LLBA. O processo inflamatório das vias aéreas parece ser mais marcado nos asmáticos do que na população saudável. Lesões celulares e diminuição da

2.5. NO₂

Resulta da oxidação do óxido nítrico por oxidação do ar, desencadeada pela luz solar. É libertado predominantemente por veículos motores, centrais elétricas e processos industriais. No ambiente interior é libertado pela combustão de fogões e estufas a gás e pelos aquecimentos a querosene. O seu efeito tóxico é mais acentuado na criança, na qual prolonga a duração das queixas respiratórias e a função pulmonar, e é duvidosa nos adultos.

Os asmáticos têm uma resposta brônquica aumentada à histamina, a metacolina e aos alergênicos após inalação de NO₂.

Uma exposição experimental a níveis de 3-4ppb de NO₂ causa uma menor capacidade de inibição do inibidor das proteínas; ao fim de 24 horas, observa-se um aumento dos mastócitos e linfócitos.

2.6. SO₂

É produzido pela combustão de combustíveis fósseis, combustíveis cada vez menos usados nas cozinhas, mas consumidos em grandes quantidades pelas centrais

permeabilidade celular são outros dos efeitos possíveis. Sendo pouco solúvel, penetra profundamente nas vias aéreas periféricas.

elétricas. Os seus níveis estão habitualmente relacionados com os das PM e com uma maior mortalidade e morbidade por doenças respiratórias, particularmente a asma brônquica e a bronquite crônica. O SO_2 tem efeitos tóxicos acrescidos nos doentes com doenças respiratórias e cardiovasculares pré-existentes. A exposição em longo prazo provoca um aumento da tosse e expectoração. A inalação de SO_2 tem efeito broncoconstritor potente em doentes asmáticos.

O SO_2 uma vez inalado dissolve-se na camada de muco que reveste o epitélio das vias aéreas e transforma-se em ácido sulfúrico, sulfitos, bissulfetos e sulfatos. Estes produtos tal como o SO_2 interferem com as pontes de dissulfetos, mas o mecanismo não está esclarecido. Há libertação de mediadores da inflamação que induzem hipersecreção de muco e estimulação das terminações nervosas. A exposição prolongada pode causar alterações semelhantes às da bronquite crônica.

3. AEROSSÓIS E PARTÍCULAS

A exposição aguda e crônica a partículas inaladas, principalmente de pequenas dimensões, está associada a efeitos adversos sobre o aparelho respiratório e uma maior mortalidade. As partículas finas (0,1-2,5mm) e ultrafinas (0,01-0,1) estão relacionadas principalmente com a mortalidade e morbidade por doenças cardiovasculares.

PM₁₀ – Massa concentrada de partículas aéreas associadas a partículas inferiores a um diâmetro aerodinâmico de 10 m. Consistem numa mistura de componentes particulados que inclui poluentes derivados do tráfego e da combustão de compostos de carbono, partículas secundárias (SO₂ e NO₂), poeiras minerais transportadas pelo vento, podendo conter endotoxinas e partículas biológicas com alérgenos associados. O objetivo desta unidade é medir a massa concentrada de partículas aéreas inaláveis que são depositadas no pulmão durante a inalação por via bucal.

PM_{2,5} – Separa as partículas respiráveis de menores dimensões, que têm origem e composição química diferente das maiores. De acordo com a EPA, as PM₁₀ constituem um risco acrescido para a asma, enquanto que as PM_{2,5} contribuem para um aumento da mortalidade e morbidade.

4. POLUIÇÃO DOS INTERIORES

Hoje em dia, o Homem passa grande parte do tempo dentro de edifícios e está exposto à ação dos poluentes existentes dentro destes, sejam a habitação, o local de trabalho ou o próprio estacionamento dos veículos. Nos EUA, a população urbana chega a passar 95% do tempo dentro de edifícios. São numerosas as fontes de poluentes aéreos existentes nos edifícios, relacionados com os materiais usados na sua construção e manutenção, os sistemas de ventilação e de aquecimento, o comportamento dos ocupantes e a qualidade do ar exterior, já que este entra dentro das construções (Quadro 5).

QUADRO 5 Concentrações dos poluentes comuns dos ambientes interiores	
Poluentes	Concentrações nos ambientes interiores
SO ₂	0-15mg/m
O ₃	30-100ppb
NO ₂	10-700mg/m
CO	35-50ppm
CO ₂	600-3.000mg/m ³
PM	10-1.000mg/m ³ 0,01-4pCi/l
Radon	0,01-4 pCi/l
Formaldeído	0,01-4ppm
Fibras sintéticas	0-1 fibras/ml
Luo Y PJ, Zhang J - Air pollution, 1999(46)	

O ar do ambiente interior contém poluentes do ambiente exterior e poluentes com origem no interior, nomeadamente fumo do tabaco, partículas finas, gases, materiais radioativo (raiom) e microorganismos, tais como ácaros, fungos, esporos.

Os níveis de poluição no interior podem ser reduzidos pela presença de ar condicionado, enquanto que a ventilação feita apenas pela abertura das janelas aumenta a contaminação do ar interior pelo ar exterior.

Um aspecto a ter em consideração, é de acordo com Iñiguez & Oliveira (2000) que

“a concentração de algumas substâncias tóxicas dentro de casa é superior à sua concentração no exterior, para além de grande parte da população passar mais tempo dentro do que fora de construções. O benzeno, uma poluente carcinogênico, existe no exterior, resultante da combustão dos motores e no interior na sequência da contaminação do fumo do tabaco, onde muitas vezes é bem mais elevada.”

No ambiente interior, existem agentes agressores físicos, químicos e agentes biológicos, para além de poder existir uma combinação de todos estes agressores. Entre os agentes físicos, incluem-se os fatores térmicos, a luz natural, o ruído, as radiações, a umidade e a ventilação. Conta-se entre os agentes químicos o fumo do tabaco, da combustão no interior, dos materiais de construção, os químicos de uso doméstico.

São múltiplas consequências para a saúde, nomeadamente as alterações da função respiratória, o estabelecimento de alergias, de hiper-reatividade brônquica, o cancro, os efeitos agudos, sintomas inespecíficos, mal estar geral.

Quanto à asma brônquica, cuja prevalência tem vindo a aumentar em todo o Mundo, a poluição atmosférica contribui para uma maior exposição a alergênicos, embora o sexo, a idade e a raça sejam também fatores importantes. Outros agentes do ambiente e o modo de vida como sejam as dietas, as estruturas da família, a presença de animais domésticos e a co-exposição com produtos do exterior.

5. FUMO DO TABACO

O fumo do tabaco merece-nos um maior desenvolvimento atendendo à sua importância para a saúde. Os seus efeitos nocivos estão hoje bem estabelecidos. Na última década reconheceu-se a importância da inalação passiva pelos não fumantes, já que foi associada a consequências sobre a saúde idênticas às dos fatores ativos, embora em menor grau.

O fumo do tabaco do ambiente (ETS – Environmental Tobacco Smoke), é uma mistura complexa e dinâmica de milhares de compostos sobre a forma de partículas e vapores que não podem ser medidas na globalidade. Usam-se vários marcadores, como a nicotina e partículas respiráveis em suspensão (RSPs) para quantificar a exposição (Quadro 6).

QUADRO 6 Consumo de tabaco no Mundo					
	Prevalência			Total de fumadores	
	H	M	H + M	Milhões	(%)
Pacífico e Este Asiático	59	4	32	401	35
Europa Oriental e Asia Central	59	26	41	148	13
América Latina e Caraíbas	40	21	30	95	8
Médio Oriente e Norte África	44	5	25	40	3
Ásia do Sul (cigarros)	20	1	11	86	8
Ásia do Sul (bidis)	20	3	12	96	8
África subsahariana	33	10	21	67	6
Países em desenvolvimento	49	9	29	933	82
Países desenvolvidos	39	22	30	209	18
Mundo	47	12	29	1.142	100
Legenda: H – Homens; M – Mulheres. World Bank. Curbing the epidemic ⁽⁴⁷⁾					

O fumo do tabaco do ambiente é constituído por uma corrente secundária e uma corrente principal. A corrente secundária é emitida pela combustão da extremidade do cigarro e é formada pelos mesmos compostos que a corrente principal, aquela que é inalada e exalada pelo fumante. Os níveis de alguns dos constituintes do ETS foram medidos em não fumantes expostos e encontraram-se aumentados, variando os níveis encontrados com as dimensões dos compartimentos e sua ventilação, número de fumantes e consumo de cigarros.

São já inúmeros os trabalhos epidemiológicos que demonstram o risco aumentado de cancro do pulmão das mulheres não fumantes casadas com fumantes (1,2 a 2 vezes o risco). Nos EUA todos os anos há 3.000 novos casos de cancro do pulmão em não fumantes que podem ser atribuídos aos efeitos dos ETS. A American Heart Association atribui todos os anos 30.000 a 40.000 mortes por doença cardíaca em não fumantes. Está também demonstrado o aumento das queixas respiratórias nas crianças expostas ao fumo do tabaco. Estas crianças têm uma maior incidência de doenças das vias aéreas inferiores, nomeadamente pneumonias, bronquiolites e bronquites, nos dois primeiros anos de vida. Também os sintomas respiratórios são mais frequentes entre os filhos de fumantes.

5.1. Meteorologia, poluição atmosférica e saúde

A associação entre a mortalidade e as condições meteorológicas podem produzir correlações espúrias com a poluição do ar. Por esse motivo, os estudos que investigam relações causais entre a poluição do ar e a mortalidade devem ser

série de óbitos por DAC — Doenças do Aparelho Circulatorio —, o controle de potenciais fatores de confusão foi bastante satisfatório, com gráficos de diagnóstico apontando para a ausência de correlação com variáveis meteorológicas ou padrões temporais na série de resíduos. Porém, a série de mortalidade por DAR — Doenças do Aparelho Respiratório — não teve diagnósticos de resíduos tão bons, mesmo após diversas mudanças nas especificações do modelo. Não foi possível, portanto, descartar inteiramente a existência de confusão residual na análise da mortalidade por DAR.

Quanto à metodologia utilizada para o controle dos fatores de confusão, é importante salientar que, embora o processo de modelagem estatística envolva algum grau de subjetividade, a definição daquele modelo central, com todas as variáveis de controle, antes da inclusão da variável de poluição, garante que tal processo não seja influenciado pelas possíveis associações com a poluição.

Devido à sistemática de realizar as medições de PTS — Partículas Totais em Suspensão — apenas a cada seis dias e em virtude da ocorrência de falhas nas mensurações nas datas previstas, o número de observações na série analisada ficou restrito a 179 dias.

Este número é bem inferior ao habitual em estudos desse gênero, em que as séries contemplam geralmente três ou mais anos de dados diários. Tais conjuntos de dados podem ser necessários para estimar riscos de pequena magnitude em modelos multivariados. Conseqüentemente, os resultados obtidos não forneceram intervalos de confiança estatisticamente significantes. Todavia, tiveram estimativas pontuais semelhantes às descritas por outros autores para a associação entre a mortalidade

ajustados de forma adequada por fatores meteorológicos. No presente estudo, para a

geral e PTS. Especificamente para mortalidade em idosos, estudo realizado em São Paulo por Gouveia & Fletcher in Duchiae & Beltrão (2002) relatou, *para uma variação dos níveis de PM10 do 10^o ao 90^o percentil, um risco relativo de 1,038 (IC95%: 1,001-1,076) para causas cardiovasculares e de 1,06 (IC 95%: 1,005-1,118) para causas respiratórias*. Tais riscos são um pouco menores do que os do presente estudo, porém com intervalos de confiança que incluem os valores aqui encontrados.

É provável que o efeito de alguns dias de poluição atmosférica elevada seja maior do que aquele ocasionado por um único dia de maior exposição. De fato, algumas pesquisas sugerem que os melhores indicadores da exposição seriam as médias de dois a cinco dias precedentes. A ausência de medidas diárias de poluição não permitiu, entretanto, que essa hipótese fosse explorada.

Para Duchiae & Beltrão (2002):

“As PTS foram o único poluente do ar analisado no presente estudo, já que não havia dados sobre poluentes gasosos no Rio de Janeiro para aquele período. Por causa da alta correlação entre diversos poluentes atmosféricos, geralmente provenientes de uma fonte comum, o efeito das partículas não pode ser desvinculado dos efeitos de poluentes gasosos. É prudente, portanto, que elas sejam consideradas apenas como uma medida representativa de uma mistura complexa de poluentes das áreas urbanas e não como um agente causal específico dos agravos a elas associados.”

O tamanho das partículas é outra questão importante a ser considerada. Quanto menores as partículas, maior a sua capacidade de penetração nas vias aéreas inferiores e alvéolos pulmonares. As chamadas partículas inaláveis, aquelas com diâmetro aerodinâmico menor que 10 μ m (PM10), seriam, assim, a fração das PTS com maior potencial para causar danos à saúde, motivo pelo qual substituíram as

PTS na definição do padrão nacional de qualidade do ar da Agência de Proteção Ambiental Americana (EPA), em 1987.

O método de mensuração de PTS pelo amostrador de grandes volumes permite a coleta de partículas de até 50 μ m de diâmetro. Nessa faixa, encontram-se partículas mais grossas, que além de ter menor capacidade de penetração nos pulmões, podem ser de uma origem e composição diferentes das partículas inaláveis. Originam-se, com maior frequência, por exemplo, da desintegração mecânica do solo, cuja composição é provavelmente menos tóxica que a das partículas produzidas pela indústria e pelos veículos automotores. Como a proporção de PM10/PTS é variável de acordo com a localidade e as condições meteorológicas, a mesma concentração de PTS pode representar exposições efetivas diferentes. A quantificação da exposição à poluição através da medida de PTS implicaria, por conseguinte, uma perda de precisão.

Desfechos menos graves, como internações, consultas de emergência e sintomas respiratórios, devem ser indicadores mais sensíveis de danos à saúde e precisam ser incorporados às investigações sobre essa questão. Estudos com dados no nível individual, com quantificação seriada da função pulmonar e sintomas respiratórios, por exemplo, podem produzir estimativas mais precisas e ajudar a desvendar os mecanismos fisiopatológicos pelos quais a poluição produz o aumento na mortalidade e na morbidade que se identifica no nível ecológico.

A impossibilidade de mensurar partículas inaláveis e poluentes gasosos, assim como a ausência de medidas diárias de poluição foram limitações importantes deste estudo. Tanto a quantificação da exposição com base nas medidas de PTS, quanto o reduzido número de observações, contribuíram para a perda de precisão nas estimativas de risco, produzindo intervalos de confiança muito alargados. Por esse

motivo, os riscos relativos estatisticamente não significativos não devem ser interpretados como indicativos de ausência de associação, e sim como um reflexo de tais limitações.

Duchiade & Beltrão (2002) acreditam que

“a instalação recente, no Rio de Janeiro, de estações de monitoramento automáticas, com capacidade para medir diariamente PM10 e diversos poluentes gasosos, permitirá melhor quantificação e caracterização da poluição atmosférica na cidade. Isto tornará possível tanto um controle mais efetivo da emissão de poluentes, quanto a expansão das pesquisas, uma vez que a análise desses dados permitirá estudar os efeitos da poluição com maior precisão e detalhamento.”

É importante salientar que, embora os riscos relativos estimados nos estudos sobre poluição sejam geralmente da ordem de 1,01 a 1,10, a prevenção de riscos de magnitude aparentemente pequena pode ter grande impacto na saúde pública quando se trata de exposições muito frequentes. Por outro lado, os custos envolvidos na redução da emissão de poluentes podem ser bastante elevados quando o objetivo é manter níveis extremamente baixos. Portanto, a quantificação dos efeitos da poluição e a determinação de limites aceitáveis para os níveis de diversos poluentes ambientais são questões fundamentais e que merecem especial atenção nos países em desenvolvimento, os quais convivem não só com níveis de poluição elevados, como também com a escassez de recursos para investimento em medidas de prevenção e controle.

5.2. Recursos meteorológicos, a diminuição da poluição atmosférica e melhoria da saúde

Quando se fala em controle de qualidade do ar, logo se lembra em filtros para poluentes, rodízios de carros, catalizadores, monitoramento da emissão de gases, mas existem outros fatores que podem auxiliar na dispersão, são os fenômenos atmosféricos. Fenômenos como ventos, chuvas, instabilidade do ar, agem de maneira direta na qualidade do ar de uma determinada região, outros fatores como topografia, edifícios, tipo de solo, também podem influenciar nessa qualidade.

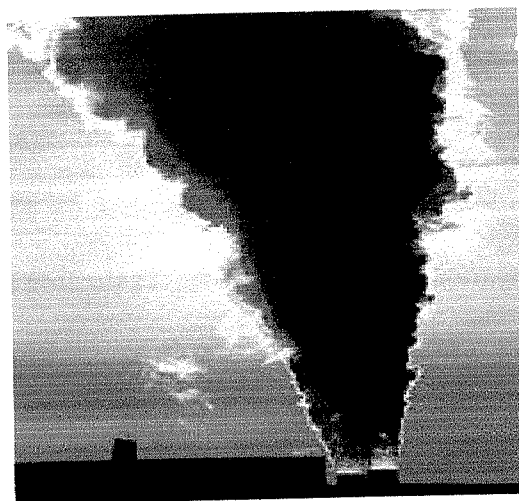


Figura 1 – Poluição ambiental

Os ventos podem ser uma faca de dois gumes, ele é um excelente dispersor de poluentes, carregando para longe essas impurezas, mas se no seu trajeto encontrar uma cidade, o que temos aí é só uma transferência do problema. Na Europa já houve atritos diplomáticos em que um país acusava outro de lançar poluentes no seu espaço

aéreo, Chernobil também espalhou radiação por parte da Europa com a ajuda dos ventos, mais aqui próximo de nós, em Itú - SP, houve um caso de um loteamento que passou a desvalorizar-se monetariamente por causa dos ventos que o atingia provinha de um aterro sanitário distante.

Um vento soprando em direção a uma área edificada pode agravar a situação da dispersão, deparando-se com uma situação dessa, a barlavento dos edifícios há uma formação de baixa pressão que acaba sugando os poluentes para essa depressão em forma de redemoinhos. Os redemoinhos ainda causam um agravante, eles elevam, e fazem ressurgir o material particulado do solo que se associa aos poluentes importados. Outro fenômeno que ajuda na dispersão dos poluentes são as chuvas, elas lavam a atmosfera, decantando não só os particulados, mas também ajudam na dissolução de gases como o SO_2 e os NO_x .

As chuvas agem da seguinte maneira: acima do nível de condensação, elas funcionam como agentes agregadores, capturando os particulados como núcleos de condensação, esses núcleos ajudam no desenvolvimento da chuva, pois a colisão entre as pequenas gotículas tenderá a aumentar e formar gotas cada vez maiores que não conseguirão manter-se flutuando na atmosfera e precipitam-se em forma de chuva.

Experimentos já provaram que se não houvesse os núcleos de condensação, a umidade relativa poderia chegar a 400% e ainda não se teria a formação da gota. Uma vez em precipitação, inicia-se a remoção por carregamento que é basicamente o mesmo processo que o anterior, mas ocorrendo abaixo do nível de condensação; nesta situação temos a chuva lavando, carregando o material particulado. A instabilidade do ar, que não tem nada haver com a instabilidade que os jornalistas apresentam na televisão, também ajudam na dispersão dos poluentes, um ar estando

instável significa que o ar tende a subir para altos níveis, ele está relacionado com a variação da temperatura com a altura, se a variação for maior que $0,8^{\circ}\text{C}$ para cada 100 m, diz-se que o ar é instável. Numa região instável, os poluentes serão facilmente suspensos, elevando-se a níveis onde os ventos se encontram mais fortes e constantes, dissipando assim a poluição.

Há diferentes tipos de instabilidade e estabilidade, as que formam em baixos níveis podem ser notadas pelo desenho que uma fumaça saindo da chaminé faz. Em condições de estabilidade temos o contrário, ou seja, dificuldade na dispersão, a estabilidade em baixos níveis é bem conhecida, pois causam as inversões térmicas.

As empresas com certificado ISO 14000 estão atentas à meteorologia, através dela é possível monitorar, prever, diagnosticar e prevenir a poluição e suas consequências. Uma grande aliada à dispersão dos poluentes são as frentes frias principalmente no inverno que é um período de estabilidade do ar, poucas chuvas e ventos calmos; tudo isso são sinônimos de problemas de dispersão, as frentes frias vem para quebrar tudo isso: ela deixa o ar instável, traz chuvas e ventos amainando esses problemas.

É importante para a empresa, que está preocupada com o meio ambiente, saber como funciona o clima e os fenômenos que agem na sua região; seus ventos predominantes, os tipos de chuvas que podem atingir sua área (existem outros tipos de chuva além das frontais, existem as orográficas e as locais), e fazer um monitoramento diário das condições do tempo a fim de se obter um melhor aproveitamento de seu equipamento sem causar danos ao meio ambiente.

Os ventos são formados basicamente por uma diferença de pressão entre dois pontos, num extremo temos uma alta pressão atmosférica que causa a descida de ar, logicamente em outro extremo teremos uma ascensão do ar, é aí que temos as baixas

pressões onde o ar tende sempre a subir. O ar deslocando-se da alta para a baixa causa o vento que chamamos de "vento de gradiente de pressão", ele age numa macro-escala que pode atingir algumas centenas de km, mas também temos outros tipos de ventos, os locais, como os de vale-montanha (e vice-versa); que sopram em regiões montanhosas, temos as brisas; as mais comuns são as marítimas. Você deve perceber que os barquinhos de pesca saem para alto mar durante a noite e a madrugada, é nessa hora que sopra a brisa terrestre, eles usam este vento de proa como um empurrão para suas embarcações, já durante o dia sopra o contrário e você também deve ter percebido junto à praia uma nebulosidade esparsa em cima dos banhistas, enquanto que no horizonte o céu brilha claro e forte, isto é causado pela brisa marítima.

Os ventos dessa brisa trazem muitos problemas a Cubatão - SP, a cidade quase ao nível do mar, recebe de forma direta esta brisa, concentrando os poluentes junto a Serra do Mar, o vento sobe devido ao encontro da encosta, elevando-se e resfriando-se ocasionando a condensação, ou seja, a formação de nuvens, que por sua vez provoca um tampão sobre a cidade e intensificando-se o efeito estufa local.

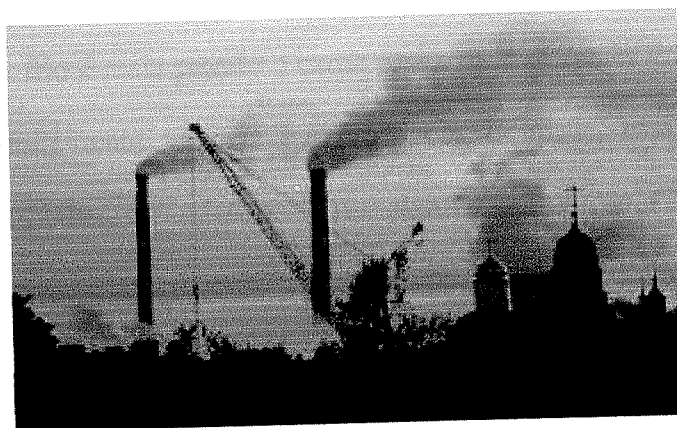


Figura 2 – Dispersão de poluentes

A natureza naquela região não propicia de forma alguma uma boa dispersão dos poluentes, a direção do vento, a serra e a brisa neste caso não foram muito amigas; já no NE, na região do pólo petroquímico de Camaçari, temos uma situação semelhante só que mais favorável ao meio ambiente. Em todo o NE do Brasil, sopram os ventos aliseos, provenientes do leste, de alto mar, o vento sopra alguns km adentro do continente, só que não encontra nenhuma barreira orográfica significativa, os poluentes ali gerados seguem para o interior evitando que a poluição viesse em direção à grande Salvador, como exemplificação.

O avanço de uma frente fria também causa variações nos ventos, principalmente na direção. Os ventos mais comuns são aqueles que sopram de E, SE, S; com a aproximação de uma frente, eles tendem a girar para N, NW seguido de aumento de nebulosidade e chuvas, este é o momento mais favorável para as dispersões, pois temos um ligeiro aumento na velocidade do vento, seguido ou acompanhado de chuvas, mas este fator positivo é momentâneo; no inverno logo após a passagem do sistema frontal, temos a guinada do vento para E/SE que com o tempo irá perder intensidade, este é um sinal que a estabilidade do ar está de volta só que dessa vez com um ar frio acompanhando.

O ar frio é mais pesado e causa assim uma retenção dos poluentes em baixos níveis, perfeitamente visíveis nas inversões térmicas, essa sujeira suspensa na atmosfera pode estender-se em alguns casos a 3000m de altitude. Uma outra grande área de estabilidade forma-se do Centro-Oeste do Brasil, esta área embora não seja de origem frontal, ocasiona os mesmos problemas e com um agravante, nesta região e no Norte, ocorrem as queimadas e apesar dessas regiões não haverem pólos industriais, a fumaça gerada são igualmente perigosas, tão perigosas

que põe em risco até a aviação, reduzindo a visibilidade e, por conseguinte fechando aeroportos, houve um caso em que na cidade de Vilhena-RO o aeroporto manteve-se operando em condições instrumento por duas semanas, enquanto a população não só respirava como cheirava fumaça. É um período de muita seca, poeira, umidade relativa baixa, podendo chegar a níveis de desertos, o que só vem a agravar as doenças respiratórias.

Toda esta situação só vai ser quebrada com o avanço da primavera e verão. As chuvas principalmente as locais ou do tipo pancadas, voltarão a lavar a atmosfera. A estabilidade provocada pelo centro de alta pressão perde força e dirige-se para o leste e o tempo que até então estava chuvosa no litoral nordestino, passa a ser firme e claro; no Centro-Oeste pipocam nuvens de chuvas isoladas, a atmosfera perde as características de estabilidade e torna-se instável.

Muitas frentes frias que às vezes ficam presas no sul do país, agora conseguem avançar para o norte, chegando até a altura de Porto Seguro, Ilhéus. São Paulo recebe como verdadeiras bênçãos divinas, águas que limpam o ar e dão uma sobrevida aos reservatórios de água.

Para monitorar o tempo, desde a pequena escala, até nosso continente como um todo, que consiste desde uma pequena estação ao lado de uma indústria, passando por radares, satélites, e agora por equipamentos ultramodernos como o LIDAR ECOSSONDAS.

Pode-se detectar a presença de inversão térmica através do LIDAR, que é um equipamento que dispara um laser para a atmosfera e identifica as diferentes camadas de temperaturas na atmosfera e conseqüentemente as possíveis camadas de inversão de temperatura. As radiossondas também podem fornecer dados meteorológicos

importantes para o acompanhamento da atmosfera. Elas medem dados de pressão, temperatura, direção e velocidade do vento, radiação solar dentre outros parâmetros.

Com a radiação solar pode-se como exemplo, determinar um balanço de energia recebida no solo e quanto de energia foi perdida a noite, resultando assim num dado importante para correlacionarmos com as inversões térmicas provenientes da radiação solar. Os efeitos da poluição do ar se caracterizam tanto pela alteração de condições consideradas normais como pelo aumento de problemas já existentes. Os efeitos podem ocorrer em nível local, regional e global.

Estes efeitos podem se manifestar na saúde, no bem-estar da população, na vegetação e na fauna, sobre os materiais, sobre as propriedades da atmosfera passando pela redução da visibilidade, alteração da acidez das águas da chuva (chuva ácida), aumento da temperatura da Terra (efeito estufa) e modificação da intensidade da radiação solar (aumento da incidência de radiação ultravioleta sobre a Terra, causado pela redução da camada de ozônio).

No que tange à saúde e correlatos, os efeitos vão desde o desconforto até a morte, passando pelo aumento da taxa de morbidade (doenças); aumento da procura do sistema de saúde (centros de saúde, hospitais, pronto socorros); aumento do absenteísmo ao trabalho; irritação dos olhos e das vias respiratórias; redução da capacidade pulmonar; diminuição da "performance" física; redução da atenção; dor de cabeça; alterações motoras; alterações enzimáticas; doenças do aparelho respiratório (asma, bronquite, enfisema, edema pulmonar, pneumoconioses); danos ao sistema nervoso central; efeitos teratogênicos; alterações genéticas e câncer e mais recentemente tem sido estudada sua associação com mortalidade intra-uterina. Os efeitos da poluição do ar são sentidos principalmente por crianças e idosos. É importante ressaltar que tipo e extensão do dano depende, além das características de

toxicidade das substâncias, da dose de poluição recebida pela pessoa e não somente da concentração.

Os efeitos da poluição do ar sobre os materiais são visíveis e de reconhecimento popular, através da deposição de partículas, principalmente poeira e fumaça, nas edificações e monumentos, sujando-os, exigindo, portanto, uma maior frequência de limpeza. A corrosão de partes metálicas é causada, principalmente, pelos gases ácidos, em especial o dióxido de enxofre (SO_2). A corrosão é também influenciada pela umidade e temperatura. Dentre os metais, os ferrosos (ferro e aço), são mais susceptíveis à corrosão por poluentes atmosféricos. O ataque aos materiais de construção não metálicos ocorre principalmente pela ação do SO_2 , que reage com carbonatos na presença de umidade, formando sulfatos, mais solúveis, causando deterioração do material. O gás carbônico (CO_2), na presença de umidade forma o ácido carbônico que converte a pedra calcária em bicarbonato, que é solúvel em água e pode ser lixiviado pela chuva. O mármore de monumentos e estátuas sofre efeitos idênticos aos dos materiais de construção, afetando a memória cultural local.

A borracha também é afetada pela poluição do ar, em especial pelo ozônio (O_3), que ataca a borracha natural e a borracha sintética de butadieno-estireno. Os efeitos são a perda de elasticidade e enfraquecimento. Alguns tipos de borracha, como a de silicone, são mais resistentes ao ozônio.

Os tecidos e corantes são também afetados pela poluição do ar não só pela deposição de partículas ("sujeira"), mas também pela redução da sua resistência, desbotando e reduzindo a sua vida útil, pela maior frequência de lavagem que se faz necessária nas atmosferas poluídas. Nos grandes centros, é típico o escurecimento do colarinho das camisas claras com pouco tempo de uso. Agem sobre tecidos e os corantes, além da poeira e fumaça, os gases ácidos, SO_2 principalmente, e os

oxidantes (ozônio, peroxiacetilnitrato e óxidos de nitrogênio). Existe uma complexa rede de observação e vigilância meteorológica. O ataque ao couro e ao papel também se verifica, com a desintegração da superfície e enfraquecimento do material. Os agentes são o dióxido de enxofre e o ácido sulfúrico. Nas tintas, a poluição do ar causa escurecimento, descoloração e sujeira, que resultam em aumento na frequência de pintura. As partículas e o gás sulfídrico (H_2S) são os principais agentes sobre as tintas.

5.3. Estratégias meteorológicas

Usar recursos meteorológicos de equipamentos e informação como aliados à dispersão de poluentes, produção, estoques, pode ser mais do que se imagina.

Faz-se necessário que o indivíduo informe-se todos os dias, das condições reinantes e previstas do tempo, pergunte a um meteorologista como será o dia, não simplesmente se vai chover ou esquentar, indague sobre os ventos, qual sua intensidade em superfície e altitude, se há inversão térmica e a que altitude ela se encontra (se estiver a menos de 200 m é perigoso), perguntando sobre o tipo de chuva que está previsto, se é contínua ou em pancada... enfim, procurando elaborar um questionário contendo os itens importantes a sua empresa. Aplique as informações recebidas de acordo com o potencial de dispersão que seus equipamentos e região permitem.

Cumpre-se ainda manter uma seção sobre o tempo sempre atualizada, com fotos de satélites, previsão para os próximos dias, condições atuais e vá fazendo comparações destas informações com o desempenho de sua estrutura.

A meteorologia em princípio parece ser algo distante, mas familiarizando-se com mapas e fotos, aprende-se que ela tem muito a nos dizer e ajudar, afinal trabalhar com a Meteorologia é como trabalhar para nós mesmos ou seja para a natureza.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A poluição é um fenômeno estreitamente ligado ao progresso industrial, a degradação das condições ambientais tem aumentado de maneira considerável e preocupante nas regiões mais desenvolvidas do mundo, sobretudo a partir de meados do século XX. Dessa forma, poluição reflete a emissão de resíduos sólidos, líquidos e gasosos em quantidade superior à capacidade de absorção do meio ambiente. Esse excesso interfere diretamente no equilíbrio dos ecossistemas. Dos tipos de poluição que conhecemos, a poluição atmosférica tem atingido proporções preocupantes. Os agentes poluentes mais comuns na atmosfera são, o monóxido de carbono, partículas em suspensão, óxidos de enxofre, hidrocarbonetos e óxidos de nitrogênio. Estes agentes têm como origem à excessiva atividade industrial, a combustão de materiais de origem orgânica, escapes dos veículos motorizados e a emissão de resíduos químicos, muitas vezes tóxicos, por fábricas e laboratórios.

A poluição atmosférica caracteriza-se basicamente pela presença de gases tóxicos e partículas sólidas no ar. As principais causas desse fenômeno são a eliminação de resíduos por certos tipos de indústrias (siderúrgicas, petroquímicas, de cimento) e a queima de carvão e petróleo em usinas, automóveis e sistemas de aquecimento doméstico.

O ar poluído penetra nos pulmões, ocasionando o aparecimento de várias doenças, em especial do aparelho respiratório, como a bronquite crônica, a asma e até o câncer pulmonar. Esses efeitos são reformados ainda pelo consumo de cigarros.

Nos grandes centros urbanos, tornam-se freqüentes os dias em que a poluição do ar atinge níveis críticos, seja pela ausência de ventos, seja pelas inversões térmicas, que são períodos nos quais cessam as correntes ascendentes do ar, importantes para a limpeza dos poluentes acumulados nas camadas próximas à superfície.

Existem exemplos famosos de casos em que os níveis críticos foram ultrapassados. Em 1948, na cidade de Donora, perto de Pittsburg, Estados Unidos, a poluição atmosférica acarretou centenas de mortes e obrigou algumas fábricas a ficarem vários dias paralisados. Em 1952, Londres conheceu seu pior smog. Em consequência desse fenômeno morreram cerca de quatro mil pessoas. A maioria dos países capitalistas desenvolvidos já possui uma rigorosa legislação antipoluição, que obriga certas fábricas a terem equipamentos especiais (filtros, tratamento de resíduos) ou a usarem processos menos poluidores. Nesses países também é intenso o controle sobre o aquecimento doméstico a carvão, o escapamento dos automóveis. Tais procedimentos alcançam resultados consideráveis, embora não eliminem completamente o problema da poluição do ar. Por exemplo, pesquisas realizadas há alguns anos mostraram que chapas de ferro se corroem muito mais rapidamente em São Paulo do que em Chicago, apesar de esta metrópole norte-americana possuir maior quantidade de indústrias e automóveis em circulação.

Calcula-se que a poluição do ar tenha provocado um crescimento do teor de gás carbônico na atmosfera, que teria sofrido um aumento de 14% entre 1830 e 1930.

Hoje em dia esse aumento é de aproximadamente de 0,3% ao ano. Os desmatamentos contribuem bastante para isso, pois a queima das florestas produz grande quantidade de gás carbônico. Como o gás carbônico tem a propriedade de absorver calor, pelo chamado "efeito estufa", um aumento da proporção desse gás na atmosfera pode ocasionar um aquecimento da superfície terrestre.

Baseados nesse fato, alguns cientistas estabeleceram a seguinte hipótese: com a elevação da temperatura média na superfície terrestre, que no início do século XXI será 2°C mais alta do que hoje, o gelo existente nas zonas polares (calotas polares) irá se derreter. Conseqüentemente, o nível do mar subirá cerca de 60m, inundando a maioria das cidades litorâneas de todo o mundo. Alguns pesquisadores pensam inclusive que esse processo já começou a ocorrer a partir do final da década de 80. Os verões da Europa e até da América têm sido a cada ano mais quentes e algumas medições constatarem um aumento pequeno, de centímetros, do nível do mar em algumas áreas litorâneas. Todavia, esse fato não é ainda admitido por grande parte dos estudiosos do assunto. Outra importante consequência da poluição atmosférica é o surgimento e a expansão de um buraco na camada de ozônio, que se localiza na estratosfera — camada atmosférica situada entre 20 e 80km de altitude.

O ozônio é um gás que filtra os raios ultravioletas do Sol. Se esses raios chegassem à superfície terrestre com mais intensidade provocariam queimaduras na pele, que poderiam até causar câncer, e destruiriam as folhas das árvores. O gás CFC — clorofluorcarbono —, contido em "sprays" de desodorante ou inseticidas, parece ser o grande responsável destruição da camada de ozônio. Por sorte, esses danos foram causados na parte da atmosfera situada acima da Antártida. Nos últimos anos esse buraco na camada de ozônio tem se expandido constantemente

Durante o presente estudo, percebeu-se ainda que um outro fator associado à poluição atmosférica é a questão do acúmulo de doenças causadas pela contaminação do ar, uma vez que a poluição das grandes cidades pode diminuir em até um ano e meio a expectativa de vida de seus habitantes. Esta é a conclusão de estudos realizados em seis cidades do Meio Oeste americano, entre 1977 e 1993, pela Universidade de Harvard, e constitui a maior evidência dos efeitos crônicos da poluição sobre o organismo humano. A pesquisa seguiu, durante dezesseis anos, e oito mil pessoas que respondiam a questionários sobre seu estado de saúde, a cada seis meses.

Dessa forma, a influência da quantidade de partículas no ar e seus efeitos sobre a saúde detectaram problemas como diabetes, colesterol alto, obesidade, hipertensão, problemas pulmonares, e levou à conclusão sobre a diminuição da expectativa de vida do indivíduo. "A morte causada por poluição do ar é menos freqüente do que por pressão alta ou colesterol alto, mas já pode ser medida", afirma o chefe do Departamento de Patologia da Faculdade de Medicina da USP, professor Paulo Hilário Saldiva.

A maior taxa de partículas no ar registrada durante a pesquisa foi de 46,5 microgramas, enquanto São Paulo registra em média 70 microgramas e Santiago do Chile, 100 a 110. Ainda assim, a maioria da população não corre necessariamente risco de vida, vivendo na capital paulista. "Para alguns indivíduos que padecem de doenças respiratórias ou cardiovasculares, a poluição representa agravamento da saúde", lembra o professor Saldiva.

"Se tivesse o poder de implementar alguma coisa, implementaria um projeto de educação ambiental nas escolas, para surtir efeito daqui a duas ou três gerações", diz ele. Talvez as perspectivas de melhoria não estejam tão longe. Se tudo

correr dentro do prazo previsto, deverá ser instalada, em São Paulo, uma das quatro Câmaras de Ar Real que existem no mundo.

Trata-se de equipamento que permite estudar a toxicidade de subcomponentes dessa "sopa" que é a poluição do ar. Será possível, então, sugerir políticas para melhorar o ambiente. As outras três câmaras estão nos Estados Unidos.

Estudos realizados em 23 cidades do mundo, entre elas Los Angeles, Nova York, Cidade do México, Filadélfia, Condado de Santa Clara, na Califórnia, e Santiago, no Chile, comprovaram o aumento de internações hospitalares diretamente relacionadas com poluição do ar.

Londres divulgou resultados de experiências nesse sentido, em 1953, que demonstraram a ocorrência de 4 mil mortes por bronquite crônica e pneumonia, em apenas uma semana de forte inversão térmica. Trabalhos nesse sentido indicaram, na Inglaterra, a formulação de leis que estabeleceram padrões mínimos de qualidade do ar e política de restrição à emissão de poluentes. A inversão térmica registra rápida entrada de massa de ar frio, formando uma espécie de "capacete" sobre a cidade. Devido à ausência de chuvas, o que é produzido ali não é eliminado, tendendo à maior concentração de poluentes.

"No inverno, além de a poluição aumentar, as defesas pulmonares ficam reduzidas. Existe, ainda, aumento do contágio pela facilidade de os vírus se espalharem em ambientes fechados, levando as pessoas a adoecerem mais e ao aumento da mortalidade", explica o chefe do Departamento de Patologia.

Pesquisas coordenadas por ele dão conta de que o índice de mortes causadas por poluição em maiores de 65 anos, na região metropolitana de São Paulo, é de 12%. Em crianças, este índice chega a 10%.

A temperatura tem pouco efeito sobre a mortalidade histórica do idoso. Mas quando a mínima baixa de dez graus centígrados verifica-se sete a oito mortes a mais, em São Paulo, no dia seguinte.

Segundo Saldiva, experiências estão sendo realizadas em todo o Estado, sobre os efeitos agudo e crônico da poluição do ar. O efeito agudo, em geral, é comportamental. *"Os ratos de laboratório sofrem irritação seguida de depressão à medida que são submetidos a doses excessivas de poluição do ar"*, explica. Embora seja mais difícil estudar alterações de comportamento nos indivíduos de uma grande cidade, é certo que a poluição responde pela irritabilidade presente no trânsito, *"embora não seja seu principal fator"*, observa o médico. São também fatores agudos o desconforto causado por lacrimejamentos, pigarro ou tosse.

Porém, *"são tão freqüentes que nos acostumamos a eles. Para um asmático, criança com imunodeficiência, idoso com bronquite crônica ou enfisema isso significa piora da doença e, numa fração pequena, a morte"*.

Provados que estão os efeitos prejudiciais da poluição atmosférica sobre a saúde em geral e o aparelho respiratório em particular, resta-nos apontar para a necessidade de medidas destinadas à sua prevenção. Se muitos destes problemas podem e devem ter uma solução mais localizada e dirigida como, por exemplo, os relacionados com a exposição profissional, outras implicam ações mais amplas e mais globalizadoras.

No ano 2000, foi publicado pela Organização Mundial de Saúde, Região Européia, um documento *"21 alvos para o século 21"*. Neste documento são referidos dois alvos estreitamente relacionados com o tema que temos vindo a tratar.

Assim, o **Alvo 12** consiste na redução dos danos por álcool, drogas e tabaco, e estabelece-se como meta a atingir no ano de 2015, uma diminuição significativa em

todos os estados membros dos efeitos adversos resultantes do consumo de substâncias aditivas, como o tabaco, álcool e drogas psicoativos.

O **Alvo 13** refere-se à necessidade de criar ambientes saudáveis para uma vida saudável. Aponta como meta a atingir, no ano de 2015, que os habitantes da região devam ter mais oportunidades de viver em ambientes física e socialmente mais saudáveis em casa, na escola, no local de trabalho e na comunidade.

Enfim, à guisa de conclusão acredita-se ser um imperativo científico e ético, o envolvimento dos pneumologistas, em conjunto com toxicologistas e o epidemiologistas nos problemas ambientais e na chamada de atenção dos poderes públicos para a extensão destes problemas, atendendo ao papel primordial do aparelho respiratório, como um dos órgãos mais atingidos pela qualidade do ambiente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACKERMAN, M.; STEPHENS, C.; CAMPANARIO, P. & MAIA, P. B.. Saúde e meio ambiente: uma análise de diferenciais intra-urbanos enfocando o Município de São Paulo, Brasil. *Revista de Saúde Pública*, 28:320-325. 1999.

AMERICAN THORACIC SOCIETY. Committee of the environmental and occupational health Assembly of the American Thoracic Society. Health effects of outdoor air pollution. Part 1. *Am J Respir Crit Care Med* 1996;153:3.

AMERICAN THORACIC SOCIETY. Committee of the environmental and occupational health Assembly of the American Thoracic Society. Health effects of outdoor air pollution. Part 2. *Am J Respir Crit Care Med* 1996;153:477.

AMERICAN THORACIC SOCIETY. Cigarette smoking and Health. *Am Rev Resp Dis* 1985;132:1131.

AMERICAN THORACIC SOCIETY. What constitutes an adverse health effect of air pollution? *Am J Respir Crit Care Med* 2000;161:665.

CONAMA (Conselho Nacional de Meio Ambiente), 1990. Resolução Conama 003/90. Brasília: Conama. (mimeo.)

DUARTE, M. C. R.. Qualidade de vida e indicadores de saúde: aspectos da mortalidade infantil no Estado do Rio de Janeiro e suas regiões. *Cadernos de Saúde Pública*, 8:414-427. 2000.

DUCHIADE, M. P.. Poluição do ar e doenças respiratórias: uma revisão. *Cadernos de Saúde Pública*, 8:311-330. 2000.

DUCHIADE, M. P. & BELTRÃO, K. I. Mortalidade infantil por causas na região metropolitana do Rio de Janeiro, 1986-1996: associação com variáveis sócio-econômicas, climáticas e ligadas à poluição do ar. *Revista Brasileira de Estudos Populacionais*, 9:115-137. 2002.

ECO (Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud/Opas/OMS). *Curso Básico sobre Contaminação do Ar e Riscos para a Saúde*. São Paulo: CINP/Sema/Cetesb. 1989.

FERNÍCOLA, N. A. G. C. & AZEVEDO, F. A.. Contribuição dos Estudos da Toxicologia Ambiental para a Saúde Humana. *XI Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental*, Resumos. Fortaleza: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. 2000.

FISCHER, F. M.. *Avaliação da Função Pulmonar em Pré-Escolares Vivendo em Diferentes Áreas do Município de Cubatão*. São Paulo: Departamento de Saúde Ambiental, Universidade de São Paulo. 1998.

HOFMEISTER, V. A.. *Efeitos da Poluição do Ar sobre a Função Pulmonar: Um Estudo de Coorte em Crianças de Cubatão*. Tese de Doutorado, São Paulo: Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo. 1995.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). *Censo Demográfico 2000. Resultados do Universo Relativos às Características da População e dos Domicílios*. Rio de Janeiro: IBGE. 2000.

IÑIGUEZ, L. R. & OLIVEIRA, S.. *Meio Ambiente, Condições de Vida e Saúde: Uma Abordagem sobre a Qualidade de Vida no Município de Duque de Caxias*. Rio de Janeiro: UFRJ/IPPUR. 1999/2000.

PAIM, J. S.. Abordagens teórico-conceituais em estudos de condições de vida e saúde: notas para reflexão e ação. In: *Condições de Vida e Situação de Saúde* (R. B., Barata, org.), pp. 7-30, Rio de Janeiro: Abrasco. 1997

SABROZA, P. C. & LEAL, M. C.. Saúde, ambiente e desenvolvimento. In: *Saúde, Ambiente e Desenvolvimento* (M. C. Leal, P. C. Sabroza, R. H. Rodriguez & P. M. Buss, orgs.), pp. 45-93. Rio de Janeiro: Hucitec-Abrasco. 2002.

SILVA, L. J.. O conceito de espaço na epidemiologia das doenças infecciosas. *Cadernos de Saúde Pública*, 13:585-593. 1997

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Regional Office for Europe. 21 targets for the 21st century and suggested areas for formulating indicators. *Annex 2 In Health 21. The Health for all Policy Framework for the European Region*. [cited 2000] Available from: www.who.dk/Cpa/HFA/HFALean2.pdf.