

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA

BERNADETE MENDES DOS SANTOS

POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA E EXERCÍCIO FÍSICO EM
GRANDES CENTROS URBANOS

Porto Alegre

2010

BERNADETE MENDES DOS SANTOS

POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA E EXERCÍCIO FÍSICO EM
GRANDES CENTROS URBANOS

Trabalho de conclusão apresentado ao Curso de Educação Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul para a obtenção do título de Licenciado em Educação Física.

Orientador: Prof. Dr. Alberto Reinaldo Reppold Filho

Porto Alegre

2010

RESUMO

As pessoas que vivem nas grandes cidades estão expostas a diversos poluentes atmosféricos que podem prejudicar não apenas a saúde, mas também o rendimento em determinados esportes. Nesses locais, as principais fontes de emissão dos poluentes atmosféricos são os veículos automotores e as indústrias. Muitas pesquisas sobre o assunto têm sido realizadas na área médica. Esses estudos mostram que nos dias em que os níveis de poluição estão elevados, ocorre também um aumento no número de visitas nos setores de emergência dos hospitais. Além disso, há um agravamento de problemas na saúde dos indivíduos especialmente de forma aguda. Na área da Educação Física ainda são poucos os estudos que tratam da relação entre a exercício físico e a poluição atmosférica. Esse trabalho teve como objetivo examinar a relação entre a poluição atmosférica e a exposição das pessoas que fazem exercício físico nas ruas dos grandes centros urbanos. O estudo é de natureza bibliográfica. Para isso, foi realizada uma busca textual de artigos das bases de dados Scopus, ISI e Google acadêmico até o ano de 2010. As palavras chaves utilizadas foram: *air pollution, exposure, physical exercise, urban air pollution*. Foram excluídos desta pesquisa artigos relacionados à poluição atmosférica e gestação, crianças e fumaça de cigarro. Os resultados apontaram que os efeitos negativos da poluição atmosférica em relação ao exercício físico dependem da quantidade, concentração e tempo de exposição aos poluentes. A redução do desempenho está ligada à redução da função pulmonar, cardiovascular e muscular dos indivíduos expostos. Portanto, de acordo com a literatura pesquisada, pode-se concluir que indivíduos que utilizam as ruas dos grandes centros urbanos para se exercitar comprometem a saúde e o próprio rendimento.

Palavras- chave: exercício físico, poluição atmosférica, exposição pessoal.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	8
1. CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE A POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA	10
1.1 Conceito de Poluição Atmosférica	10
1.2 Principais Poluentes do Ar	11
1.3 Fontes de Emissão dos Poluentes Atmosféricos	11
1.4 Padrões de Qualidade do Ar	12
1.5 Políticas de Controle da Qualidade do Ar	14
2. OS POLUENTES ATMOSFÉRICOS E A SAÚDE DOS INDIVÍDUOS QUE VIVEM EM GRANDES CENTROS URBANOS	16
2.1 Exposição Aguda	18
2.2. Exposição Crônica	21
3. POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA E EXERCÍCIO FÍSICO	23
3.1 Poluição Atmosférica e Desempenho Físico	24
3.2 A Poluição Atmosférica e o Alto Rendimento	27
REFERÊNCIAS	33

INTRODUÇÃO

A poluição atmosférica é hoje um problema em muitas cidades, principalmente nas grandes metrópoles onde a poluição está presente de maneira ainda mais intensa. As principais fontes de emissão dos poluentes atmosféricos nas cidades são as indústrias e os veículos automotores que utilizam a gasolina ou o diesel como combustível. Com isso, os indivíduos que vivem em áreas urbanas com grande concentração de indústrias e número elevado de veículos estão em geral mais expostos à poluição atmosférica do que os que vivem em outras regiões.

Nas grandes cidades, não é difícil de encontrar pessoas que realizam atividades físicas perto de locais congestionadas e com grande fluxo de veículos automotores. Ao realizarem atividades físicas nesses locais, essas pessoas acabam inalando um volume significativo de ar contaminado. São exemplos disso: ciclistas, maratonistas e até mesmo pessoas que buscam qualidade de vida por meio de uma caminhada.

Por desconhecerem os efeitos da poluição atmosférica sobre o corpo ou por não terem acesso a lugares adequados para se exercitarem, os habitantes das grandes cidades muitas vezes recorrem a ambientes cuja qualidade do ar está severamente comprometida (LASTE, 2009). Tal desconhecimento também é observado em profissionais da mídia e, inclusive, da área da saúde. Num programa exibido na televisão sobre a importância do exercício físico para o emagrecimento, o jornalista declara que não haveria problema em realizar atividades físicas em meio aos carros.

No mesmo programa, um educador físico da Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo, afirma: “os carros estão aí, em toda parte. O mais importante do que ficar em casa usando isso como desculpa para não fazer exercício físico é fazer exercício físico” (Globo Repórter, março de 2010).

Esse exemplo é esclarecedor, pois evidencia que tanto o jornalista quanto o professor de educação física recomendam a exercício físico sem levar em consideração os aspectos envolvendo poluição do ar, saúde e rendimento físico. Nota-se, portanto, a falta de conhecimento por profissionais de áreas distintas que deveriam estar a par das devidas consequências para, enfim, melhor indicar e educar a população a não procurar ambientes contaminados por poluentes atmosféricos.

Na área da Educação Física, os efeitos fisiológicos causados pelo ar poluído durante a exercício físico vêm sendo abordados de maneira insuficiente ou sem a devida importância. Isso ocorre de forma simplificada e genérica (PERES, 2005).

Com base no que foi exposto, o objetivo deste trabalho foi examinar a relação entre a poluição atmosférica e a saúde das pessoas que realizam exercício físico nas ruas dos grandes centros urbanos, procurando assim despertar o interesse pelo desenvolvimento de mais trabalhos acadêmicos relacionados a este assunto.

O estudo é de natureza bibliográfica. Para isso, foi realizada uma busca textual de artigos das bases de dados Scopus, ISI e Google acadêmico até o ano de 2010. As palavras chaves utilizadas foram: *air pollution*, *exposure*, *physical exercise*, *urban air pollution*. Foram excluídos da pesquisa os artigos relacionados à poluição atmosférica e gestação, crianças e fumaça de cigarro.

O trabalho está estruturado em três capítulos. O primeiro apresenta algumas considerações gerais sobre a poluição atmosférica, com especial atenção ao conceito de poluição atmosférica, aos principais poluentes do ar, às fontes de emissão dos poluentes atmosféricos e aos padrões e às políticas de controle da qualidade do ar. O segundo capítulo trata dos poluentes atmosféricos e a saúde dos indivíduos que vivem em grandes centros urbanos, destacando os problemas decorrentes da exposição aguda e crônica. O capítulo final mostra os efeitos da exposição pessoal aos poluentes atmosféricos durante a exercício físico.

1. CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE A POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA

1.1 Conceito de Poluição Atmosférica

O conceito de poluição atmosférica adquiriu diferentes significados ao longo dos anos. Para alguns autores, a poluição atmosférica estava relacionada exclusivamente às ações praticadas pelos seres humanos. Para outros, estava ligada a fenômenos naturais como erupções vulcânicas, queimadas nas florestas e dispersão de areia pelo vento. De acordo com Pires (2005), apesar das divergências, o conceito atual inclui em geral atividades humanas e/ou atividades naturais que levam à deterioração da qualidade original da atmosfera.

Em 1967, o Conselho Ambiental da Europa definiu que a poluição atmosférica aconteceria quando a presença de uma substância estranha ou a variação na proporção dos seus constituintes se tornasse suscetível de provocar efeitos prejudiciais ou originar doenças. Apesar de ser antiga a preocupação em relação à quantidade de emissão de gases poluentes no ar (até mesmo antes da Revolução Industrial), os efeitos relacionados à saúde só foram aparecer mesmo a partir da segunda metade do Século XX (BRANCO, 2004).

O conceito de poluição atmosférica utilizado atualmente no Brasil segue o preconizado pela Organização Mundial da Saúde (OMS), sendo empregado como referência para criação de normas e aplicação das mesmas junto à população brasileira.

Nessa perspectiva, o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) adotou o seguinte conceito de poluição atmosférica:

... qualquer forma de matéria ou energia com intensidade e em 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 ou prejudicial à segurança ao uso e gozo da propriedade e às atividades normais da comunidade.

Para fins desse estudo, a conceituação estabelecida pelo CONAMA será tomada como referência.

1.2 Principais Poluentes do Ar

Os poluentes atmosféricos podem ser classificados como primários secundários. Os primários são os poluentes do ar emitidos para dentro da atmosfera tendo como exemplo a fumaça da chaminé de uma fábrica ou tubo de escape de um veículo ou a suspensão de poeira pelo vento. Quando se forma na própria atmosfera, o poluente atmosférico é classificado como poluente secundário. Neste caso, as reações químicas ocorrem com componentes da própria atmosfera (oxigênio e água) com os poluentes primários.

De acordo com o estado físico do poluente, pode ser classificado como poluente gasoso e particulado. Os poluentes gasosos podem ser encontrados na forma de gás ou vapor. Os poluentes gasosos podem ser tomados facilmente pelo trato respiratório das pessoas (WHO, 2005). Eles exercem um papel importante porque são perigosos e possuem efeitos desagradáveis. Alguns poluentes gasosos são liberados na atmosfera por meio de processo de combustão, outros são liberados por processo de vaporização (mudança de um líquido para um estado gasoso), ou são formados por reações químicas na atmosfera. Os principais poluentes gasosos na atmosfera podem ser categorizados como gases contendo: carbono, enxofre, nitrogênio e ozônio.

A segunda classificação denominada de partículas inaláveis (PM) são constituídas por uma mistura de partículas sólidas e líquidas de substâncias orgânicas e inorgânicas. Os principais componentes da PM são sulfatos, nitratos, amônia cloreto de sódio, carbono, poeira mineral e água. As partículas são identificadas de acordo com seu diâmetro aerodinâmico, ou como PM10 (partículas com diâmetro aerodinâmico inferior a 10 mm) ou PM 2,5 (diâmetro aerodinâmico menor que 2,5 mm). Os últimos são mais perigosos, pois, quando inalados, podem atingir as regiões periféricas dos bronquíolos, e interfere com as trocas gasosas dentro dos pulmões. (WHO, 2005).

1.3 Fontes de Emissão dos Poluentes Atmosféricos

Existem diversas maneiras de classificar os tipos de fontes responsáveis pela emissão dos poluentes. Uma das principais subdivisões adotadas e suas características é dada como fonte fixa tendo como exemplo as emissões de fumaça pelas indústrias e fonte móvel que compreende as emissões de veículos rodoviários, trens, navios entre outros (WHO, 2005).

Apesar das pessoas não terem consciência, boa parte das atividades realizadas no dia a dia geram emissão de poluentes. Pequenas, porém numerosas fontes de poluição podem adquirir a mesma importância das fontes de maior proporção como as das indústrias. Levando-se em consideração à quantidade de veículos encontrados em regiões com grande densidade demográfica, pode-se dizer que o automóvel é uma das principais fontes de poluição do ar. Sem dúvida, a principal origem dos contaminantes atmosféricos provem da queima de combustíveis: fósseis (petróleo, gás natural e carvão mineral) ou recicláveis (lenha, álcool, etc.).

É importante salientar que independente do combustível queimado, os produtos finais da combustão são sempre o dióxido de carbono e o vapor de água. Quando a combustão é incompleta (o que acontece na maioria dos casos tanto na indústria quanto nos motores dos veículos), acabam surgindo os subprodutos que passam a constituir perigosos poluentes atmosféricos. Um exemplo disso é o monóxido de carbono que surge no lugar do dióxido de carbono. Há também outras fontes de poluição, denominadas naturais (BRANCO; MURGEL 2004). Entretanto, estas fontes de poluição não estão relacionadas aos interesses deste trabalho, uma vez que a pessoa que reside em regiões urbanas está mais exposta às emissões dos poluentes gerados pelos veículos automotores e indústrias.

1.4 Padrões de Qualidade do Ar

Os padrões de qualidade do ar são baseados em estudos científico dos efeitos produzidos por poluentes específicos e são fixados em níveis que possam propiciar uma margem de segurança adequada. A Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) estabelece dois tipos de padrões de qualidade do ar: os primários e os secundários.

Os padrões primários são as concentrações de poluentes que, ultrapassadas, poderão afetar a saúde da população. Os padrões secundários são as concentrações de poluentes abaixo das quais se prevê o mínimo efeito adverso sobre o bem-estar da população, assim como o mínimo dano à fauna, à flora, aos materiais e ao meio ambiente em geral (CETESB, 2010).

Assim como é feito com a água, o ar inalado também possui um critério quanto a sua qualidade. Os padrões de qualidade do ar (PQAR) foram estabelecidos devido a episódios críticos de contaminação atmosférica em várias partes do mundo. Este fato passou a preocupar tanto os governos como o meio científico. Vários estudos toxicológicos com pessoas e animais foram realizados para determinar tais padrões (BRANCO, 2004).

No Brasil, os padrões de qualidade do ar foram estabelecidos pelo IBAMA (Instituto Brasileiro de Meio Ambiente) e aprovado pelo CONAMA por meio da resolução 003/1990 que definiu os padrões de qualidade do ar para as seguintes matérias: partículas totais em suspensão (PTS), fumaça, partículas inaláveis (PM), dióxido de enxofre (SO₂), monóxido de carbono (CO), ozônio (O₃) e dióxido de nitrogênio (NO₂).

Esses padrões de qualidade do ar foram os mesmos estabelecidos pela agência de proteção ambiental dos Estados Unidos (CANÇADO, 2006). Os padrões de qualidade do ar definem o limite máximo para a concentração de um poluente na atmosfera e que garanta a proteção da saúde e do meio ambiente.

Na Tabela 1, a seguir, aparecem, em números, os padrões de qualidade ar estabelecido pelo CONAMA.

Tabela 1: Padrões Nacionais de Qualidade do Ar

Poluente	Tempo de amostragem	Padrão Primário ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Padrão Secundário ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Partículas Totais em Suspensão	24 horas (1)	240	150
	Anual – MGA	80	60
Dióxido de Enxofre	24 horas (1)	365	100
	Anual – MAA	80	40
Monóxido de Carbono	1 hora (1)	40.000	40.000
	8 horas corridas (1)	10.000	10.000
Ozônio	1 hora	160	160
	Anual – MAA (3)		
Fumaça	24 horas (1)	150	100
	Anual – MAA (3)	60	40
Partículas Inaláveis	24 horas (1)	150	150
	Anual – MAA (3)	50	50
Dióxido de Nitrogênio	1 hora (1)	320	190
	Anual – MAA (3)	100	100

(1) Não deve ser excedido mais que uma vez ao ano.

(2) MGA: Média Geométrica Anual

(3) MAA: Média Aritmética Anual

Há também outra ferramenta desenvolvida para facilitar e simplificar o processo de divulgação da qualidade do ar denominada: índice de qualidade do ar. Esse índice é utilizado desde 1981. Foi criado com base na longa experiência desenvolvida no Canadá e nos Estados Unidos. Para efeito de divulgação utiliza-se o índice mais elevado, isto é, a qualidade do ar de

uma estação é determinada pelo pior caso. Esta qualificação do ar está associada com efeitos sobre a saúde, independentemente do poluente em questão, conforme Tabela 2 a seguir:

Tabela 2: Índice de qualidade do ar

Qualidade	Índice	MP10 (* $\mu\text{g}/\text{m}^3$)	O3 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	CO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	NO2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	SO2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Boa	0 - 50	0 – 50	0 – 80	0 - 4,5	0 – 100	0 - 80
Regular	51 - 100	50 – 150	80 - 160	4,5 - 9	100 – 320	80 - 365
Inadequada	101 - 199	150 – 250	160 - 200	9 - 15	320 – 1130	365 - 800
Má	200 - 299	250 – 420	200 - 800	15 - 30	1130 – 2260	800 - 1600
Péssima	>299	>420	>800	>30	>2260	>1600

Fonte: CETESB (2010)

* micrograma por metro cúbico.

1.5 Políticas de Controle da Qualidade do Ar

As políticas de controle da poluição atmosférica começaram a surgir após incidentes que mataram muitas pessoas devido à exposição pessoal ao ar contaminado durante episódios de aumento da concentração dos poluentes. Existe um consenso na literatura de que grandes concentrações de poluentes levam à morte das pessoas como é relatado em casos que até hoje ajudam a nortear as pesquisas científicas e as políticas públicas.

Em um desses casos, ocorrido em 1930, no vale do Rio Meuse, Leste da Bélgica, morreram mais de 70 pessoas devido a grandes taxas de poluentes presentes no ar e também devido à forte neblina e pouca dispersão dos poluentes. A região era fortemente industrializada. Outro caso ocorreu em 1952, em Londres, devido às altas concentrações de

substâncias químicas no ar. Quatro dias de forte nevoeiro, baixas temperaturas, forte queima de carvão e pouca dispersão dos poluentes foram associadas às 4000 mortes por problemas pulmonares e cardiovasculares nas semanas seguintes. Nesses episódios, concluiu-se que a população mais severamente afetada foram as pessoas com doenças pré-existentes como problemas de coração e doenças pulmonares. Nesse grupo, os idosos foram especialmente afetados assim como as crianças (HASSING, 2009).

Estes fatos chamaram a atenção dos poderes públicos para a importância da poluição atmosférica na saúde e deram origem nos anos de 1950, na Inglaterra, ao *Air Pollution Control Act of London* e ao *Air Pollution Control Act*. Nos Estados Unidos, foi aprovado o *Clean Air Act Amendments* em 1970. Este último, que tem sido frequentemente atualizado, esteve na origem do estabelecimento do *National Ambient Air Quality Standard* (NAAQS). Na Europa, surgiram as *Air Quality Guidelines for Europe* que são atualizados frequentemente.

Estes fatos vieram igualmente estimular a investigação epidemiológica. Na década de 1970, realizaram-se dois importantes estudos dos efeitos da poluição atmosférica sobre a saúde – um pela Organização Mundial da Saúde (OMS) e outro na França (PAARC – *Pollution Atmosphérique et Affections Respiratoires Chroniques ou à Répétition*) –, que incidiram sobre os efeitos da poluição nas doenças crônicas das crianças, no primeiro caso, e do adulto, no segundo. Nesses estudos, encontrou-se uma relação entre o SO₂ e a prevalência de bronquite crônica e tosse.

Na Europa, na década de 1990, aconteceu o Projeto *Air Pollution on Health: an European Approach* (APHEA), programa de investigação ambiental apoiado pela Comissão Europeia que teve como objetivo estudar os efeitos em curto prazo da poluição sobre a saúde (GOMES, 2002).

No Brasil, o órgão responsável por estabelecer regras, critérios e padrões relativos à poluição do ar é o CONAMA. Uma de suas funções é estabelecer normas e critérios para o licenciamento de atividades potencialmente poluidoras a ser concedido pela União, pelos Estados, pelo Distrito Federal e Municípios.

2. OS POLUENTES ATMOSFÉRICOS E A SAÚDE DOS INDIVÍDUOS QUE VIVEM EM GRANDES CENTROS URBANOS

A poluição atmosférica dos grandes centros urbanos é um problema que já vem, há bastante tempo, afetando a saúde das pessoas. Quando a concentração de poluentes se eleva, começam a surgir diversos problemas de saúde na população.

A poluição do ar pode afetar o funcionamento da cília do nariz causando enormes prejuízos na saúde pulmonar e cardiovascular. A cília do nariz e das superfícies internas pode coletar as partículas maiores dos poluentes; entretanto, as partículas menores e os gases acabam entrando nos pulmões. Durante a respiração, os alvéolos, transformam o oxigênio em dióxido de carbono. A poluição pode causar em alguns desses alvéolos o aumento de seu volume, alterando sua resistência, de forma que a respiração fica mais difícil. Os poluentes do ar podem também diminuir ou até parar a ação das cílios, que normalmente carregam muco e os poluentes no trato respiratório. O muco pode engrossar ou aumentar e as vias respiratórias podem ficar entupidas. Os problemas de respiração podem aparecer por causa de uma ou mais dessas reações. Também, os microorganismos e outros materiais estranhos podem ser suficientemente removidos, deixando o trato respiratório suscetível a infecções.

A poluição do ar tem sido associada com as doenças respiratórias crônicas. Os poluentes do ar podem causar ataques de asma, bronquite crônica e enfisema pulmonar. Quando o sistema respiratório é afetado por uma doença e não pode trocar os gases no sangue completamente, o coração acaba trabalhando mais intensamente para bombear sangue suficiente para repor as perdas de oxigênio. Como resultado, o coração e os vasos sanguíneos ficam sob estresse e podem surgir assim algumas mudanças como aumento do tamanho do coração.

Os poluentes do ar podem ter outros efeitos que incluem: ardimento e lacrimejamento dos olhos, visão embaçada, tontura, dor de cabeça, irritação na garganta, espirros alérgicos, tosse e diminuição de desempenho corporal. (FILHO, 1989)

Na Tabela 3, a seguir, será mostrado o índice de qualidade do ar e os problemas que surgem quando os níveis de poluentes se elevam.

Tabela 3: Índice de qualidade do ar.

Qualidade	Índice	Significado
Boa	0-50	Praticamente não há riscos à saúde.
Regular	51-100	Pessoas de grupos sensíveis (crianças, idosos e pessoas com doenças respiratórias e cardíacas), podem apresentar sintomas como tosse seca e cansaço. A população, em geral, não é afetada.
Inadequada	101-199	Toda a população pode apresentar sintomas como tosse seca, cansaço, ardor nos olhos, nariz e garganta. Pessoas de grupos sensíveis (crianças, idosos e pessoas com doenças respiratórias e cardíacas), podem apresentar efeitos mais sérios na saúde.
Má	200-299	Toda a população pode apresentar agravamento dos sintomas como tosse seca, cansaço, ardor nos olhos, nariz e garganta e ainda apresentar falta de ar e respiração ofegante. Efeitos ainda mais graves à saúde de grupos sensíveis (crianças, idosos e pessoas com doenças respiratórias e cardíacas).
Péssima	>299	Toda a população pode apresentar sérios riscos de manifestações de doenças respiratórias e cardiovasculares. Aumento de mortes prematuras em pessoas de grupos sensíveis.

Fonte: CETESB (2010)

Essa tabela fornece dados importantes em que podem ser vistos, mais claramente, os efeitos da poluição atmosférica na saúde. Nota-se, portanto, que quanto menor é o índice de qualidade do ar, maiores são também os prejuízos para a saúde. As populações mais sensíveis às concentrações dos poluentes são as crianças, os idosos e os indivíduos com problemas respiratórios e cardiovasculares.

Embora a exposição aos diversos poluentes pode, em algumas situações, parecer não causar efeitos agudos e imediatos, como doenças ou mesmo a morte, eles podem, contudo, estar relacionados ao surgimento de doenças respiratórias crônicas, problemas cardiovasculares, alterações importantes nas funções do corpo como ventilação pulmonar e transporte de oxigênio, redução do desempenho no trabalho e no exercício físico, irritação sensorial do nariz, garganta e agravamento de doenças existentes como a asma (GODISH, 1991).

2.1 Exposição Aguda

Vários estudos têm demonstrado forte associação entre a exposição aguda e os altos níveis de poluentes no ar e da ocorrência de isquemia coronariana aguda. A exposição de curto prazo se refere à exposição de algumas horas a níveis elevados de poluição do ar.

Numa pesquisa com 119 municípios dos Estados Unidos, foram analisados os números de internações hospitalares por problemas cardiovasculares (insuficiência cardíaca, distúrbios no ritmo cardíaco, eventos cerebrovasculares, doenças isquêmicas do coração e doenças vasculares) assim como as doenças respiratórias (doença pulmonar obstrutiva crônica e infecções respiratórias) devido à exposição em curto prazo às partículas com diâmetro igual ou menor que 2.5 um. O estudo limitou-se a analisar as partículas que correspondiam 83% da massa da PM_{2.5} que são os seguintes: sulfato, nitrato, silício, carbono elementar (CE), matéria orgânica de carbono (MOC), íons de sódio e amônia. Foram utilizados 134 monitores de medição química de PM_{2.5}. O resultado apontou que os elementos químicos derivados da emissão dos veículos, de motores a diesel ou da queima de madeira como o CE e o MOC foram associados com o maior risco de urgências hospitalares por problemas respiratórios e cardiovasculares (PENG, 2009). A exposição às PM_{2.5}, durante a exercício físico, pode prejudicar a saúde cardiovascular de idosos que apresentam doença coronária estável. A redução do segmento ST durante o teste de esforço submáximo de 45 idosos não-fumantes revela a influência das PM_{2.5} no sistema cardiovascular (LANKI *et al*, 2006).

Em outro estudo, foram analisadas as informações dos números de internações hospitalares por doença cardiovascular dos três maiores hospitais de Bangkok, Tailândia. Neste estudo, procurou-se saber se a exposição aguda aos níveis de PM10 e O₃, no período de 2002 a 2006, teria influenciado no número de visitas ao hospital por doenças cardiovasculares. O resultado do estudo apontou que houve uma associação entre o número de visitas e os níveis de poluição particularmente em indivíduos com mais de 65 anos (BUADONG *et al*, 2009).

Em Nova York, também foi avaliada a relação entre o número de internações por problemas cardiovasculares e a exposição de PM2.5. Para esta pesquisa, foram utilizadas informações sobre a poluição do ar e uma base de dados de pessoas internadas por algum problema cardiovascular entre 2001 e 2005. Os resultados mostraram que a PM2.5 teve um impacto maior na insuficiência cardíaca do que outros diagnósticos cardiovasculares e o grupo dos idosos foi o mais sensível a este problema. Não houve diferença significativa quando se referiam à área geográfica, ao nível de pobreza ou a comorbidades. Além disso, ficou evidenciado que o impacto de curto prazo de PM2.5 em relação às doenças cardiovasculares e as modificações causadas são pequenas e difíceis de medir com precisão (HALEY *et al*, 2009).

Em um estudo de revisão, ficou clara a associação entre a exposição ao ozônio e o aumento do estresse oxidativo, ativação de uma considerável resposta inflamatória sistêmica mediada por citosinas, alteração da função vascular endotelial e vasomotricidade e alteração no controle autonômico da frequência cardíaca. Entretanto, ainda não é possível afirmar que as alterações biológicas devido à exposição devem-se apenas a um poluente e classificar um poluente como sendo mais prejudicial do que outro. A complexidade de misturas de substâncias na atmosfera faz com que haja uma dificuldade de se tirar certas conclusões. O autor ainda chama atenção para alguns fatores que podem intervir na sensibilidade das pesquisas, entre eles a suscetibilidade individual aos efeitos dos poluentes no ambiente. A influência da genética mediada pela ação de genes em relação à oxidação e à resposta inflamatória desempenha uma importante influência sobre os efeitos de uma interação com os poluentes atmosféricos (SREBOT *et al*, 2009).

O Dióxido de Nitrogênio também está associado ao número de visitas ao departamento de emergência por, principalmente, homens devido à enxaqueca e cefaléia no Canadá (SZYSZKOWICZ *et al*, 2009).

No Chile, pesquisadores realizaram uma análise de séries temporais para testar a associação entre a poluição atmosférica e o número diário de internações para dor de cabeça

em sete cidades no período de 2001 a 2005. Os resultados apontaram associação significativa entre a enxaqueca e o ozônio em todas as regiões (DALES *et al*, 2009).

Outro estudo com voluntários (10 adultos saudáveis e 17 com síndrome metabólica) foram expostos ao ar encontrado nos escapes de motores a diesel. Após a exposição foi medido o diâmetro da artéria braquial por ultrassom e recolhida amostra de sangue. Os resultados apontaram que a exposição em curto prazo ao escape de diesel estaria associada com infarto agudo devido à resposta endotelial e à vasoconstrição da artéria (PERETZ *et al*, 2008).

Em relação aos problemas cardiovasculares, existe uma forte associação nos estudos epidemiológicos de que o ar poluído contribui para o surgimento de doenças cardiovasculares tais como infarto do miocárdio e isquemia coronária. No entanto, ainda não está claro como surgem os problemas fisiopatológicos relacionados ao coração, mas existem cogitações de que as disfunções endoteliais e reações sistêmicas como inflamação e oxidação estariam provocando tais problemas (HASSING *et al*, 2009).

Outro estudo avaliou os efeitos agudos de PM2.5 e PM10 sobre o risco de morte cardiovascular, infarto do miocárdio, acidente vascular cerebral e mortalidade por doenças respiratórias para os anos de 1999 a 2005, em 112 cidades americanas. Os autores concluíram que houve uma forte associação de ambas as partículas (finas e grossas) com as mortes diárias relacionadas ao coração. No artigo, é enfatizado que essas associações são biologicamente plausíveis e que as mortes prematuras poderiam ser evitadas se as concentrações de partículas do ar, nos Estados Unidos, diminuíssem (ZANOBETTI; SCHWARTZ, 2009).

Para avaliar a suposição de que os poluentes (principalmente os compostos orgânicos de escapes de motores a diesel) poderiam causar um aumento da constrição vascular coronariana e predispor angina e/ou exacerbação de infarto, ratos foram expostos a tais substâncias. Alterações eletrocardiográficas compatíveis com isquemia miocárdica foram verificadas, assim como alterações no tamanho das artérias coronárias (CAMPEN *et al*, 2005).

Um estudo com mulheres pós-menopausa realizado nos Estados Unidos verificou que a exposição em curto prazo às PM2.5 elevam as possibilidades desse grupo ter problemas de isquemia. Do grupo feminino que participou da pesquisa, com idade entre 52 a 90 anos, 83% eram brancas não-hispânicas, 52% hipertensas, 20% apresentavam colesterol elevado, 6% fumavam, 8% tinham diabetes, 11% tinham problemas coronários ou doença pulmonar, 6% tinha anormalidade na curva ST e 16% tinham anormalidades na curva T. Concluiu-se que a exposição em curto prazo para PM2.5 está associada com as evidências dos eletrocardiogramas sendo que as principais manifestações incluem diminuição da amplitude

do segmento ST e T, e aumento de QRS/T ângulos. Estes resultados sugerem que os efeitos adversos de PM2.5 em risco de doença coronária nas mulheres na pós-menopausa podem ser relacionadas com os efeitos sobre a isquemia do miocárdio (ZHU-MING, 2009).

A exposição à poluição do ar pode causar vasoconstrição arterial e pode também alterar o equilíbrio autonômico. Por isso, foi investigada a relação entre a exposição a PM2.5 e ozônio e a pressão arterial de 23 adultos saudáveis, normotensos e não-fumantes. Foi verificado que a exposição de duas horas a um ambiente com concentração elevada de PM2.5 e O3 alteraram para mais a pressão arterial diastólica (PAD). O aumento rápido da PAD foi associado como teor de carbono de PM2.5. A exposição ao tráfego de veículos pode fornecer, segundo os autores desse trabalho, um potencial fator de risco para aquisição de doenças coronárias (URCH *et al*, 2005).

2.2. Exposição Crônica

A exposição crônica e, não apenas, a exposição aguda pode influenciar no surgimento de doenças respiratórias, cardiovasculares e aumento no número de visitas aos hospitais. A exposição crônica refere-se aos indivíduos que vivem ou viveram meses perto de estradas com níveis elevados de poluição ou aos indivíduos que vivem em grandes centros urbanos e estão expostos a concentrações elevadas de poluentes.

Numa pesquisa comparativa entre grupos de policiais do sexo masculino que atuavam no trânsito e policiais que trabalhavam internamente (grupo controle), com idades entre 36 e 58 anos e com pelo menos cinco anos de atividade profissional, mostrou que os policiais que atuavam na rua estavam mais propensos a terem problemas de alergia respiratória, menor resistência ao esforço físico e apresentavam também alterações no sistema cardiovascular e respiratório. Os autores suspeitam que tais resultados devam-se à exposição aguda ao enxofre, dióxido de carbono, ozônio e material particulado principalmente (VOLPINO *et al*, 2004). Em Erfurt, Alemanha, foram medidos parâmetros sanguíneos de 38 pacientes do sexo masculino com doença pulmonar crônica durante o inverno de 2001/2002 comprovando estes dados (HILDEBRANDT *et al* 2009).

Para explorar a associação entre a exposição crônica e a poluição atmosférica e morbidade cardiovascular, foi realizado um estudo transversal da população inglesa no período de 1994, 1998 e 2003, com idades de 45 e indivíduos com mais idade. Nesse trabalho, investigou-se se a exposição aos poluentes do ar (PM10, NO2, SO2 e O3) tinham relação com

os auto-relato médico de problemas cardiovascular. Uma fraca associação positiva foi verificada com PM10 com homens e mulheres e em 2003 apenas, sendo que com os demais poluentes (os gasosos) não foi verificada nenhuma associação. Portanto, nesse trabalho não foi encontrada nenhuma associação consistente entre as concentrações de poluentes e o diagnóstico de doenças cardiovasculares. Sendo assim, mais estudos devem ser replicados (FORBES *et al*, 2009).

Dados da Associação Americana do Câncer foram correlacionados com as informações das concentrações de ozônio e procurou-se saber se os efeitos da exposição crônica a este gás poderiam causar a morte por problemas cardiovasculares. No entanto, não foram encontrados efeitos significativos da exposição ao ozônio e a morte, mas foi possível demonstrar o risco de morte por problemas respiratórios (JERRETT *et al*, 2009).

Especialistas europeus (epidemiologistas, toxicologistas e clínicos) foram selecionados para fazer um levantamento sobre a exposição a ambientes com concentrações de partículas finas (PM) e os riscos a eventuais problemas cardíacos. Eles concluíram que pode gerar disfunção endotelial, trombose e desestabilização da placa (KNOL *et al*, 2009).

Em outro estudo com 4750 mulheres idosas, foi avaliado se os problemas respiratórios causados pela exposição de longo prazo aos poluentes influenciariam na mortalidade cardiovascular. Os resultados apontaram que a saúde respiratória prejudicada na idade de 55 anos é um fator de risco para mortalidade cardiovascular. O impacto da poluição do ar foi ainda maior nessas mulheres do que naquelas com função pulmonar normal (SCHIKOWSKI *et al*, 2009). A exposição em longo prazo ao NO₂ também está associada com doenças cardíacas e disfunção autonômica em mulheres idosas e pacientes com doença cardiovascular na suíça (DIETRICH *et al*, 2008).

Em uma pesquisa com cerca de 40.000 visitas ao departamento de emergência em 14 hospitais de sete cidades canadenses mostrou a relação entre monóxido de carbono e problemas cardiovasculares (STIEB *et al*, 2009).

3. POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA E EXERCÍCIO FÍSICO

A exposição ao ar poluído pode comprometer o rendimento dos atletas, que inalam grandes volumes de ar, durante os treinamentos e também de indivíduos que vivem nas grandes cidades e utilizam espaços abertos para a prática do exercício físico. A seguir serão apresentados os fatores que interferem na qualidade do exercício físico relacionados ao ambiente e também às características do treinamento.

O ambiente está relacionando não apenas ao espaço físico, mas também ao índice de qualidade do ar (IQA) e às características dos poluentes e a sua concentração. Como mencionado, em grandes áreas urbanas e populosas não é difícil de encontrar pessoas se exercitando perto de avenidas congestionadas, poluídas por veículos automotores e com níveis elevados de material particulado. Nessas condições, a quantidade de toxinas inaladas; aumentam, e a exercício físico pode se tornar mais prejudicial do que benéfica para a saúde, pois o risco de desenvolver algum tipo de doença se eleva (SHARMAN *et al*, 2004).

Por isso, quando o índice de qualidade do ar estiver elevado, a intensidade do exercício físico deve ser reduzida ou deve ser substituída por ambientes fechados. Exercícios extenuantes devem ser realizados quando o IQA for baixo como no início da manhã ou em áreas com baixo tráfego veicular. Entretanto, mais pesquisas devem ser realizadas para orientar o desenvolvimento de conselhos de saúde e proteção para a prática do exercício físico na rua (MONICA, 2005).

Em relação aos poluentes, é importante levar em consideração o tipo de poluente, o seu tamanho, a solubilidade na água, os efeitos na função pulmonar, a sua concentração, além das características das respostas fisiológicas (ROBERGS, 2002). As respostas fisiológicas aos diversos poluentes estão relacionadas à “dose” ou quantidade de poluente inalado. Os fatores que determinam a dose são: a concentração do poluente, a duração da exposição e o volume de ar inalado. A quantidade de ar inalado durante o exercício físico aumenta e isso é o que pode prejudicar o rendimento, podendo ele ser até mesmo abreviado durante níveis elevados de poluição. Sendo assim, conhecer o índice de contaminação ambiental é importante para que se possa realizar ou não exercício físico (ZAMUDIO *et al*, 1994).

Os fatores ligados ao tipo de treinamento e a intensidade também influenciam no rendimento. Os esportes mais afetados pela contaminação atmosférica são os que têm predominância aeróbica como a corrida de longa distância, o ciclismo, o remo, etc. (DE

ROSE, 1993). Nas grandes cidades, a caminhada, a corrida e o ciclismo são as atividades físicas mais vulneráveis aos efeitos da poluição atmosférica. Em relação à intensidade e a duração do exercício físico, sabe-se que o volume de ar inalado por minuto ou volume minuto respiratório (VE) aumenta cerca de 15,7 vezes em uma pessoa sedentária. Dessa forma, a quantidade de ar poluído inalado acaba proporcionalmente elevando-se quando o exercício físico é prolongado (WILMORE; COSTILL, 1994).

Portanto, a compreensão da relação entre a poluição atmosférica e o exercício físico é importante para que se possam alcançar melhores resultados durante o treinamento.

3.1 Poluição Atmosférica e Desempenho Físico

Embora os efeitos da poluição atmosférica das principais zonas urbanas não sejam percebidos ou até mesmo, conhecidos por indivíduos que buscam apenas a qualidade de vida por meio de uma caminhada ou corrida eles acabam, sem dúvida, tendo prejuízos no rendimento. Para comprovar esta relação, indivíduos saudáveis e indivíduos que apresentavam algum problema cardiovascular foram submetidos a treinamentos com caminhada, corrida ou pedalada em laboratório e ao ar livre e procurou-se saber os efeitos desta exposição aguda não apenas no sistema respiratório e cardiovascular, mas também no desempenho muscular. Embora seja escasso o volume de informações sobre o desempenho físico e a poluição do ar, alguns estudos controlados em laboratório são capazes de prever as conseqüências da exposição pessoal durante a exercício físico em regiões similares às encontradas em áreas urbanas.

Há bastante tempo, já se tem conhecimento da influência da poluição atmosférica na função pulmonar, pois estudos indicam que quando há um aumento de SO₂, NO₂ e poeira ocorre também um aumento no número de internações hospitalar e mortes. Levando-se em consideração este fato, na Polônia, 1278 homens da base militar com idades entre 18 e 23 anos, saudáveis e não fumantes foram divididos em três grupos (A, B e C) e foram expostos respectivamente às concentrações de baixa, média e elevada concentração de poluição atmosférica. O grupo A representava a região do norte do país onde a concentração de contaminantes atmosféricos é considerada baixa, o grupo B representa a região central (aglomeração populacional) onde ocorre uma média concentração de poluição e, por fim, o grupo C que representou a região sul na qual ocorre uma elevada concentração não somente de pessoas, mas também de indústrias. Após a exposição, parâmetros de função pulmonar foram analisados em repouso e comparados com relação aos níveis de poluição. Nos três

grupos, foram encontradas pessoas com limitação do fluxo aéreo na zona central e nos brônquios periféricos definido como a diminuição volume expiratório forçado e da capacidade vital forçada. Entre os grupos foram encontrados diferenças de valores. O grupo C, por exemplo, teve em relação ao grupo A uma redução maior. Portanto, ficou claro neste trabalho a influência da poluição atmosférica nos parâmetros de função pulmonar de indivíduos saudáveis (LUBINSKI *et al*, 2005).

Em outro estudo, também foram encontradas algumas alterações fisiológicas. Sob condições controladas (neste caso o ar inalado continha diesel diluído), 15 voluntários saudáveis pedalarão durante 1h com intensidade moderada. As funções pulmonares foram avaliadas antes e depois do treinamento. Neste estudo ficou claro que a exposição aguda ao ar com diesel produziu uma resposta inflamatória do sistema pulmonar durante a pedalada o que acabou, por fim, reforçando a opinião de outros estudos (SALVI, 1999).

Autores afirmam que a exposição aguda ao ozônio interfere na função pulmonar e causa também sintomas de irritação das vias aéreas inferiores como tosse, falta de ar e dor na inspiração e, mesmo sendo em concentrações não muito elevadas, pode interferir na função pulmonar de adultos não fumantes. Levando isso em consideração, 776 voluntários com idades entre 18 e 64 anos foram avaliados durante o verão de 1992 e 1993 para saber se a exposição aguda ao ozônio, às partículas inaláveis finas e também ao aerossol influenciaria na função pulmonar. Após realizar uma caminhada numa trilha, testes de espirometria foram aplicados para saber o volume expiratório forçado em 1 minuto (FEV1), a capacidade vital forçada (CVF) e a relação entre os dois (FEV1/FVC). Após as análises concluiu-se que os caminhantes tiveram uma diminuição da função pulmonar e ainda os que apresentavam um histórico de asma ou chiado tiveram significativamente maiores alterações relacionadas à poluição do ar (KORRICK *et al*, 1998). Dez anos após esta pesquisa, outro grupo de pesquisadores tentou replicar este trabalho, porém não encontraram os mesmos resultados. Não foi encontrada nenhuma associação significativa de mudança aguda na função pulmonar com nenhum poluente (GIRARDOT, 2006). Entretanto, a metodologia empregada neste último trabalho não seguiu fielmente os parâmetros do primeiro. O local de pesquisa, os períodos do ano, as concentrações de poluentes e as altitudes em que foram realizadas as amostras espirométricas eram completamente diferentes do primeiro estudo. Tais diferenças podem ter influenciado nos resultados da segunda pesquisa.

Em laboratório foi possível verificar as alterações na função pulmonar durante o exercício físico. Durante quatro dias consecutivos, oito adultos saudáveis com idades entre 25 e 31 anos foram submetidos a um treinamento submáximo na esteira e expostos ao ar filtrado

e também ao ozônio (0,25 ppmx2h). O volume minuto foi medido durante o teste. Para esta concentração de ozônio, foram encontradas alterações espirométricas e indícios de inflamação durante o exercício físico (FRANK, 2001).

Sabe-se que a microcirculação pulmonar e muscular são afetadas após a exposição às partículas inaláveis geradas pela combustão interna de motores produzindo, assim, efeitos negativos no rendimento físico. Para avaliar esta situação, quinze homens saudáveis, com idade universitária, realizaram testes de esforço máximo em um cicloergômetro. Em um dos testes, o grupo ingeriu ar que continha uma concentração de CO abaixo de 10 ppm produzida a partir de um motor a gasolina. As conclusões deste trabalho evidenciaram que a inalação aguda desta substância acabou prejudicando o desempenho físico (RUNDELL; RENNE 2008). O CO pode também alterar a habilidade dos eritrócitos de carregar oxigênio para o músculo esquelético e outros tecidos prejudicando, assim, o rendimento (PERES, 2005).

Embora não haja estudos sobre os efeitos dos poluentes atmosféricos no desempenho de maratonistas, evidências sugerem que a função pulmonar de mulheres pode ser mais suscetível à poluição atmosférica do que a dos homens. Um estudo com homens e mulheres apresentou forte relação ao decréscimo do rendimento com as mulheres após a exposição às partículas inaláveis PM10. (MARR; ELY, 2010).

A variação da frequência (VFC) cardíaca está associada com a concentração dos diversos poluentes encontrados no ar. Existe um consenso na literatura que as partículas inaladas tendem a diminuir a variação da frequência (RODRIGUEZ *et al*, 2006). A depressão no segmento ST apresenta também correlação significativa com a concentração de PM2,5 sendo que a variação é mais significativa entre os indivíduos que não utilizam bloqueadores. Na Finlândia, indivíduos com doença coronária estável foram avaliados durante os testes ergométricos com esforço físico submáximo no período de seis meses. O teste submáximo realizado incluía o uso da bicicleta e o tempo de exercício dado foi de 6 minutos procurando atingir a meta de faixa de frequência cardíaca. Simultaneamente à realização dos testes, foi controlada também a massa das PM2,5, a concentração e a forma de distribuição delas. Apesar de não haver nenhuma associação com partículas grossa, (PEKKANEN *et al*, 2002).

A exposição ao CO pode causar dor de cabeça, fadiga, sintomas iguais aos da gripe e efeitos cardíacos diversos que incluem a diminuição da capacidade de se exercitar. Pacientes com doença da artéria coronária podem sofrer aumento das áreas isquêmicas e angina em uma associação com os gases NO2 e CO foram significativos período pequeno após o início dos exercícios. Evidência científica indica que correr com concentrações de monóxido de carbono maiores que 25 partes por milhão pode reduzir seu VO2 máximo e prejudicar o desempenho

na corrida (DICKY apud MIRANDA, 2000). No Reino Unido, embora os níveis de ar tenham sido controlados, recomenda-se que os atletas e esportistas evitem se exercitar ao lado das estradas (CARLISLE; SHARP, 2001).

As pesquisas citadas acima comprovam, portanto, a influência negativa da exposição pessoal durante o exercício físico em ambientes com concentrações diferenciadas de poluição atmosférica. As alterações no organismo são comprovadas com os testes que mostram a diminuição da capacidade pulmonar, as alterações na frequência cardiovascular e muscular.

3.2 A Poluição Atmosférica e o Alto Rendimento

Os atletas de elite acabam, em função das exigências da competição, consumindo elevadas taxas de poluição atmosférica principalmente quando o local da disputa é fortemente contaminado por substâncias tóxicas presentes no ar. Nos últimos anos, as preocupações passaram a ser motivo de debate não somente da equipe técnica e dos atletas, mas também de pesquisadores e também da mídia em relação ao desempenho dos competidores. Apesar disso, ainda são poucos os trabalhos científicos que tratam do alto rendimento e a poluição atmosférica. Nas duas últimas edições dos Jogos Olímpicos (Atenas e Pequim), por exemplo, as preocupações em relação à exposição dos atletas voltaram a ser debatidas devido às grandes possibilidades de diminuição do desempenho em regiões que não estavam, ambientalmente, preparadas para recebê-los.

Sabe-se que o treinamento vigoroso em dias com elevadas taxas de poluição atmosférica pode causar inflamação das vias aéreas devido à diminuição dos valores de pH do ar expirado. Para verificar este conhecimento, 16 atletas corredores, com idade média de 14,9 anos participaram de uma pesquisa na qual foi avaliado o pH do ar expirado antes e depois das sessões de treinamento. Os valores do pH expirado são considerados biomarcadores de inflamação das vias aéreas. Durante dez dias os participantes da pesquisa, fizeram uma corrida de longa distância no subúrbio de Atlanta. Os resultados da pesquisa, apontaram que não houve alterações agudas significativas dos valores de pH do ar expirado antes e depois da corrida. Entretanto, foram surpreendentemente baixos tais valores do pH do ar expirado nesta amostra quando comparado com outro grupo de indivíduos, porém sedentários. Os autores especulam que treinamento vigoroso em dias com elevadas taxas de poluição atmosférica pode causar inflamação das vias aéreas (FERDINANDS *et al*, 2008).

Em outro estudo com atletas, foi realizada uma revisão dos seis maiores poluentes (CO, NO, O₃, PM₁₀, SO₂ e compostos orgânicos voláteis) em relação ao desempenho deles e

procurou-se saber se tal população estaria especialmente em risco. Apesar de ainda não haver um consenso dos autores de como isso acontece, nesta pesquisa mostra que os atletas estão significativamente mais expostos. O ideal, conforme disse o autor, é buscar ambientes afastados do tráfego, evitar a hora do rush, procurar parques, evitar dias quentes e brilhantes, pois há tendência de se elevar a concentração de O₃ e ficar atento às previsões do tempo e à neblina. Embora os níveis de poluentes sejam controlados e tenham sido reduzidos nos últimos anos, no Reino Unido, a exposição aos poluentes do ar (especialmente O₃) contribui para a perda de rendimento deles (CARLISLE; SHARP, 2001). Nos últimos jogos olímpicos, as concentrações de poluentes dos locais que sediaram os eventos foram alvo de muita preocupação.

Atenas é uma região cercada por montanhas, mar aberto e o seu relevo é considerado baixo. Essas características físicas, junto com os fatores de emissão antropométricos e climáticos, contribuem para o aumento da poluição na região e causam influências negativas no rendimento dos atletas. Os poluentes que mais preocupavam os pesquisadores eram o NO₂, o O₃ e as PM₁₀. Sabe-se que a exposição a elevadas concentrações de poluentes podem causar tosse, dor torácica, dificuldade para respirar, dor de cabeça, irritação nos olhos e diminuição do volume expiratório forçado em um segundo. Todos estes efeitos eram considerados suscetíveis de surgir e de provocar a redução do rendimento, pois em vários estudos com ciclistas já mostrava tal relação. Apesar disso, alguns fatores ligados a intensidade do exercício e exposição aos poluentes ainda não estão bem claros no caso do alto rendimento. No caso do O₃, cada indivíduo responde fisiologicamente diferente à exposição. Portanto, é necessário mais estudos da exposição ao ar misto e os efeitos na função pulmonar e ao desempenho dos atletas em intensidade de trabalho elevado (FLORIDA; JAMES; DONALDSON; STONE, 2004). Em 2003, procurou-se identificar as condições atmosféricas que seriam possivelmente encontradas durante os jogos Olímpicos de Atenas que se realizariam um ano após a investigação. Neste trabalho, os autores verificaram que se, de fato, aumentasse a concentração dos poluentes, o rendimento e a saúde dos atletas de elite seriam comprometidos (FLOURIS, 2006).

Em 2008, durante as Olimpíadas de Pequim, a poluição de uma cidade considerada uma das megacidades mais poluídas do mundo fez com que o assunto voltasse a ser debatido e, com as mesmas preocupações em torno do rendimento dos atletas. O aumento da taxa ventilatória (quase 20 vezes) e aumento da respiração pela boca e nariz são os principais desencadeadores do consumo dos seguintes poluentes: CO, NO, NO₂, SO₂ e partículas inaláveis (PM_{2,5} e PM₁₀). Antecipadamente, sabiam que o aumento na taxa de CO

sanguínea provocaria um menor consumo máximo de oxigênio. No caso do ozônio, o desconforto respiratório, causaria uma redução do trabalho total realizado, diminuição do volume expiratório forçado, tosse, dor torácica, irritação nos olhos, dores de cabeça e o aumento da percepção do esforço global realizado. Sendo assim, as categorias de esportes que mais afetadas seriam as de resistência e as que os atletas estariam expostos ao ar livre (LIPPI *et al*, 2008). Por isso, os maratonistas poderiam ser, por exemplo, fortemente afetados.

Na fase preparatória desses jogos, diversos debates foram realizados devido à forte preocupação em relação ao desempenho e saúde dos atletas de elite. Durante os jogos, foram medidas a temperatura ambiente, a umidade do ar e as PM10. Ao compararem as concentrações de PM10 durante os jogos com as concentrações de semanas anteriores a este evento, verificou-se que houve uma redução significativa dos níveis deste poluente. De modo contrário, a umidade relativa do ar foi mais elevada devido à frequência maior de chuvas neste período. Apesar disso e, de acordo com os autores deste trabalho, os atletas não ficaram expostos a má qualidade do ar, pois na fase dos campeonatos foram aplicadas algumas restrições de emissão de poluentes proposto pelo governo. Outro fator que pode ter influenciado nestas afirmações, foram o aumento do volume de chuvas que também pode ter contribuído na melhoria das condições de poluição (BRANIS; VETVICKA, 2010).

O rendimento de atletas que apresentavam asma também foi uma das preocupações exposta inclusive pela mídia no período desses jogos, pois tal população poderia ser mais severamente afetada caso os níveis de poluição estivessem elevados assim como para os atletas paraolímpicos que apresentam processo mecânico de tosse e respiração alterado devido à própria deficiência física. Evidências apontam que os exercícios físicos de alta frequência e intensidade, geralmente executados por atletas altamente treinados, contribuem para o desenvolvimento da asma e pode também afetar atletas que não apresentam sintomas, mas que treinam vigorosamente em ambientes contaminados. Sendo assim a intensidade do treinamento, a exposição ambiental, o estresse mecânico das vias respiratórias e o aumento da prevalência de infecções respiratórias são fatores que contribuem para o surgimento deste quadro de doença. Durante os jogos, o governo aplicou uma série de impedimentos quanto à emissão de poluentes tentando atingir uma meta para melhoria da qualidade do ar durante o evento. No entanto, esta atitude aplicada com o intuito de melhorar os níveis de poluição, não foi suficiente para minimizar as preocupações dos competidores. Por isso, algumas equipes decidiram realizar seus treinamentos em áreas onde o controle da qualidade do ar, da umidade e do calor eram monitorados. Outra estratégia adotada pelos atletas foi de minimizar o tempo

de exposição aos diversos poluentes procurando chegar ao local da competição em datas bem próximas ao dia da competição.

Ressalta-se, portanto, que o rendimento desportivo é influenciado pelos níveis de poluição e que mais estudos envolvendo o exercício físico e a poluição atmosférica devem ser realizados. Poucos estudos vêm sendo feitos, por motivos éticos, com atletas asmáticos em ambientes com baixa qualidade do ar e, por enquanto, nenhum estudo foi desenvolvido com paraolímpicos tendo ou não relato de asma (MCKENZIE; BOULET, 2008).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como foi relatado no início do trabalho, a poluição atmosférica pode acontecer quando certa quantidade de matéria ou energia torna-se imprópria para a saúde e bem-estar público. No Brasil, o padrão de qualidade do ar aprovado pelo CONAMA estabelece os limites de concentração dos seguintes produtos: CO₂, NO₂, O₃, fumaça, PM e SO₂. Nas grandes cidades, a concentração desses poluentes é geralmente elevada devido à intensa utilização de combustíveis fósseis pelos veículos automotores e também pelas indústrias. Portanto, cabe saber os efeitos da exposição pessoal a estes poluentes durante o exercício físico.

A exposição, que pode ser aguda ou crônica, aos diversos poluentes encontrados no ar das áreas urbanas vem provocando diversos problemas à saúde da população. Na literatura, já existe um volume grande de trabalhos relacionados à poluição atmosférica e a saúde dos indivíduos. Os artigos utilizados neste trabalho mostram que a exposição aguda aos poluentes atmosféricos está relacionada ao aumento no número de internações hospitalares, dor de cabeça, problemas cardiovasculares e respiratórios sendo que alguns grupos como os idosos (especialmente mulheres) ficam mais vulneráveis às condições ambientais dos poluentes atmosféricos. Em relação à exposição crônica, alguns dos trabalhos utilizados não encontraram associação positiva quanto ao risco de morte por problemas cardiovasculares. As conclusões dos estudos até o momento realizados preocupam os pesquisadores, pois encontram dificuldade de afirmar se apenas um poluente seria capaz de provocar os efeitos nocivos à saúde ou se seria a interação de vários deles. Alguns acreditam que a sensibilidade individual também pode estar relacionada à origem de tais problemas.

Em relação à exposição dos atletas, nestes ambientes, já parece ser um dos motivos de preocupação por parte da mídia e pesquisadores. Apesar disso, a quantidade de trabalhos acadêmicos na área da educação física ainda é pequena. Alguns trabalhos realizados em laboratório com indivíduos saudáveis, atletas e portadores de problemas cardiovasculares, comprovam que o contato com os diversos poluentes, durante um exercício físico aeróbico, é prejudicial para o desempenho desportiva. O consumo maior de substâncias nocivas pela boca durante o exercício físico é o que faz aumentar os riscos de redução de desempenho. No organismo, conforme a concentração de poluentes se eleva, maiores prejuízos surgem na capacidade pulmonar, cardiovascular e muscular gerando assim menor rendimento. Algumas populações parecem ser mais sensíveis aos poluentes durante o exercício físico, tais como:

portadores de algumas doenças, cardiopatas e asmáticos. As mulheres têm também em relação aos homens, significativamente, maiores alterações relacionadas à função pulmonar. Em relação aos atletas asmáticos poucos estudos foram realizados e nenhum foi desenvolvido com paraolímpicos.

Apesar da dificuldade de se encontrar materiais que tratassem da relação entre o exercício físico e a poluição atmosférica, pode-se a partir do que foi analisado afirmar que a exposição aos diversos poluentes encontrados no ar urbano compromete a saúde e o desempenho físico. Apesar disso, mais estudos devem ser desenvolvidos especialmente na área da educação física. Portanto, as pessoas que vivem nas cidades e optam pela exercício físico na rua correm mais risco de ter a saúde e o rendimento prejudicado pela ação de um ou mais poluente atmosférico. Por isso, ideal é buscar alternativas menos tóxicas para a saúde e rendimento. Recorrer à ambientes afastados do tráfego veicular e a redução da intensidade do treinamento aeróbico em dias em que a concentração de poluentes está elevada são opções que protegem mais a saúde e oferece menos riscos ao condicionamento físico.

REFERÊNCIAS

BANJOKO, Sunny O. Ambient carbon monoxide and carboxyhaemoglobin levels in Ibadan City, Nigeria: A source of health inequality between developed and developing nations? *Journal of environmental health research*, Nigéria, v.7, n. 1, 2008.

BARTOLI, Carlo R. et al. Mechanisms of inhaled fine particulate air pollution–induced arterial blood pressure changes. *Environment health perspective*, U.S.A, v. 117, n. 3, p. 361-366, out. 2008.

BRANCO, Samuel Murgel; MURGEL, Eduardo. *Poluição do ar*. 2ª Ed., São Paulo, Moderna, 1980.

BRANIS, Martin; VETVICKA, Jaroslav. PM10, ambient temperature and relative humidity during the XXIX summer olympic games in Beijing: were the athletes at risk? *Aerosol and air quality research*, Taiwan, v. 10, p. 102–110, nov. 2010.

BRASIL. *Resolução CONAMA 003*, 28 de junho de 1990.

BUADONG, Dongruetai et al. Association between PM10 and O3 levels and hospital visits for cardiovascular diseases in Bangkok. *Journal epidemiology*, Tailândia, v. 19, n. 4, p. 182-188, jun. 2009.

CAMPBELL, Monica E. et al. Should people be physically active outdoors on smog alert days? *Revue canadienne de santé publique*, Canadá, v. 96, n. 1, p. 24-28, jul. 2004.

CAMPEN, Matthew J. et al. Nonparticulate components of diesel exhaust promote constriction in coronary arteries from apoE^{-/-} mice. *Revue canadienne de santé publique*. Toronto, v. 88, n. 1, p. 95-102, jul. 2005.

CANÇADO, José Eduardo Delfino et al. Repercussões clínicas da exposição à poluição atmosférica. *Jornal brasileiro de pneumologia*, Brasil, v. 32, n. 2, p.5-11, mai. 2006.

CARLISLE, A. J. SHARP, N. C. C. Exercise and outdoor ambient air pollution. *British journal of sports medicine*, Londres, v. 35, n. 4, p. 214–222, mar. 2001.

CASTRO, Hermano A. et al. Doenças respiratórias e poluição atmosférica no município de vitória. *Caderno de saúde pública*, Brasil, v. 23, n. 4, p. 630-642, jun. 2007.

CHEN, Bingheng; KAN, Haidong. Air pollution and population health: a global challenge. *Environmental health and preventive medicine*, China, v. 13, n. 2, p. 94-101, mar. 2008.

CHENG , Tsun-Jen et al. Effects of concentrated ambient particles on heart rate and blood pressure in pulmonary hypertensive rats. *Environmental health perspective*, China, v. 111, n. 2, p. 147-150, fev. 2003.

DALES, Robert E.; CAKMAK, Sabit; VIDAL, Claudia blanco Air pollution and hospitalization for headache in Chile, *American Journal of Epidemiology*, Canadá, v. 170, n. 8, p. 1057-1066, set. 2009.

DE ROSE, Henrique E. Medio ambiente y deporte. *Congreso Internacional de Medicina de Deporte de La Ciudad de Mexico*. México, v. 3, p. 42-43, 1993.

DICKEY, J. H. Air pollution: overview of sources and health effects. Chicago, v. 46, n. 9, p. 566-589, set. 2000.

DIETRICH, Denise Felber et al. Differences in heart rate variability associated with long-term exposure to NO₂. *Environmental health perspective*, Suíça, v. 116, n. 10, p. 1357-1361, out 2008.

FERDINANDS, Jill M. et al. Breath acidification in adolescent runners exposed to atmospheric pollution: A prospective, repeated measures observational study. *Environmental Health*, E.U.A, v. 7, n. 10, p. 1-111, mar. 2008.

FILHO, João Batista Galvão. Poluição do ar. aspectos técnicos e econômicos do meio ambiente.

Disponível em: <http://www.consultoriaambiental.com.br/artigos/poluicao_do_ar.pdf>

Acessado em: 19 de abril de 2010.

FLORIDA-JAMES, G., DONALDSON, K.; STONE V. Athens 2004: the pollution climate and athletic performance. *Journal of sports sciences*, Reino Unido, v. 22, n. 10, p. 967-980, out., 2004.

FLOURIS, A. D. Modelling atmospheric pollution during the games of the XXVIII Olympiad: effects on elite competitors. *International journal of sports medicine*, Canadá, v. 27, n. 2, p. 137-142, jun. 2006.

FORBES, Lindsay J. L. et al. Chronic exposure to outdoor air pollution and diagnosed cardiovascular disease: meta-analysis of three large cross-sectional surveys. *Environmental Health*, Reino Unido, v. 8, n. 30, p. 1-9, jul. 2009.

FRANK, Robert et al. Repetitive ozone exposure of young adults. *American journal of respiratory and critical care medicine*, EUA, v. 164, n. 7, p. 1253-1260, out. 2001.

GIRARDOT, Steven P. et al. Ozone and PM2.5 exposure and acute pulmonary health effects: a study of hikers in the great smoky mountains national park. *Environmental health perspectives*, E.U.A, v. 114, n. 7, p. 1044-1052, fev. 2006.

GLOBO REPÓRTER. Dieta de Emagrecimento. São Paulo, Rede Globo, 12 de março de 2010. Programa de TV.

GOMES, Maria João Marques. Ambiente e pulmão. *Jornal de pneumologia*, Portugal, v. 28, n. 5, p. 261-269, set. 2002.

HALEY, Valerie B.; TALBOT, Thomas O.; FELTON, Henry D.; Surveillance of the short-term impact of fine particle air pollution on cardiovascular disease hospitalizations in New York State. *Environmental health*, U.S.A, v. 8, n. 42, p. 1-10, set. 2009.

HASSING, H. C. et al. Air pollution as noxious environmental factor in the development of cardiovascular disease. *The netherlands journal of medicine*, Holanda, v. 67, n. 4, p. 116-121, abr., 2009.

HILDEBRANDT, Katharina et al. Short-term effects of air pollution: a panel study of blood markers in patients with chronic pulmonary disease. *Particle and fibre toxicology*. Alemanha, v. 6, n. 25, p.1-13, set. 2009.

HO, Wen-chao et al. Air pollution, weather, and associated risk factors related to asthma prevalence and attack rate. *Environmental research*, China, v. 104, n.3, p. 402–409, jul. 2007.

JALALUDIN, Bin *et al.* Impact of ambient air pollution on gestational age is modified by season in Sydney, Australia. *Environmental health*, Austrália, v. 6, n. 16, p. 1-9, jun. 2007.

JERRET, Michael et al. Long-Term Ozone Exposure and Mortality. *The new england journal of medicine*, E.U.A, v. 360, n. 11, p. 1085-1095, mar. 2009.

KJELLSTROM, Tord *et al.* Urban environmental health hazards and health equity. *Journal urban health*, Austrália, v. 84, n. 1, p. 86-97, abr. 2007.

KNOL, Anne B. *et al.* Expert elicitation on ultrafine particles: likelihood of health effects and causal pathways. *Particle and fibre toxicology*, Holanda, v. 6, n. 19, p. 1-16, jul. 2009.

KORRICK, Sussan A. *et al.* Effects of ozone and other pollutants on the pulmonary function of adult hikers. *Environmental health perspectives*, U.S.A, v.106, n. 2, p. 93-99, fev. 1998.

LANKI, T. *et al.* Can we identify sources of fine particles responsible for exercise-induced ischemia on days with elevated air pollution? the ULTRA study. *Environmental health perspectives*, Finlândia, v. 114, n. 5, p. 655-660, mai. 2006.

LASTE, Ricardo. Exercício físico e poluição atmosférica: ambiente externo vs interno. *Revista Educação, meio ambiente e saúde*. São Paulo. v. 4, n. 1, p. 51-64. 2009.

LIPPI, G.; GUIDI, G. C.; MAFFULLI, N. Air pollution and sports performance in beijing. *International journal sports medicine*. EUA, v. 29, n. 8, p. 696-698, abr. 2008.

LUBISNKI, W. et al. Influence of air pollution on pulmonary function in healthy young men from different regions of poland. *Annals of agricultural and environmental medicine*, Polônia, v.12, n. 1, p. 1-4, abr. 2005.

MARCILIO, Izabel; GOUVEIA, Nelson. Quantificação do impacto da poluição atmosférica sobre a população urbana brasileira. *Caderno de Saúde Pública*, Rio de Janeiro, v. 23, n. 4, p. 630-642, fev. 2007.

MCKENZIE, Donald C; BOULET, Louis-philippe. Asthma, outdoor air quality and the olympic games. *Canadian medical association journal*, Canadá, v. 179, n. 6, p. 543-548, agos. 2008.

MARR, Linsey C; ELY, Matthew r. Effect of air pollution on marathon running performance. *Medicine and science in sports and exercise*, E.U.A, v. 42, n. 3, p.585-591, mar. 2010.

MIRANDA, Made J.; BAPTISTA, Tadeu J. R. A poluição do ar na cidade de goiânia-GO e a prática de exercícios físicos.

MONTEIRO, Henrique L. et al. Efetividade de um programa de exercícios no condicionamento físico, perfil metabólico e pressão arterial de pacientes hipertensos. *Revista brasileira de medicina do esporte*. São Paulo, v. 13, n. 2, p. 107-112, abr. 2007.

MUÑOZ. Franz; CARVALHO, Marília S. Efecto del tiempo de exposición a PM10 en las urgencias por bronquitis aguda. *Caderno de saúde pública*, Rio de Janeiro, v. 15, n. 3, p. 529-539, set. 2009.

OLIVEIRA. R. S. *et al.* Impact of acute exposure to air pollution on the cardiorespiratory performance of military firemen. *Brazilian journal of medical and biological research*, Brasil, v. 39, n. 12, p. 1643-1649, dez. 2006.

LOUDIN, Anna *et al.* Long-term exposure to air pollution and hospital admissions for ischemic stroke. A register-based case-control study using modelled NO_x as exposure proxy. *BMC public health*. Suíça, v. 9, n. 301, p. 1-12, ago. 2009.

PEKKANEN, Juha *et al.* Particulate air pollution and risk of ST-segment depression during repeated submaximal exercise tests among subjects with coronary heart disease: the Exposure and risk assessment for fine and ultrafine particles in ambient air (ULTRA) study. *Circulation*, E.U.A., v.106, n. 8, p.933-938, jul. 2002.

PENG, Roger D. *et al.* Emergency Admissions for Cardiovascular and Respiratory Diseases and the chemical Composition of Fine Particle Air Pollution. *Environmental health perspective*. U.S.A. v. 117, n. 6, p. 957-963, fev. 2009.

PEREIRA FILHO, M. A. *et al.* Effect of air pollution on diabetes and cardiovascular diseases in São Paulo, Brazil. *Journal medical biology respiratory*, Brasil, v. 41, n. 6, p. 526-532, abr. 2008.

PERETZ, Alon *et al.* Diesel exhaust inhalation elicits acute vasoconstriction in vivo. *Environmental health perspectives*, USA, v. 116, n. 7, p. 937-942, jul. 2008.

PERES, Fabio F. Meio Ambiente e Saúde: os efeitos fisiológicos da poluição do ar no desempenho físico - o caso do monóxido de carbono (CO). *Arquivos em movimento*, Rio de Janeiro, v. 1, n. 1, p. 55-63, jun. 2005.

PIRES, Dilson Ojeda. Inventário de emissões atmosféricas de fontes estacionárias e sua contribuição para a poluição do ar na região metropolitana do Rio de Janeiro. 2005. 180 f. Tese (doutorado), UFRJ, Rio de Janeiro, 2005.

ROBERGS, Robert A. *Princípios fundamentais de fisiologia do exercício para a aptidão, desenvolvimento e saúde*. São Paulo:Phorte,2002.

RIOJAS -RODRÍGUEZ, Horacio *et al.* Uso de la variabilidad de la frecuencia cardíaca como marcador de los efectos cardiovasculares asociados con la contaminación del aire. *Salud pública de México*, México, v. 48, n. 4, p.348-57, ago. 2006.

RUNDELL, Kenneth W.; CAVISTON, Renne. Ultrafine and fine particulate matter inhalation decreases exercise performance in healthy subjects. *Journal of strength and conditioning research*, EUA, v. 22, n. 1, p. 2-5, jan. 2008.

SALDIVA, Paulo. Nossos doentes pneumopatas e a poluição atmosférica. *Jornal brasileiro de pneumologia*, São Paulo, v. 34, n.1, p. 1-1, jan. 2008.

SALVI, Sundeep et al. Acute inflammatory responses in the airways and peripheral blood after short-term exposure to diesel exhaust in healthy human volunteers. *American journal of respiratory and critical care medicine*, Londres, v. 159, n. 3, p. 702-709, fev. 1999.

SCHIKOWSKI, Tamara et al. Does respiratory health contribute to the effects of long-term air pollution exposure on cardiovascular mortality? *Respiratory research*, Alemanha, v. 8, n. 1, p.1-11, mar. 2007.

SHARMAN, James E. et al. Cardiovascular implications of exposure to traffic air pollution during exercise. *Oxford journal medice*, Austrália, v. 97, n. 10, p.637-643, 2004.

SHARMAN, James E. Clinicians prescribing exercise: is air pollution a hazard? *Medical Journal of Australia*, Austrália, v. 182, n. 12, p. 606-607, fev. 2005.

SREBOT, Vera et al. Ozone and cardiovascular injury. *Cardiovascular ultrasound*, v. 7, n. 30, p. 1-8, jun., 2009.

STIEB, David M. Air pollution and emergency department visits for cardiac and respiratory conditions: a multi-city time-series analysis. *Environmental health*, v. 8, n. 2, p. 1-13, jun. 2009.

URCH, Bruce et al. Acute blood pressure responses in healthy adults during controlled air pollution exposures. *Environmental health perspectives*, v.113, n. 8, p. 1052-1055, ago. 2005.

VILLENEUVE, Paul J. *et al* Outdoor air pollution and emergency department visits for asthma among children and adults: A case-crossover study in northern Alberta, Canadá. *Environmental Health perspective*, v. 6, n. 40, p. 1-15, dez. 2007.

ZAMORANO W, Alejandra *et al*. Relación entre bronquiolitis aguda con factores climáticos y contaminación ambiental. *Revista medica do chile*, Chile, v. 131, n. 10, p. 1117-1122, out. 2003.

VOLPINO, F. *et al*. Respiratory and cardiovascular function at rest and during exercise testing in a healthy working population: effects of outdoor traffic air pollution. *Occupational medicine*, v. 54, n. 7, p. 475–482, jun. 2004.

WILMORE, Jack H.; COSTILL, David L.; KENNEY W. L. *Physiology of sport and exercise*. E.U.A, 1994.

WONG, Chit-mint *et al*. Public Health and Air Pollution in Asia (PAPA): A Multicity Study of Short-Term Effects of Air Pollution on Mortality. *Environmental health perspective*, v. 116, n. 9, p. 386-392. jan. 2008.

ZAMUDIO, Rafael Urritia. Contaminacion y deporte. *Congreso internacional de medicina del deporte de la ciudad de Mexico*, México, p. 131-133, 1994.

ZANOBETTI, Antonela; SCHWARTZ, Joel. The effect of fine and coarse particulate air pollution on mortality: a national analysis. *Environmental health perspectives*, U.S.A, v. 117, n.6, p. 898-903, fev. 2009.

ZHANG, Zhu-ming *et al*. Ambient Fine Particulate Matter exposure and myocardial ischemia in the environmental epidemiology of arrhythmogenesis in the women's health initiative (EEAWHI) study. *Environmental health perspectives*, U.S.A, v. 117, n. 5, jan. 2009.