

Variáveis ambientais e níveis de monóxido de carbono exalado e carboxihemoglobina em idosos praticantes de exercício

Environmental variables and levels of exhaled carbon monoxide and carboxyhemoglobin in elderly people taking exercise

Marcos Adriano Salício ¹
Viviane Aparecida Martins Mana ¹
Waléria Christiane Rezende Fett ²
Luciano Teixeira Gomes ²
Clovis Botelho ²

Abstract *This article aims to analyze levels of exhaled carbon monoxide, carboxyhemoglobin and cardiopulmonary variables in old people practicing exercise in external environments, and correlate them with climate and pollution factors. Temporal ecological study with 118 active elderly people in the city of Cuiabá, in the state of Mato Grosso, Brazil. Data were obtained on use of medication, smoking, anthropometric measurements, spirometry, peak flow, oxygen saturation, heart rate, exhaled carbon monoxide, carboxyhemoglobin, climate, number of farm fires and pollution. Correlations were found between on the one hand environmental temperature, relative humidity of the air and number of farmers' fires, and on the other hand levels of carbon monoxide exhaled and carboxyhemoglobin ($p < 0.05$). There was a correlation between heart rate and changes in environmental temperature, time of exposure to the sun and relative humidity ($p < 0.05$). In elderly people, environmental factors influence levels of exhaled carbon monoxide, carboxyhemoglobin and heart rate. There is thus a need for these to be monitored during exercise. The use of a carbon monoxide monitor to evaluate exposure to pollutants is suggested.*

Key words *Exercise, Environmental pollution, Elderly people*

Resumo *O objetivo deste artigo é analisar o monóxido de carbono exalado, a carboxihemoglobina e as variáveis cardiopulmonares em idosos praticantes de exercícios em ambientes externos e correlacionar com clima e poluição. Estudo ecológico temporal com 118 idosos ativos em Cuiabá. Foram obtidas informações sobre uso de medicamentos, tabagismo, antropometria, espirometria, peak-flow, saturação de oxigênio, frequência cardíaca, monóxido de carbono exalado, carboxihemoglobina, além de dados climáticos, queimadas e poluição. Temperatura ambiental, umidade relativa do ar e queimadas correlacionaram com monóxido de carbono exalado e carboxihemoglobina ($p < 0,05$). Frequência cardíaca correlacionou com alterações de temperatura ambiental, tempo de exposição solar e umidade relativa ($p < 0,05$). Idosos sofrem influências ambientais alterando níveis de monóxido de carbono, carboxihemoglobina e frequência cardíaca, sendo necessário monitoramento destes durante os exercícios, sugerindo-se o uso do monóxímetro para avaliação de exposição a poluentes.*

Palavras-chave *Exercício, Poluição ambiental, Idoso*

¹ Centro Universitário de Várzea Grande. Av. Dom Orlando Chaves 2655, Cristo Rei. 78118-000 Várzea Grande MT Brasil. masalicio@hotmail.com

² Universidade Federal de Mato Grosso. Cuiabá MT Brasil.

Introdução

Poluição ambiental e alterações climáticas têm sido descritas como responsáveis por influenciar a saúde da população ocasionando agressões ao sistema cardiovascular e respiratório^{1,2}. A tentativa de compreender a ação dos poluentes e do clima na saúde humana tem estimulado estudos que buscam avaliar os riscos da população quando submetida por curtos ou longos períodos de exposição^{3,4}.

Dentre diversas fontes produtoras de poluição, podem ser citadas os veículos automotores, emissões industriais e a queima de biomassa, sendo esta última mais comum em regiões agrícolas ou de mata nativa, como no cerrado brasileiro^{1,5}. Destaca-se entre os poluentes o monóxido de carbono (CO), o dióxido de enxofre (SO₂), o dióxido de nitrogênio (NO₂) e o Material particulado de pequenas dimensões (MP_{2,5}), que podem provocar agressões ao organismo quando o indivíduo permanece em exposição nos ambientes com concentrações acima do limiar tolerável⁶. Além disso, dependendo da situação climática local, estes poluentes primários podem sofrer alterações químicas dando origem a formação de poluentes secundários, principalmente o ozônio, agravando ainda mais a qualidade do ar respirado^{6,7}.

As mudanças climáticas propriamente, em situações de altas ou baixas temperaturas, associadas com as variações da umidade relativa do ar, também têm sido descritas como diretamente responsáveis pelo comprometimento do sistema respiratório e cardiovascular⁸⁻¹⁰. Assim, tanto a poluição ambiental como as variações climáticas podem, de forma conjunta ou isolada, influenciar a saúde humana, principalmente das populações mais susceptíveis como idosos e crianças^{2,11}.

Mato Grosso é o Estado responsável por grande emissão de poluentes ambientais, gerada pelas fontes de queimadas florestais que se intensificam no período de seca¹². A cidade de Cuiabá é caracterizada por clima tropical semi-úmido, com baixa velocidade do vento e temperaturas elevadas, com características geomorfológicas próprias que podem dificultar a dispersão dos poluentes nos momentos de estabilidade atmosférica^{13,14}. Aliados a estes fatos, colaborando ainda mais com a poluição do ar, ocorreu o velho costume da queima de lixo doméstico e houve o aumento acentuado na frota de veículos na última década¹⁵.

Como a prática de exercícios é salutar e com a tendência do envelhecimento da população, com consequente aumento no número de idosos,

os profissionais têm estimulado cada vez mais a participação destes indivíduos em programas de treinamentos, como recurso na melhora da qualidade de vida^{13,16,17}. Contudo, estes indivíduos podem tornar-se um grupo de risco ao se exporem a situações climáticas desfavoráveis ou a ambientes mais poluídos. Desta forma, devido às condições climáticas da cidade e ao grande número de focos de queimadas que ocorrem no período seco, este estudo teve por objetivo verificar os níveis de monóxido de carbono exalado (COex), carboxihemoglobina (COHb) e variáveis cardiopulmonares em idosos praticantes de exercícios em ambientes externos, e verificar a correlação com variáveis climáticas, poluição do ar e queimadas.

Método

Foi desenvolvido estudo observacional, tipo ecológico temporal abordando 118 idosos com mais de 60 anos, de ambos os sexos, praticantes de exercícios, saudáveis e não fumantes, residentes em Cuiabá-MT, participantes do programa “Longevidade Saudável”, da Universidade Federal de Mato Grosso-UFMT. Este tipo de estudo considera para análise a unidade de tempo em uma mesma localidade, sendo os grupos divididos em unidades temporais utilizando-se anos, meses ou dias de avaliação¹⁸.

Para a escolha do mês referente à seca, foi realizada uma análise prévia de registros obtidos da Rede de Meteorologia do Comando da Aeronáutica (REDEMET), no período de 2000 a 2012. Dados climáticos durante o período do estudo foram fornecidos por relatórios do Comando da Aeronáutica, com as seguintes médias de medidas: temperatura média do dia (Tmd°C); temperatura média do período (Tmp°C), umidade relativa do ar média do dia (URAmD%); umidade relativa do ar, média do período (URAmP%); pressão atmosférica média do dia (Pamd hPa); pressão atmosférica média do período (Pamp hPa); velocidade do vento média do dia (Velmd kt); e velocidade do vento média do período (Velmp kt). O período considerado foi o vespertino, momento em que os idosos realizavam exercícios físicos.

Os dados de média de focos de queimadas por município por dia (FQmd) e total de focos de queimadas por dia para o estado (FQtot) foram obtidos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (IMPE) e Sistema de Informações Ambientais (SISAM), através de pesquisa eletrônica com referência para o município de Cuiabá, obtendo

também informações sobre monóxido de carbono ambiental médio do dia (COmd ppb) e material particulado_{2,5} médio do dia (PMmd $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Para obtenção dos focos de queimadas total (FQtot) foi utilizada a soma dos focos produzidos por todos os municípios diariamente no referido mês de setembro, considerando o total de cada dia para a análise e para FQmd e a soma de todos os focos do dia dividida por 141 municípios.

Foram incluídos os indivíduos que não apresentavam doenças e/ou faziam uso de medicamentos e sem presença de distúrbios ventilatório na espirometria. Do total de 153 idosos praticantes de exercícios físicos, foram excluídos 35 (22,9%), sendo 9 (5,8%) por não conseguirem fazer o teste espirométrico e/ou porque apresentaram alterações nos padrões que indicavam algum distúrbio ventilatório, 11 (7,2%) por relatar doença que justificasse a não participação, 12 (7,8%) por uso de medicamentos e 3 (1,9%) por se recusar a responder perguntas do questionário.

Após aprovação do comitê de ética do Hospital Universitário Júlio Muller (UFMT), explicação sobre o objetivo da pesquisa e assinatura do termo de consentimento, foi realizada análise da função pulmonar por um espirômetro One Flow (Clement Clark Ltda), utilizando como parâmetro o consenso brasileiro de espirometria¹⁹. Em seguida, procedeu-se a leitura da saturação periférica de oxigênio (SatO_2) e da frequência cardíaca (FC) por oxímetro de pulso NONIN-Onix II - 9550, padronizando-se o dedo indicador para a obtenção dos dados, com tempo para leitura de 1 minuto, objetivando a estabilização dos parâmetros. O Pico de fluxo expiratório (PFE) foi avaliado com uso de medidor portátil (Clement Clark Ltda), com variação de volume de 60-900 L/min, mantendo-se o paciente sentado, realizando-se três medidas explosivas provenientes da capacidade pulmonar total (CPT). O valor considerado foi o da curva com maior valor desde que as manobras não tivessem diferença maior que 20L entre si¹⁹. Os níveis de COex e COHb foram obtidos por Monoxímetro (Micro CO -Micro Medical S.A), utilizando como parâmetros de referência 6 ppm para COex e 2,5% para COHb^{20,21}.

Os dados foram coletados no período vespertino, no mesmo horário, antes dos exercícios. Foram realizadas um total de 584 medidas de cada variável, e a média diária foi obtida da soma de todas as análises diárias individuais, totalizando 18 médias de medidas realizadas no mês, que representaram os níveis médio/dia da população.

Para a análise estatística foi utilizado o software Minitab-16.0 e SPSS-PASW-18.0 e aplica-

do o teste de Anderson-Darling, T de Student, Mann Whitney e Kruskal-Wallis, e a correlação de Pearson quando indicada. A Regressão linear múltipla foi realizada buscando-se estimar a influência das variáveis climáticas e poluição sobre níveis exalados de COex e COHb, gerando uma equação a partir das variáveis $\text{PM}_{2,5}\text{md}$, COmd, Tmp, URamp, Pamp, Velmp e FQmd para o monóxido de carbono ($\text{COex} = 86,4 - 6,72\text{PMmd} - 0,534\text{COmd} - 1,31\text{Tmp} - 0,172\text{URamp} + 0,067\text{Pamp} - 102\text{velmp} + 0,421\text{FQmd}$) e para a carboxihemoglobina ($\text{COHb} = 11,6 - 1,22\text{PMmd} - 0,098\text{COmd} - 0,236\text{Tmp} - 0,0292\text{URamp} + 0,0162\text{Pamp} - 0,206\text{velmp} + 0,0770\text{FQmd}$).

A média móvel foi desenvolvida com intuito de suavizar as oscilações das variáveis temporais e poluentes. A avaliação temporal foi realizada considerando-se o mês em dois momentos, abordando FQtot e COex no intuito de compreender o comportamento das variáveis.

Resultados

Observou-se entre os idosos que 92 deles (79%) eram do sexo feminino, com média de idade de $67,53 \pm 5,07$ anos, peso $69,61 \pm 10,42\text{kg}$; altura média de $1,57 \pm 0,08\text{m}$ e IMC $28,14 \pm 4,10\text{kg}/\text{m}^2$, e todos relataram ser não fumantes ou ex-fumantes, com cessação há no mínimo 6 meses. A análise dos dados categorizados por gênero demonstrou médias de idade e altura diferentes ($p = 0,00$), e valores iguais de IMC entre os idosos ($p = 0,62$), conforme Tabela 1.

A média geral de COex foi de $2,69 \pm 0,88\text{ppm}$ e COHb de $0,43 \pm 0,14$ com níveis exalados não demonstrando diferença em relação ao sexo masculino e feminino e em relação ao fato de já ter ou não fumado ($p > 0,05$).

O PFE médio geral encontrado foi de $355,86 \pm 17,15\text{L}/\text{min}$, com níveis maiores nos homens ($p = 0,00$), observando diminuição média de 16% e 4,5% para homens e mulheres respectivamente, não sendo observado diferença entre os indivíduos ex-fumantes e não fumantes. A média de SatO_2 foi de $96,45 \pm 0,43\%$ e FC de $79,17 \pm 3,06\text{bpm}$, mantendo-se valores dentro dos padrões de normalidade, sendo semelhantes com referência ao sexo e ao fato de já ter fumado ou não ($p > 0,05$) (Tabela 1).

A análise do ambiente mostrou que no respectivo mês houve a ocorrência de aproximadamente 186 focos de queimadas para a cidade de Cuiabá, média de 999,77 focos de queimada/dia para o estado, níveis médios diários de emissão

Tabela 1. Distribuição de dados antropométricos e variáveis cardiopulmonares dos idosos segundo sexo e hábitos de tabagismo. Cuiabá, 2014.

	Homens		Mulheres		p-valor
	Média (dp)	IC (95%)	Média (dp)	IC (95%)	
Idade	71,28 ± 4,9	69,21-73,34	66,47 ± 4,6	65,22-67,42	0,00
Peso	76,69 ± 9,49	72,77-80,61	68,01 ± 9,66	66,01-70,06	0,00
Altura	1,65 ± 0,07	1,62-1,68	1,56 ± 0,06	1,55-1,57	0,00
IMC	27,82 ± 2,62	26,79-28,95	28,29 ± 4,12	27,35-29,05	0,62
FC	80,81 ± 15,40	74,45-87,16	78,74 ± 12,54	76,15-81,32	0,54
SatO ₂	97,00 ± 1,85	96,23-97,76	96,00 ± 2,88	96,00-97,19	0,40
COex	3,21 ± 3,97	1,57-4,84	2,48 ± 3,20	1,82-3,14	0,40
COHb	0,51 ± 0,64	0,24-0,77	0,40 ± 0,51	0,29-0,50	0,43
PF	429,79 ± 98,65	389,07-470,51	334,78 ± 63,23	321,74-347,82	0,00
	Ex-tabagista		Não tabagista		
FC	78,16 ± 12,26	74,67-81,64	79,95 ± 13,89	76,58-83,31	0,46
SatO ₂	97 ± 2,24	96,36-97,63	96 ± 3,03	95,26-96,73	0,39
COex	2,47 ± 3,40	1,50-3,43	2,82 ± 3,37	2,0-3,63	0,58
COHb	0,39 ± 0,54	0,23-0,54	0,45 ± 0,54	0,31-0,58	0,55
PF	365,17 ± 89,23	339,79-390,55	345,52 ± 73,56	327,70-363,34	0,20

Teste t-Student; idade: anos; peso: kg; altura: metros, IMC: índice de massa corporal (m/cm²); PF - Pico de Fluxo Expiratório: L/min; SatO₂ - Saturação Periférica de Oxigênio: %; FC-Frequência Cardíaca: bpm; COex - monóxido de carbono exalado: ppm; COHb - carboxihemoglobina: %.

de monóxido de carbono (CO) ambiental de 46,6 ppb e material particulado de 11,53 µg/m³ de ar (Tabela 2).

Foi observada uma significativa acentuação das temperaturas no período vespertino ($p = 0,00$), associada a uma menor umidade relativa do ar ($p = 0,00$), com valores chegando a níveis inferiores aos recomendados para a saúde. Além disso, a análise dos dados demonstrou baixa velocidade do vento, identificando no período crepuscular um pequeno aumento desta ($p = 0,03$), porém mantendo-se ainda inferior aos padrões adequados para uma boa dispersão de poluentes. Não foi observada diferença na análise da pressão atmosférica quando se comparou a média do dia com a média do período vespertino ($p = 0,05$), como observado na Tabela 2.

A análise de correlação de Pearson confirmou uma relação positiva dos níveis de COex e COHb exalados pelos idosos com FQtot e FQmd, respectivamente, ($p < 0,05$) (Tabela 3).

O modelo de regressão múltipla aplicado demonstrou-se adequado para COex ($R^2 = 90,3\%$; $p = 0,02$) e para COHb ($R^2 = 88,5\%$; $p = 0,03$) e a análise dos dados evidenciou que a Tmp ($p = 0,04$); ($p = 0,04$), URAMP ($p = 0,03$); ($p = 0,04$), FQmd ($p = 0,04$); ($p = 0,04$), respectivamente,

explicaram em mais de 88% as alterações dos gases exalados COex e os níveis de COHb.

Em relação às variações climáticas, o COex e COHb também apresentaram correlação linear positiva com média móvel de 4 dias para Tmxd. Porém, a correlação negativa, quando avaliada à URAMP ($p < 0,05$), indica possível relação entre as alterações encontradas nos níveis exalados de gases pelos idosos e COHb, na medida em que as variáveis ambientais se modificavam. (Tabela 3).

No decorrente período, observou-se também uma relação linear entre a temperatura média do período ($p = 0,00$), temperatura média do dia ($p = 0,02$), tempo de exposição solar ($p = 0,03$), umidade relativa média do período ($p = 0,01$) com alterações nas respostas de FC (Tabela 3).

Na avaliação temporal do mês de setembro, categorizando em dois momentos consecutivos (1° - 15° dia; 16° - 30° dia), houve aumento no decorrer do mês nos níveis médios de monóxido de carbono exalado - COex [(2,31 ± 0,83 e 3,06 ± 0,78 ($p = 0,04$))], e nos focos de queimadas total do dia- FQtot [(549,33 ± 502,46 e 1.450,20 ± 801,70 ($p = 0,00$))], sendo as maiores médias referentes ao período que correspondeu entre o 16° ao 30° dia para ambas variáveis, como demonstrado nos Gráficos 1 e 2.

Tabela 2. Distribuição das variáveis cardiopulmonares, poluentes ambientais e dados climatológicos segundo média das medidas diárias para mês de setembro. Cuiabá, 2013.

Variáveis	n	Mínimo	Máximo	Média	dp
COex _(ppm)	18	1,22	4,23	2,69	0,88
COHb _(%)	18	0,20	0,67	0,43	0,14
SatO ₂ _(%)	18	95,42	97,00	96,45	0,43
FC _(bpm)	18	72,88	84,24	79,17	3,06
PF _(L/min)	18	323,33	384,64	355,86	17,15
COmd _(ppb)	30	40,80	46,50	43,60	1,23
PMmd _(µg/m³)	30	11,30	12,10	11,53	0,27
Tmd _(°C)	30	20,20	31,60	27,28	3,42
Tmp _(°C)	30	22,20	37,40	32,6	4,70
URAm _(%)	30	17,00	73,00	33,67	14,53
URAm _(%)	30	34,00	78,00	48,47	11,89
Velmd _(Kt)	30	2,60	11,00	5,68	2,36
Velmp _(Kt)	30	2,30	14,00	7,21	3,10
Pamp _(hPa)	30	984,90	996,50	989,28	2,91
Pamd _(hPa)	39	987,10	998,10	990,74	2,68
FQmd	30	0,56	23,67	7,14	5,78
FQtot	30	79,00	3337,00	999,77	814,39

Fonte: Comando da Aeronáutica, SISAM-IMPE - Sistema de Informações Ambientais. média por município/dia; FQtot: média diária do total de focos de queimado estado. [^] média do período refere-se ao tempo compreendido das 12:00 às 17:59 hs. Coex: monóxido de carbono exalado; CoHb: carboxihemoglobina; SatO₂: Saturação periférica de oxigênio; FC: frequência cardíaca; PF: pico de fluxo expiratório; COmd: monóxido de carbono ambiental média/dia; PMmd: material particulado_{2,5µ} média/dia; Tmd: temperatura média/dia; Tmp: temperatura média/período; URAm: umidade relativa média período; URAm: umidade relativa média/dia; Velmd: velocidade do vento média/dia; velmp: velocidade do vento média/período; Pamp: pressão atmosférica média/período; Pamd: pressão atmosférica média/dia; FQmd: focos de queimada por município média/dia; FQtot: focos de queimada total do dia.

Discussão

O monóxido de carbono é produto da combustão incompleta de matéria orgânica, e devido sua afinidade com a hemoglobina, ao se ligar com a proteína, altera a capacidade do sangue em transportar oxigênio, modificando a curva de oxihemoglobina²², ocasionando uma ação tóxica quando inalado.

No presente estudo, os níveis médios de monóxido de carbono exalado pelos idosos, apesar de oscilarem diariamente, mantiveram-se dentro dos padrões aceitáveis, com média 2,69 ppm, atingindo valores de carboxihemoglobina de 0,43%, não sendo encontrada diferença quando comparado por sexo e hábitos tabágicos²³.

Os valores de COex e COHb encontrados neste estudo são bem próximos aos descritos por Santos et al.²⁰, que encontrou média de 2,5 ± 2,1 ppm e 0,43 ± 0,14%, ao avaliar indivíduos não fumantes e ex-fumantes. Sabe-se que a observação dos níveis de COex e COHb nestes indivíduos torna-se importante durante a programação de atividades externas, uma vez que a detecção dos níveis sanguíneos pode apresentar relação com exposição ambiental. Desta forma, a identificação prévia desses gases por métodos diretos ou indiretos se constitui em indicadores biológicos que podem determinar os riscos de exposição²².

A semelhança entre os valores exalados de CO encontrada durante as análises no presente estudo, quando considerada as variáveis sexo, idade e o fato de já ter fumado, foi evidenciada

Tabela 3. Distribuição dos dados segundo variáveis ambientais, níveis dos gases exalados e variáveis cardíacas dos idosos. Cuiabá, 2013.

	FC		COHb		COex	
	r	p-valor	r	p-valor	r	p-valor
FQ tot _(ppb)	-0,205	0,415	0,492	0,037 [*]	0,475	0,037 [*]
FQmd _(ppb)	-0,205	0,415	0,492	0,037 [*]	0,475	0,037 [*]
URAm _(%)	-0,319	0,197	-0,509	0,031 [*]	-0,519	0,031 [*]
URAm _(%)	-0,546	0,019 [*]	-0,322	0,193	-0,341	0,193
Insol _(h)	0,492	0,038 [*]	0,015	0,954	0,017	0,954
Tmp _(°C)	0,672	0,002 ^{**}	0,046	0,855	0,083	0,855
Tmd _(°C)	0,542	0,020 [*]	0,048	0,850	0,091	0,850
Tmxd-move 4 _(°C)	-0,198	0,446	0,570	0,017 [*]	0,579	0,017 [*]

Correlação de Pearson: valores significantes: ^{*} p < 0,05; ^{**} p < 0,01. FQtot: focos de queimada total/dia; FQmd: focos de queimado município média/dia; URAm: umidade relativa do ar média/dia; PMmx: material particulado_{2,5µ} máximo/dia; PMmd: material particulado_{2,5µ} média/dia; Insol: tempo de exposição solar; Tmd: temperatura média/dia; Tmp: temperatura média/período; URAm: umidade relativa média período; Tmxd-move4: média móvel de temperatura máxima/dia; COex: monóxido de carbono exalado; COHb, carboxihemoglobina; FC: frequência cardíaca.

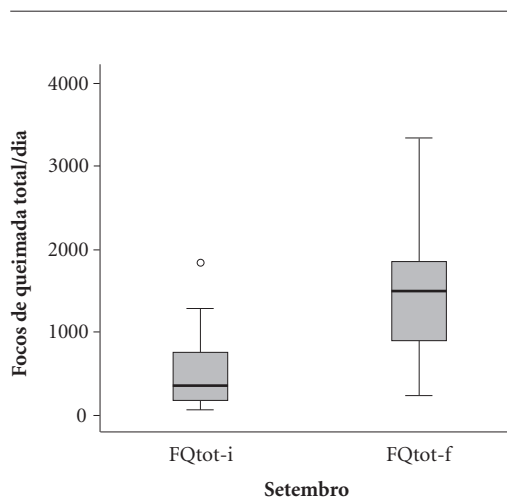


Gráfico 1. Níveis médios de FQtotal/dia segundo distribuição temporal. Cuiabá, setembro de 2013.

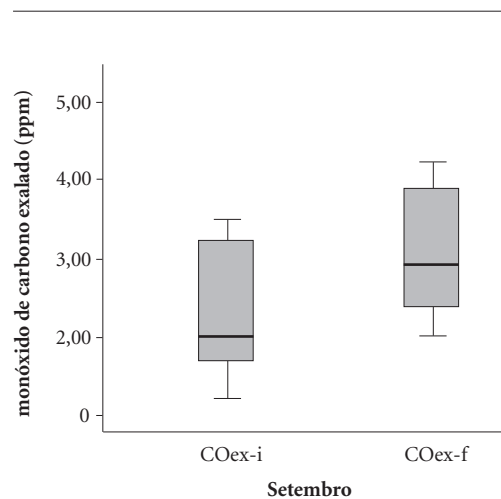


Gráfico 2. Níveis médios de monóxido de carbono exalado pelos idosos segundo distribuição temporal. Cuiabá, setembro de 2013.

também em outras pesquisas, reforçando que o monóxido de carbono não se altera com as características individuais^{20,24}.

Apesar de no presente estudo ser encontrado nos idosos níveis médios de COEx dentro dos padrões de normalidade²¹, houve uma variação das médias diárias com aumento significativo em sentido ao final do mês, coincidindo com aumentos nos focos de incêndios, conforme demonstrado na análise temporal para COEx e focos de queimadas.

Uma vez que não houve influência das variáveis individuais no comportamento dos gases exalados, as alterações encontradas nos idosos podem estar associadas à maior emissão ambiental de CO proveniente das queimadas, que aumentaram neste período, associadas às concentrações de poluentes por emissões veiculares favorecidas pelas condições climáticas local.

O fato que reforça a possibilidade de influência de poluentes nos níveis exalados é que o grupo de idosos neste estudo foi composto por indivíduos ativos, excluídos aqueles que faziam uso de medicamentos, que manifestaram algum tipo de doença aguda ou tratamento de doença crônica que pudesse aumentar a produção endógena e favorecer as alterações nos níveis de COEx^{20,25}.

Além do mais, os idosos do presente estudo residem em centro urbano, estando sob maior ação de poluentes, temperaturas elevadas e baixa umidade relativa do ar. Nestes locais, períodos mais secos e quentes podem alterar a atmosfera local, criando situações de estabilidade atmosférica

e dificultando a dispersão dos poluentes com tendência ao acúmulo nas regiões mais baixas, deixando a população mais exposta^{26,27}.

Associada a este fator, a cidade de Cuiabá está localizada em uma depressão que favorece a concentração de poluição durante as queimadas, uma vez que a ação das brisas direciona os ventos em sentido à região urbana e eleva as chances de concentrar os poluentes nas regiões mais centrais²⁶.

A influência dos ventos favorece também o transporte de CO ambiental proveniente de queimadas distantes, fator que pode crescer em até 70% os níveis de CO no ar em regiões povoadas²⁸.

Como os níveis de CO no organismo podem ser aumentados pela inalação direta dos gases ambientais, ou por estresse oxidativo devido a exposição a diversos poluentes^{25,29,30}, as alterações encontradas nos idosos desta pesquisa podem ser justificadas por ambos os fatores.

A interferência ambiental foi verificada também pela influência da temperatura, focos de queimadas e umidade relativa na eliminação de gases pelos idosos, sugerindo uma interdependência entre as variáveis ambientais e seus efeitos nos níveis exalados de COEx.

É difícil separar a ação do clima e da poluição no ar respirado, uma vez que existe uma relação entre ambos e estes fatores acabam exercendo efeito aditivo ou somativo na resposta às agressões ao aparelho respiratório e cardiovascular³¹⁻³³.

A associação de fatores climáticos como o calor e a poluição por CO ambiental também

tem sido descrita como responsável por risco de episódios agudos de infarto do miocárdio e acidente vascular encefálico, principalmente em idosos, sendo recomendado precaução da prática de atividade física e exposição solar em dias de altas temperaturas e concentrações elevadas de CO no ar³⁴.

Este fato reforça os achados do presente estudo nas relações entre o clima e níveis de COex e indica a existência de maior risco da prática de exercícios pelos idosos no período de seca em ambientes externos, uma vez que, neste período, há um aumento na incidência das queimadas florestais associado às altas temperaturas. Situação esta que se agrava, uma vez que aumentos na absorção de poluentes ocorrem, devido a prática de atividade física aumentar a ventilação pulmonar, favorecendo maior inalação com prejuízos no transporte de oxigênio^{23,35,36}.

Deve ser levado em consideração também que a obtenção dos dados ambientais no presente estudo, referentes a emissão de poluentes, não foi feita por monitoramento na superfície e sim por meio de dados de satélites que estimam níveis de poluentes bem acima do nível do solo, podendo ter subestimado as concentrações na superfície.

Além da associação entre clima e poluição, variações na temperatura ambiental têm sido descritas como importante causa de mortalidade por doenças cardiovasculares e respiratórias em crianças e idosos³⁷. A mortalidade cardiovascular ocorre quando o corpo excede o limiar termorregulatório gerando alterações na FC, viscosidade do sangue, alteração na coagulabilidade do sangue, redução na perfusão cerebral e atenuação nas respostas vasomotoras³⁸.

No presente estudo houve uma relação positiva da FC com tempo de exposição solar e temperatura ambiental e negativa com umidade relativa. A influência do clima em indivíduos idosos pode ocasionar maior sobrecarga cardíaca principalmente em dias mais quentes e com menor umidade relativa, expondo o coração a maior trabalho durante a prática de exercícios^{39,40}.

Indivíduos idosos apresentam menores respostas homeostáticas para o controle da temperatura corporal, fator que pode levá-los a hipertermia quando expostos a altas temperaturas e a uma maior predisposição para desidratação quando associados a baixas umidades relativa do ar^{40,41}. Além disso, para um resfriamento corporal eficiente nos períodos mais quentes, existe a necessidade de aumentar a distribuição de fluxo de sangue para cobrir uma maior área de superfície corporal, gerando maior sobrecarga do coração

que se encontra muitas vezes debilitado pelo processo de envelhecimento^{40,41}.

Desta forma, apesar das respostas fisiológicas serem eficientes, situações de altas temperaturas ambientais e baixas umidades do ar, associadas a trabalhos musculares intensos e falta de aclimação do organismo, podem levar o indivíduo idoso ao estresse por calor, ocasionando desde alterações mais simples como síncope e edemas até mais graves como desidratação e hipertermia⁴⁰. Reforçando a afirmação de influência da temperatura na resposta cardiovascular, estudo realizado na cidade de Boston de 2000 a 2008, verificou menor variabilidade da FC em idosos com elevadas temperaturas⁴².

Além de influenciar as respostas cardiovasculares, as altas temperaturas ambientais também têm sido citadas como responsável por desenvolvimento de aumento no número de internações, aumento na mortalidade e morbidade em indivíduos idosos por diversas patologias⁴³⁻⁴⁵. Sendo que temperaturas superiores a 30°C foram associadas com aumento de casos de doenças cardiovasculares isquêmicas e doenças respiratórias como asma e bronquite⁴⁶.

Além de temperaturas elevadas, o comprometimento das vias aéreas em períodos de clima seco pode ser ocasionado pela grande quantidade de poeiras e materiais suspensos no ar como polens e outras partículas inaláveis. Assim, maior exposição às partículas suspensas, devido à menor umidade, pode justificar os achados de diminuição percentual do PFE encontrados nos idosos do presente estudo^{2,8,43,47}.

A baixa umidade do ar pode causar diversos problemas de saúde à população idosa, como sangramentos nasais, irritação nos olhos, ressecamento da pele, insuficiências respiratórias agudas, irritações do sistema respiratório, ressecamento de mucosas, que podem ser agravados pelos poluentes⁴⁸.

Desta forma, com base nas pesquisas estudadas e os resultados apresentados de que o período vespertino foi o momento em que houve as maiores temperaturas ambientais e a mais baixa umidade relativa, evidencia-se que a prática de exercício para estes indivíduos deve ser evitada neste período, pois a dificuldade termorregulatória do idoso, facilidade de desidratação e menor transpiração, associada a maior temperatura ambiental, pode favorecer a ocorrência de diversos eventos, dentre eles, acidentes vasculares encefálicos e doenças respiratórias, entre outros^{34,49}.

Os dados do presente estudo demonstraram que alterações na FC, COex e COHb estiveram

relacionados à exposição ambiental, confirmando que a população idosa está sob risco de agravos à saúde durante a prática de exercícios nos períodos de queimadas e seca na cidade de Cuiabá-MT. Assim, ao realizarem exercícios físicos em ambientes externos, os idosos devem ser monitorados pelos profissionais com maior atenção às condições climáticas e poluição, sendo sugerido o uso do monoxímetro portátil como instrumento para acompanhamento destes.

Este estudo trouxe à luz o problema do processo saúde-doença em indivíduos idosos praticantes de exercícios físicos em ambientes externos na cidade de Cuiabá-MT. As exposições às altas temperaturas e poluentes podem ser reduzidas com ações mais efetivas de vigilância em saúde e maior atenção e capacitação dos profissionais do exercício, minimizando os riscos à saúde da população idosa.

Colaboradores

MA Salicio participou da elaboração do texto e análise dos dados; VAM Mana da revisão crítica do artigo; WCR Fett da revisão crítica do artigo; LT Gomes participou da análise estatística dos dados; e C Botelho da aprovação da versão a ser publicada.

Referências

1. Arbex MA, Santos UP, Martins LC, Saldiva PHN, Pereira LAA, Braga ALF. Poluição do ar e o sistema respiratório. *J Bras Pneumol* 2012; 38(5):643-655.
2. Silva-Júnior JLR, Padilha TF, Jordana ER, Rabelo ECA, Ferreira ACG, Rabahi MF. Efeito da sazonalidade climática na ocorrência de sintomas respiratórios em uma cidade de clima tropical. *J Bras Pneumol* 2011; 37(6):759-767.
3. Brunekreef B, Beelen R, Hoek G, Schouten L, Bausch-Goldbohm S, Fischer P, Armstrong B, Hughes E, Jerrett M, van den Brandt P. Effects of Long-Term Exposure to Traffic-Related Air Pollution on Respiratory and Cardiovascular Mortality in the Netherlands: The NLCS-AIR Study. *Res Rep Health Eff Inst* 2009; 139:5-71.
4. Giles LV, Carlsten C2, Koehle MS. The effect of pre-exercise diesel exhaust exposure on cycling performance and cardio-respiratory variables Inhalation. *Toxicology* 2012; 24(12):783-789.
5. Telles J, Rodriguez A, Fajardo A. Contaminación por Monóxido de Carbono: um Problema de Salud Ambiental. *Rev Salud Pública* 2006; 8(1):108-117.
6. Barcellos C, Monteiro AMV, Corvalán C, Gurgel HCL, Sá Carvalho M, Artaxo P, Hacon S, Ragoni V. Mudanças climáticas e ambientais e as doenças infecciosas: cenários e incertezas para o Brasil. *Epidemiol Servi Saúde* 2009; 18(3):285-304.
7. Aránguez E, Ordóñez J M, Serrano J, Aragonés N, Fernández-Patier R, Gandarillas A. Contaminantes Atmosféricos Y su Vigilancia. *Rev Esp Salud Pública* 1999; 73(2):123-132.
8. Rosa AM, Ignotti E, Botelho C, Castro HA, Hacon SS. Respiratory disease and climatic seasonality in children under 15 years old in a town in the Brazilian Amazon. *J Pediatr* 2008; 84(6):543-549.
9. United States Environmental Protection Agency (EPA). [internet]. New York: Climate Impact on human Health. [acessado 2014 ago 21]. Disponível em: <http://www.epa.gov/climatechange/impacts-adaptation/health.html>
10. Rogot E, Padgett SJ. Associations of coronary and stroke mortality with temperature and snowfall in selected areas of the United States, 1962-1996. *Am J Epidemiol* 1976; 103(6):565-575.
11. Botelho C, Correia AL, Silva AM, Macedo AG, Silva CO. Environmental factors and hospitalization of under-five children with acute respiratory infection. *Cad Saude Publica* 2003; 19(6):1771-1780.
12. Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos CPTEC [internet]. Cachoeira Paulista: Qualidade do Ar. [acessado 2013 set 1]. Disponível em: <http://meioambiente.cptec.inpe.br>
13. Santos FMM, Musis CR, Nogueira JS, Pinto-Júnior OB, Santos MCJAN. Análise da variação higrótérmica ocasionada pela influência da ocupação do solo na cidade de Cuiabá-MT. *Rev Elet em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental* 2013; 9(9):1932-1945.
14. Oliveira AS, Nogueira MCJA, Sanches L, Musis CR. Microclima Urbano: Praças Públicas em Cuiabá/MT/Brasil. *Caminhos de Geografia* 2012; 13(43):311-325.
15. Departamento Estadual de Trânsito-MT (Detran-MT). *Frota de veículos em Mato Grosso: frota de veículos em circulação cadastrados por município, de acordo com o tipo no estado*. Cuiabá, Detran; 2013. [acessado 2013 jul 20]. Disponível em: <http://www.detrans.mt.gov.br/estatisticas>
16. Deslandes A. The biological clock keeps ticking, but exercise may turn it back. *Arq Neuropsiquiatr* 2013; 71(2):113-118.
17. Benavent-Caballer V, Rosado-Calatayud P, Segura-Orti E, Amer-Cuenca JJ, Lisón JF. Effects of three different low-intensity exercise interventions on physical performance, muscle CSA and activities of daily living: A randomized controlled trial. *Exp Gerontol* 2014; 58:159-165.
18. Castro HA, Gouveia N, Escamilla-Cejudo JA. Questões metodológicas para a investigação dos efeitos da poluição do ar na saúde. *Rev. Bras. Epidemiol.* 2003; 6(2):135-148.
19. Pereira CAC. Consenso de Espirometria. *J Pneumol* 2002; 28(Supl. 3):S1-S82.
20. Santos UP, Gannan S, Abe JM, Esteves PB, Filho MF, Wakassa TB, Issa JS, Terra-Filho M, Stelmach R, Cukier A. Emprego da determinação de monóxido de carbono no ar exalado para a detecção do consumo de tabaco. *J Pneumol* 2001; 27(5):231-236.
21. Siqueira MEPB, Martins I, Costa AC, Andrade EL, Esteves MTC, Lima SA. Valores de referência para Carboxihemoglobina. *Rev Saude Publica* 1997; 31(6):618-263.
22. Chasin AAM, Pedroso MFM, Silva ES. Fatores que interferem nos resultados das análises toxicológicas dos indicadores biológicos de monóxido de carbono. *Rev Bras Toxicol* 1994; 7(1/2):15-22.
23. Lindell K, Weaver MD. Carbon Monoxide Poisoning. *N Engl J Med* 2009; 360:1217-1225.
24. Shafiq M, Khan S, Khawaia MR, Haque S, Khan JA. Socio-demographic correlates of exhaled breath carbon monoxide in Karachi's adult population. *J Pak Med Assoc* 2008; 58(2):75-78.
25. Johnson RA, Kozma F, Colombari E. Carbon monoxide: from toxin to endogenous modulator of cardiovascular functions. *Braz J. Med.* 1999; 32(1):1-14.
26. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Estudo de influência da poluição atmosférica e das condições meteorológicas na saúde em São José dos Campos. Relatório final de projeto de iniciação científica (PI-BIC/CNPq/IMPE). Julho 2006. [acessado 2014 out 1]. Disponível em: <http://mtc-m15.sid.inpe.br/>.
27. Jardim CH. Relações entre temperatura, umidade relativa do ar e pressão atmosférica em área urbana: comparação horária entre dois bairros no município de São Paulo-SP. *Geografias* 2011; 7(1):128-142.
28. Aires CB, Kirchoff VWJH. Transporte de monóxido de carbono gerado em queimadas para regiões onde não se queima. *Rev Bras Geof* 2001; 19(1):61-74.
29. Dawson TM, Snyder SH. Gases as Biological Messengers: Nitric Oxide and Carbon Monoxide in the Brain. *J Neurosci* 1994; 14(9):5147-5159.
30. Wu L, Wang R. Carbon monoxide: endogenous production, physiological functions, and pharmacological applications. *Pharmacol Rev* 2005; 57(4):585-630.

31. Goldberg MS, Burnett RT, Stieb DM, Brophy JM, Das-
kalopoulou SS, Valois MF, Brook JR. Associations be-
tween ambient air pollution and daily mortality among
elderly persons in Montreal Quebec. *Sci Total Environ*
2013; 46(4):931-942.
32. Tamura K, Jinsart W, Yano E, Karita K, Boudoung D.
Particulate air pollution and chronic respiratory symp-
toms among traffic policemen in Bangkok. *Arch Envi-
ron Health* 2003; 58(4):201-207.
33. Barraza-Villarreal A, Sunver J, HJernandez-Cadena L,
Escamilla-Nunez MC, Sienna-Monge JJ, Ramirez-Aq-
uilar M, Cortez-Lugo M, Holguin F, Diaz-Sánchez D,
Olin AC, Romieu I. Air Pollution, Airway Inflamma-
tion, and Lung Function in a Cohort Study of Mexi-
co City Schoolchildren. *Environ. Health Perspect* 2008;
116(6):832-838.
34. Rumel D, Riedel LF, Latorre MRDO, Duncan BB. Infar-
to do miocárdio e acidente vascular cerebral associados
à alta temperatura e monóxido de carbono em área
metropolitana do sudeste do Brasil. *Rev Saude Publica*
1993; 27(1):15-22.
35. Aydin S, Cingi C, San T, Ulusoy S, Orhan I. The effects
of air pollutants on nasal functions of outdoor runner.
Eur Arch Otorhinolaryngol 2014; 271(4):713-717.
36. Carlisle AJ, Sharp NCC. Exercise and Outdoor ambient
air pollution. *Br J Sports Med* 2001; 35(4):214-222.
37. Wyndham CH, Fellingham SA. Climate and Disease. *S
Afr Med J* 1978; 53(26):1051-1062.
38. Gasparrini A, Guo Y, Hashizume M, Lavigne E, Zano-
betti A, Schuwatz J, Tobias A, Tong S, Rocklöv J, Fors-
berg B, Leone M, De Sario M, Bell ML, Guo YL, Wu CF,
Kan H, Yi SM, de Sousa Zanotti Stagliorio Coelho M,
Saldiva PH, Honda Y, Kim H, Armstrong B. Mortality
risk attributable to high and low ambient temperature:
a multicountry study. *Lancet* 2015; 386(9991):369-375.
39. Chan EYY, Goggins WB, Yua JSK, Bull PLB. Hospital
admissions as a function of temperature, other weather
phenomena and pollution levels in an urban setting in
China. *World Health Organ* 2013; 91(8):576-584.
40. Camargo MG, Furlan MMDP. Resposta Fisiológica
do Corpo às Temperaturas Elevadas: Exercício, Extre-
mos de Temperatura e doenças térmicas. *Rev Saúde e
Pesquisa* 2011; 4(2):278-288.
41. Kenney WL, Craighead DH, Alexander LM. Heat
Waves, Aging and Human Cardiovascular Health. *Med
Sci Sports Exerc* 2014; 46(10):1891-1899.
42. Ren C, O'Neill MS, Park SK, Sparrow D, Vokonas P,
Schwartz J. Ambient Temperature, Air Pollution, and
Heart Rate Variability in an Aging Population. *Am J
Epidemiol* 2011; 173(9):1013-1021.
43. Soares FV, Greve P, Sendin FA, Benze BG, Castro AP,
Rebelatto JR. Relação entre alterações climáticas e fato-
res determinantes da mortalidade de idosos no muni-
cípio de São Carlos (SP) em um período de dez anos.
Cien Saude Colet 2012; 17(1):135-146.
44. Gouveia N, Hajat S, Armstrong B. Socioeconomic dif-
ferentials in the temperature mortality relationship in
São Paulo, Brazil. *Internat J Epidemiol* 2003; 32(3):390-
397.
45. Chen R, Wang C, Meng X, Chen H, Thach TQ, Wong
CM, Kan H. Both low and high temperature may in-
crease the risk of stroke mortality. *Neurology* 2013;
81(12):1064-1070.
46. Azevedo JMF. *A influência das variáveis ambientais
(meteorológicas e de qualidade do ar) na mortalidade
respiratória e cardiovascular na área metropolitana do
Porto* [tese]. São Paulo: de São Paulo; 2010.
47. Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Apli-
cadas à Agricultura (CEPAGRI). [Internet]. Campinas:
Umidade no ar- Saúde no inverno: Escala psicromé-
trica UNICAMP para indicação de níveis de umidade
relativa do ar prejudiciais à saúde humana. [acessado
2014 out 10]. Disponível em: [http://www.cepagri.uni-
camp.br/artigos-especiais/umidade-do-ar-saude-no-
-inverno.html](http://www.cepagri.uni-
camp.br/artigos-especiais/umidade-do-ar-saude-no-
-inverno.html).
48. World Health Organization (WHO). Environmental
Health Criteria 213: Carbon Monoxide (second edi-
tion). Effects on Humans. [Internet]. [acessado 2014 set
5]. Disponível em: [http://www.who.int/ipcs/publica-
tions/ehc/ehc_213/en/](http://www.who.int/ipcs/publica-
tions/ehc/ehc_213/en/)
49. Gouveia N, Freitas CU, Martins LC, Marcilio IO. Hos-
pitalizações por causas respiratórias e cardiovascu-
lares associadas à contaminação atmosférica no Mu-
nicípio de São Paulo, Brasil. *Cad Saude Publica* 2006;
22(12):2669-2677.

Artigo apresentado em 16/03/2015

Aprovado em 01/10/2015

Versão final apresentada em 03/10/2015