

Análise da qualidade do ar e a associação com as doenças respiratórias na população exposta a fumaça de carvão vegetal

Air quality analysis and the association with respiratory diseases in the population exposed to charcoal smoke

Katiúscia Volkart Panassal, Daniela Montanari Migliavacca Osório, Cássia Cinara Da Costa, Alessa Maria Ceratti, Aline Belem Machado, Daiane Bolzan Berlese

Como citar este artigo:

PANASSAL, KATIÚSCIA V.; OSÓRIO, DANIELA M. M.; COSTA, CÁSSIA C.; CERATTI, ALESSA M.; MACHADO, ALINE B.; BERLESE, DAIANE B.; Análise da qualidade do ar e a associação com as doenças respiratórias na população exposta a fumaça de carvão vegetal. Revista Saúde (Sta. Maria). 2021; 47 (1).

Autor correspondente:

Nome: Katiúscia Volkart Panassal
E-mail: katipanassal@yahoo.com.br
Telefone: (51) 99638-5412
Formação Profissional: Formada em Enfermagem pela Unisinos que fica na cidade de São Leopoldo, RS, Brasil. Mestre em Qualidade Ambiental pela Universidade Feevale que fica na cidade de Novo Hamburgo, RS, Brasil

Filiação Institucional: Universidade Feevale
Endereço para correspondência: ERS-239, n°2755
Bairro: Vila Nova
Cidade: Novo Hamburgo
Estado: Rio Grande do Sul
CEP: 93525-075

Data de Submissão:

29/06/2021

Data de aceite:

02/11/2021

Conflito de Interesse: Não há conflito de interesse



RESUMO

Objetivo: A presente pesquisa analisou a qualidade do ar e associou com as doenças respiratórias da população exposta à fumaça de carvão na região de Barão do Triunfo/RS. **Métodos:** Foram analisados os prontuários de todos os pacientes que buscaram atendimento nas unidades de saúde da cidade possuindo queixas de origem respiratória, de maio a dezembro de 2019. As coletas do material particulado (MP) foram realizadas entre abril e dezembro de 2019. **Resultados:** Identificou-se que a população apresentou os sintomas: tosse (80,3%), falta de ar (17%) com correlação com MP¹⁰, sibilância (8,1%) com correlação com MP^{2,5} e MP¹⁰, e doenças respiratórias como infecção de vias aéreas superiores (58,3%) com correlação com MP^{2,5}, asma (5,2%), DPOC (2,9%) e bronquite (2,3%) com correlação com MP^{2,5}. Os resultados do MP encontraram-se acima dos valores recomendados pela OMS, em duas coletas de MP^{2,5} e em todas de MP¹⁰. **Considerações Finais:** É importante que regiões de produção de carvão vegetal adotem medidas para redução da poluição atmosférica, a fim de melhorar a qualidade de vida de sua população, além de ser de extrema relevância para a saúde pública, pois os investimentos em saúde respiratória podem levar a excelentes resultados em longevidade, vida saudável e economias públicas.

PALAVRAS-CHAVE: Carvão Vegetal; Doenças Respiratórias; Material Particulado; Poluição; Qualidade do Ar.

ABSTRACT

Objective: The present research evaluated the air quality and associated with respiratory diseases in the population exposed to charcoal smoke in the region of Barão do Triunfo/RS. **Methods:** The medical records of all patients who sought medical care at health facilities in the city with complaints of respiratory problems were analyzed, between May and December 2019. The collections of particulate matter (PM) were performed between April and December 2019. **Results:** It was identified that the population presented the symptoms, cough (80.3%), shortness of breath (17%) with correlation with PM¹⁰, wheezing (8.1%) with correlation with PM^{2.5} and PM¹⁰, and respiratory diseases such as upper airways infection (58.3%) with correlation with PM^{2.5}, asthma (5.2%), COPD (2.9%), and bronchitis (2.3%) with correlation with PM^{2.5}. The results of PM were above the values recommended by WHO, in two collections of PM^{2.5} and at all collections of PM¹⁰. **Final Considerations:** It is important that the charcoal production regions adopt measures to reduce air pollution, to improve the quality of public life for their population, in addition to being extremely complementary to health, as investments in respiratory health can lead to excellent results in longevity, healthy living and to public economies.

KEYWORDS: Air Quality; Charcoal; Particulate Matter; Pollution; Respiratory Tract Diseases.

INTRODUÇÃO

O carvão é utilizado como uma fonte de combustível, exercendo um papel de extrema importância em muitos países, sendo que o resultado desta produção possui interferência direta sobre o meio ambiente. O processo que envolve a queima de carvão é responsável por gerar a liberação de uma mistura de poluentes constituídos de partículas e compostos tóxicos tendo como principal destaque o material particulado (MP) que normalmente encontra-se associado a outros poluentes orgânicos e inorgânicos emitidos para a atmosfera, podendo variar na sua composição, tamanho e de acordo com a fonte de emissão e condições meteorológicas do ambiente^{1,2}.

Estes podem afetar as regiões distais das vias aéreas da população exposta promovendo o aparecimento de sintomas respiratórios, assim como alterações significativas na diminuição da função pulmonar, aumentando os riscos para o desenvolvimento de várias doenças respiratórias e cardiovasculares, além de interferir diretamente nas taxas de mortalidade e morbidade^{3,4}. De acordo com a Organização Mundial da Saúde (OMS)⁵, cerca de 7 milhões de pessoas morrem por ano por inalarem ar com altos níveis de poluentes, sendo que destes, 4,2 milhões de mortes são oriundas da poluição urbana e áreas rurais que desencadeiam doenças respiratórias (acidente vascular cerebral, doença cardíaca, doença pulmonar obstrutiva crônica, câncer de pulmão e infecções respiratórias agudas).

Alguns mecanismos explicam os efeitos adversos dos poluentes atmosféricos. A explicação mais aceita é a de que altas concentrações de oxidantes e pró-oxidantes contidas nos poluentes ambientais, como MP de diversos tamanhos e composição, e nos gases provocam a formação de radicais livres de oxigênio e de nitrogênio, os quais induzem o estresse oxidativo nas vias aéreas. Este processo dá início a uma resposta inflamatória com a liberação de células e mediadores inflamatórios (citocinas, quimiocinas e moléculas de adesão)⁶. As defesas respiratórias são ultrapassadas, causando respostas inflamatórias, chegando aos alvéolos pulmonares, atingindo a corrente sanguínea e causando doenças do coração e do pulmão, diabetes, nascimentos prematuros, baixo peso ao nascer, câncer, morte súbita e alterações cognitivas⁷.

O Brasil é um dos maiores produtores e consumidores de carvão vegetal do mundo, porém, o carvão ainda é produzido por mecanismos rudimentares e muito dependente da mão de obra humana. Portanto, o objetivo deste estudo foi avaliar a qualidade do ar e verificar a sua associação com as doenças respiratórias da população exposta à fumaça de carvão vegetal.

MÉTODO

O município de Barão do Triunfo, possui uma área territorial de 436,481 km², habitada por uma população estimada de 7.519 pessoas. Em relação à economia, esta é baseada na agricultura onde se destacam o cultivo do fumo

e, desde 2011, no período entre as safras, a produção do carvão vegetal passou a ser desenvolvida como atividade secundária, chegando em 2018 a produzir 6.000 toneladas/ano⁸.

As informações relacionadas aos problemas de saúde da população foram coletadas através de levantamento de dados de prontuários de duas Unidades Básicas de Saúde, no período de maio a dezembro de 2019, o mesmo período de acompanhamento do monitoramento do ar. Foram considerados elegíveis todos os indivíduos que consultaram em qualquer uma das duas unidades e que tiveram atendimento por problemas respiratórios segundo a Classificação Internacional de Doenças, 10ª Revisão – CID-10: J00-J99, registradas na Ficha de Atendimento.

Para a amostragem do MP, os pontos foram definidos conforme orienta a norma ASTM D 5111⁹, seguindo as orientações de distância mínima das fontes poluentes; condições de logísticas (segurança, acesso e fornecimento de energia elétrica) para os equipamentos; direção predominante do vento; e distância de obstáculos que possam interferir na amostragem. As amostras foram coletadas em dois pontos da cidade denominados de Arroio Grande (30°28'23.29"S e 51°50'15.04") e Serra do Herval (30°22'7.76"S e 51°42'9.35"). Foram realizadas 16 coletas a cada 15 dias por um período de 48 horas, 8 amostras de MP_{2,5} e 8 de MP₁₀ em cada ponto amostral, de janeiro a dezembro de 2019. De acordo com a OMS¹⁰, o MP_{2,5} possui um limite aceitável menor que 25 µg/m³, enquanto o MP₁₀ deve ser menor que 50 µg/m³. Segundo a Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural (EMATER) de Barão do Triunfo/RS, em 2019 existiam cerca de 23 carvoarias registradas no município, as quais encontram-se espalhadas nos arredores dos dois pontos de coleta. Entretanto, estima-se que há mais carvoarias do que as registradas na cidade.

A amostragem do MP, foi realizada por meio de dois analisadores dicotômico de amostragem de partículas (Marca MCZ, modelo MicroPNS-Dichoto), sistema de coleta que realiza a separação inercial das partículas por meio da segregação do fluxo de amostragem fracionando em 900 L min⁻¹ para MP_{2,5} e 100 L min⁻¹ para MP_{2,5-10}. O equipamento dicotômico possui simetria axial na entrada, permitindo que a eficiência da amostragem não seja influenciada pela direção do vento e segue a norma da Comunidade Europeia - EN 12341:2014^{11,12}. O tempo de amostragem foi programado nos amostradores dicotômicos para as amostras serem coletadas por um período de 48h, com coletas a cada 15 dias. As partículas de MP ficaram retidas em filtros de membrana Fluoropore - politetrafluoretileno (PTFE) Millipore 47 mm de diâmetro e 0,5 µm de porosidade previamente pesados. Os filtros, antes e após as coletas, foram condicionados em um dessecante por pelo menos 72 horas (temperatura de 25 ± 5 °C e umidade relativa de 30 a 40%) a fim de atingir um peso constante para análise gravimétrica^{13,14}. Os procedimentos de pesagem dos filtros foram realizados no Centro de Tecnologias Limpas (CTL) da Universidade Feevale.

Na análise estatística, a existência de associações entre os problemas de saúde com o sexo, faixa etária, bairro e estações do ano foi analisada através do teste de Qui-Quadrado (χ^2). A existência de relação entre a quantidade de

problemas de saúde por paciente e a concentração dos MP ($MP_{2,5}$ e MP_{10}) foi analisada através da correlação de Pearson (r). Para os valores de r , considera-se um coeficiente de correlação forte quando valores entre 0,6 e 1; moderado quando 0,3 e 0,6; e fraco de 0 e 0,3. Os escores das concentrações dos MP ($MP_{2,5}$ e MP_{10}) em Arroio Grande e Serra do Herval foram testados quanto à normalidade através do teste de Kolmogorov-Smirnov. A comparação entre a concentração dos MP ($MP_{2,5}$ e MP_{10}) em Arroio Grande e Serra do Herval com os bairros, problemas de saúde e estações do ano foi analisada através do teste de Mann-Whitney e Kruskal-Wallis. Todos os procedimentos estatísticos foram executados no software SPSS (versão 26.0), adotando nível de significância em $p \leq 0,05$

O projeto de pesquisa foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Universidade Feevale, sob CAAE 94634418.5.0000.5348.

RESULTADOS

Na Tabela 1, estão representadas a caracterização da amostra quanto às variáveis sexo, faixa etária, estação do ano e bairro através das frequências absolutas (n) e relativas (%).

Tabela 1 - Perfil da amostra e prevalência dos problemas de saúde ($n = 518$)

Variável	Categorias	n	%
Sexo	Feminino	282	54,4
	Masculino	236	45,6
Faixa Etária	0 a 4 anos	98	18,9
	5 a 10 anos	69	13,3
	11 a 19 anos	50	9,7
	20 a 39 anos	74	14,3
	40 a 59 anos	95	18,3
	60 anos ou mais	132	25,5
Bairro	Interior	393	75,9
	Centro	125	24,1
Estação do Ano	Outono (21/03 a 21/06)	134	25,9
	Inverno (22/06 a 23/09)	258	49,8
	Primavera (24/09 a 21/12)	126	24,3
Problemas de saúde	Categorias	n	%
Tosse	Não	102	19,7
	Sim	416	80,3
Falta de Ar	Não	430	83,0
	Sim	88	17,0
IVAS	Não	216	41,7
	Sim	302	58,3
Bronquite	Não	506	97,7
	Sim	12	2,3
DPOC	Não	503	97,1
	Sim	15	2,9
Chiado no peito (sibilância)	Não	476	91,9
	Sim	42	8,1
Asma	Não	491	94,8
	Sim	27	5,2

IVAS - infecção das vias aéreas superiores; DPOC – doença pulmonar obstrutiva crônica.

Analisando os resultados é possível observar que 75,9% da população que consultou era proveniente dos bairros do interior, e apenas 24,1 % eram do centro, assim como, o maior percentual destas consultas foi do sexo feminino, totalizando 54,4% e 45,6% do sexo masculino. Observa-se também que o maior número de consultas ocorreu no período de inverno com 49,8% das consultas, seguido do outono com 25,9 % e a primavera com apenas 24,3 % das consultas. A soma do número de problemas de saúde apresentados por cada paciente, variou entre um e cinco, sendo que 45% da amostra apresentou dois problemas de saúde associados, 42,9% tiveram apenas um problema de saúde relatado nas consultas, 7,9 % apresentaram 3 problemas, 3,7% tiveram 4 problemas e 0,6% com 5 problemas associados.

A Tabela 2 demonstra as associações entre os problemas de saúde e as variáveis de perfil amostral através do teste de Qui-Quadrado (χ^2).

Tabela 2 - Análise das prevalências de tosse, falta de ar, infecção das vias aéreas superiores (IVAS), bronquite, doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC), sibilância e asma em função do sexo, faixa etária, bairro e estação do ano (em %, n = 518)

		Tosse	Falta de Ar	IVAS	Bronquite	DPOC	Sibilância	Asma
Sexo	Feminino	77,7	16,7	63,1	2,8	1,4	7,1	6,0
	Masculino	83,5	17,4	52,5	1,7	4,7	9,3	4,2
	<i>p</i>	0,097	0,831	0,015*	0,390	0,028*	0,354	0,361
Faixa Etária	0-4 anos	91,8	9,2	70,4	7,1	0,0	14,3	6,1
	5-10 anos	89,9	10,1	68,1	1,4	0,0	10,1	5,8
	11-19 anos	70,0	6,0	66,0	2,0	0,0	6,0	4,0
	20-39 anos	63,5	14,9	60,8	1,4	1,4	4,1	5,4
	40-59 anos	77,9	16,8	53,7	1,1	1,1	0,0	6,3
	60 anos ou +	81,8	31,8	43,2	0,8	9,8	11,4	3,8
	<i>p</i>	<0,001**	<0,001**	<0,001**	0,026*	<0,001**	0,004**	0,950
Bairro	Interior	81,9	16,3	56,5	2,8	2,5	8,1	4,8
	Centro	75,2	19,2	64,0	0,8	4,0	8,0	6,4
	<i>p</i>	0,099	0,450	0,138	0,196	0,398	0,959	0,493
Estação do Ano	Outono	84,3	14,9	67,9	3,7	4,5	6,7	2,2
	Inverno	80,2	10,9	55,0	0,8	1,6	7,4	7,0
	Primavera	76,2	31,7	54,8	4,0	4,0	11,1	4,8
	<i>p</i>	0,256	<0,001**	0,032*	0,067	0,186	0,356	0,130
Total		80,3	17,0	58,3	2,3	2,9	8,1	5,2

(*) significativo $p \leq 0,05$; (**) significativo $p \leq 0,01$.

Apenas a variável faixa etária apresentou associação significativa com a prevalência da tosse ($p < 0,001$), neste caso, destacamos a associação de prevalência nos perfis etários “0-4 anos” e “5-10 anos” e a baixa prevalência nos perfis etários “11-19 anos” e “20-39 anos”. A prevalência da falta de ar é significativa com a faixa etária e as estações do ano (ambas $p < 0,001$), associando-se ao perfil etário “60 anos ou mais”, enquanto que na estação do ano, houve associação com a “primavera”. As IVAS estão associadas significativamente com o sexo feminino ($p = 0,015$), com a faixa etária nos perfis mais jovens: “0-4 anos”, “5-10 anos” e “11-19 anos” ($p < 0,001$) e com a estação do ano “outono” ($p = 0,032$). A bronquite apresentou associação significativa apenas com o perfil etário ($p = 0,026$), onde os pacientes mais

jovens apresentam a maior prevalência. A DPOC apresentou associações significativas com o sexo ($p=0,028$) e faixa etária ($p<0,001$). No sexo, a maior prevalência ocorre nos homens, enquanto que no perfil etário, a maior prevalência está presente nos pacientes com “60 anos ou mais”. A sibilância apresentou associação significativa com a faixa etária ($p = 0,004$), onde a maior prevalência está presente nos pacientes de “0-4 anos”. A asma não apresentou associações significativas em quaisquer das variáveis analisadas.

Sobre os valores do MP, expressos como média \pm desvio padrão, foram encontrados para a região de Arroio Grande os valores de $MP_{2,5}$ ($16,54 \pm 17,22 \mu\text{g}/\text{m}^3$) e de MP_{10} ($174,60 \pm 88,47 \mu\text{g}/\text{m}^3$) e para a região de Serra do Herval os valores de $MP_{2,5}$ ($17,15 \pm 12,37 \mu\text{g}/\text{m}^3$) e MP_{10} ($141,30 \pm 48,26 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Para o MP_{10} , a média dos valores coletados nos dois pontos de amostragem ficou acima dos valores estabelecidos pela OMS. Enquanto que a média do $MP_{2,5}$ estava dentro dos limites aceitáveis.

Nas Tabelas 3 e 4 pode-se observar os comparativos de $MP_{2,5}$ e MP_{10} entre os bairros, problemas de saúde e estações do ano nos dois pontos de coleta, através da aplicação do teste de médias (paramétrico ou não-paramétrico).

Tabela 3 - Comparativo das médias de $MP_{2,5}$ em Arroio Grande e Serra do Herval por bairro, problemas de saúde e estações do ano (n = 518)

Categorias	Arroio Grande		p	Serra do Herval		p	
	\bar{X}	σ		\bar{X}	σ		
Bairro	Interior	16,29	17,04	0,818	16,91	12,16	0,399
	Centro	17,33	17,84		17,91	13,04	
Tosse	Não	15,37	15,30	0,894	18,79	14,06	0,567
	Sim	16,83	17,67		16,75	11,91	
Falta de Ar	Não	16,84	17,49	0,165	16,36	11,46	0,253
	Sim	15,08	15,85		21,01	15,62	
IVAS	Não	14,29	14,29	0,366	16,08	14,29	<0,001**
	Sim	18,15	18,91		17,92	12,65	
Bronquite	Não	16,31	16,85	0,625	16,96	12,24	0,012*
	Sim	26,24	28,35		25,36	15,47	
DPOC	Não	16,27	16,89	0,303	17,14	12,38	0,698
	Sim	25,62	25,15		17,77	12,42	
Sibilância	Não	16,04	17,05	0,001**	16,76	11,96	0,068
	Sim	22,18	18,31		21,59	15,89	
Asma	Não	16,61	17,44	0,450	17,17	12,35	0,772
	Sim	15,37	12,77		16,96	13,12	
Estação do Ano	Outono	27,40	29,14	0,039*	15,64	2,33	<0,001**
	Inverno	12,08	4,42		11,14	1,59	
	Primavera	14,13	10,50		31,07	18,71	

\bar{X} = média aritmética; σ = desvio-padrão. (*) significativo $p \leq 0,05$; (**) significativo $p \leq 0,01$.

É possível identificar que $MP_{2,5}$ em Arroio Grande apresentou diferenças significativas para a presença de sibilância ($p = 0,001$) e entre as estações do ano ($p = 0,039$), em que a maior taxa de concentração ocorre em outono. Já na Serra do Herval o $MP_{2,5}$ apresentou diferenças significativas em função da prevalência de IVAS ($p < 0,001$), da prevalência de bronquite ($p = 0,012$) e entre as estações do ano ($p < 0,001$), onde a maior taxa ocorreu na primavera.

Tabela 4 - Comparativo das médias de MP₁₀ Arroio Grande e Serra do Herval por bairro, problemas de saúde e estações do ano (n = 518)

	Categorias	Arroio Grande		p	Serra do Herval		p
		\bar{X}	σ		\bar{X}	σ	
Bairro	Interior	16,29	17,04	0,818	16,91	12,16	0,399
	Centro	17,33	17,84		17,91	13,04	
Tosse	Não	15,37	15,30	0,894	18,79	14,06	0,567
	Sim	16,83	17,67		16,75	11,91	
Falta de Ar	Não	16,84	17,49	0,165	16,36	11,46	0,253
	Sim	15,08	15,85		21,01	15,62	
IVAS	Não	14,29	14,29	0,366	16,08	14,29	<0,001**
	Sim	18,15	18,91		17,92	12,65	
Bronquite	Não	16,31	16,85	0,625	16,96	12,24	0,012*
	Sim	26,24	28,35		25,36	15,47	
DPOC	Não	16,27	16,89	0,303	17,14	12,38	0,698
	Sim	25,62	25,15		17,77	12,42	
Sibilância	Não	16,04	17,05	0,001**	16,76	11,96	0,068
	Sim	22,18	18,31		21,59	15,89	
Asma	Não	16,61	17,44	0,450	17,17	12,35	0,772
	Sim	15,37	12,77		16,96	13,12	
Estação do Ano	Outono	27,40	29,14	0,039*	15,64	2,33	<0,001**
	Inverno	12,08	4,42		11,14	1,59	
	Primavera	14,13	10,50		31,07	18,71	

\bar{X} = média aritmética; σ = desvio-padrão. (*) significativo $p \leq 0,05$; (**) significativo $p \leq 0,01$.

Na tabela 4, observou-se que o MP₁₀ em Arroio Grande apresentou diferenças significativas para a prevalência de sibilância ($p < 0,001$) e entre as estações do ano ($p < 0,001$), onde a menor concentração ocorreu em outono. O MP₁₀ em Serra do Herval apresentou uma correlação significativa com falta de ar, sibilância e estação do ano.

Para verificar a existência de relação entre os problemas respiratórios e as medidas de MP_{2,5} e MP₁₀, tanto de Arroio Grande quanto de Serra do Herval, foi utilizado o teste de correlação linear de Pearson (r). Embora o MP_{2,5}, tanto em Arroio Grande ($r = 0,131$; $p = 0,003$), quanto na Serra do Herval ($p = 0,002$) tenha apresentado correlação positiva e significativa com o número de problemas de saúde dos pacientes, este valor de correlação é considerado fraco.

DISCUSSÃO

Neste estudo, observou-se que os problemas respiratórios ocorreram em maior parte na população residente no interior do município, fato que vai de encontro com a Resolução CONSEMA n° 365/2017 que envolve o sistema de produção de carvão vegetal em fornos com chaminé e sem fornalha. Esta estabelece que os fornos para produção de carvão vegetal devem estar localizados em imóvel rural, afastados de residências, prédios públicos e privados, rodovias e ferrovias¹⁵.

As mulheres foram as mais acometidas pelos problemas respiratórios, provavelmente devido à maior procura por atendimento de serviços de saúde. Há evidências de resultados diferentes quanto à exposição aos poluentes do ar entre o sexo masculino e feminino nas diferentes faixas etárias. Porém ainda não está claro se a resposta observada é um resultado de diferenças biológicas ligadas ao sexo ou às diferenças nos padrões de atividade ou até precisão na medição da exposição¹⁶. Outro fator que pode ter relação com este dado é a poluição domiciliar, a qual pode ter como origem a fumaça produzida pela combustão da lenha, folhas, esterco, particularmente importante nas áreas rurais, a lenha é o segundo combustível mais utilizado para cozinhar¹⁷. Também não pode ser descartado o fato de as mulheres auxiliarem na produção de carvão, visto que muitas destas carvoarias encontram-se em propriedades familiares¹⁸.

Quando analisado a faixa etária em que os problemas respiratórios foram mais encontrados, percebe-se que prevaleceu os idosos com 60 anos ou mais, seguidos da faixa etária de 0-4 anos. Os idosos são mais suscetíveis aos efeitos adversos da exposição aos poluentes atmosféricos por apresentarem um sistema imunológico menos eficiente, além de um progressivo declínio na função pulmonar que pode levar à obstrução das vias aéreas. Além disso, há redução da complacência da parede torácica e hiperinsuflação pulmonar, provocando um gasto adicional de energia para efetuar os movimentos respiratórios, além de diminuição funcional dos sistemas orgânicos^{6,19}.

As crianças, apresentam grande suscetibilidade à exposição aos poluentes aéreos, pois permanecem por mais tempo em ambientes externos, e mais próximas do chão onde os poluentes atingem as maiores concentrações. O seu sistema respiratório possui maior ventilação por minuto devido ao metabolismo basal acelerado e à maior atividade física, quando comparado aos adultos, aumentando assim as chances de desenvolverem problemas respiratórios relacionados à qualidade do ar^{6,20}.

Em relação à estação do ano, foi possível observar um aumento das consultas por problemas respiratórios no período de inverno. Este fato pode estar relacionado diretamente à "inversão térmica", que bloqueia a dispersão de poluentes atmosféricos primários, provocando episódios agudos de poluição^{21,22,23}.

Em relação à prevalência dos problemas de saúde encontrados, a tosse, a IVAS e a falta de ar, foram as que mais prevaleceram na população estudada. Souza et al.²⁴, investigaram trabalhadores de carvoarias e encontraram a tosse, a expectoração e a falta de ar (dispnéia) como os sintomas respiratórios de vias aéreas inferiores mais relatados. Em outro estudo, foi observado uma prevalência de sintomas respiratórios na população exposta à queima de biomassa, onde a tosse e a coriza foram os sintomas mais prevalentes tanto em adultos quanto em indivíduos mais jovens¹⁷. Segundo Lorenzo et al.²⁵, em Cuba, as IVAS apresentam uma alta prevalência, sendo responsáveis por 25 a 30 % das consultas ambulatoriais. Segundo Masavkar e Naikwadi²⁶, as infecções do trato respiratório superior são o grupo mais comum de doenças que acometem as crianças e a mortalidade prematura por doenças respiratórias crônicas parece ser mais alta em regiões com menos recursos nos sistemas de saúde per capita²⁷.

Em relação à avaliação do MP, verificou-se que o MP_{2,5} estava dentro dos limites aceitáveis pela OMS (< 25µg/m³) em mais de 80% das coletas tanto em Arroio Grande quanto em Serra do Herval. Este pode ser considerado como um fator positivo, já que o MP_{2,5} corresponde a partículas finas inaláveis que são capazes de ingressar nas vias aéreas inferiores, chegando até os alvéolos pulmonares sendo consideradas mais prejudiciais à saúde comparando-se com MP₁₀^{28,29}. Porém, na tabulação cruzada entre as médias de MP_{2,5} com as variáveis problemas respiratórios, e estações do ano e bairro, foi possível identificar diferenças significativas para sibilância em Arroio Grande e bronquite em Serra do Herval, ambas classificadas como problemas de saúde que envolvem o trato respiratório inferior, o qual é mais acometido pelo MP_{2,5}. No ponto Serra do Herval também foi possível observar diferenças significativas para IVAS. As infecções das vias aéreas superiores são um dos problemas mais comuns encontrados em serviços de atendimento médico pediátricos, resultando em morbidade significativa em todo o mundo. São consideradas as causas mais comuns de crianças atendidas por infecção respiratória aguda³⁰. Dentre as estações do ano, observou-se diferenças significativas em Arroio Grande para outono e em Serra do Herval a diferença foi mais significativa na primavera. Outros estudos também relatam o efeito da sazonalidade climática nas internações por doenças respiratórias^{31,32}. É possível que o aumento das ocorrências no outono esteja associado por uma influência conjunta de uma maior concentração de poluentes com o clima. Em relação à primavera, esta apresenta um período chuvoso, que implicam em um aumento das hospitalizações devido à umidade excessiva³³. Estações de transição como primavera e outono poderiam explicar os picos de incidência das doenças respiratórias³².

É possível observar a diferença significativa nas estações do ano onde tanto em Arroio Grande, quanto na Serra do Herval a primavera foi onde se teve a maior concentração de MP₁₀. No estudo de Rodrigues et al.³⁴, o calor apresentou efeito sinérgico com o MP_{2,5} sobre a mortalidade por doenças cardiovasculares. Já no estudo de Meng et al.³⁵, foram encontradas evidências de que os efeitos do MP₁₀ na mortalidade podem depender da temperatura.

Em relação ao MP₁₀, este apresentou-se alterado em mais de 70% das amostras de Arroio Grande e em 100% das amostras de Serra do Herval. Segundo a literatura, o MP₁₀ são as partículas maiores que ficam em vias aéreas superiores sendo que sua ação no sistema respiratório ocorre no mesmo dia de exposição, causando morbidades respiratórias principalmente em crianças de até dois anos de idade^{36,37,38}.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante da importância atribuída no âmbito dos agravos à saúde relacionados com os poluentes atmosféricos, de acordo com as análises realizadas no presente estudo, observou-se uma correlação dos materiais particulares e os atendimentos de doenças respiratórias, tendo um aumento na primavera e no outono.

Espera-se que este estudo possa contribuir com outras investigações nesta área, com a finalidade de que estas adotem medidas mitigadoras da poluição atmosférica principalmente para regiões, que atualmente ainda não possuem implantação de políticas públicas visando à diminuição desses riscos que afetam diretamente a saúde humana.

REFERÊNCIAS

1. Rodrigues CG, Vormittag EMPA, Cavalcante JA, Saldiva PHN. Projeção da mortalidade e internações hospitalares na rede pública de saúde atribuíveis à poluição atmosférica no Estado de São Paulo entre 2012 e 2030. *Rev Bras Estud Popul.* 2015;32(3):489–509, 2015.
2. Dias APL, Rinaldi MCS, Domingos M. Foliar accumulation of polycyclic aromatic hydrocarbons in native tree species from the Atlantic Forest (SE-Brazil). *Sci Total Environ.* 2016;544(15):175–184.
3. Perez L, Rapp R, Künzli N. The year of the lung: Outdoor air pollution and lung health. *Swiss Med Wkly.* 2010;140:6–10.
4. Pramchoo W, Geater ALF, Jamulitrat S, Geater SL, Tangtrakulwanich B. Occupational tasks influencing lung function and respiratory symptoms among charcoal-production workers: A time-series study. *Saf Health Work.* 2017;8(3):250–257.
5. World Health Organization - WHO. Air pollution and health: Summary. 2020. Disponível em: <<https://www.who.int/airpollution/ambient/about/en/>>. Acesso em: 23 fev. 2021.
6. Arbex MA, Santos UP, Martins LC, Saldiva PHN, Pereira LAA, Braga ALF. Air pollution and the respiratory system. *J Bras Pneumol.* 2012;38(5):643–655.
7. Santos PGL, Carvalho RLT, Silva AC. Avaliação da qualidade do ar: Concentrações de material particulado MP10 e MP2.5 no interior de uma instituição de ensino de Fortaleza (CE, Brasil). *Ciênc Nat.* 2015;37(2).
8. Brasil. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Extração vegetal e silvicultura: Barão do Triunfo, 2019. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/barao-do-triunfo/pesquisa/16/12705?tipo=grafico&indicador=12867>>. Acesso em: 28 abr. 2021.
9. American Society for Testing and Materials - ASTM. Standard guide for choosing locations and sampling methods to monitor atmospheric deposition at non-urban locations: D 5111-99, ATSM: West Conshohocken. 2006.
10. Organização Mundial da Saúde - OMS diretrizes de qualidade do ar para as partículas, ozônio, nitrogênio. 2005. Disponível em: <[https://doi.org/10.1016/0004-6981\(88\)90109-6](https://doi.org/10.1016/0004-6981(88)90109-6)>. Acesso em: 15 abr. 2021.
11. European Standard - EN 12341. Ambient air - Standard gravimetric measurement method for the determination of the PM10 or PM2,5 mass concentration of suspended particulate matter. 2014. Disponível em: <<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/cen/7ad508ad-33bd-4e41-942b-c52ddeb6d44d/en-12341-2014>>. Acesso em 19 out. 2021.

-
12. Costa GM, Droste A, Alves DD, Osório DMM. Integrated evaluation of quantitative factors related to the environmental quality scenario. *Handbook of Environmental Materials Management*. 2018. 1–21.
 13. Abiye OE, Obioh IB, Ezech GC. Elemental characterization of urban particulates at receptor locations in Abuja, north-central Nigeria. *Atmos Environ*. 2013; 81:695-701.
 14. Alves DD, Riegel RP, Klauck CR, Ceratti AM, Hansen J, Cansi LM, et al. Source apportionment of metallic elements in urban atmospheric particulate matter and assessment of its water-soluble fraction toxicity. *Environ Sci Pollut Res*. 2020; 27(11):12202–12214.
 15. Do Sul, Rio Grande. Resolução Consema n° 365/2017. Alterada a Resolução 315/2016, que estabelece critérios para o licenciamento da atividade de produção de carvão vegetal em fornos e dá outras providências, 2017.
 16. Menezes RAM, Pavanitto DR, Nascimento LFC. Exposição a poluentes do ar e doença respiratória em meninos e meninas. *Rev Paul Pediatr*. 2019;37(2):166–172.
 17. Gioda A, Tonietto GB, Leon AP. Exposição ao uso da lenha para cocção no Brasil e sua relação com os agravos à saúde da população. *Cienc Saúde Colet*. 2019;24(8):3079–3088, 2019.
 18. Moreira MAC, Barbosa MA, Jardim JR, Queiroz CC, Inácio LI. Doença pulmonar obstrutiva crônica em mulheres expostas à fumaça de fogão à lenha. *Rev Assoc Med Bras*. 2013;9(6):607–613.
 19. Marini JJ, Rocco PRM, Gattinoni L. Static and dynamic contributors to ventilator-induced lung injury in clinical practice. Pressure, energy and power. *Am J Respir Crit Care Med*. 2020, 201(7): 767-774.
 20. Salvi S. Health effects of ambient air pollution in children. *Paediatr Respir Rev*. 2007; 8(4): 275-280.
 21. Duchidade MP. Poluição do ar e doenças respiratórias: Uma revisão. *Cad Saúde Pública*. 1992;8:311–330.
 22. Bortoluci AB, Quinallia G. A estreita relação entre o meio ambiente e a saúde. *Rev Nac Gerenc Cidades*. 2017;5(31):39–53.
 23. Ramos D, Pestana PRS, Trevisan IB, Christofaro DGD, Tacao GY, Coripo IC, et al. Impacto da queima da cana-de-açúcar sobre internações hospitalares por doenças respiratórias. *Ciênc Saúde Colet*. 2019;24:4133–4140.
 24. Souza RM, Costa CC, Watter G, Teixeira PJZ. Função pulmonar e sintomas respiratórios em produtores de carvão vegetal no sul do Brasil: análise de uma coorte de oito anos. *J Bras Pneumol*. 2020; 46(5):5–6.
 25. Lorenzo IQ, González BAG, Torres AEM, Céspedes YYM, Torres JE. Factores de riesgo de infección respiratoria aguda en menores de un año. *Veguitas. Yara. Granma* 2018. *Multimed*. 2019;23(5):1000–1014.
 26. Masavkar SP, Naikwadi AM. Study of incidence of upper respiratory tract infections in urban and rural population. *Sch J Appl Med Sci*. 2016;4(6):2023–2026.
 27. Soriano JB, Kendrick PJ, Paulson KR, Gupta V, Abrams EM, Adedoyin RA, et al. Prevalence and attributable health burden of chronic respiratory diseases, 1990–2017: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study

2017. *Lancet Respir Med.* 2020;8(6):585–596.

28. Murcia L, Ortiz E, Martins J, Morais M, Ardiles L, Urbina VG, et al. Situação atual da qualidade do ar das principais cidades da América Latina. *Ciênc Nat.* 2016;38:523.

29. David GS, Rizol PMSR, Nascimento LFC. Modelos computacionais fuzzy para avaliar efeitos da poluição do ar em crianças. *Rev Paul Pediatr.* 2017;36(1):10–16.

30. Pitrez PMC, Pitrez JLB. Infecções agudas das vias aéreas superiores - Diagnóstico e tratamento ambulatorial. *J Pediatr.* 2003;79:77–86.

31. Toyoshima MTK, Ito GM, Gouveia N. Morbidade por doenças respiratórias em pacientes hospitalizados em SãoPaulo/SP. *Rev Assoc Med Bras.* 2005; 51(4):209-213.

32. Silva Júnior JLR, Diniz ITL, Nunes LFG, Borges TR. Efeito da sazonalidade climática nas hospitalizações por doença respiratória na cidade de Anápolis-GO entre 2002 e 2012. *Rev Educ Saúde.* 2016; 4(2):31-42.

33. Andrade DO, Botelho C, Silva Júnior JLR, Faria SS, Ragahi MF. Sazonalidade climática e hospitalizações em crianças menores de cinco anos com doença respiratória, Goinânia/GO. *Hygeia.* 2015; 11(20):99-105.

34. Rodrigues CP, Pinheiro SL, Junger W, Ignotti E, Hacon SS. Variabilidade climática aumenta a morbimortalidade associada ao material particulado. *Rev Saúde Pública.* 2017;51:1–9.

35. Meng X, Zhang Y, Zhao Z, Duan X, Xu X, Kan H. Temperature modifies the acute effect of particulate air pollution on mortality in eight Chinese cities. *Sci Total Environ.* 2012;435-436:215-221.

36. Tzanakis N, Kallergis K, Bouros D, Samiou FF, Siafakas NM. Short-term effects of wood smoke exposure on the respiratory system among charcoal production workers. *Chest.* 2001;119(4):1260–1265.

37. Ribeiro JP, Kalb AC, Campos PP, Cruz ARH, Martinez PE, Gioda A, et al. Toxicological effects of particulate matter (PM_{2.5}) on rats: Bioaccumulation, antioxidant alterations, lipid damage, and ABC transporter activity. *Chemosphere.* 2016;163:569–577.

38. Kyung SY, Jeong SH. Particulate-matter related respiratory diseases. *Tuberc Respir Dis.* 2020;3536:116–121.