

## AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DO AR EM AMBIENTE INTERNO E EXTERNO PARA A PRÁTICA DE EXERCÍCIO E/OU ATIVIDADE FÍSICA

DOI: <http://dx.doi.org/10.55449/congea.15.24.IV-003>

Fabrizio Zanella (\*), Daniela Philippsen Goelzer, Daniela Muller Quevedo, Daiane Bolzan Berlese

\* Universidade Feevale, e e-mail

### RESUMO

A poluição do ar e a baixa atividade física são importantes fatores de risco para morbimortalidade global. A relação entre a qualidade do ar em ambientes fechados e abertos são questões importantes que necessitam de diagnóstico para compreender e propor medidas nos diferentes contextos, no intuito de melhorar as condições ambientais que impactam diretamente a saúde humana. Nesse sentido, o trabalho tem por objetivo avaliar a qualidade do ar e as variáveis meteorológicas em um espaço interno e externo de prática de exercício físico no município de Novo Hamburgo/RS, a fim de evidenciar o espaço mais adequado para a referida prática. A coleta de dados foi realizada numa frequência de quatro vezes ao mês, entre maio de 2022 e dezembro de 2022, em cada local. Os parâmetros estabelecidos de coleta de dados e análise da qualidade do ar foram os níveis de material particulado (MP<sub>2,5</sub> e MP<sub>10</sub>), bem como variáveis meteorológicas, temperatura e umidade para ambos os pontos de coleta. Os resultados obtidos demonstraram que embora não havendo diferença significativa, foi observado valores pontuais fora dos parâmetros estabelecidos pela Resolução CONAMA 491/2018 e pelas diretrizes da Organização Mundial da Saúde (OMS), tanto no ambiente indoor quanto outdoor. Para as variáveis meteorológicas os resultados obtidos demonstram uma tendência de relação inversa entre a umidade relativa e concentração de material particulado. Conclui-se que em ambos os ambientes de prática de atividade física/exercício físico a qualidade do ar está em conformidade com a legislação vigente na maior parte das coletas. No entanto, o controle das variáveis meteorológicas impacta diretamente a concentração do material particulado. Dessa forma, um ambiente *indoor*, controlado, torna-se mais propício para a prática atividade física/exercício físico.

**PALAVRAS-CHAVE:** exercício físico, material particulado, qualidade atmosférica.

### INTRODUÇÃO

A sociedade vem sofrendo com diversos problemas socioambientais relacionados aos processos de urbanização e industrialização. Estudos demonstram que os riscos para a saúde humana e o meio ambiente aumentaram devido à exposição à poluição do ar ambiente e, especialmente, ao material particulado (MP) (ALEMAYEHU et al., 2020 MANOJKUMAR and SRIMURUGANANDAM, 2021).

Segundo Brum (2010), além das emissões de contaminantes atmosféricos, a poluição do ar também pode ser influenciada pelas condições meteorológicas da região, uma vez que elementos meteorológicos, como umidade relativa do ar, precipitação, direção e velocidade dos ventos fazem parte dos processos de dispersão, remoção e deposição, que inferem na concentração de poluentes na atmosfera. As emissões de poluentes atmosféricos (partículas e gases), principalmente em áreas urbanas, vêm causando efeitos nocivos à saúde da população, podendo desenvolver doenças respiratórias, cardiovasculares, degenerativas e cânceres (WANG et al., 2014).

Entre os poluentes presentes na atmosfera encontra-se o MP, que é definido como uma mistura complexa de pequenas partículas e gotículas líquidas que, devido ao seu tamanho e massa, podem permanecer suspensas no ar, podendo conter uma variedade de espécies nocivas à saúde humana, como compostos aromáticos policíclicos (HAP) (HU et al., 2017).

A atividade física regular é um fator chave de proteção para prevenção e o controle das doenças não transmissíveis (DNTs), como as doenças cardiovasculares, diabetes tipo 2 e vários tipos de cânceres. A prática de atividade física é um comportamento de saúde positiva e, quando integrada a um estilo de vida saudável, contribui para a melhoria da saúde, como a redução das doenças cardiovasculares e o bem-estar psicológico e emocional (ALVES, PRECIOSO, 2022).

Em contraste com a atividade física, a poluição do ar por material particulado ou gasosa representa um risco significativo para saúde. De acordo com o *Global Burden of Disease Study*, a poluição atmosférica ambiental por material particulado foi a nona causa de mortalidade em 2010, responsável por mais de 3,2 milhões de mortes (LIM et al., 2013). O exercício e/ou atividade física aumenta o volume de ar inspirado, e, em alguns casos, esse volume passa de 6 a 10 litros (em repouso) para 100 a 150 litros (em atividade). Em ambientes poluídos, os poluentes presentes no ar são fortes oxidantes, isto é, aumentam os radicais livres no organismo e causam, entre outros problemas, o envelhecimento celular precoce (CHECA VIZCAÍNO, GONZÁLEZ-COMADRAN, JACQUEMIN, 2016). Logo, a relação entre a qualidade do ar e a prática de exercício ou atividade física em ambientes fechados e abertos são questões importantes

que necessitam de diagnóstico para compreender e propor medidas nos diferentes contextos, no intuito de melhorar as condições ambientais que impactam diretamente na saúde humana.

## OBJETIVOS

Diante do exposto, o presente artigo tem como objetivo avaliar a qualidade do ar e as variáveis meteorológicas em um espaço interno e externo de prática de exercício físico no município de Novo Hamburgo/RS, a fim de evidenciar o espaço mais adequado para a referida prática.

## METODOLOGIA

Consiste em um estudo descritivo, quantitativo e longitudinal (BASTOS, DUQUIA, 2006). O estudo foi realizado na cidade de Novo Hamburgo-RS. A cidade está situada no Vale do Rio dos Sinos, a cerca de quarenta quilômetros da capital Porto Alegre/RS e pertence à Região Metropolitana de Porto Alegre. Foram estabelecidos dois pontos para coleta dos dados, um ponto *Indoor*, e outro *Outdoor*, ambos localizados na latitude -29.69 Sul, e longitude -51.13 Oeste.

**Local Indoor:** o ponto de medição da qualidade do ar está instalado em um local de prática de exercício físico (*indoor*), que dispõe de uma área total construída de 460m<sup>2</sup>, com uma área de treino específica de 300m<sup>2</sup>. O local conta com duas portas para circulação do ar, bem como ventiladores instalados na parte superior do prédio. Conta também com dois ventiladores de chão, dispostos em diagonais para uma melhor ventilação e circulação do ar. O espaço tem capacidade para acomodar até 16 alunos por horário de aula, que, juntamente com os dois professores, somam 18 pessoas simultâneas por horário de aula, com duração de 45 minutos.

Para a modalidade em questão, não se faz necessário o uso de equipamentos convencionais de musculação, deixando o ambiente sem quaisquer obstruções físicas, favorecendo a circulação do ar.

**Local Outdoor:** A escolha do segundo ponto (*outdoor*) para coleta dos dados foi estabelecida na mesma posição geográfica do local *indoor*, para que os parâmetros coletados estejam com a mesma realidade de emissões atmosféricas. O equipamento foi instalado na Av. Nações Unidas, número 2963, rua com intenso fluxo de veículos e pedestres. Essa avenida tem como característica principal, por não ter um relevo acidentado, receber um volume expressivo de praticantes de corrida, caminhada e ciclismo. A via com pavimentação asfáltica é outro fator pela procura para a atividade física nesse local.

A coleta de dados foi realizada no período de maio de 2022 a dezembro de 2022. Estabelecemos uma frequência de 4 coletas mensais para cada local. Tendo em vista o fluxo de pessoas tanto na academia (espaço *indoor*) quanto na rua (espaço *outdoor*). A coleta de dados foi dividida em dois turnos diários, manhã das 6:30 às 9:00 horas, e vespertino, das 17:00 às 20:00 horas. Os parâmetros estabelecidos de coleta de dados e análise da qualidade do ar foram os níveis de material particulado avaliados nas frações respiráveis (MP<sub>10</sub> e MP<sub>2,5</sub>), temperatura e umidade para os dados meteorológicos.

A coleta do material particulado ocorreu por meio do AFG (amostrador fino e grosso). O equipamento dispõe de dois filtros de polycarbonato (Millipore®, *Isopore Membrane Filter*), diâmetro 47mm dispostos em série, onde o primeiro estágio retém as partículas de fração grossa, utilizando um filtro de poro 10µm (MP<sub>10</sub>) e o segundo estágio, composto por um filtro de 2 µm de poro, que é responsável pela coleta de MP<sub>2,5</sub>. O amostrador é conectado a uma bomba de vácuo e as medidas de vazão do fluxo do ar são realizadas por meio de um medidor de gás volumétrico (marca LAO, modelo G1,6), que ficou conectado ao equipamento durante todo o período de amostragem (TEIXEIRA et al., 2011; ALVEZ et al., 2015).

Os filtros de coleta foram pesados antes e após cada coleta, armazenados em dessecador por 24 horas para remover a umidade. As concentrações de material particulado foram calculadas por método gravimétrico, utilizando uma balança analítica Shimadzu, modelo AUW220D.

Para ambos os locais, *indoor* e *outdoor*, a coleta dos dados foi realizada pelo mesmo equipamento descrito acima, disposto a uma altura do solo de 160 cm, com o objetivo de fazer a coleta mais próximo das vias aéreas.

As variáveis meteorológicas empregadas no estudo foram disponibilizadas pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Para o ponto *outdoor*, considera-se as médias anuais das variáveis: temperatura média (°C), temperatura mínima (°C), temperatura máxima (°C), e umidade relativa média do ar (%), ambos coletados conforme cronograma de coletas do estudo. Para as variáveis meteorológicas *indoor*, utilizamos um termo-higrômetro digital (marca Exbom, modelo FEPRO-MUT600S), considerando os mesmos parâmetros do *outdoor*, temperatura e umidade relativa do ar.

Os resultados estão apresentados através das frequências absolutas (n) e relativas (%), valores mínimos, máximos, medianas, médias aritméticas e desvios-padrão. O teste de *Kolmogorov-Smirnov* foi usado para testar a distribuição dos escores à curva normal. A comparação das variáveis experimentais entre os pontos de coleta foi testada mediante testes T de *Student* e *Mann-Whitney*. A existência de associações entre as classificações WHO e CONAMA para MP<sub>2,5</sub> e MP<sub>10</sub> entre os pontos de coleta foi verificada através do teste de Qui-Quadrado ( $\chi^2$ ). Para as correlações foi utilizado a correlação de Pearson. Todos os procedimentos estatísticos foram executados no software IBM® SPSS® (Versão 26), adotando nível de significância em  $p \leq 0,05$ .

## RESULTADOS

As coletas de MP<sub>2,5</sub> e MP<sub>10</sub> foram realizadas no período de maio a dezembro de 2022. Totalizando 30 amostras.

A tabela 01 descreve o perfil das variáveis experimentais por grupo amostral *Indoor* e *Outdoor* (In / Out): MP<sub>2,5</sub>, MP<sub>10</sub>, Temperaturas (Mínima, Máxima e Média) e Umidade Relativa do Ar através dos valores mínimos, máximos, média aritmética e desvio-padrão, e das classificações WHO e CONAMA para MP<sub>2,5</sub> e MP<sub>10</sub> por meio de frequência (n) e percentual (%).

**Tabela 01 – Estatística descritiva do MP<sub>2,5</sub>, MP<sub>10</sub>, Temperatura Máxima, Temperatura Mínima, Temperatura Média e Umidade Relativa do Ar para os pontos de coleta “IN” e “OUT” (n = 30). Fonte: Autor (2022).**

INDOOR							
	Média	Median a	Desvio- Padrão	Mínim o	Máxim o	Percentis	
						P25	P75
MP <sub>2,5</sub>	5,4	1,3	8,2	0,7	27,8	0,7	4,1
MP <sub>10</sub>	21,2	15,9	19,8	0,7	67,5	5,3	26,6
Temperatura MÁX (°C)	24,5	24,6	5,3	14,4	35,3	20,3	28,9
Temperatura MÍN (°C)	11,9	12,9	3,7	3,3	20,0	10,2	13,9
Temperatura MÉDIA (°C)	18,2	18,2	3,9	8,9	24,7	15,5	21,1
Umidade AR (%)	78,4	79,4	10,8	55,7	96,0	71,8	87,3
OUTDOOR							
	Média	Median a	Desvio- Padrão	Mínim o	Máxim o	Percentis	
						P25	P75
MP <sub>2,5</sub>	3,3	2,0	3,6	0,7	17,9	1,3	4,1
MP <sub>10</sub>	24,3	16,9	20,6	2,6	78,7	7,8	40,0
Temperatura MÁX (°C)	23,3	23,3	4,9	12,3	33,0	20,2	27,0
Temperatura MÍN (°C)	12,4	12,8	3,0	6,2	18,6	10,5	14,3
Temperatura MÉDIA (°C)	17,9	17,7	3,4	9,7	24,2	15,3	20,4
Umidade AR (%)	79,4	80,5	9,9	57,1	93,8	71,9	87,3

De acordo com os dados apresentados, a média do MP<sub>2,5</sub> foi maior no ambiente *indoor* quando comparado com o ambiente *outdoor*. Para o MP<sub>10</sub>, a média foi maior no ambiente *outdoor*, quando comparado com o ambiente *indoor*.

O valor do MP<sub>2,5</sub> foi maior no ambiente *indoor*, que pode ser atribuído à diferença da umidade média. Com uma menor umidade relativa do ar, a concentração do material em suspensão tende a ser maior, o que dificulta a dispersão dos poluentes (PINTO, REISEN, MONTE, 2018).

Também se evidencia na tabela 1 que a concentração do MP<sub>10</sub> foi maior para o ambiente *outdoor*, possivelmente pelo fato de a academia estar inserida em uma via de alto fluxo de veículos. Em um ambiente urbano, o MP tem emissões de diferentes fontes, como a ressuspensão de poeira e partículas minerais, aerossóis marinhos, bem como o tráfego rodoviário e a combustão de combustíveis, sendo as duas últimas as maiores fontes de emissão de partículas (MUKHERJEE; AGRAWAL, 2017).

O material particulado fino e ultrafino, oriundo da emissão veicular além de impactar negativamente no meio atmosférico, pode causar danos irreversíveis à saúde humana, uma vez que a inalação é o principal meio de contato entre as partículas e o sistema respiratório (PEREIRA, 2020).

Em relação às temperaturas e umidade relativa do ar, os dois espaços (*indoor* e *outdoor*) se comportaram com valores equivalentes, considerando que o espaço *indoor* não é um ambiente que conta com um sistema de climatização por meio de ar-condicionado.

Considerando os dados apresentados na tabela 1, podemos concluir que as amostras de forma geral se encontram dentro dos parâmetros estabelecidos, porém tivemos pontualmente algumas amostras que estiveram acima dos valores de referência, como pode ser observado na tabela 2 e na figura 1. A tabela 02, apresenta a classificação dos materiais particulados por ponto de coleta, bem como sua respectiva classificação conforme referências da WHO e CONAMA.

**Tabela 02 – Classificação dos Materiais Particulados (MP<sub>2,5</sub> e MP<sub>10</sub>) de acordo com as referências da OMS e CONAMA por ponto de coleta. Fonte: Autor (2022).**

Ponto de Coleta	Variável	Referência	Classificação	n	%
-----------------	----------	------------	---------------	---	---

Indoor	MP2,5	OMS	Aceitável	25	83,3
			Alterada	5	16,7
	CONAMA	Aceitável	28	93,3	
		Alterada	2	6,7	
	MP10	OMS	Aceitável	25	83,3
			Alterada	5	16,7
CONAMA	Aceitável	25	83,3		
	Alterada	5	16,7		
Outdoor	MP2,5	OMS	Aceitável	29	96,7
			Alterada	1	3,3
	CONAMA	Aceitável	30	100,0	
		Alterada	0	0,0	
	MP10	OMS	Aceitável	25	83,3
			Alterada	5	16,7
CONAMA	Aceitável	27	90,0		
	Alterada	3	10,0		

A figura 1 e a figura 2 representam graficamente a distribuição ao longo do período, por data de coleta considerando as referências estabelecidas pela WHO e pela CONAMA para o MP<sub>2,5</sub> e MP<sub>10</sub> respectivamente.

Figura 1- Distribuição da concentração de MP<sub>2,5</sub> ao longo das trinta coletas. Fonte: autor (2022).

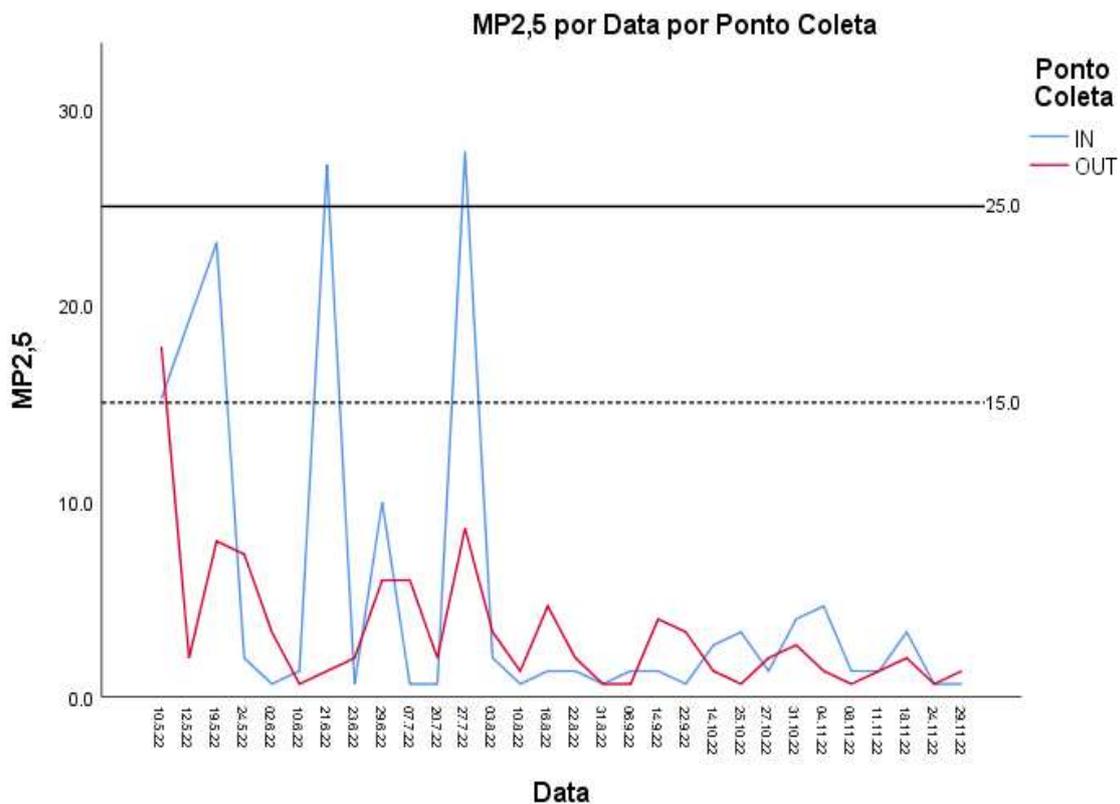
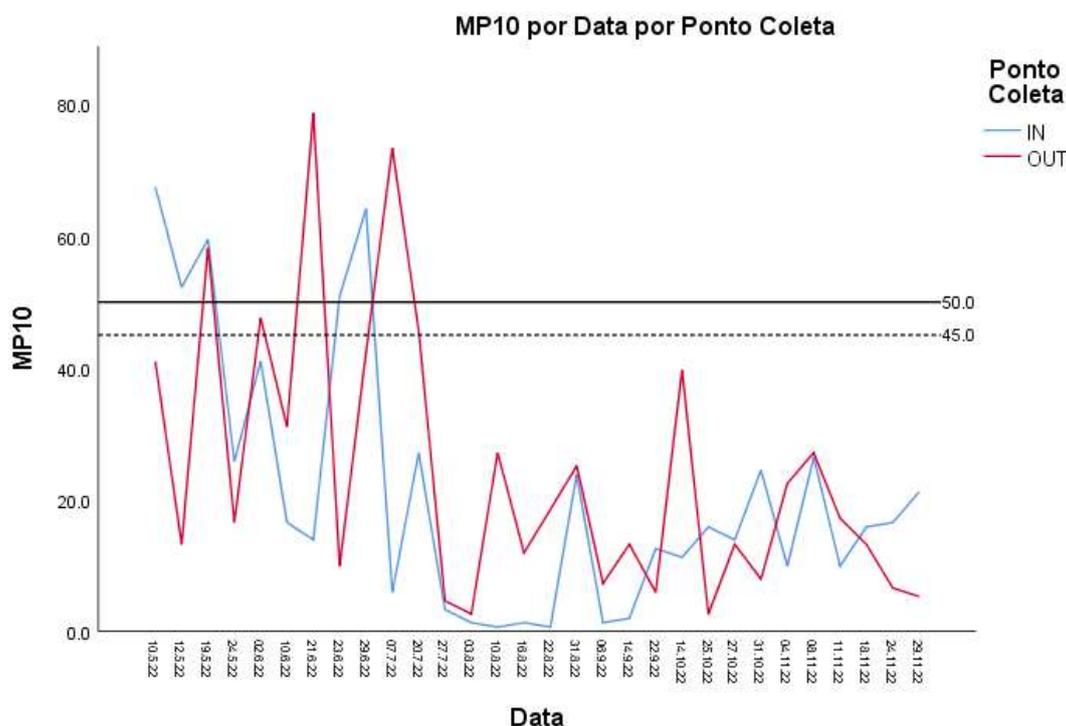


Figura 2- Distribuição da concentração de MP<sub>10</sub> ao longo das trinta coletas. Fonte: autor (2022).



Durante o período das coletas, a concentração  $MP_{2,5}$  apresentou em ambas as amostragens, *indoor* e *outdoor*, a maioria dos resultados dentro dos valores de referência diário estabelecidos pelo CONAMA 491/2018 ( $25\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) e pela WHO ( $15\mu\text{g}/\text{m}^3$ ), porém, em 5 amostras, a concentração de  $MP_{2,5}$  ficou acima dos valores recomendados pela WHO e em 3 pontos de amostragem não obedeciam aos valores estabelecidos pela CONAMA para o ambiente *indoor*. Para o  $MP_{2,5}$  *outdoors*, apenas uma amostra ficou acima do estabelecido pela WHO, (Tabela 2), que corresponde ao dia 10 de maio, conforme Figura 1.

Para o material particulado  $MP_{10}$  em ambas as amostragens, *indoor* e *outdoor*, a maior parte das amostras apresentaram as concentrações dentro dos parâmetros de referência diário estabelecidos pelo CONAMA 491/2018 ( $50\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) e pela WHO ( $45\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). No entanto, para o ambiente *indoor*, 5 valores ficaram acima do estabelecido pela WHO e CONAMA, que correspondem as datas: 10,12 e 19 de maio, e 21 e 29 de junho. Para o ambiente *outdoor*, 5 amostras ficaram acima do estabelecido pela WHO e 3 acima da CONAMA. que correspondem aos dias 10 e 19 de maio, 02 e 21 de junho, e 07 de julho conforme observado na Figura 2.

Atividades recreativas, como corrida, ciclismo, caminhada ou patinação são frequentemente realizadas ao ar livre. Roe, Aspinall (2011) mostram benefícios positivos de exercícios ao ar livre, tais como a redução da depressão e estresse, quando comparados a exercícios físicos realizados em ambientes fechados. No entanto, a atividade física requer outros fatores associados, por exemplo, a qualidade do ar. A realização de exercícios ao ar livre regularmente em locais com ar altamente poluído pode levar a consequências bastante prejudiciais, em vez de resultados positivos de saúde (BOS et al., 2014; LOVINSKY- DESIR et al., 2016; TAINIO et al., 2016).

De acordo com a Tabela 2, 16,7% (5) das amostras  $MP_{2,5}$  e  $MP_{10}$  no ambiente *indoor* ficaram acima do preconizado pela WHO. Mesmo em um curto período, a exposição de curto prazo pode causar problemas cardiovasculares, aumentar a hospitalização respiratória e danos causados pelo estresse, enquanto a exposição a longo prazo à poluição do ar pode causar mortalidade cardiovascular, câncer, morte prematura (ANDERSON, THUNDIYIL, STOLBACH, 2012) e asma (GUARNIERI, BALMES, 2014).

O exercício aeróbico demanda maior ventilação por minuto (VE), o que poderia levar a uma maior inalação de poluentes (GILES, KOEHLE, 2014), como já evidenciado por Dons et al. (2010) e Panis et al. (2010) e, dessa forma, causar um risco maior à saúde.

Qin et al. (2019) concluíram que o exercício em um ambiente de ar poluído foi correlacionado com fluxo expiratório de pico (PFE) melhorado, mas não com outros indicadores de saúde. Além disso, um efeito combinado de poluição do ar e exercícios foi associado a um aumento de risco de função cardiopulmonar anormal, disfunção imunológica e diminuição do desempenho no exercício (QIN et al., 2019).

Pasqua et al. (2018) estimaram que a atividade aeróbica com taxa de inalação realizada nas cidades mais limpas com base nos dados da WHO (2005) levou a uma melhoria da saúde (durante até 90 min). A prática do exercício em atmosferas poluídas geraram maior doses de poluentes (37-66 vezes maior para  $PM_{10}$  e  $PM_{2,5}$ ), que aboliram os benefícios à saúde fornecidos pelo exercício.

Importante ressaltar que não apenas o MP impacta a saúde dos praticantes de exercícios físicos, mas as variáveis meteorológicas e a associação de fatotes também implicam diretamente a qualidade do ar.

A tabela 3 apresenta os dados comparativos entre os pontos de coletas e as variáveis meteorológicas, aferidas pelos parâmetros: temperatura máxima (°C), temperatura mínima (°C), temperatura média (°C), e umidade relativa do ar (UR) (%), obtidas mediante o banco de dados do INMET, do município de Novo Hamburgo-RS, para o ambiente *outdoor*, no período de maio de 2022 a dezembro de 2022. Para as variáveis no ambiente *indoor*, utilizamos um termohigrômetro digital. Sendo os valores expressos em média e desvio padrão da média.

**Tabela 03 – Comparativo entre os pontos de coleta para as variáveis: MP<sub>2,5</sub>, MP<sub>10</sub>, Temperatura Máxima, Temperatura Mínima, Temperatura Média e Umidade Relativa do Ar para os pontos de coleta (n = 30)**

	Ponto Coleta	Média	Desvio- Padrão	<i>p</i>
MP <sub>2,5</sub>	IN	5,4	8,2	0,547*
	OUT	3,3	3,6	
MP <sub>10</sub>	IN	21,2	19,8	0,451*
	OUT	24,3	20,6	
Temperatura (°C) MÍN	IN	11,9	3,7	0,712*
	OUT	12,4	3,0	
Temperatura (°C) MÁX	IN	24,5	5,3	0,371**
	OUT	23,3	4,9	
Temperatura (°C) MÉDIA	IN	18,2	3,9	0,721**
	OUT	17,9	3,4	
Umidade AR (%)	IN	78,4	10,8	0,710**
	OUT	79,4	9,9	

\*Mann-Whitney para distribuição não paramétrica.

\*\* teste t de Student para distribuição paramétrica.

Neste estudo, a umidade relativa do ar foi 78,4% *indoor*, e 79,4% *outdoor*, estes valores impactam diretamente na prática de exercícios físicos. Em ambientes com valores elevados de umidade do ar, a evaporação do suor é prejudicada, reduzindo a capacidade termo regulatória em indivíduos submetidos ao exercício físico (MOYEN et al., 2014). Por outro lado, quando a umidade é baixa, o suor produzido é mais facilmente evaporado, permitindo que o calor seja transferido da pele para o ambiente de forma mais eficiente (LEITE, 2016).

Moyen et al (2014) observaram efeitos deletérios da umidade do ar (>70%) sobre o desempenho no exercício físico. Neste estudo, os valores da umidade relativa do ar, estão acima do que seria desejável para uma prática de exercício adequado.

Dentre os dados apresentados é importante analisar quais agentes (temperatura e/ou umidade do ar) podem ter influência nas concentrações do MP. Essa análise pode ser observada na Tabela 4, que apresenta a análise de correlação de Pearson entre o MP<sub>2,5</sub> e MP<sub>10</sub> com a temperatura média e a umidade relativa do ar.

**Tabela 4- Correlação de Pearson entre MP<sub>2,5</sub> e MP<sub>10</sub> com a temperatura média e a umidade do ar no ambiente *indoor* e *outdoor*. Fonte: autor (2022).**

<b>INDOOR</b>		
	Temperatura média	Umidade do ar
MP <sub>2,5</sub>		
Correlação de Pearson	-0,182	0,454
<i>P</i>	0,335	<b>0,012</b>
MP <sub>10</sub>		
Correlação de Pearson	-0,390	0,407
<i>P</i>	<b>0,033</b>	<b>0,026</b>
<b>OUTDOOR</b>		
MP <sub>2,5</sub>		
Correlação de Pearson	-0,085	0,176
<i>P</i>	0,654	0,352
MP <sub>10</sub>		
Correlação de Pearson	-0,532	0,092

P	0,002	0,627
---	-------	-------

De acordo com os dados da Tabela 4, verifica-se que ao correlacionar o  $MP_{2.5}$  e  $MP_{10}$  no ambiente *indoor* com a umidade relativa do ar, observa-se uma correlação significativa e positiva entre a umidade do ar com o aumento das concentrações de  $MP_{2.5}$  e  $MP_{10}$ .

A temperatura média apresentou uma correlação significativa com  $MP_{10}$ , no entanto, foi uma correlação negativa, ou seja, quando a temperatura média aumenta, a concentração do  $MP_{10}$  diminui e vice-versa.

Em um estudo realizado em Uberlândia, Minas Gerais (MG- BR), Nicodemos et al. (2009) demonstraram que as variáveis meteorológicas são fortemente correlacionadas entre si. Além disso, a concentração de  $MP_{10}$  apresentou maior correlação com a umidade relativa e esteve menos correlacionada com a precipitação. A umidade relativa do ar, entre as variáveis meteorológicas estudadas, é a que mais influência no comportamento da concentração do material particulado inalável  $MP_{10}$  (NOGAROTTO, DE LIMA, POZZA, 2020).

Estudos têm demonstrado que as concentrações de  $MP_{2.5}$  e  $MP_{10}$  são sensíveis a diferentes parâmetros meteorológicos. Tran e Mölders (2011) mostraram que concentrações elevadas de  $MP_{2.5}$  tendem a ocorrer sob condições de vento calmo, baixa temperatura (Maughan et al., 2012).

No ambiente *outdoor* a umidade do ar deixou de ser significativa como ocorria no ambiente *indoor*, isto é, não se relaciona com as concentrações de  $MP_{2.5}$  e  $MP_{10}$ . No entanto, apresenta correlação significativa e negativa do  $MP_{10}$  com a temperatura média, ou seja, quando a temperatura média aumenta, a concentração do  $MP_{10}$  diminui e vice-versa.

Avaliar o comportamento das variáveis meteorológicas no contexto de poluição do ar, é imprescindível, pois estão diretamente relacionadas com o comportamento dos poluentes atmosféricos. Dominick et al. (2012) demonstraram que as variáveis meteorológicas como temperatura do ambiente e umidade influenciaram na concentração de  $MP_{10}$ .

Neste estudo, foi possível demonstrar a correlação entre material particulado, temperatura e umidade relativa do ar, comprovando que o controle destas variáveis é fundamental para o a prática adequada de exercícios físicos e o benefício à saúde humana.

## CONCLUSÕES

Este trabalho concluiu que não houve diferença significativa entre os agentes poluentes  $MP_{2.5}$  e  $MP_{10}$ , tanto para o ambiente *indoor* quanto para o *outdoor*. Porém observam-se valores nas concentrações de MP acima das recomendações da WHO e do CONAMA, tanto para o ambiente *indoor* quanto *outdoor*.

A correlação do material particulado com as variáveis meteorológicas, temperatura e umidade relativa do ar demonstram que as variáveis meteorológicas contribuem diretamente para o aumento das concentrações de MP.

Considerando-se que estas variáveis podem ser controladas em um ambiente fechado, através de ações como a climatização do ambiente *indoor*, entende-se que a prática do exercício físico *indoor* é mais segura e adequada, oferecendo menores riscos à saúde.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALEMAYEHU, Y.A.; ASFAW, S.L.; TERFE T.A. Exposure to urban particulate matter and its association with human health risks. *Environ Sci Pollut Res Int*. v. 27, n. 22, p. 27491-27506, 2020. DOI [10.1007/s11356-020-09132-1](https://doi.org/10.1007/s11356-020-09132-1). Acesso em: 6 jul. 2021.
2. BRASIL, Ministério do Meio Ambiente- Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução n. 491, de 19 de novembro de 2018**. Disponível em <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=740>. Acesso em: 29 abr. 2021.
3. \_\_\_\_\_. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). **Resolução n. 9, de 16 de janeiro de 2003**. Determina a publicação de Orientação Técnica elaborada por Grupo Técnico Assessor, sobre Padrões Referenciais de Qualidade do Ar Interior, em ambientes climatizados artificialmente de uso público e coletivo. 2003. Disponível em: [https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2003/rdc0009\\_16\\_01\\_2003.html](https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2003/rdc0009_16_01_2003.html). Acesso em: 11 abr. 2022.
4. \_\_\_\_\_. Ministério do Meio Ambiente- Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução Conama n° 3, de 28 de junho de 1990**. Dispõe sobre padrões de qualidade do ar, previstos no PRONAR. Disponível em: [https://www.ibram.df.gov.br/images/resol\\_03.pdf](https://www.ibram.df.gov.br/images/resol_03.pdf). Acesso em: 23 nov. 2021.
5. \_\_\_\_\_. **Resolução CONAMA n° 5, de 15 de junho de 1989**. Dispõe sobre o Programa Nacional de Controle da Poluição do Ar – PRONAR. Disponível em: [https://urbanismoemeioambiente.fortaleza.ce.gov.br/images/urbanismo-e-meio-ambiente/resolucao/resolucao\\_conama\\_005\\_de\\_1989.pdf](https://urbanismoemeioambiente.fortaleza.ce.gov.br/images/urbanismo-e-meio-ambiente/resolucao/resolucao_conama_005_de_1989.pdf). Acesso em: 26 nov. 2021.
6. \_\_\_\_\_. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução CONAMA n° 382, de 26 de dezembro de 2006**. Brasília. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/noticias/resolucao-conama-382-2006-eficiencia-energetica-com-responsabilidade-ambiental>. Acesso em: 10 jun. 2021.

7. \_\_\_\_\_. **Resolução 432, de 13 de julho de 2011.** Estabelece novas fases de controle de emissões de gases poluentes por ciclomotores, motocicletas e veículos similares novos, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.ibama.gov.br/component/legislacao/?view=legislacao&force=1&legislacao=119357>. Acesso em: 10 jun. 2021.
8. \_\_\_\_\_. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA). **Resolução CONAMA nº 436, de 26 de dezembro de 2011.** Disponível em: <  
<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=660>> Acesso em: 10 jun. 2021.
9. \_\_\_\_\_. Ministério do Meio Ambiente. Padrões de Qualidade do Ar. Brasília. 2018. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/qualidade-do-ar/padroes-dequalidade-do-ar.html>. Acesso em: 25 fev. 2022.
10. CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Qualidade do ar – informações.** São Paulo. 2001. Disponível em: [http://sistemasinter.cetesb.sp.gov.br/Ar/ar\\_saude.asp](http://sistemasinter.cetesb.sp.gov.br/Ar/ar_saude.asp). Acesso em: 10 jun. 2021.
11. EUROPEAN RESPIRATORY SOCIETY AND EUROPEAN LUNG FOUNDATION – ERS&ELF. Exercise and air quality: 10 top tips. **Breathe.** v. 11, n. 3, p. 239-242, 2015. Disponível em: <https://europeanlung.org/en/information-hub/factsheets/exercise-and-air-quality-10-top-tips/> Acesso em: 3 set. 2021.
12. GILES, L. V.; KOEHLE, M. S. The Health Effects of Exercising in Air Pollution. **Sports Medicine.** v. 44:223-249, 2014. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s40279-013-0108-z>. Acesso em: 19 jan. 2022.
13. WHO. World Health Organization. et al. **Ambient air pollution: A global assessment of exposure and burden of disease.** 2016. Disponível em: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/250141>. Acesso em: 4 jul. 2021.
14. \_\_\_\_\_. World Health Organization. **Evolution of WHO Air Quality Guidelines: Past, Present, and Future.** 2017. Disponível em: [https://www.euro.who.int/\\_data/assets/pdf\\_file/0019/331660/Evolution-air-quality.pdf](https://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0019/331660/Evolution-air-quality.pdf). Acesso em: 13 mai. 2021.
15. \_\_\_\_\_. World Health Organization. **WHO global air quality guidelines: particulate matter (PM2.5 and PM10), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide.** 2021. Disponível em: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/345329/9789240034228-eng.pdf>. Acesso em: 8 jan. 2022..