

AVALIAÇÃO DA EXPOSIÇÃO DE CICLISTAS AO PARTICULADO INALÁVEL ATMOSFÉRICO (MP_{10}) EM UM TRECHO URBANO DA CIDADE DE FORTALEZA

Patrícia Freitas Brasil^{1*}, Soujanya Talapala Naidu¹, Daniel Silveira Serra¹, Francisco Sales Ávila Cavalcante¹, Helenamara Fonseca S. de Oliveira², Marlon Anderson S. Café², Jéssica Rocha de Lima², Rinaldo dos Santos Araújo²

¹Laboratório de Biofísica da Respiração - Universidade estadual do ceará - UECE

²Laboratório de Processo Químicos e Ambientais - Instituto Federal do ceará - IFCE Campus de Fortaleza

*patriciafb.brasil@gmail.com

INTRODUÇÃO

A cidade de Fortaleza possui uma malha cicloviária de 225,3 km de ciclovias a qual é amplamente utilizada pela população como equipamento de transporte e lazer, porém ainda não se conhece o efeito da exposição dos usuários destas vias de transporte à poluição do ar e à poluição sonora, conforme Barbosa (2018). A Abraciclo (2010) relaciona que o interesse pelo uso da bicicleta como meio de transporte, além de bastante recomendável, é sustentado pelo fato de que o Brasil, com frota estimada de 60 milhões de bicicletas, é o terceiro produtor mundial de bicicletas, ficando atrás apenas da China (81%) e da Índia (10%). Em Fortaleza a malha de transporte é operada pelo Programa “Bicicletar” que tem como objetivo introduzir a bicicleta como modalidade de transporte público saudável e não poluente (BICICLETAR, 2017). Em países como a Holanda, com aproximadamente 34 mil km de ciclovias, Dinamarca onde a bicicleta é o segundo meio de transporte mais utilizado e na Alemanha o uso da bicicleta em redes cicloviárias é sinônimo de cidades planejadas, eficientes e saudáveis (GAERTE, 2016). Notadamente é crescente o aumento do número de pessoas adeptos por este modal de transporte, em nível local e mundial. Levando-se em consideração a poluição atmosférica, observa-se a literatura especializada relata que em determinados horários os ciclistas tendem a ficar expostos a concentrações mais elevadas de poluentes provenientes da frota veicular e essa exposição contínua aumenta os riscos de problemas respiratórios (DONS *et al.*, 2012; DAIGLE *et al.*, 2003; TAINIO *et al.*, 2016). Segundo Greenwald *et al.* (2016), a atividade física aumenta a taxa de ventilação e em virtude desse fator o ciclista tende a aumentar a dose inalada de poluentes presentes no ar, tornando-se particularmente preocupante para quem faz uso de ciclovias ou caminha em locais com baixa qualidade do ar. A poluição atmosférica é considerada extremamente prejudicial à saúde e pode afetar diretamente na qualidade de vida da população, além de trazer complicações fisiológicas. Além de provocarem efeitos na saúde da população, os problemas causados pela poluição do ar também geram impactos negativos no que se refere à perspectiva econômica e social (DAPPER; SPOHR; ZANINI, 2016). Neste contexto este trabalho teve como objetivo avaliar a exposição de ciclistas ao material particulado inalável (MP_{10}) em um trecho urbano na cidade de Fortaleza-Ceará.

MATERIAIS E MÉTODOS

A área de monitoramento compreende o trecho urbano representado pelas avenidas Domingos Olímpio e Antônio Sales, equivalente a uma distância de aproximadamente 5 km, tendo

como ponto de partida a Praça da Igreja do Otávio Bonfim (Estação 36 do Programa Bicicletar) e finalização nas proximidades da Estação 29 do Programa Bicicletar localizada na Avenida Antônio Sales (Figura 1).



Figura 1. Imagem da Ciclovia/ciclofaixa das Avenidas Domingos Olímpio e Antônio Sales usada neste estudo. Fonte: Adaptado de Google Earth (2018).

As coletas foram prioritariamente realizadas no turno matutino durante 7 dias da semana. As avenidas foram monitoradas entre os horários das 07:00 às 08:00 h da manhã e o percurso realizado com o uso de bicicletas do programa Bicicletar. Para a contagem do material particulado inalável (MP_{10}) foi utilizado um analisador mássico Met One (Figura 2) que opera sob fluxo de 2,83 L/min. A faixa de medição varia de 0 a 1000 $\mu g/m^3$ e a precisão referenciada é de 0,1 $\mu g/m^3$.

O ciclista voluntário foi um indivíduo do sexo feminino com 25 anos de idade, estatura de 1,66 m, 60 kg e IMC de 21,8. Para fins legais o voluntário assinou um termo de consentimento livre e esclarecido. Adicionalmente, como critério de exclusão do participante foi considerado a existência de doença pulmonar obstrutiva crônica no voluntário ou sintomas asmáticos e se o mesmo permanecia cotidianamente em locais com muita poeira ou exposição a fumaça, para que não houvesse interferência ou equívoco com os dados coletados durante a pesquisa. A pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa com seres humanos da

Universidade Estadual do Ceará (UECE) submetido através da Plataforma Brasil do Ministério da Saúde (Protocolo de autorização CAAE: 0319018.6.0000.5534) e aprovado sob parecer No 3.083.781. Em uma segunda etapa da pesquisa, e sob a supervisão médica, foi realizado um teste Ergoespirométrico com o voluntário selecionado. Para o teste foi utilizado uma esteira *Smart Runner Upfitness*® com capacidade máxima de 120 kg e controle de velocidade até 16 km/h. O equipamento apresenta 12 níveis de inclinação para simular, caso seja necessário, corridas e caminhadas em diferentes lugares e um sensor para desligamento automático em caso de imprevistos. Os níveis de ventilação (L/min) do ciclista foram estimados indiretamente a partir de medidas da frequência cardíaca (bpm), conforme descrito por Zuubier *et al.* (2009). A frequência cardíaca foi registrada a cada segundo usando uma cinta Polar H10. Para o teste, após 5 a 10 min de descanso, o voluntário foi posicionado na bicicleta ergométrica usando uma máscara facial para medir as inalações nasal e bucal simultaneamente. A frequência cardíaca e a ventilação foram medidas com o aumento da intensidade do ciclo em períodos de registro de um minuto. Analiticamente a partir dos dados lançados na curva de frequência cardíaca *versus* o logaritmo natural ventilação/min foi obtida a equação particular de regressão do participante. Finalmente, os níveis de exposição individual a poluição do ar ($\mu\text{g}/\text{min}$) para material inalável foram calculados a partir da curva de regressão e da concentração volumétrica ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) da espécie MP_{10} , conforme descrito por Apparicio *et al.* (2018).



Figura 2. Contador mássico Met One utilizado para medição do material particulado inalável durante as coletas nas cicloviárias. Fonte: O próprio autor.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 3 e a Tabela 1 apresentam os resultados experimentais das coletas do material particulado inalável de 10 μm no trecho urbano em estudo. Os resultados da Figura 3 e Tabela 1 mostram que as concentrações máximas de particulados inaláveis encontradas não ultrapassam o limite estabelecido ($120 \text{ g}/\text{m}^3$), pela resolução 491 do CONAMA (BRASIL, 2018) para o particulado inalável (MP_{10}), entretanto quando comparados aos limites estabelecidos pela OMS (WHO, 2015) observam-se ocorrências superiores ao máximo permitido ($50 \text{ g}/\text{m}^3$). No dia 13/09/2018 (quinta-feira) o perfil coletado do material particulado obteve valores máximo de $102,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ média de $33,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$, apresentando-se como o pior dia entre as coletas realizadas no trecho em estudo. Em estudo similar realizado na Av. Doutor Silas Munguba por Souza (2017), considerada como uma via de elevado fluxo veicular na cidade de Fortaleza observou-se concentrações de MP_{10} com variações entre $34,9$ e $66,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e média de $48,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$, as quais são semelhantes as observadas neste trabalho. A Figura 4 apresenta as estimativas de exposição ($\mu\text{g}/\text{min}$) ao MP_{10} no período da coleta no trecho urbano sob investigação.

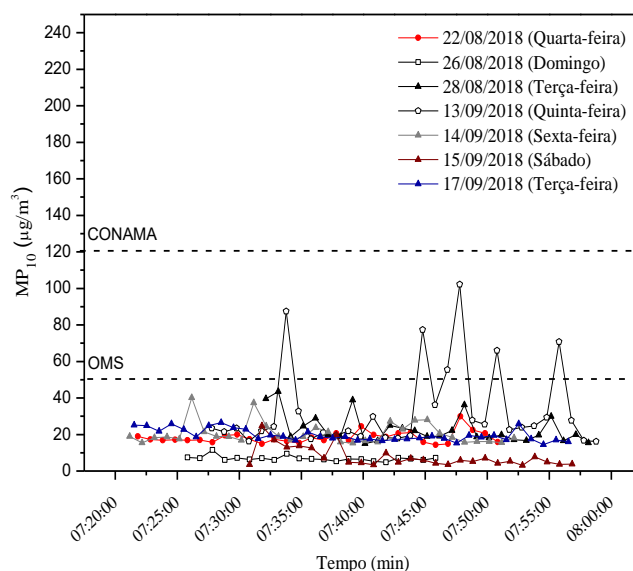


Figura 3. Perfil do material particulado inalável (MP_{10}) coletado durante o período da manhã nas cicloviárias/ciclofaixas das Avenidas Domingos Olímpio e Antônio Sales na cidade de Fortaleza-Ceará.

Tabela 1 - Estatísticas básicas das coletas de particulado inalável (MP_{10}) realizadas nas manhãs dos dias 22/08, 26/08, 28/08, 13/09, 14/09, 15/09 e 17/09 no trecho urbano em estudo na cidade de Fortaleza-Ceará.

Dias	Média	Mínimo	Máximo	Desvio Padrão
22/08/2018	18,4	14,3	29,9	3,25
26/08/2018	6,38	4,80	11,5	1,42
28/08/2018	23,1	15,0	45,5	7,95
13/09/2018	33,4	16,1	102,2	22,7
14/09/2018	20,5	15,3	40,1	6,02
15/09/2018	7,79	3,10	24,7	5,55
17/09/2018	19,7	14,4	26,5	3,32

Fonte: O próprio autor.

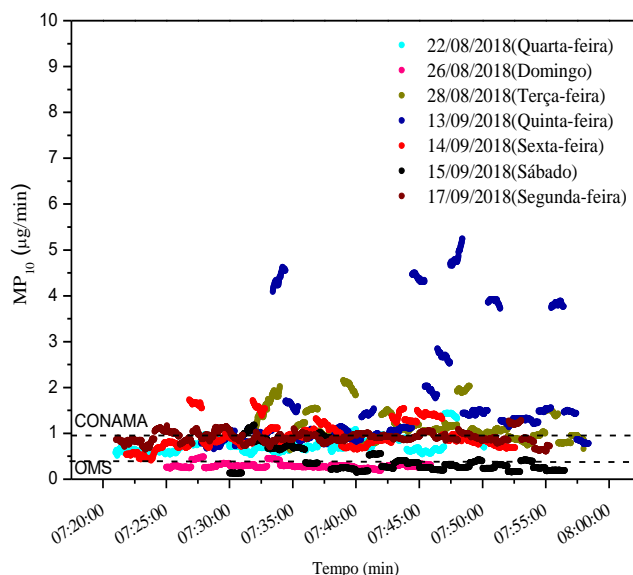


Figura 4. Estimativas da exposição de MP_{10} ($\mu\text{g}/\text{min}$) durante as coletas realizadas no período matutino nas cicloviárias/ciclofaixas das Avenidas Domingos Olímpio e Antônio Sales na cidade de Fortaleza-Ceará. Fonte: O próprio autor.

Na Figura 4, os valores encontrados de exposição ao MP_{10} nos dias 28/08 (terça-feira), 13/09 (quinta-feira) e 14/09 (sexta-feira)

mostraram-se bem acima dos valores recomendados pelo equivalente máximo de exposição do CONAMA (0,96 µg/min). Esses dias são notadamente referenciados como de maior tráfego veicular na cidade de Fortaleza. Particularmente, No dia 13/09/2018 são até quatro vezes superiores ao valor permitido pelo CONAMA. Quando comparados com o máximo referencial da OMS (0,40 µg/min) percebe-se agravamento da situação, caracterizando um estado alarmante de poluição ao qual o ciclista está exposto durante o horário de *rush* matutino. A preocupação maior com os ciclistas se justifica em função da maior vulnerabilidade decorrente do aumento da frequência respiratória e a maior exposição ao inalar os poluentes presentes no trecho em estudo (ZUBBIER *et al.*, 2009; DONS *et al.*, 2018).

CONCLUSÕES

O material particulado inalável de 10 µm foi encontrado em sua maioria em níveis de concentração (µg/m³) abaixo do recomendado pelas legislações do CONAMA e da OMS. Entretanto quando se avaliam as estimativas de exposição (µg/min) os valores mostraram elevados e preocupantes durante o horário do *rush* no período da manhã, o que precisa ser melhor investigado quando se consideram os prováveis efeitos deletérios a longo e curto prazo ao sistema respiratório e a saúde dos usuários da ciclovia em estudo na cidade de Fortaleza-Ceará.

REFERÊNCIAS

- ABRACICLO, - Associação Brasileira dos Fabricantes de Motocicletas, Ciclomotores, Motonetes, Bicicletas e Similares - Site: <http://abraciclo.com.br/2018/1227-producao-de-bicicletas-cresce-25-7-em-setembro>. Acessado em 20 de outubro de 2018.
- APPARICIO, P. *et al.* Exposure to noise and air pollution by mode of transportation during rush hours in Montreal. **Journal of Transport Geography**, v. 70, p. 182-192, 2018.
- BARBOSA, C. Ciclofaixa de fortaleza: saiba quais ruas e avenidas têm espaços exclusivos para ciclistas:[s.n], 2018. Disponível em: <<https://fortalezaetc.com.br/ciclofaixa-de-fortaleza/>>. Acesso em 28 out. 2018.
- BICICLETAR. Bicicleta-Bicicletas compartilhadas de Fortaleza. [s.n.], 2017. Bicicleta. Disponível em: <<http://www.bicicleta.com.br/>>. Acesso em: 05 Abr. 2019.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução Nº 491**, de 19 de novembro de 2018. Estabelece padrões de qualidade do ar. Informativo Diário. William Freire Advogados Associados, de 21 nov. 2018.
- DONS, E. *et al.* Personal exposure to black carbon in transport microenvironments **Atmospheric Environment**, v. 55, p. 392-398, 2012.
- DONS, E. Wearable sensors for personal monitoring and estimation of inhaled traffic-related air pollution: evaluation of methods. **Environmental Science & Technology**. DOI: 10.1021/acs.est.6b05782. Web. 1-23. 2018.
- DAIGLE, C. C. *et al.* Ultrafine particle deposition in humans during rest and exercise. **Inhalation Toxicology**, v. 15, p. 539-552, 2003.
- DAPPER, S. N.; SPOHR, C.; ZANINI, R. R. Poluição do ar como fator de risco para a saúde: uma revisão sistemática no estado de São Paulo. **Estudos Avançados**, v. 30, n. 86, p. 83-97, 2016.
- GAETE, C, M. La estratégia de amsterdam a 2020 para enfretar el crecimiento de viajes en bicicleta. ArchDaily Brasil. Trad. Baratto, Romullo. Acessado 5. Abr. 2019. <<https://www.archdaily.com.br/br/797012/a-estrategia-de-amsterda-para-se-adequar-ao-aumento-do-uso-de-bicicletas>>ISSN 0719-8906.
- GREENWALD, R. *et al.* A Novel Method for quantifying the inhaled dose of air pollutants based on heart rate, breathing rate and forced vital capacity. **Plos One**, v, 18. 1- 14. 2016.

WHO. World Health Organization. Update of the WHO Global Air Quality Guidelines (AQGs), 2015.

SOUSA, N. A. **Determinação de material particulado em um corredor de trânsito e modelagem da deposição no sistema respiratório: estudo de caso em Fortaleza - Ce.** 103 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Físicas Aplicadas, 2016). Universidade Estadual do Ceará. Fortaleza: UECE, 2016.

TAINIO, M. *et al.* Can air pollution negate the health benefits of cycling and walking?. **Preventive Medicine**, v. 87, p. 233-236, 2016.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Health topics Air pollution**. Disponível em:<http://www.who.int/topics/air_pollution/en/> Acessado em: 14 abr. 2019.

ZUURBIER, M. *et al.* Minute ventilation of cyclists, car and bus passengers: an experimental study. **Environmental Health**, v. 8, n. 48, p. 1-10, 2009