

## Qualidade do ar interno em veículo não climatizado do transporte coletivo de Cuiabá – MT

### Indoor air quality in non-air-conditioned vehicle of public transport of Cuiabá – MT

Roberta Daniela de Souza<sup>1</sup>; Jonathan Willian Zangeski Novais<sup>2</sup>, Flávia Maria de Moura Santos<sup>3</sup>, Marcelo Dias de Souza<sup>4</sup>, Vanusa de Souza Pacheco Hoki<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Eng. Ambiental, Ma. em Ciências Ambientais, Doutoranda no Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Física Ambiental (PPGFA); Cuiabá, MT; E-mail: roberta.souza@fisica.ufmt.br

<sup>2</sup>Prof. Dr. na Universidade de Cuiabá – Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu (Mestrado) em Ciências Ambientais; Cuiabá, MT; E-mail: jonathan.novais@kroton.com.br

<sup>3</sup>Profa. Dra. na Universidade Federal de Mato Grosso – Programa de Pós-graduação Stricto Sensu em Física Ambiental (PPGFA); Cuiabá, MT; E-mail: flavia\_mms@hotmail.com

<sup>4</sup>Prof. Dr. na Universidade de Cuiabá – Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu (Mestrado) em Ciências Ambientais; Cuiabá, MT; E-mail: marcelo.dias@florestal.eng.br

<sup>5</sup>Eng. Civil, Ma. em Ciências Ambientais, Doutoranda no Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Física Ambiental (PPGFA); Cuiabá, MT; E-mail: vanusahoki@gmail.com

---

**RESUMO:** O estudo acerca da qualidade do ar no interior de ambientes tem se intensificado nas últimas décadas frente a preocupação da exposição humana à agentes físicos, químicos ou biológicos presentes nos ambientes, além dos possíveis efeitos deletérios a saúde de seus ocupantes. Assim, este estudo teve como objetivo avaliar a qualidade do ar no interior do ônibus, não climatizado, do transporte coletivo de Cuiabá capital do estado de Mato Grosso. Para tanto, monitorou-se as concentrações de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) em três pontos predefinidos nos horários matutino, vespertino e noturno em três dias úteis consecutivos no mês de agosto (seco) de 2018 e no mês de fevereiro (chuvoso) de 2019. Os resultados foram comparados aos valores de referência descritos na Resolução ANVISA n°09/2003. Nos resultados, de um total de 18 (dezoito) coletas, o limite máximo normatizado de 1000 ppm para as concentrações de CO<sub>2</sub>, foi ultrapassado uma vez e registrado no P1 (1082 ppm) horário matutino do período seco, porém, em outras três coletas foram identificadas altas concentrações, sendo no P2 (989 ppm) horário noturno período seco, os demais registros foram no período chuvoso, P3 (906 ppm) horário vespertino e P2 (950 ppm) no horário noturno. É possível inferir que as concentrações CO<sub>2</sub> apesar de estarem em consonância ao limite normatizado pela RE/ ANVISA n°09/2003, em três amostragens foram registrados valores superiores a 900 ppm, não descartando indícios da ineficiência do sistema de ventilação em relação a diluição das concentrações de poluentes no interior do veículo.

**Palavra-chave:** Ônibus; Dióxido de carbono, QAI, Poluição.

**ABSTRACT:** The study of indoor air quality in indoor environments has intensified in recent decades because of the concern about human exposure to physical, chemical, or biological agents present in environments, in addition to the possible deleterious effects on the health of its occupants. Thus, this study aimed to evaluate the air quality inside the bus, not air-conditioned, of public transport in Cuiabá, the capital of the state of Mato Grosso. To this end, carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) concentrations were monitored at three predefined points in the morning, afternoon, and night on three consecutive working days in August (dry) 2018 and February (rainy) 2019. The results were compared to the reference values described in ANVISA Resolution N°. 09/2003. In the results, from a total of 18 (eighteen) collections, the standardized maximum limit of 1000 ppm for CO<sub>2</sub> concentrations was exceeded once and recorded in P1 (1082 ppm) in the morning of the dry period, however, in three other collections high concentrations were identified, being in P2 (989 ppm) night time dry period, the other records were in the rainy season, P3 (906 ppm) afternoon time and P2 (950 ppm) in the night time. It is possible to infer that the CO<sub>2</sub> concentrations, despite being in line with the limit standardized by ANVISA/RE N°. 09/2003, in three samplings, values higher than 900 ppm were recorded, not ruling out evidence of the inefficiency of the ventilation system concerning the dilution of the concentrations of pollutants inside the vehicle.

**Keyword:** Bus; Carbon dioxide, IAQ, Pollution.

---

## 1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, o estudo acerca da qualidade do ar no interior de ambientes vem se intensificando frente a preocupação da exposição humana à agentes físicos (radiação, altas temperaturas e ruído) químicos (poeira, gases) ou biológicos (vírus, fungos e bactérias) presentes nos ambientes, além dos possíveis efeitos deletérios a saúde de seus ocupantes.

Segundo ANVISA (2003), a qualidade do ar interior (QAI) é o estado do ar de um ambiente fechado, derivado do processo de ocupação com ou sem climatização artificial.

O interesse da comunidade científica sobre o assunto, deve-se ao tempo de permanência do indivíduo no interior de um ambiente, seja residencial, nos locais de trabalho, ou ainda, em veículo utilizado para realização de atividades cotidianas.

Assim, principalmente nas grandes cidades em que tempo de deslocamento é maior, é relevante a investigação da QAI em meios de transporte, climatizados ou não, destinados ao uso coletivo. Chan e Chung (2003) explicam que habitantes de regiões urbanas passam aproximadamente 7% do seu tempo diário em meios de transporte.

Quinet (2000) e Quadros (2008) enfatizam sobre a necessidade de identificação de fatores de riscos à saúde dos passageiros durante o tempo de permanência no veículo, como por exemplo o excesso de passageiros e um sistema de ventilação inadequados. Novais et al. (2017) afirmam que os ocupantes de um determinado ambiente, sofrem interferência direta e indireta desses ambientes e de todos os elementos e fatores que o compõem.

Neste contexto, Vallero (2008) e Gurjar et al.(2010), esclarecem que muitos dos componentes que constituem a poluição do ar atmosférico nas cidades podem ser facilmente transportados para dentro do espaço veicular. A Agência de Proteção Ambiental (EPA) dos Estados Unidos verificou que em alguns ambientes internos as concentrações de poluentes do ar foram de duas à cinco vezes superiores quando comparado aos do ar externo (Fakhoury, 2017).

Ademais, outros pesquisadores esclarecem que a QAI em veículos não se abstém apenas a poluentes presentes no ar externo, mas também pela autopoluição da própria fumaça do motor e do vapor dos combustíveis utilizados (GEISS, et al. 2009; ABI-ESBER & EL-FADEL 2013; YUE, et al. 2017).

Dentre as substâncias tóxicas emitidas pelos escapamentos de automóveis que comprometem a qualidade do ar no interior do ambiente pode-se citar o metano (CH<sub>4</sub>), o óxido nitroso (N<sub>2</sub>O), dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) dentre outros (JARAMILLO et al. 2012). Dos gases mencionados, um dos principais poluentes a ser investigado na avaliação da qualidade do ar em um ambiente interno é o CO<sub>2</sub>, pois é considerado um indicador da eficiência de renovação do ar (BRASIL, 2003).

Em particular, o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) também conhecido como anidrido carbônico ou gás carbônico, é um composto químico gasoso incolor e inodoro disperso na atmosfera por processo de combustão dos motores veiculares e exalado constantemente nos processos de respiração humana (GIODA & AQUINO NETO, 2003; PROCHNOW, 2003).

Em ambientes fechados e mal ventilados as concentrações deste gás podem atingir níveis inadequados devido ao excesso e acúmulo (CARMO & PRADO, 1999; SILVA, 2020). Isto ocorre pois, no processo de respiração humana acontecem trocas de oxigênio e CO<sub>2</sub> e por esse motivo, quanto maior for o número de pessoas ocupantes de um determinado ambiente, tanto maior será a concentração de CO<sub>2</sub> (SILVA, 2020). Ainda nesse sentido, a pesquisa realizada por Chan (2003) no interior dos ônibus do transporte público da cidade de Hong Kong, comprovou que nos momentos de pico de ocupação, as concentrações deste gás podem ser até dez vezes superiores comparado ao ambiente externo.

Em relação aos padrões de qualidade do ar em circulação em ambientes internos, a Resolução RE/ANVISA n° 09 de 16 de janeiro de 2003, recomenda como limite de

referência, níveis máximos/toleráveis de concentração de dióxido de carbono igual e não superior a 1000 ppm (BRASIL, 2003).

Baseado nestas informações, é essencial o reconhecimento das reais condições relacionadas a QAI nestes veículos de uso coletivo, devido ao tempo de permanência de passageiros e colaboradores no veículo.

Isto posto, pretende-se com este estudo avaliar a qualidade do ar no interior do ônibus, não climatizado, do transporte coletivo de Cuiabá capital do estado de Mato Grosso, verificando se concentrações de dióxido de carbono estão em conformidade aos valores de referência descritos na Resolução ANVISA n°09/2003 (BRASIL, 2003).

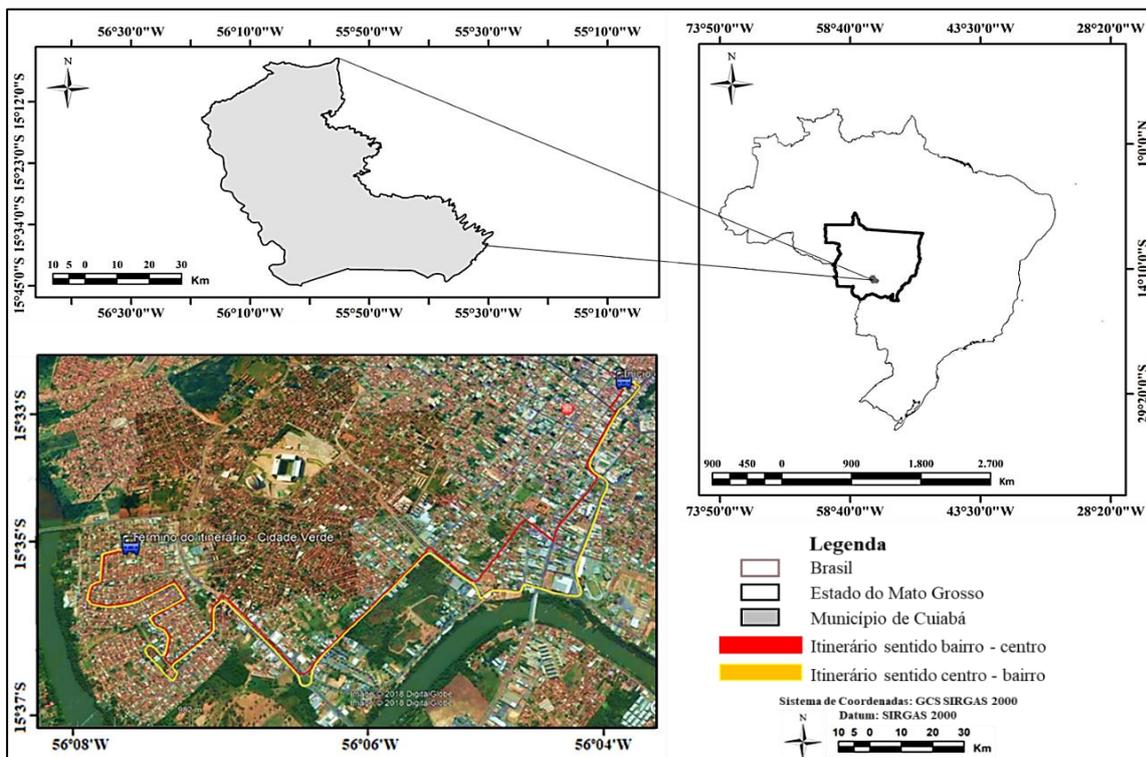
## 2. MATERIAIS E MÉTODO

O estudo foi realizado no município de Cuiabá, capital do Estado de Mato Grosso, localizado na porção centro-sul do estado sob as coordenadas 15° 35' 46" de latitude Sul, e 56° 5' 48" de longitude Oeste (Figura 1). De acordo com classificação de Koppen possui clima do tipo Aw, apresentando duas estações bem definidas, uma seca de abril a outubro e outra chuvosa de novembro a março (ALVARES et al. 2013), e população estimada de 551.098 habitantes, (BRASIL, 2010), na qual cerca de 200 mil pessoas fazem uso diariamente da frota do transporte coletivo de acordo com a Associação Mato-grossense dos Transportadores Urbanos (MTU, 2017).

A linha eleita para realização da pesquisa realiza itinerário entre os bairros residenciais e o centro da cidade, com tempo de duração de aproximada 60 minutos para realização do percurso completo (centro-bairro-centro) de 18 km.

Na figura 1 estão dispostos os itinerários da linha (Centro – Terminal Cidade verde – Centro), com destaque para os bairros percorridos no mapa do município.

Figura 1 – Localização Geográfica do município de Cuiabá, MT, Brasil. Com destaque para o Itinerário da linha de ônibus entre bairros (Centro - terminal Cidade Verde – Centro), o traçado amarelo refere-se a rota sentido centro-bairro e o vermelho sentido bairro-centro.

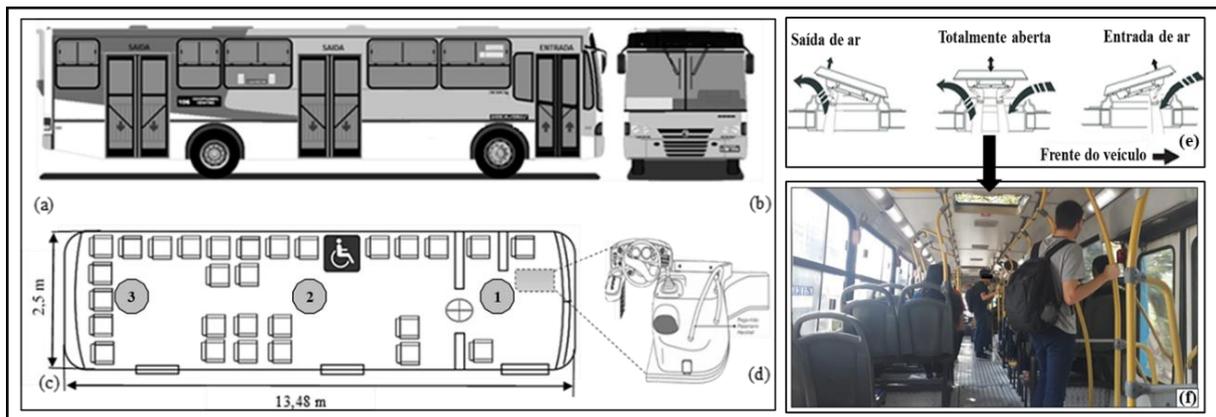


Fonte: Silva (2021).

Para o estudo, monitorou-se as concentrações de CO<sub>2</sub> em três pontos no interior dos ônibus (Figura 2, c), estando o primeiro (P1) localizado no compartimento do motorista, e os demais distribuídos após a catraca (P2 e P3), posterior as portas de acesso (entrada-saída).

O ambiente interno do ônibus, sua caracterização estrutural e planta baixa simplificada estão apresentados pela Figura 2.

Figura 2 – Caracterização estrutural do ônibus: (a) visão lateral do veículo; (b) visão frontal do veículo; (c) planta baixa simplificada com dimensões do veículo e especificações técnicas e (d) posicionamento do motor na parte frontal do veículo, (e) escotilhas e posicionamento correto para efetiva renovação e/ou ventilação de ar no salão de passageiros e (f) entradas de ar no teto do ônibus em estudo.



Fonte: Adaptado de Vasco (2011), e MARCOPOLO (2014).

De acordo com a Figura 2 (c e d) os veículos possuem o motor posicionado na parte dianteira e chassi-plataforma (onde estão interligados carroceria e motor) fabricada pela montadora Volkswagen 17/230 (ano 2011), enquanto a estrutura da carroceria (local de acomodação de passageiros e área do motorista) modelo Torino é de fabricação da encarroçadora Marcopolo S.A. O veículo possui três portas (duplas) pivotadas elétricas, estando a segunda (disposta na parte central do veículo) equipada com sistema de rampa elevatória para os cadeirantes, e capacidade para transporte de 32 passageiros sentados e 44 passageiros em pé.

Cabe ressaltar que como os veículos da respectiva linha possuem as mesmas características construtivas (marca/modelo) com motor posicionado na parte dianteira e sem a presença de um sistema ativo de climatização, a amostragem não se absteve a um único veículo, pois a intenção do estudo é recolher informações das concentrações de CO<sub>2</sub> destes ambientes.

No intuito de otimizar resultados e obter maior controle sobre o erro experimental durante o procedimento de amostragem, utilizou-se uma técnica de controle que consiste em subdividir o tratamento em blocos homogêneos para que o dimensionamento da amostra transcorra de maneira a aleatorizar os pontos de coleta no interior do veículo em função dos horários de amostragem.

Os dados foram registrados em três dias úteis durante períodos distintos do ano, no mês de agosto (seco) de 2018 e no mês de fevereiro (chuvoso) de 2019, em três turnos, matutino (início das coletas às 8h), vespertino (às 14h) e noturno (às 18h) em condições de tempo atmosférico estável (céu claro e ventos fracos), com registros a cada dois minutos durante o tempo de realização do itinerário completo (centro-bairro-centro) de aproximadamente 60 minutos.

Para tanto, contou-se com o auxílio de um instrumento portátil denominado Analisador Multiparâmetros- Modelo C-02, fabricado pela empresa Instrutherm, localizada na cidade de São Paulo – SP, Brasil. O instrumento fornece informações com escala de medição

para concentrações de dióxido de carbono em partes por milhão (ppm) de 0 ppm a 6000 ppm (precisão de  $\pm 3\%$  de leitura ou  $\pm 50$  ppm) conforme Tabela 1.

Tabela 1 - Especificações técnicas do Analisador de Dióxido de Carbono.

Especificações	Variáveis		
	CO <sub>2</sub> (ppm)	T(°C)	UR (%)
Escala	0 a 6000	-20 a 60	10 a 95
Precisão	$\pm 3\%$ de leitura ou $\pm 50$ ppm	$\pm 1$	$\pm 5$

Fontes: Adaptado de Instrutherm (2010).

Conforme o esquema representativo indicado na Figura 3, o equipamento foi manuseado pelos pesquisadores, a aproximadamente 120 cm (cento e vinte centímetros) de altura em relação ao piso, devido a inviabilidade de instalação de um aparato para fixação no ambiente durante o tempo de coleta, evitando obstruir a circulação normal (entrada-saída) de passageiros no corredor, garantindo a segurança do equipamento e pesquisadores visto que o ônibus permanece em movimento constante.

Figura 3 – Esquema representativo da altura adotada para manuseio do instrumento no interior do ônibus, e, Analisador de Dióxido de Carbono - Modelo C-02, fabricado por Instrutherm.



Fontes: Acervo digital do autor, e adaptado de Carriel (2009) e Ferreira (1988).

A padronização da altura adotada para manuseio do equipamento levou em consideração medidas antropométricas (dimensões do corpo humano) definidas pelo Instituto Nacional de Tecnologia (FERREIRA, 1988), tal medida corresponde aproximadamente a região da cabeça (vias do trato respiratório), para um indivíduo sentado.

Após a amostragem, os dados foram compilados em planilhas do Software Microsoft® Excel® do pacote Office 365 (para Windows 10) e comparados aos valores limite normatizados pela resolução RE/ANVISA n° 09 (BRASIL, 2003) que estabelece padrões referenciais e/ou orientações com foco em ambientes climatizados de uso público e coletivo, com limite máximo de 1000 ppm para CO<sub>2</sub>.

Por fim, os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) no intuito de verificar a ocorrência de diferença significativa entre as médias dos fatores estudados (pontos

de amostragem x horários de coletas), sendo estes comparados a um nível de significância de 5% aplicando o Teste de Tukey, com o auxílio do software R, que de acordo com R Development Core Team (2019) trata-se de um software livre sob os termos da General Public License da Free Software Foundation – GNU, em forma de código fonte para desenvolvimento de cálculos estatísticos.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

As variações horárias das concentrações de CO<sub>2</sub> registradas, os valores médios (Méd.) e o desvio padrão (DP) estimados nos períodos seco e chuvoso estão descritos na Tabela 2.

Tabela 2 – Valores registrados e estimados de CO<sub>2</sub> no interior veicular em função dos horários, nos períodos estudados.

Concentrações de CO <sub>2</sub> (ppm)						
Período do Ano						
Valor de Referência	Dia/Horário/Ponto	Período Seco			Período Chuvoso	
		Mín. – Máx.	Méd. ± DP	Mín. – Máx.	Méd. ± DP	
RE/ANVISA n° 09 <b>1000 ppm</b>	1° Dia	M P1	559 – <b>1082</b>	696 103	536 – 745	603 55
		V P2	468 – 709	582 58	550 – 707	618 49
		N P3	516 – 651	560 32	500 – 890	656 105
	2° Dia	M P2	500 – 813	605 86	532 – 840	603 84
		V P3	467 – 701	572 48	520 – <b>906</b>	633 76
		N P1	517 – 782	621 72	520 – 880	651 91
	3° Dia	M P3	493 – 757	582 66	540 – 840	639 78
		V P1	539 – 898	659 93	501 – 807	616 57
		N P2	575 – <b>989</b>	680 97	565 – <b>950</b>	680 100

Legenda: Min. = Mínimo; Máx.= Máximo, Méd.= Média; M = Matutino; V = Vespertino; N = Noturno; P = Pontos experimentais; (localização dos pontos: P1 = área do motorista; P2 = centro do salão de passageiros; P3 = final do salão de passageiros).

Nas concentrações de CO<sub>2</sub> (Tabela 2), nota-se que em uma, de um total de 18 (dezoito) coletas, o limite máximo de 1000 ppm recomendado pela RE/ANVISA n° 09 (BRASIL, 2003) foi ultrapassado. O valor excedido (1082 ppm) foi registrado no P1 durante a primeira amostragem realizada no horário matutino do período seco, na área central de Cuiabá. Contudo, mesmo se tratando de um único registro excedente, em outras três coletas foram identificadas valores máximos próximos ao limite normatizado, sendo o primeiro registrado no período seco (989 ppm) no P2 na amostragem noturna do terceiro dia, e, os demais a amostragem do período chuvoso nos pontos P3 (906 ppm) horário vespertino do segundo dia e P2 (950 ppm) no horário noturno do terceiro dia, ambos no bairro do Porto.

Resultados similares foram encontrados por Peiter (2014), em sua avaliação do ambiente interno veicular do transporte coletivo no município de São Carlos, interior do estado de São Paulo, em que foram registradas variações de CO<sub>2</sub> entre 600 ppm e 800 ppm, estando também em consonância com o limite máximo estabelecido pela resolução ANVISA.

Uma vez sabendo que o CO<sub>2</sub> é uma importante ferramenta nas avaliações de QAI por fornecer indícios da eficiência de renovação do ar, diante aos valores (excedido e limítrofes) registrados, não se pode descartar possíveis falhas do sistema de ventilação natural implantado nestes veículos, bem como risco de contaminação por outros agentes químicos e até mesmo microbiológicos. Cabe salientar, ainda que as concentrações de CO<sub>2</sub> mantenham-se dentro dos limites normatizados, a exposição contínua pode acarretar efeitos deletérios para saúde a longo prazo.

Braga et al. (2001) e Slezakova et al. (2012) em seus estudos, advertem sobre os possíveis riscos da exposição humana a poluentes do ar interior e os efeitos de curto e longo prazo sobre a saúde. Os pesquisadores complementam ainda, que nos efeitos de curto prazo (agudos) a manifestação dos sintomas podem ocorrer em horas ou dias após a exposição, já a longo prazo (crônicos) surgem após anos ou até mesmo décadas de exposições contínuas.

Os efeitos da inalação da fumaça emitida pelos escapamentos dos carros nas vias, graxas e a poeira (pó de asfalto) presente no ar ambiente, podem afetar diretamente o sistema respiratório e cardiovascular, ocasionando a curto prazo quadros de alergias, irritação na pele e nos olhos, dores de cabeça, vertigem, sonolência, distúrbios visuais e náuseas; porém a longo prazo podem surgir patologias mais serias como doença pulmonar obstrutiva (DPOC), bronquite crônica e câncer de pulmão (GOYAL & KHARE, 2010; SLEZAKOVA et al., 2012; LIMA et al., 2016).

Ao considerar os aspectos supracitados, há uma maior preocupação com o motorista (P1), pois no cumprimento de sua jornada laboral, está exposto continuamente a diversos poluentes.

Na análise estatística aplicada para a variável CO<sub>2</sub>, constatou-se diferenças significativas (p <0,05) entre os pontos em relação aos horários em que foram realizadas as amostragens no interior veicular (Tabela 3).

Tabela 3 – Análise Fatorial e valores médios de CO<sub>2</sub> dos pontos experimentais no interior veicular em função dos horários, nos períodos seco e chuvoso.

Horário	Período do Ano					
	Período Seco			Período Chuvoso		
	P1	P2	P3	P1	P2	P3
Matutino	700,83 <b>Aa</b>	604,80 <b>Bb</b>	591,43 <b>Ba</b>	616,03 <b>Aa</b>	605,50 <b>Ab</b>	646,03 <b>Aa</b>
Vespertino	666,36 <b>Aab</b>	587,06 <b>Bb</b>	572,76 <b>Ba</b>	623,80 <b>Aa</b>	620,40 <b>Ab</b>	646,66 <b>Aa</b>
Noturno	625,10 <b>Bb</b>	677,60 <b>Aa</b>	560,13 <b>Ca</b>	636,80 <b>Ba</b>	700,43 <b>Aa</b>	663,20 <b>ABa</b>
<b>CV (%)</b>	<b>12,53</b>			<b>12,51</b>		
<b>p-value</b>	<b>&lt;0,01</b>			<b>0,03</b>		

Legenda: Médias seguidas de mesma letra **maiúscula nas linhas** e **minúscula nas colunas** não diferem estatisticamente entre si ao nível de 5% (0,05) de probabilidade pelo teste de Tukey.

Nos resultados descritos na tabela 3, no período seco, os maiores valores médios de CO<sub>2</sub> das amostragens realizadas nos horários matutino e vespertino foram observadas no P1 sobressaindo-se dos demais, já nas amostragens realizadas no horário noturno apesar das diferenças estatísticas entre todos os pontos, o maior valor médio ocorreu no P2.

No período chuvoso, não foram observadas diferenças estatísticas entre os valores médios dos pontos nos horários matutino e vespertino amostrados. Em relação ao horário noturno os maiores valores médios foram observados no P2 e P3, seguidas pelo P1.

As maiores concentrações médias significativas de CO<sub>2</sub> observadas no P1 (período seco) podem ter relação a aglomeração de passageiros na área do motorista, que antecede a catraca, pois como não há a função de cobrador, muitos permanecem no local para aquisição de passagens durante itinerário.

Ressalta-se que no P2 nas amostragens noturnas foram observadas as maiores concentrações médias significativas de CO<sub>2</sub> no período seco, que pode estar relacionado ao tempo de permanência em regiões centrais.

Fatores como o grande fluxo de veículos e congestionamento observados em todas as amostragens noturnas contribuem para o aumento das concentrações de poluentes no interior veicular, devido o veículo não estar em movimento e com portas fechadas a ventilação e a circulação do ar em seu interior realizada pelas janelas e escotilhas localizadas no teto torna-se comprometida.

Frota e Schiffer (2006) em seus estudos explicam que o ar insuflado constantemente pelas janelas e escotilhas localizadas no teto do veículo auxiliam na higienização do ar no ambiente diluindo as concentrações de gases e poluentes, dentre eles o CO<sub>2</sub>. Porém, certas circunstâncias podem interferir no processo de renovação do ar como por exemplo o correto posicionamento das escotilhas de ar no teto do veículo, o fechamento de janelas e escotilhas no período chuvoso, e a interação entre a quantidade de CO<sub>2</sub> transportado do exterior para o interior do ônibus e o produzido por processos metabólicos conforme explicado por Vallero (2008), resultando em concentrações acima do permitido pela normativa supracitada, como identificado no P1.

Ademais, conforme elucidado por Carmo e Prado (1999), se no ar externo conter altas concentrações CO<sub>2</sub>, como é o caso de áreas com grande fluxo de veículos, poderá ocorrer um efeito inverso a renovação do ar no ambiente veicular devido ao “excesso e o acúmulo”, contribuindo para a elevação das concentrações.

Segundo Vallero (2008) e Gurjar et al. (2010) poluentes atmosféricos principalmente de tráfego urbano podem facilmente ser transportados para o interior dos veículos, principalmente em situações que a ventilação é realizada de maneira natural, com janelas aberta constantemente. Tal situação foi percebida durante a realização do itinerário, em que foi possível observar a elevação das concentrações de CO<sub>2</sub> no interior veicular em decorrência da abertura de portas para embarque e desembarque de passageiros, principalmente em áreas de maior fluxo veicular.

Tais resultados apontam para a necessidade de ações de controle e manutenção mais rigorosas dos sistemas de ventilação natural que poderiam minorar o acúmulo de poluentes nestes ambientes favorecendo a QAI. Outra medida seria a substituição do sistema de ventilação atual por um artificial (ar-condicionado), desde que, sejam realizadas medidas preventivas como higienização, descontaminação e substituições dos filtros periodicamente.

#### **4. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Mediante aos resultados obtidos em ambos os períodos do ano analisados, os valores das concentrações de dióxido de carbono apesar de estarem em consonância ao limite normatizado pela RE/ANVISA, em três amostragens foram registrados valores superiores a 900 ppm, não descartando indícios da ineficiência do sistema de ventilação em relação a diluição das concentrações de poluentes no interior do veículo.

É válido mencionar que a qualidade do ar interno depende intrinsecamente do sistema de ventilação, que somente cumprirá sua função, tanto para o arrefecimento térmico quanto para a diluição de poluentes de forma eficiente e igualitária em todo ambiente, se as escotilhas e janelas estiverem posicionadas como indicado pelo manual do fabricante, supramencionado no item 2 deste estudo.

Nesse sentido, surge a preocupação e a necessidade de investigações complementares principalmente no período chuvoso, uma vez que todos os componentes do sistema de ventilação (janelas e escotilhas) estarão fechados.

Outro fator a ser considerado é a autopoluição destes ambientes, que pode ser resultante da falta de manutenção dos revestimentos internos responsáveis pela vedação do motor (localizado ao lado do motorista), em que trincas podem facilitar a entrada de poluentes derivados da combustão, bem como altas taxas de ocupação.

Com efeito às múltiplas análises realizadas neste estudo, permite-se afirmar que a avaliação da qualidade do ar desses veículos apesar de ser complexa é de fundamental importância principalmente por prover informações científicas que possam subsidiar o gerenciamento e melhorias no sistema de transporte público ofertado a população urbana.

Por fim, sugere-se para estudos futuros que o período de amostragem seja proporcional a jornada laboral do motorista, em outras linhas, em especial aquelas inseridas em vias com maior fluxo de veículos que tendem a congestionamentos, e percorrem maiores distância entre bairro – centro, bem como veículos que possuem sistema de climatização artificial.

## 5. AGRADECIMENTOS

A presente pesquisa foi financiada pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

## 6. REFERÊNCIAS

ABI-ESBER L, EL-FADEL M. Indoor to outdoor air quality associations with self-pollution implications inside passenger car cabins. **Atmospheric Environment** 81: 450 – 46, 2013.

ALVARES, C. A. J. L.; STAPE, P. C.; SENTELHAS, J. L. M. GONÇALVES. Modeling monthly mean air temperature for Brazil. – **Theor. Appl. Climatol.** 113, 407–427, 2013.

BRASIL. I.B.G.E. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico**, 2010. Disponível em: <[https://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?cod\\_mun=510340](https://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?cod_mun=510340)>. Acesso em: 14 de jun. 2021.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária - ANVISA. Resolução nº9 de 16 de janeiro de 2003. **Orientação Técnica elaborada por Grupo Técnico Assessor, sobre Padrões Referenciais de Qualidade do Ar Interior, em ambientes climatizados artificialmente de uso público e coletivo**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 22 dez. 2003. Disponível em: <[http://portal.anvisa.gov.br/documents/10181/2718376/RE\\_09\\_2003\\_1.pdf/629ee4fe-177e-4a78-8709-533f78742798?version=1.0](http://portal.anvisa.gov.br/documents/10181/2718376/RE_09_2003_1.pdf/629ee4fe-177e-4a78-8709-533f78742798?version=1.0)>. Acesso em: 22 de fev. 2021.

BRAGA, A.L.F.; ZANOBETTI, A.; SCHWARTZ, J. The lag structure between particulate air pollution and respiratory and cardiovascular deaths in 10 US cities. **Journal of Occupational and Environmental Medicine**, p. 927-933, 2001. Doi: <http://dx.doi.org/10.1097/00043764-200111000-00001>.

CARMO, A. T.; PRADO, R. T. A. Qualidade do ar interno. São Paulo: EPUSP, 1999.

CARRIEL, P. **Ônibus para gordos e baixinhos**. Gazeta do Povo. Curitiba – PR. 27 de junho de 2009. Disponível em: <<https://www.gazetadopovo.com.br/vida-e-cidadania/onibus-para-gordos-e-baixinhos-bmxxhlcw7711whdmy03agio9a/>>. Acesso em: 13 de dez. 2022.

CHAN, A. T. Commuter exposure and indoor–outdoor relationships of carbon oxides in buses in Hong Kong. **Atmospheric Environment**. Vol. 37, n. 27, p. 3809-3815, 2013.

CHAN, A. T.; CHUNG, M. W. Indoor–outdoor air quality relationships in vehicle: effect of driving environment and ventilation modes. **Atmospheric Environment**, v. 37, n. 27, p. 3795-3808, 2013.

FAKHOURY, N.A. **Estudo da qualidade do ar interior em ambientes educacionais**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 2017.

FERREIRA, D. M. P. **Pesquisa Antropométrica e Biomecânica dos Operários da Indústria de Transformação**. 1988.

FROTA, A. B.; SCHIFFER, S. R. **Manual de conforto térmico**. 7. ed. São Paulo: Studio Nobel, 2006. E-book.

GEISS O, TIRENDI S, BARRERO-MORENO J, KOTZIAS D. Investigation of volatile organic compounds and phthalates present in the cabin air of used private cars. **Environment international**, v. 35, n. 8, p. 1188-1195, 2009.

GIODA, A.; AQUINO NETO, F. R. Considerações sobre estudos de ambientes industriais e não industriais no Brasil: uma abordagem comparativa. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 19, n. 5, p. 1389-1387, 2003.

GOYAL, R.; KHARE, M. Indoor air pollution and health effects. **Health and Environmental Impacts**, p. 109, 2010.

GURJAR, B. R.; JAIN, A.; SHARMA, A.; AGARWAL, A.; GUPTA, P.; NAGPURE, A. S. & LELIEVELD, J. Human health risks in megacities due to air pollution. **Atmospheric Environment**, v. 44, n. 36, p. 4606-4613, 2010.

JARAMILLO, C.; LIZÁRRAGA, C.; GRINDLAY, A. L. Spatial disparity in transport social needs and public transport provision in Santiago de Cali (Colombia). **Journal of Transport Geography**. vol. 24, p. 340 – 357, 2012.

LIMA, K. C. S.; SIQUEIRA, B. B.; LEÃO NETO, A. F.; MARINHO, G. V. Análise preliminar do risco na atividade de motoristas de ônibus em João Pessoa – PB. In: XXXVI ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, João Pessoa/PB, Brasil, de 03 a 06 de outubro de 2016.

MTU-ASSOCIAÇÃO MATOGROSSENSE DOS TRANSPORTADORES URBANOS. **Ônibus substituem micro-ônibus nas ruas de Cuiabá** / Joalice de Deus. Cuiabá, 2017. Disponível em: <<http://amtu.com.br/Ver/36/onibus-substituem-micro-onibus-nas-ruas-de-cuiaba>>. Acesso em: 08 de fev. 2020.

NOVAIS, J. W. Z.; DE FARIAS, F. M.; DA SILVA REIS, N. M.; MARQUES, A. C. A.; SIQUEIRA, A. Y.; JOAQUIM, T. D. O.; RIBEIRO, B. V. A melhoria climática e conforto térmico proporcionado pela arborização em uma escola estadual em Várzea Grande–MT. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, v. 12, n. 3, p. 1-14, 2017.

PEITER, F. S. **Avaliação da qualidade ambiental interna no transporte coletivo da cidade de São Carlos, SP**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 2014. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18138/tde-29092014-170756/en.php>>. Acesso em: 15 de out. 2020.

PROCHNOW, M. A. **Monitoramento de gases – estudo comparativo das principais tecnologias de sensores e aspectos relacionados**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica). Porto Alegre: UFRS, 2003.

QUADROS, M. E.; MOREIRA, I. M.; CAMPOS, P. B.; SCHIRMER, W.N.; LISBOA, H.M. Qualidade do ar interno em veículos automotivos e ônibus de transporte público em termos da concentração de dióxido de carbono. **In:** Anais do XIII SILUBESA – Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Brasil, 2008.

QUINET, E. Evaluation methodologies of transportation projects in France. **Transport Policy**. vol.7, p.27 – 34, 2000.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. **R Foundation for Statistical Computing**, Vienna, Austria. ISBN 3- 900051-07-0. Disponível em: <<http://www.R-project.org>>. Acesso em: 26 de set. 2019.

SILVA, R. D.S L. **Qualidade ambiental em veículo automotor da frota do transporte público coletivo no Município de Cuiabá -MT**. Dissertação (Mestrado) Programa de Pós-graduação em Ensino de stricto sensu em Ciências Ambientais. Universidade de Cuiabá - UNIC, Cuiabá, 2020.

SILVA, R. D. S. L.; NOVAIS, J. W. Z.; SOUZA, M. D.; SOUZA, P. J.; TAQUES, A. C. F. S.; JORGE, V. C. Conforto acústico: um panorama da exposição humana ao ruído ambiental em veículo do transporte público coletivo na capital de Mato Grosso. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v.12, n.7, p.405-413, 2021. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2021.007.0036>

SLEZAKOVA, K.; MORAIS, S.; DO CARMO, P. M. Indoor air pollutants: relevant aspects and health impacts. **Environmental Health-Emerging Issues and Practice**, p. 125-145, 2012.

VALLERO, D. A. **Fundamentals of air pollution**. 4th ed., Elsevier Inc. Boston, 2008.

VASCO, W. **Revivendo o passado no presente, Integração Transportes**. WM Cuiabá. 04 de agosto de 2011. Disponível em :<<http://wmcuiaba.blogspot.com/2011/08/revivendo-o-passado-no.html>>. Acesso em: 03 de jul. 2018.

Yue T, Yue X, Chai F, Hu J, Lai Y, He L, Zhu R. Characteristics of volatile organic compounds (VOCs) from the evaporative emissions of modern passenger cars. **Atmospheric Environment** 151: 62 – 69, 2017.



O conteúdo deste trabalho pode ser usado sob os termos da licença Creative Commons Attribution 4.0. Qualquer outra distribuição deste trabalho deve manter a atribuição ao(s) autor(es) e o título do trabalho, citação da