

DETERMINAÇÃO DE MONÓXIDO DE CARBONO EM ÔNIBUS COLETIVOS DE CAMPINA GRANDE – PB

Maria Eduarda Bezerra Silva¹
Ana Cristina Silva Muniz²
André Luiz Fiquene de Brito³
Mateus Andrade Santos da Silva⁴
Emilly Tuany do Nascimento Silva⁵

Resumo: as fontes móveis causam impactos negativos ao meio ambiente, gerando poluentes atmosféricos, que em determinadas magnitudes, veem a trazer sérios danos aos meios bióticos e abióticos. Nesse contexto, a liberação de gases nocivos como o monóxido de carbono (CO) têm se tornado cada vez mais evidente. Dentro dessa temática, a presente proposta se insere, objetivando realizar medições das quantidades de monóxido de carbono liberadas pela frota de ônibus coletivos na cidade de Campina Grande, Paraíba. A pesquisa foi realizada por amostragem aleatória em pontos de ônibus da cidade. As determinações foram feitas *in loco* por meio de um equipamento apropriado que realizou a medição em tempo real. Com os resultados obtidos foi estabelecido o teor de CO emitido pelos ônibus urbanos, sendo possível traçar um perfil da poluição atmosférica causada pela frota de ônibus em Campina Grande, PB.

Palavras-chave: fontes móveis, monóxido de carbono, poluição atmosférica.

INTRODUÇÃO

Da poluição atmosférica, é possível destacar a presença de gases tóxicos. Dentre esses, particulariza-se o monóxido de carbono (CO), que tem como principal fonte de emissão a frota veicular. O CO é responsável por inúmeros efeitos negativos à saúde, apresentando afinidade pela hemoglobina 240 vezes maior que a do oxigênio, o que faz com que o mesmo possa saturar uma grande quantidade de moléculas de hemoglobina, diminuindo a capacidade do sangue de transportar oxigênio. Atua também, sobre o sistema respiratório, podendo vir a causar falta de ar e alergias em geral (TEIXEIRA et al., 2008).

¹ Maria Eduarda Bezerra Silva. Graduanda do Curso de Engenharia Química pela Universidade Federal de Campina Grande - PB, eduarda.bezerra@eq.ufcg.edu.br

² Ana Cristina Silva Muniz. Orientadora, Professora. Unidade Acadêmica de Engenharia Química. Centro de Ciências e Tecnologia. Universidade Federal de Campina Grande, cristina.muniz@ufcg.edu.br

³ André Luiz Fiquene de Brito. Co-autor. Professor. Unidade Acadêmica de Engenharia Química. Centro de Ciências e Tecnologia. Universidade Federal de Campina Grande, andrefiquene2009@hotmail.com

⁴ Mateus Andrade Santos da Silva. Graduando do Curso de Engenharia Química pela Universidade Federal de Campina Grande - PB, mateus16scc@gmail.com

⁵ Emilly Tuany do Nascimento Silva. Graduanda do Curso de Engenharia Química pela Universidade Federal de Campina Grande - PB, emillynn986@gmail.com

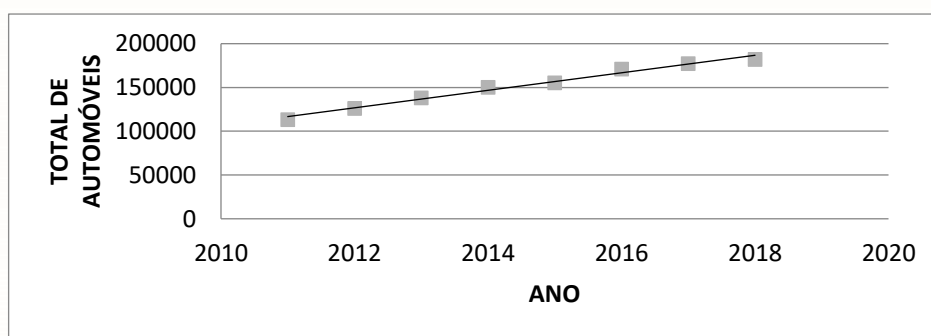
Basicamente existem dois tipos de poluentes atmosféricos, os emitidos por fontes fixas (indústrias) e fontes móveis (veículos automotores). Hoje, sabe-se que uma das principais fontes de poluentes para a atmosfera são os veículos automotores. A quantidade de poluente emitido por eles varia devido à existência de diferentes tipos de motores e ao uso de combustíveis diferenciados. O impacto gerado por estas emissões afetam os indivíduos de forma direta ou indireta (MARQUES, et. al., 2015).

Segundo o Instituto Estadual do Ambiente (INEA, 2008), do Estado do Rio de Janeiro, a contribuição da carga poluidora atmosférica por parte das fontes móveis é de cerca de 77% contra 23% das fontes estacionárias.

Em muitas cidades do Brasil e do mundo, a frota de veículos apresenta maior efeito degenerativo da qualidade ambiental do que a própria indústria, em centros urbanos. De fato, nas cidades da América Latina, os veículos são os principais poluidores do ar. Isso ocorre devido a inúmeros fatores, como crescimento da renda média da população, subsídios econômicos para compra de veículos e a queda da oferta de transporte público de qualidade (LEANDRO e ANGEOLETTO, 2017).

Conforme os últimos sensos realizados pelo Departamento de Trânsito da Paraíba (DETRAN-PB, 2018), em Campina Grande, por exemplo, a quantidade de automóveis sofreu um crescimento razoável. Os dados podem ser visualizados na Figura 1.

Figura 1 – Crescimento na taxa de carros e motos em Campina Grande (PB).



Fonte: DETRAN-PB (2018).

Mais especificamente, no ano de 2011, Campina Grande contava com uma frota veicular de 113.477. Já em 2018, o número subiu para 182.217, o que contabiliza um aumento de 60,57% na frota automobilística.

Além do crescimento, a idade veicular representa outro fator que influencia diretamente nas emissões de poluentes atmosféricos. Isso ocorre, uma vez que com o tempo,

há a descoberta de novas peças e tecnologias que vão sendo inseridas nos carros mais novos a fim de reduzir os índices de poluição. Em contrapartida, os modelos mais antigos continuam com equipamentos mais obsoletos, e, conseqüentemente, com maior ação poluidora (CRUZ, 2014).

Na Tabela 1 tem-se dados coletados pelo DETRAN-PB (2018) acerca da idade dos veículos no estado da Paraíba.

Tabela 1 – Idade veicular da frota paraibana.

Idade (anos)	Até 5	Entre 6 e 15	Acima de 15
Veículos	375.783	606.536	306.274
Porcentagem (%)	29,16	47,07	23,77

Fonte: DETRAN-PB (2018).

Pelas porcentagens apresentadas na Tabela 1, percebe-se que uma parcela razoável da frota veicular encontra-se acima dos 15 anos de uso, sendo, portanto, considerados veículos velhos para circulação.

Ao analisar a frota veicular da cidade de Campina Grande, Paraíba, especificamente, observa-se que, de um total de 183.427 veículos, 48.651 estão acima de 15 anos de uso, o que representa 26,52% desse total (DETRAN-PB, 2018).

A preocupação em dimensionar a presença de poluentes no ar justifica-se pelos danos causados a saúde e pela ausência de barreiras para este tipo de contaminante. A poluição emitida por um determinado país ou localidade não fica restrita apenas aquele local e pode causar prejuízos para além das fronteiras. Segundo a Organização Pan-Americana da Saúde (OPAS, 2016) e a Organização Mundial da Saúde (OMS, 2016), 92% da população mundial vivem em locais onde os níveis de qualidade do ar excedem os limites estabelecidos pela organização e três milhões de mortes por ano estão relacionadas à exposição à poluição do ar em ambientes externos, sendo que 90% delas ocorrem em países de baixa e média renda.

A toxicidade do CO no homem se explica quando o mesmo entra em competição com o O₂ pela hemoglobina. A ação tóxica principal do CO resulta em anoxia provocada pela conversão da oxihemoglobina em carboxihemoglobina (COHb). A afinidade da hemoglobina pelo CO é 240 vezes maior que pelo O₂ (International Programme on Chemical Safety, 1999; LALIBERTÉ, 2001).

A ação tóxica resultaria igualmente da redução da liberação de O₂ fixada sob a hemoglobina diminuindo a quantidade de O₂ disponível ao nível dos tecidos, da ligação do CO com a mioglobinas células musculares miocárdicas e esqueléticas e também da ligação

do CO com os citocromos, provocando uma inibição do ciclo de Krebs (IPCS – International Programme on Chemical Safety, 1999; LALIBERTÉ, 2001).

Tendo em vista os agravantes gerados pela poluição atmosférica, esse problema passou a ser considerado uma infração grave no Brasil, sendo passível de multa (para os casos irregulares, ou seja, que excedam os limites estabelecidos acima), no valor de 120 Unidades Fiscais de Referências (UFIRs), de acordo com o artigo 258 do Código de Trânsito Brasileiro (CTB), lei Nº 9.503, de 23 de Setembro de 1997.

Deve-se ressaltar que os automóveis coletivos (ônibus), apesar de serem considerados os maiores emissores de material particulado, reduz a quantidade de veículos individuais circulando nas ruas. O Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA, 2011), alega que um ônibus é capaz de transportar 70 pessoas equivalendo a 50 automóveis nas ruas se deslocando com uma média de 1,5 pessoas por veículo, dessa forma o transporte coletivo é vantajoso comparado aos individuais, que em maior quantidade iriam gerar mais poluentes. Entretanto, a questão que se deve levantar é a qualidade dos veículos coletivos (CARVALHO, 2011).

O Programa de Controle de Emissões Veiculares (Proconve, 2018) afirma que devido às políticas públicas o transporte individual só tende a aumentar, enquanto que a frota de ônibus urbanos cai e envelhece. Devido a essas considerações o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA, 2009), Resolução 418, instituiu limites de gases emitidos pela frota veicular brasileira, estabelecendo que os ônibus urbanos devem (no máximo) emitir 4,00 gramas por quilowatts por hora ($\text{g.kW}^{-1}.\text{h}^{-1}$) de CO para ônibus urbanos.

Dentro dessa temática, a presente pesquisa se insere, objetivando determinar a concentração média de monóxido de carbono emitida pela frota de ônibus urbano de Campina Grande, Paraíba, buscando associar a concentração encontrada ao teor de emissão de CO gerado pelos transportes públicos da cidade.

METODOLOGIA

A determinação do CO foi realizada por amostragem probabilística casual e aleatória simples em alguns pontos de ônibus da cidade de Campina Grande (Latitude: 07° 13' 50" S; Longitude: 35° 52' 52" W e Altitude: 551 m), no Estado da Paraíba, Brasil.

Para o desenvolvimento deste trabalho foram realizadas duas medições em pontos de transporte coletivo próximos ao Abrigo Maringá, cinco nas proximidades da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), e alguns pontos de ônibus em locais próximos à

(83) 3322.3222

contato@conapesc.com.br

www.conapesc.com.br

Catedral Diocesana Nossa Senhora da Conceição, Campina Grande, PB, totalizando um total amostral de 58 leituras ($n = 58$).

O apoio logístico e de infraestrutura foi dado pelo Laboratório de Gestão Ambiental e Tratamento de Resíduos (LABGER), pertencente à Unidade Acadêmica de Engenharia Química (UAEQ), localizada no Centro de Ciências e Tecnologia (CCT), da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG).

As amostragens e quantificação do CO no ar ambiente foram realizadas com o detector multigases “*Dräger X-am 7000*®”, um detector modular, a prova d’água e de impactos. Um equipamento capaz de trabalhar em temperaturas de -20 a $+55$ °C, pressão de 700 a 1300 hPa, umidade de 10 a 95% u.r., sensor eletroquímico, capacidade de monitoramento de até 24 horas e possuindo um *ranger* de 0 a 2000 partes por milhão (ppm) para quantificação de CO (*TECHNICAL HANDBOOK DRAGER, 2013*). A Figura 2 apresenta o equipamento.

Figura 2 – Detector multigases “*Dräger X-am 7000*®”.



Fonte: TECHNICAL HANDBOOK DRAGER (2013).

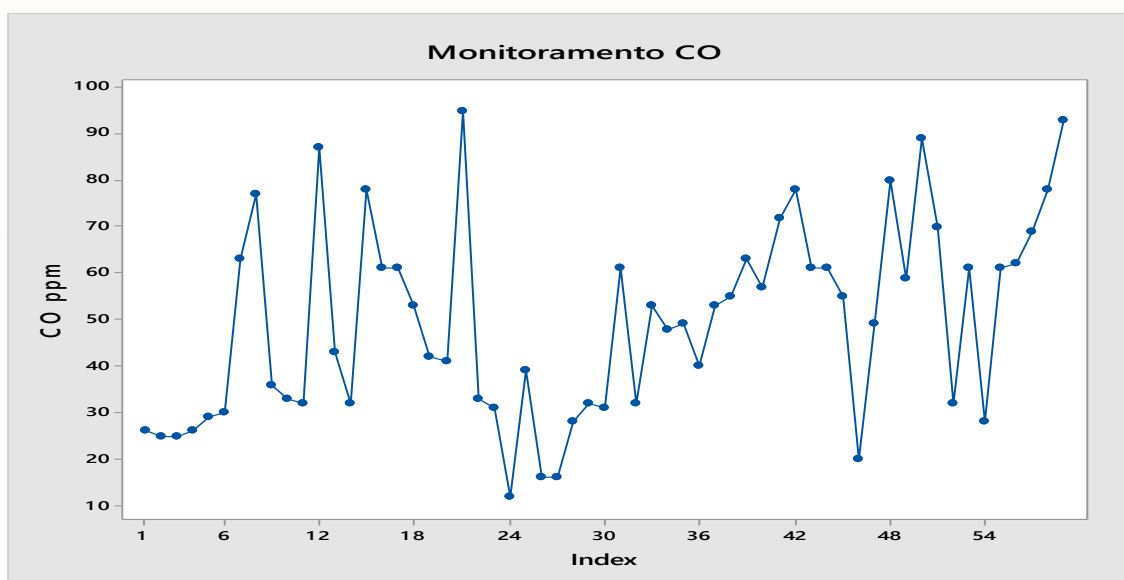
Esse equipamento possui uma bomba interna de alta potência que retira amostras de gases através de uma mangueira de 45 m. A operação da bomba é continuamente monitorada, e o alarme soa, caso a vazão seja muito baixa. A sua memória interna registra até 3000 conjuntos de valores, registrando-se um conjunto por minuto. Os dados podem ser transmitidos e avaliados em um PC utilizando uma interface infravermelha (*TECHNICAL HANDBOOK DRAGER, 2013*).

Após cada tomada de leitura de cada ponto de amostragem, os resultados foram plotados e analisados no *Software Minitab 17.0*[®] (MINITAB, 2104), em estatística descritiva a 5% de confiança.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 3 apresenta o perfil da concentração do monóxido de carbono (CO), para amostragem aleatória simples para $n = 58$ leituras; correspondentes, em média, a 8 pontos de coletas.

Figura 3 – Perfil da concentração de CO nos pontos de amostragens.

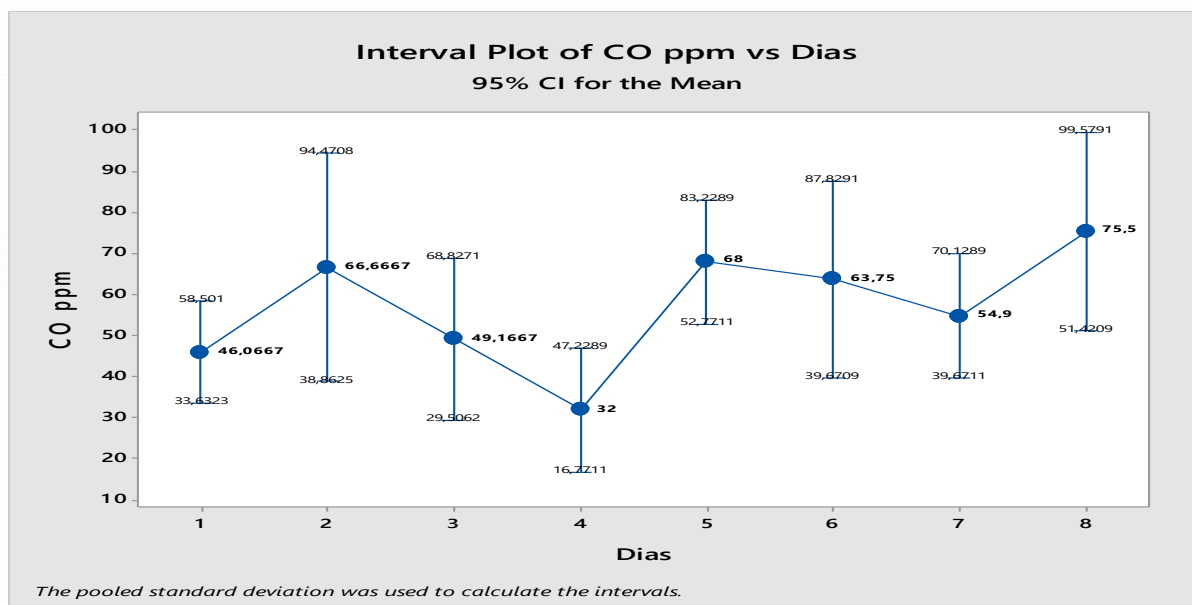


Fonte: Dados da Pesquisa (2018).

Portanto, a partir da Figura 3 é possível visualizar a ocorrência de uma elevada variação das concentrações de CO medidas. Isso pode ter ocorrido em razão dos diferentes tipos de ônibus, bem como de variáveis como idade dos ônibus e escala de manutenção dos mesmos. Além disso, não houve um padrão a ser seguido para as amostragens, no que se refere ao horário de coleta, haja vista, que algumas foram realizadas em momentos com forte influência da energia solar e em outras já ao entardecer, representando uma variação de até 10° C entre o horário mais quente e o mais frio. Além dessa variável, vale salientar também a influência da taxa de ventilação, posto que quanto mais ventilado fosse o dia, mais seria propício para a dispersão do poluente no ar, o que dificultaria a medição do CO. Já em dias de baixa ventilação, o gás tende a ficar mais próximo à superfície.

Na Figura 4 tem-se os valores médios das concentrações de CO obtidos para as 08 (oito) amostragens realizadas, além do valor de desvio padrão dessas concentrações.

Figura 4 – Box plot para as medições de CO de desvio padrão



Fonte: Dados da Pesquisa (2018).

O gráfico de *Box plot* apresentado na Figura 4 refere-se a um intervalo de 5% de confiança. A partir do gráfico é possível notar uma concentração média de aproximadamente 57 ppm apesar da grande variação entorno das mesmas, justificável pelos tipos de ônibus, idades dos mesmos, temperatura e velocidade do vento.

Esses resultados, permitiram estabelecer a média e o desvio-padrão geral desse monitoramento de 49 ($\pm 17,96$) ppm de CO, respectivamente. Esses valores foram transformados para os valores da Resolução n. 418 do CONAMA (2009), estabelecendo a magnitude média de emissão de 170,40 ($\pm 62,46$) g.kW⁻¹.h⁻¹ de CO, valores aproximadamente 43 vezes maior que o padrão da Resolução n. 418 para ônibus. O valor de emissão alcançado mostra a necessidade de uma manutenção adequada e frequente para a frota de ônibus urbanos, mesmo considerando o elevado desvio-padrão, haja vista, a aplicação do mesmo não reduzir a valores dentro do limite permissível.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Desse modo, é perceptível que o CO é um poluente que em muito afeta o a vida dos seres vivos, estando cada vez mais presente no dia-a-dia. Nesse contexto, a partir da amostragem simples aleatória, foi obtida uma concentração média de CO de 49 ($\pm 17,96$) ppm na saída dos canos de escapes dos ônibus urbanos da cidade de Campina Grande, PB.

A concentração medida permitiu transformar para emissão específica média de CO, a qual correspondeu a 170,40 g.kW⁻¹.h⁻¹.

REFERÊNCIAS

[CETESB] **Companhia Ambiental do Estado de São Paulo** – Índice de Qualidade do ar, 2013.

[CONAMA] **CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE**. Resolução Nº 03, de 28 de Junho de 1990. 1990.

[INEA] Instituto Estadual do Ambiente. **Relatório da Qualidade do Ar**. 2008. Disponível em https://www.inea.rj.gov.br/wp-content/uploads/2019/01/RQAr_2008.pdf. Acesso em 30 de junho de 2019.

[PROCONVE] **PROGRAMA DE CONTROLE DE POLUIÇÃO DO AR POR VEÍCULOS AUTOMOTORES**. Relatório de emissão 2009. Disponível em: http://www.mma.gov.br/estruturas/163/_arquivos/proconve_163.pdf. Acesso em: 12 de outubro de 2018.

BRASIL. **Código de Trânsito Brasileiro (CTB)**. Lei Nº 9.503, de 23 de Setembro de 1997 que institui o Código de Trânsito Brasileiro. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos. Brasília: 2007.

CARVALHO, C. H. R.; PEREIRA, R. H. M. **Efeitos da variação da tarifa e da renda da população sobre a demanda de transporte público coletivo urbano no Brasil**. Brasília: Ipea, 2011. (Texto para Discussão, n. 1595). Disponível em: <<http://goo.gl/OcE5Fi>>.

CRUZ, F. R. M.; SILVA, L. A.; PEREIRA, E. M.; LUCENA, R. L. **Discussões sobre as mudanças climáticas globais: os alarmistas, os céticos e os modelos de previsão do clima**. Geo Textos, vol. 10, n. 1, jul. 2014.

DETRAN/PB – **Departamento Estadual de Trânsito da Paraíba** – Frota de veículos em Campina Grande – Frota de veículos 2018.

GANDHI, G. BARBOSA FILHO, O. CARVALHO, R. J. **Processos físico-químicos para tratamento do chorume de aterros de resíduos sólidos urbanos**. Rio de Janeiro: COAMB / FEN / UERJ / 2011. (Série Temática: Tecnologias Ambientais - Volume 4) 178 p.

JOBIM, A. L., LOPES, B. C., MORTARI, S. R. **Monitoramento De Monóxido De Carbono Em Estacionamento De Veículos Automotores Em Santa Maria – RS**, Disciplinaryum Scientia, Série: Naturais e Tecnológicas, Santa Maria, v. 16, n. 3, p. 489-500, 2015.

LALIBERTÉ, M. **Exposition environnementale et intoxication au monoxyde de carbone. Bulletin d'information toxicologique.** Publication de la direction de la toxicologie humaine. Institut national de santé publique du Québec, v. 17, n. 3, p. 1- 12, 2001.

LEANDRO, D. S., ANGEOLETTO, F. Poluição atmosférica em cidades médias: uma proposta de avaliação para Rondonópolis-MT. **Revista espaço acadêmico**, n. 198, nov., 2017

MARQUES, M. S., BRASILEIRO, L. A. **Emissão de Gases Poluentes por Veículos Automotores em Área Urbana, Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades.** v. 03, n. 19, 2015, pp. 01-12.

MINITAB INC. STATISTICAL SOFTWARE–Data Analysis Software. Version 18, 2017.

MMA. Promot. **Programa de Controle da Poluição da Ar por Motociclos e Veículos Similares.** Brasília: SMSQ/MA, 2013.

ROYER, S.; DUPREZ, D. **Catalytic Oxidation of Carbon Monoxide over Transition Metal Oxides.** ChemCatChem p. 24–65, 2011.

TECHNICAL HANDBOOK DRÄGER X-AM 7000. **Multi-gas monitor – software 2.nm.** Dräger, 2013.

TEIXEIRA, E. C; FELTES, S; SANTANA, E. R. R. **Estudo Das Emissões De Fontes Móveis Na Região Metropolitana De Porto Alegre, Rio Grande Do Sul.** Química Nova, Vol. 31, 2008.