

## DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE QUALIDADE DO AR DE MATERIAL PARTICULADO EM CAMPINA GRANDE, PB

Mateus Andrade Santos da Silva<sup>1</sup>  
André Luiz Fiquene de Brito<sup>2</sup>  
Emilly Tuany do Nascimento Silva<sup>3</sup>  
Maria Eduarda Bezerra Silva<sup>4</sup>  
Ana Cristina Silva Muniz<sup>5</sup>

### RESUMO

A poluição atmosférica gerada por fontes móveis afeta diretamente a qualidade do ar. O Brasil possui uma frota veicular de aproximadamente 101.050.113 de carros que emitem material particulado na atmosfera. O material particulado é o conjunto de aerodispersóides constituído de poeiras, fumaças e gases. Dentro das partículas de diversos tamanhos, destacam-se as de diâmetro de 10 micrometros ( $\mu\text{m}$ ), denominadas partículas inaláveis ( $\text{MP}_{10}$ ). Campina Grande, na Paraíba, tem uma população estimada de 410.332 habitantes e possuindo 182.765 veículos automotores. Portanto, o trabalho tem como objetivo avaliar a qualidade do ar do centro comercial da cidade, delimitada em 3 pontos de amostragem A, B, C usando como indicador a concentração de  $\text{MP}_{10}$ . Para isso foi usado de um aparato de amostragem (filtro de fibra de vidro, rotâmetro, bomba diafragma de vácuo/pressão, cronômetro, mangueiras flexíveis de poliuretano e um gerador de energia). Após amostragem ativa descontínua, o material coletado foi encaminhado para o laboratório, para quantificação do  $\text{MP}_{10}$  por análise gravimétrica. Em seguida, os dados foram computados e observados quanto a normalidade a 95% de confiança e Índice de Qualidade do Ar (IQAr), obtendo-se um IQAr regular os pontos A e B e inadequado para o ponto C.

**Palavras-chave:** Frota veicular, Qualidade do ar, Material particulado.

### INTRODUÇÃO

A Segundo Drumm et al. (2014) a poluição atmosférica interfere diretamente na qualidade do ar, haja vista, as emissões dos poluentes do ar interferirem na vida das comunidades afetadas. A poluição atmosférica basicamente tem duas origens, fontes móveis (emissões veiculares) e fontes fixas (emissões industriais).

<sup>1</sup> Graduando do Curso de Engenharia Química - UFCG, [mateus16scc@email.com](mailto:mateus16scc@email.com);

<sup>2</sup> Professor da Unidade Acadêmica de Engenharia Química. Universidade Federal de Campina Grande. [andrefiquene2009@hotmail.com](mailto:andrefiquene2009@hotmail.com);

<sup>3</sup> Graduanda do Curso de Engenharia Química - UFCG, [emillynn986@gmail.com](mailto:emillynn986@gmail.com);

<sup>4</sup> Graduanda do Curso de Engenharia Química - UFCG, [eduarda.bezerra@eq.ufcg.edu.br](mailto:eduarda.bezerra@eq.ufcg.edu.br);

<sup>5</sup> Professora da Unidade Acadêmica de Engenharia Química. Universidade Federal de Campina Grande. [cristina.muniz@ufcg.edu.br](mailto:cristina.muniz@ufcg.edu.br)

Conforme 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).

O aumento da frota veicular é fator contribuinte à poluição atmosférica. Em diversas cidades brasileiras, como São Paulo e Rio de Janeiro, fontes demonstram que em 2014 havia 7.034.771 e 2.464.427 veículos, respectivamente. Em 2019 passaram a ser 8.316.705 e 2.834.341; logo em cinco anos houve aumento de 18,22% e 15%, respectivamente. A mesma estatística também é observada em cidades menores, como por exemplo, Campina Grande, na Paraíba, que no ano de 2014 haviam 142.970 veículos registrados, em 2018 foram 182.765 veículos, ou seja, na margem de cinco anos houve um aumento de 39.795 veículos o que corresponde a um crescimento de 27,83% da frota veicular. Ampliando a margem para dez anos, foi registrado na cidade 93.633 veículos até 2019, representando um aumento em 95,2% da frota veicular da cidade (DENATRAN, 2019).

A cidade de Campina Grande-PB é caracterizada por veículos leves correspondendo a 95,2% do total de veículos registrados, logo os veículos pesados correspondem aos 4,8% restantes, esses são os principais emissores de material particulado e óxidos de nitrogênio na atmosfera.

Campina Grande é caracterizada por um verão longo e quente e de céu quase encoberto, já o inverno é curto, com precipitação. No decorrer do ano o tempo traz um tipo de conforto abafado (extremamente úmido) e de ventos fortes. A temperatura durante o ano varia entre 19°C na estação fresca à 32°C na estação quente, com média anual de 25,5°C. A precipitação varia de 2% na estação seca do ano, até 22% na estação de maior precipitação. A umidade na época do ano mais abafada chega a 63%, já na época menos abafada é de 25%. E os ventos passam de 15,4 km.h<sup>-1</sup> à 18,6 km.h<sup>-1</sup> (WEATHER SPARK, 2019).

Apesar do aspecto de clima agradável a cidade sofre com o descaso da população com a arborização, devido a crescente urbanização. Isso é um problema sério, Dantas e Souza (2004) apud Lima et al. (2015) explicam que a arborização trabalha como filtro de ar e de ruídos,

reciclando e purificando o ar de poeiras, partículas residuais e gases tóxicos através da fotossíntese.

Dentre os vários poluentes emitidos pelos veículos, destaca-se o material particulado (MP). O MP se trata de um conjunto de poluentes gerado pela aglomeração de poeiras, fumaças ou outros tipos de materiais sólidos e líquidos e devido ao seu tamanho se mantém suspenso na atmosfera (MARQUES e BRASILEIRO, 2015).

O MP é formado pela mistura de diversas substâncias como, por exemplo, produtos químicos e/ou elementos biológicos, tais como metais, sais, materiais carbonosos, compostos orgânicos voláteis (COV), hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (PAHs) e endotoxinas. (BILLET et al., 2007 apud SUÁREZ e AUGUSTO, 2012). O MP é classificado em dois grandes grupos, e suas subdivisões a partir do tamanho da partícula. No primeiro grupo, as partículas finas: compreendendo as partículas ultrafinas  $MP_{0,1}$  ( $0,001 \leq D \leq 0,01 \mu m$ ), núcleo de Aitken ( $0,01 \leq D \leq 0,1 \mu m$ ) e moda de acumulação ( $0,1 \leq D \leq 2,5 \mu m$ ). O Segundo grupo são as partículas grossas  $MP_{10}$  ( $2,5 \leq D \leq 10 \mu m$ ) e PTS (FINLAYSON-PITTS e PITTS, 2000 apud SOUZA, 2015).

Segundo Marcilio e Gouveia (2007) apud Habermann et al. (2011) cerca de 5% do total de óbitos anuais causados por problemas respiratórios entre idosos acima 65 anos e crianças abaixo de 5 anos, se dá pela poluição atmosférica, com grande contribuição das fontes móveis. No qual os sintomas das vias aéreas inferiores nas crianças, são tosse, dispneia e sibilância (ARBEX, 2012 apud CESAR, NASCIMENTO e JUNIOR, 2013). O MP, por exemplo, pode penetrar no sistema respiratório e atingir os alvéolos pulmonares causando irritações, asma, bronquite e até câncer pulmonar (DRUMM et al. 2014).

A qualidade do ar é medida por meio do Índice de Qualidade do ar (IQAr), representando com maior precisão a poluição atmosférica nos dias atuais. O IQAr foi criado com o intuito de definir a máxima concentração de um composto na atmosfera de forma que não afete a saúde (LISBOA e KAWANO, 2007). Dessa forma esse trabalho tem como objetivo avaliar a qualidade do ar no centro comercial da cidade de Campina Grande, Paraíba, através amostragem ativa descontínua de material particulado e posterior análise das amostras coletadas em laboratório.

## METODOLOGIA

A pesquisa foi realizada no centro comercial da cidade de Campina Grande (Latitude: 07° 13' 50" S; Longitude: 35° 52' 52" W e Altitude: 551 m), no Estado da Paraíba, Brasil.

Os pontos de coleta e monitoramento de MP<sub>10</sub> são distribuídos em três setores, A, B, C. 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, PB. O Setor A foi composto pelo entorno da Praça da Bandeira e o Setor B pela Praça Clementino Procópio, como demonstra a Figura 1.

Figura 1. Mapa do Setor A e Setor B.



Fonte: <https://www.google.de/maps>.

O Setor C foi composto pelo entorno da Rua 7 de Setembro e Rua marquês do Herval como demonstra a Figura 2.

Figura 2. Mapa do Setor C.



Fonte: <https://www.google.de/maps>.



As unidades de filtração foram preparadas e montadas segundo a Norma Brasileira 12085 (NBR 12085:1991) da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 1991), intitulada de Agentes Químicos no Ar – Coleta de Aerodispersóides por filtração, Método de Ensaio. Os filtros utilizados para amostragem são de fibra de vidro, com 7  $\mu\text{m}$  de porosidade e 47 mm de diâmetro. Antes dos filtros de serem encaminhados para amostragem eles foram dessecados em estufa a 100°C durante 20 min, dentro de envelopes de papel laminado. Depois, acondicionados em um dessecador durante 24 horas com o objetivo de aclimatização dos mesmos, em seguidas são pesados em balança analítica e acondicionados nos envelopes de papel laminado para posterior amostragem (NBR 12085:1991; OLIVEIRA, 2009).

Na etapa de amostragem ativa descontínua foi montado um sistema de captação de  $\text{MP}_{10}$  a partir da seguinte configuração: o orifício de saída do ar da unidade de filtração é ligado orifício de entrada de ar do rotâmetro, através de uma mangueira. O orifício de saída de ar do rotâmetro é ligado ao orifício de entrada de ar da bomba. Por fim a bomba é ligada no gerador de energia.

Após coleta o papel de filtro foi encaminhado para o laboratório para quantificação do  $\text{MP}_{10}$  por análise gravimétrica. A análise gravimétrica consistiu em calcular a razão entre as massas do filtro, pesados antes e depois da coleta, e o volume de ar amostrado, segundo a Equação (1).

$$\text{MP}_{10} = \frac{M_f - M_i}{V} (\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}) \quad (1)$$

onde: ( $\text{MP}_{10}$ ) é concentração de material particulado na amostra x, em  $\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ ; ( $M_i$ ) massa inicial do filtro, em mg; ( $M_f$ ) massa final do filtro após a coleta em mg e ( $V$ ) volume de ar coletado, em  $\text{m}^3$ . O cálculo do volume se dá através da vazão volumétrica de amostragem ( $Q$ ) multiplicada pelo tempo de coleta ( $t$ ) em minutos. Conhecidos o tempo de coleta e vazão, o volume de ar coletado foi calculado pela Equação (2):

$$V(\text{m}^3) = Q \cdot t \cdot 10^{-3} \quad (2)$$

Após cada amostragem a bomba é desligada e o horário de término anotado. Os filtros são condicionados nos envelopes de papel alumínio e encaminhados para o laboratório, onde são dessecados por 24 horas após a amostragem para evitar umidade, com intuito de não

comprometer os resultados finais (NBR 12085:1991). Dessa forma, a partir dos resultados obtidos das coletas de cada setor pode-se analisar se os parâmetros estão dentro ou não dos parâmetros da Resolução n.3 (CONAMA, 1990). Em seguida foi calculado o índice de qualidade do ar, conforme a Equação (3).

$$\text{Índice}_{(p)} = \left[ \left( \frac{\text{Índice}_{(s)} - \text{Índice}_{(i)}}{\text{Conc}_{(f)} - \text{Conc}_{(i)}} \right) \times (\text{Conc}_{(m)} - \text{Conc}_{(i)}) \right] + \text{Índice}_{(i)} \quad (3)$$

Em que: (Conc (m)) concentração média medida do poluente p; (Conc (i)) valor mínimo da faixa de concentração onde o poluente p se encontra; (Conc (f)) valor máximo da faixa de concentração onde o poluente p se encontra; (Índice (i)) valor do IQAr mínimo da faixa onde o poluente p se encontra; (Índice (f)) valor do IQAr máximo da faixa onde o poluente p se encontra.

Depois de calculado o valor do índice, a qualidade do ar é classificada segundo o Quadro 1.

Quadro 1. Índice de Qualidade do Ar, concentração de MP e nível de preocupação com a saúde.

Valores do Índice de Qualidade do Ar (AQI)	Nível de preocupação com a saúde	Concentração de MP ( $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ )
0 a 50	Boa	0 – 50
51 a 100	Regular	51 – 150
101 a 199	Inadequada	151 – 250
200 a 299	Má	251 – 420
300 a 399	Péssima	421 – 500
Acima de 400	Crítica	Acima de 500

Fonte: IBRAM-DF (2019).

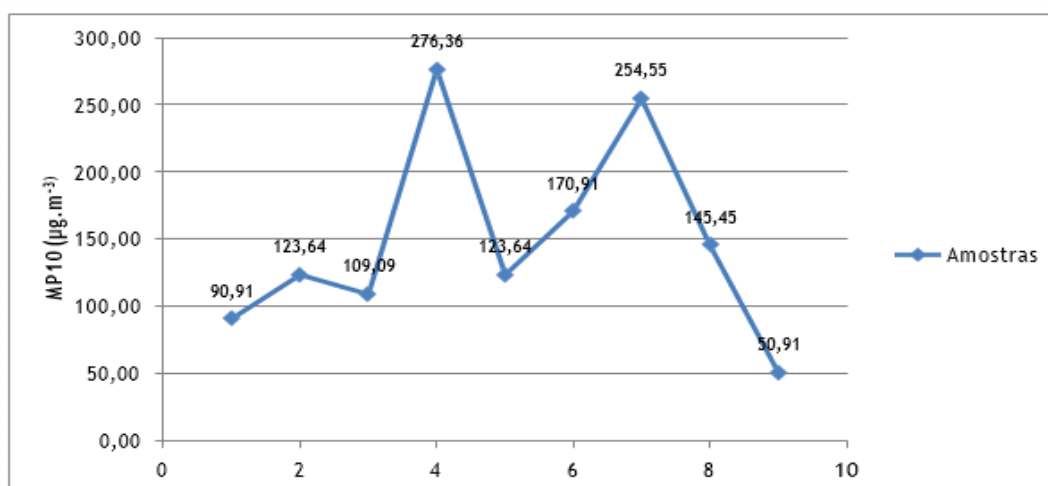
Quando indicado IQAr está na faixa boa, significa que a qualidade do ar está nos padrões satisfatório e há baixo risco de saúde. IQA regular: é aceitável, porém pessoas sensíveis (crianças, idosos e pessoas que tenham doenças respiratórias) estão propícia aparecimento de sintomas respiratórios. Inadequada: pessoas que tem maior sensibilidade podem sofrer efeitos mais sérios à saúde (tosse seca, cansaço, ardor nos olhos, nariz e garganta). Má: Qualquer um pode sofrer efeitos sendo pessoas mais sensíveis mais atingidas.

Péssima e Crítica: todos estão propícios a riscos sérios de saúde (INSTITUTO BRASÍLIA AMBIENTAL – DISTRITO FEDERA – IBRAM DF, 2019).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 3 apresenta o gráfico do perfil médio da concentração de MP, nos setores em estudo, onde ocorreram as leituras das concentrações de MP (n = 9) leituras para o mês de dezembro 2018.

Figura 3. Perfil médio da concentração de MP<sub>10</sub> no mês de dezembro de 2018.



Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2019).

Portanto, com relação a Figura 3 nota-se que as concentrações de MP<sub>10</sub> variam de 50,91 µg.m<sup>-3</sup> (mínima) a 276,36 µg.m<sup>-3</sup> (máxima), observando-se a ocorrência de elevado desvio padrão nos Setores A, B e C. Esse fato pode ser atribuído a possível variação do número de veículos e motos, haja vista, o monitoramento ter ocorrido em vias abertas e ter seguido um padrão de amostragem, com relação ao dia da semana (quartas-feiras), horário (14:00 – 18:00 hs) e velocidade média do vento ter se mantido em  $20,97 \pm 1,63 \text{ km.h}^{-1}$  para uma temperatura média de  $26,33 \pm 3,09 \text{ }^{\circ}\text{C}$  e para umidade, média de  $58 \pm 13,33\%$ .

Primeiro deve ser salientado que esse tipo de variação é característico de amostragens atmosféricas. Por isso, às vezes, é necessário o monitoramento por vários anos, para que o perfil de determinada área seja traçado de forma satisfatória. Além do tráfego veicular ser distinto em diferentes horários.

Deve-se também considerar a influência das características climáticas (temperatura, velocidade do vento, turbulência e estabilidade), urbanas (verticalização) e geográficas (arborização), as quais favorecem a dispersão ou aprisionamento dos poluentes. Apesar dos setores serem no centro comercial, possuem características diferentes. Sendo o Setor A e B constituído de mais prédios e no Setor C as medições foram feitas em espaço mais aberto e amplo.

Na Tabela 1 são apresentadas as médias e desvios-padrões para as amostragens realizadas nos Setores A, B e C.

**Tabela 1.** Magnitudes médias das concentrações de MP<sub>10</sub> no centro comercial de Campina Grande, Paraíba em dezembro de 2019.

<b>Concentração</b>	<b>Setor A</b>	<b>Setor B</b>	<b>Setor C</b>
<b>MP<sub>10</sub></b>	<b>(<math>\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}</math>)</b>	<b>(<math>\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}</math>)</b>	<b>(<math>\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}</math>)</b>
Média	107,88	190,30	150,30
Desvio-padrão	13,39	63,84	83,20

Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2019).

Logo, nota-se que a concentração média de MP<sub>10</sub> encontrada foi de 107,88 (+ 13,39); 190,30 (+ 63,84) e 150,30 (+ 83,20)  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  (para os Setores A, B e C, respectivamente), apesar da grande variação entorno da mesma, justificável pela oscilação no fluxo de veículos e motos que trafegam nos setores. Considerando que a média e o desvio padrão são medidas descritivas que não medem se ocorreu diferença significativa entre magnitudes encontradas nos Setores.

Segundo o Padrão Nacional de Qualidade do Ar (PNQA), a concentração média deve ser de 150  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  em 24 horas (SANTOS, CARVALHO e REBOITA, 2016). Observa-se que as concentrações encontradas nos Setores A e C são 107,88 e 150,30  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ , respectivamente. A concentração do Setor A está abaixo do parâmetro, enquanto que a do Setor C é limítrofe do parâmetro. Já o Setor B obteve 190,30  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  estando acima do padrão.

Com relação ao Índice de Qualidade do Ar (IQA) para a concentração de 107,88 e 150,30  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  obteve-se 79,15 e 100,14; correspondendo a classificação “REGULAR”, a qual varia de 51 a 100 de IQA. Essa classificação significa que é aceitável, porém pessoas sensíveis (crianças, idosos e pessoas que tenham doenças respiratórias) estão propícias ao aparecimento de sintomas respiratórios. Já para a concentração de 190,30  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$  foi obtido um IQA de 139,91; que corresponde a classificação “INADEQUADA”, na qual pessoas que tem maior sensibilidade



podem sofrer efeitos mais sérios à saúde (tosse seca, cansaço, ardor nos olhos, nariz e garganta) [IBRAM-DF, 2019].

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Necessita-se de mais monitoramento das vias urbanas do centro comercial de Campina Grande, Paraíba, haja vista, o monitoramento atmosférico sofrer influência de vários aspectos, pois cada cidade tem suas particularidades, como, por exemplo, tamanho e a formação de cada território, área geográfica, condições climáticas e urbanas, assim também quantidade de veículos e motos, que na maioria das cidades chega a ser proporcional ao número de habitantes, o que facilitará ou dificultará a dispersão dos poluentes

## REFERÊNCIAS

CESAR, A. C. G.; NASCIMENTO, L. F. C.; JUNIOR, J. A. C. Associação entre exposição ao material particulado e internações por doenças respiratórias em crianças, **Rev Saúde Pública** v. 47, n.6, p.1209-12, 2013.

[DENATRAN] DEPARTAMENTO NACIONAL DE TRÂNSITO. **Frota de veículos do Brasil**. Brasil, 2019. Disponível em: <<http://www.denatran.gov.br/frota.html>>. Acesso em: 25 de fevereiro de 2019.

DRUMM, F. C.; GERHARDT, A. E.; FERNANDES, G. D.; CHAGAS, P.; SUCOLOTTI, M. S.; KEMERICH, P. D. C. Poluição atmosférica proveniente da queima de combustíveis derivados do petróleo em veículos automotores. **Rev Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental – REGET**. V. 18, n. 1, p. 66-78 Abr 2014.

HABERMANN, M.; MEDEIROS, A. P. P.; GOUVEIA, N. Tráfego veicular como método de avaliação da exposição à poluição atmosférica nas grandes metrópoles, **Rev Bras Epidemiol**, v. 14, n.1, p.120-30, 2011.

[IBRAM-DF] Instituto Brasília Ambiental – Distrito Federal. **O índice de qualidade do ar (IQA)**. 2019.

[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](https://www.inea.rj.gov.br/wp-content/uploads/2019/01/RQAr_2008.pdf)>. Acesso em 30 de junho de 2019.

LEANDRO, D. S.; ANGEOLETTO, F. Poluição atmosférica em cidades médias: uma proposta de avaliação para Rondonópolis-MT. **Rev Espaço Acadêmico**, v.17, n.198, 2017.

LIMA, F. S.; JÚNIOR, A. U. A.; ARAÚJO, M. I. B.; ANDRADE, M. R. A. Utilização do Monóxido de Carbono como indicador da qualidade do ar na Universidade Federal de Campina Grande. **Blucher Chemistry Proceedings**, v.3, n.1, 2015.

LISBOA, H. M.; KAWANO, M. **Controle da poluição atmosférica – monitoramento de poluentes atmosféricos**. 2007. 70f. Apostila. (Pós-Graduação em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

MARQUES, S. M.; BRASILEIRO, L. A. emissão de gases poluentes por veículos automotores em área urbana, **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, v. 03, n. 19, p. 01-12, 2015.

OLIVEIRA, V. V. **Análise gravimétrica e avaliação de metais traço presente em material particulado coletado durante a abertura dos fornos de uma indústria de fundição**. Trabalho para conclusão do curso de Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, 2009.

SANTOS, T. C.; CARVALHO, V. S. B.; REBOITA, M. S. Avaliação da influência das condições meteorológicas em dias com altas concentrações de material particulado na Região Metropolitana do Rio de Janeiro. **Eng Sanit Ambient**, v.21 n.2, p.307-313, 2016.

SOUZA, A. F. E. **Caracterização de material particulado atmosférico na cidade de Limeira – SP.2015**. 127f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia). Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2015. Disponível em:<<http://www.repositorio.unicamp.br/bitstream.pdf>>. Acesso em: 30 abr. 2018.

SUÁREZ, A.; AUGUSTO, C. Diagnóstico y control de material particulado: partículas suspendidas totales y fracción respirable PM<sub>10</sub>. **Revista Luna Azul**, n. 34, p. 195-213, 2012.

WEATHER SPARK. **Condições meteorológicas médias do Campina Grande**, Disponível em: <https://pt.weatherspark.com/y/147613/Clima-caracter%20ADstico-em-Campina-Grande-Brasil- durante-o-ano#Sections-Humidity>. Acessado em: 20 de fevereiro de 2019.