

Qualidade do ar em ambiente interno e externo em relação ao material particulado grosso e fino em escola pública

Air quality in internal and external environment in relation to the coarse and fine particulate matter in public school

DOI:10.34117/bjdv7n4-317

Recebimento dos originais: 04/02/2021

Aceitação para publicação: 01/03/2021

Débora Rejane Fernandes dos Santos

Mestre em Química pela UEL-PR

Doutora em Química pela UEL-PR

LACA/QUI/CCE - Rodovia Celso Garcia Cid, PR-445, Km 380 - Campus
Universitário, Londrina-PR, 86057-970

E-mail: deborarejaned@gmail.com

Janáina Souza

Mestre em Química pela UEL-PR

E-mail: janaina_smc@yahoo.com.br

LACA/QUI/CCE - Rodovia Celso Garcia Cid, PR-445, Km 380 - Campus
Universitário, Londrina-PR, 86057-970

Priscila Brugin

Mestre em Química pela UEL-PR

Doutoranda em Química na UEL-PR

LACA/QUI/CCE - Rodovia Celso Garcia Cid, PR-445, Km 380 - Campus
Universitário, Londrina-PR, 86057-970

E-mail: pribrugin@gmail.com

Ismael Rodrigues Amador

Doutor em Química pela UEL-PR

LACA/QUI/CCE - Rodovia Celso Garcia Cid, PR-445, Km 380 - Campus
Universitário, Londrina-PR, 86057-970

E-mail: ir.amador@hotmail.com

Maria Cristina Solci

Doutora em Química pela USP-SP

Professora Associada do Departamento de Química da Universidade Estadual de
Londrina

LACA/QUI/CCE - Rodovia Celso Garcia Cid, PR-445, Km 380 - Campus
Universitário, Londrina-PR, 86057-970

E-mail: solci@uel.br

RESUMO

As salas de aulas constituem um ambiente interior particular, pois os jovens estudantes, principalmente as crianças, são mais suscetíveis a problemas de saúde vinculados à má qualidade do ar. Este estudo teve como objetivo avaliar a qualidade do ar em sala de aula

de escola pública comparando com ambiente externo por meio da investigação sobre a massa e composição química do material particulado grosso e fino e sua distribuição por tamanho. Os dados indicaram a presença de material particulado grosso e fino, com concentração média de $13,3 \mu\text{g m}^3$ em $\text{MP}_{2,5}$ e $47,1 \mu\text{g m}^3$ em MP_{10} no interior da sala de aula enquanto que no ambiente externo a concentração para o MP_{10} foi de $29,5 \mu\text{g m}^3$. Como fontes de material particulado foram sugeridas as fontes antrópicas e ressuspensão de partículas do solo causadas por diversas atividades desenvolvidas durante o período de ocupação. Foram determinados os íons sulfato, nitrato, cloreto e fosfato indicando fonte interna e a influência de fontes de combustão no entorno da edificação.

Palavras-chave: aerossol atmosférico, ambientes internos, íons

ABSTRACT

Classrooms are a particular indoor environment for young students, especially children, because they are more susceptible to health problems related to poor quality of indoor air. This study aimed to evaluate the quality of indoor air in public school classroom compared to the external environment through research on the chemical composition of coarse and fine particulate matter and its size distribution in micrometer range. The data indicate the presence of coarse and fine particulate material, with an average concentration of $13.3 \mu\text{g m}^3$ ($\text{PM}_{2,5}$) and $47.1 \mu\text{g m}^3$ (PM_{10}) inside the classroom while outdoor the concentration was $29.5 \mu\text{g m}^3$ for PM_{10} . The particulate matter may be derived from anthropogenic sources and resuspension of soil particles caused by many activities during the period of occupation. Sulfate, nitrate, chloride and phosphate were determined, indicating internal source and influence of combustion sources around the building.

Keywords: atmospheric aerosol, indoor, ions

1 INTRODUÇÃO

O material particulado (MP) é um dos mais importantes parâmetros em estudos de poluição atmosférica devido aos diversos impactos provocados à saúde humana e ao ambiente (Polichetti et al., 2009). Considerando a exposição ao MP, as crianças representam uma das subpopulações mais suscetíveis em relação aos efeitos potencialmente nocivos induzidos pela poluição do ar (Pongpiachan e Paowa, 2014; Schüep e Sly, 2012; WHO, 2010). A qualidade do ar em escolas tem sido associada a doenças respiratórias como asma, rinite, tosse seca, etc. Sob essa perspectiva, o ambiente escolar tem sido uma preocupação crescente em relação à saúde dos alunos e compreender a exposição das crianças é vital para seu desenvolvimento saudável (Burtcher e Schuepp, 2012).

O MP é classificado como grosso e fino, dependendo do seu diâmetro ser maior ou menor que $2,5 \mu\text{m}$. As partículas inaláveis grossas ($\text{MP}_{2,5-10}$) são as que possuem o diâmetro aerodinâmico médio das partículas no intervalo de $2,5$ a $10 \mu\text{m}$ e as partículas

finas ou respiráveis ($MP_{2,5}$) são iguais e inferiores a $2,5 \mu\text{m}$. (Vasconcellos et al., 2011; Freitas e Solci, 2009).

Partículas derivadas de processos de combustão provenientes de fontes móveis e estacionárias, como automóveis, incineradores e termoelétricas, em geral, são de menor tamanho, apresentando diâmetro menor que $2,5 \mu\text{m}$ podendo atingir as porções mais inferiores do trato respiratório, prejudicando as trocas gasosas (Almeida et al., 2011). A exposição a longo prazo à poluição do ar por partículas do tráfego e outras fontes de combustão está associada com um aumento em geral da mortalidade e morbidade por doenças respiratórias, cardiovasculares, cardiopulmonares, sistemas reprodutivos e ainda levar ao câncer (Karotki et al., 2014).

Crianças respiram maiores volumes de ar em relação a sua massa corpórea. Sua vulnerabilidade fisiológica para a poluição do ar deriva das vias aéreas estreitas e aos pulmões ainda estarem em desenvolvimento. Além disso, muitas crianças respiram através da boca ignorando o mecanismo de filtragem do nariz. Assim, as crianças são mais propensas a sofrer as consequências da poluição interna (Alves et al., 2014).

Existe uma correlação entre as concentrações dos poluentes e o aparecimento de problemas de saúde com crianças em idade escolar. Observam-se predominantemente sintomas respiratórios, tais como a asma, irritação da garganta, alergias e entre outras. Considerando tal fato, as crianças são um grupo de risco e podem apresentar vulnerabilidades quando expostas a um ambiente interior de menor qualidade. O desenvolvimento de patologias respiratórias está associado à baixa qualidade do ar em ambientes escolares.

Este estudo teve como objetivo avaliar a qualidade do ar interno em sala de aula de escola pública comparando com a do ambiente externo por meio da investigação sobre a composição química do material particulado grosso e fino e sua distribuição por tamanho em escala micrométrica.

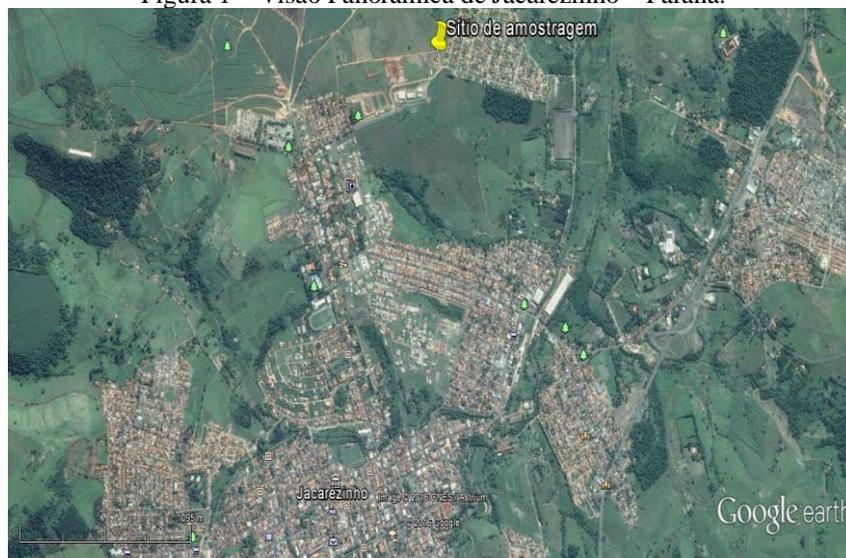
2 METODOLOGIA

2.1 AMOSTRAGEM

A cidade de Jacarezinho está localizada nas coordenadas $23^{\circ}09'38''\text{S}$ e $49^{\circ}58'10''\text{W}$, em uma altitude média de 501m de altitude. Sua população é de 40.243 habitantes (IBGE, 2016). As amostragens foram realizadas na instituição de Ensino Complexo Educacional Gastão de Mesquita Filho ($23^{\circ}08'18.8''\text{S}$ $49^{\circ}58'15.5''\text{W}$) em

região industrial, predominando em suas divisas áreas agrícolas, e falta de estrutura urbana como pavimentação (Figura 1).

Figura 1 – Visão Panorâmica de Jacarezinho – Paraná.



Fonte: Google Earth.

Os amostradores para coleta de MP grosso e fino foram conectados a bombas de diafragma, rotômetros e válvulas de agulha. O dispositivo utilizado para coleta MP₁₀ foi o impactador de baixo volume (ZUF, Universidade de Frankfurt/Alemanha) na vazão de 9 L min⁻¹. O MP fino foi coletado utilizando amostradores de baixo volume do tipo ciclone (PM2.5 URG-2000-30EH, URG Corporation, USA) operando na vazão de 16.7 L min⁻¹. Para a amostragem por faixas de tamanho foi utilizado o impactador em cascata Sioutas (SKC, Inc.) com 4 estágios de impactação seguido de um pós filtro. As partículas foram separadas em diâmetros aerodinâmicos na faixa quase-ultrafina (< 0,25 µm), fina (0,25 a 0,5 µm; 0,5 a 1,0 µm; 1,0 a 2,5 µm) e grossa (2,5 a 10 µm). Os coletores foram conectados a bomba a vácuo (DIAPUMP FANEM). Filtros de fibra de vidro de 47 mm de diâmetro (SARTORIUS), 25 mm (MACHEREY-NAGEL, USA) e 37 mm (MILLIPORE, USA) foram usados para impactar o MP. Os filtros de fibra de vidro foram previamente lavados triplamente com água deionizada (Deionizador USF ELGA) e colocados em banho de ultrassom (ULTRASSOM THORNTON Modelo T7) por 30 minutos. Foram secos em estufa por 4 horas na temperatura de 80 °C e guardados em dessecador contendo sílica gel. A sala de armazenagem e pesagem foi mantida em condições de temperatura (24 ± 3°C) e umidade relativa (30 ± 2 %) controladas. Os filtros foram condicionados neste ambiente por 24 horas antes e após as amostragens. Os filtros

foram pesados em balança com precisão de $1,0 \mu\text{g}$ (METTLER TOLEDO, modelo AX26) e identificados (Amador et al., 2016).

A campanha foi realizada no período de 20 de agosto a 04 setembro de 2015, simultaneamente em ambiente interno e externo da escola no período de 24 horas de coleta. A sala de aula esteve com ocupação de 29 alunos de faixa etária entre 6 e 12 anos de idade. Os coletores foram posicionados a 1 m de altura de forma que estivessem o mais próximo possível da zona de respiração dos alunos. As amostragens em ambiente externo foram realizadas em área sem influência direta de emissões veiculares (Figura 2). As trocas dos filtros aconteceram no período da manhã quando as vazões eram conferidas no final e início de cada coleta com auxílio de rotâmetros de esfera (FISCHER & PORTER) a uma vazão de 540 Lh^{-1} para MP_{10} e 1002 Lh^{-1} para $\text{MP}_{2,5}$.

Figura 2 - Amostradores posicionados no interior da sala de aula e no exterior da edificação.



Os filtros contendo o MP coletado foram submetidos à extração aquosa (3 mL de água ultrapura) com sonicação por 30 min a temperatura ambiente. Em seguida, os extratos foram filtrados em membrana PVDF $0,22 \mu\text{m}$ de diâmetro (MILLIPORE) e transferidos para tubos de reação de 1,5 mL até a determinação cromatográfica.

As soluções dos analitos foram preparadas a partir de mix padrão certificado (Seven Ions Standart, DIONEX) para cromatografia de íons constituído de 20 mg L^{-1} de fluoreto, 100 mg L^{-1} de cloreto, nitrito, nitrato, brometo, sulfato e 200 mg L^{-1} de fosfato. Foi transferido alíquota de 0,6 mL do mix para balão de 5,0 mL completando seu volume com água ultrapura, da qual foi diluída para as concentrações $0,05 \text{ mg L}^{-1}$, $1,0 \text{ mg L}^{-1}$, $2,0 \text{ mg L}^{-1}$, $4,0 \text{ mg L}^{-1}$, $6,0 \text{ mg L}^{-1}$, $8,0 \text{ mg L}^{-1}$, 10 mg L^{-1} e 12 mg L^{-1} .

Para a separação cromatográfica foi empregado o cromatógrafo de íons (Sykam S-1100) equipado com detector de condutividade elétrica e sistema de supressão. A separação ocorreu na coluna analítica Dionex AS11 (4x250 mm) com pré-coluna Dionex AG11 (4x50 mm). O sistema de supressão utilizou a coluna supressora Dionex AMMS 300. Na vazão de $1,0 \text{ mL min}^{-1}$ foi empregada solução eluente de $\text{NaOH } 14,4 \text{ mmol L}^{-1}$.

O sistema regenerante empregou solução de H_2SO_4 a 9 mmol L^{-1} na vazão de 7 mL min^{-1} . O sistema de colunas e detecção foi mantido em $35 \text{ }^\circ\text{C}$ (Freitas e Solci, 2006).

As curvas analíticas foram obtidas através de valores de áreas de picos provenientes de injeções em triplicatas nos valores de $0,05 \text{ mg L}^{-1}$ a 12 mg L^{-1} . Os limites de detecção e quantificação foram calculados pelo método baseado nos parâmetros da curva analítica (Ribani et al., 2004).

Foram realizados testes de recuperação adicionando quantidades conhecidas dos padrões certificados à 8 filtros previamente tratados. Foram realizados os procedimentos analíticos de extração e quantificação. A taxa de recuperação para os íons foi de 93 a 120%. O teste de recuperação se mostrou satisfatório na faixa de 80% a 120% para recuperação em filtros brancos (EPA, 2006).

Os dados de temperatura ($^\circ\text{C}$) e a umidade relativa (%) da sala de aula foram monitorados durante a cada 60 minutos utilizando o Data LOGGER U10/HOBOware Pro.

De acordo com os dados fornecidos e observados na escola referentes a estrutura física do prédio e da sala de aula, ambos apresentam ótimas condições, com ventilação natural assegurada pela abertura de portas e janelas. A sala de aula destinada para o estudo atende crianças com idade entre 6 e 12 anos. No período da manhã a sala é destinada ao atendimento dos alunos que apresentam dificuldades em acompanhar o conteúdo programático de sua respectiva turma. No período da tarde neste mesmo ambiente os alunos realizam suas atividades escolares permanecendo por 8 horas diárias em sala de aula.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 CONCENTRAÇÃO DE MATERIAL PARTICULADO

Foram obtidas 55 amostras e 17 brancos de campo nos ambientes interno e externo durante o período de 20 de agosto a 04 de setembro de 2015 com tempo de amostragem de 24 horas. No interior da sala de aula foram amostrados $\text{MP}_{2,5}$ e MP_{10} cujos intervalos de concentração foram $2,1$ a $47,8 \text{ } \mu\text{g m}^{-3}$ e $7,4$ a $73,7 \text{ } \mu\text{g m}^{-3}$, respectivamente. No exterior da sala de aula os valores de MP_{10} foram de $5,6$ a $68,5 \text{ } \mu\text{g m}^{-3}$. Valores médios para as frações finas e grossa foram $13,3$ em $\text{MP}_{2,5}$ e $47,1 \text{ } \mu\text{g m}^{-3}$ no MP_{10} (internos) e $29,5 \text{ } \mu\text{g m}^{-3}$ no MP_{10} (externo). A figura 3 mostra o perfil de material particulado fino ($\leq \text{MP}_{2,5}$), as médias de temperatura e umidade relativa do ar no interior da sala de aula.

Figura 3 - Concentração diária de material particulado fino ($\leq MP_{2,5}$) em $\mu g m^{-3}$, temperatura e umidade relativa médias do ar no interior da sala de aula.

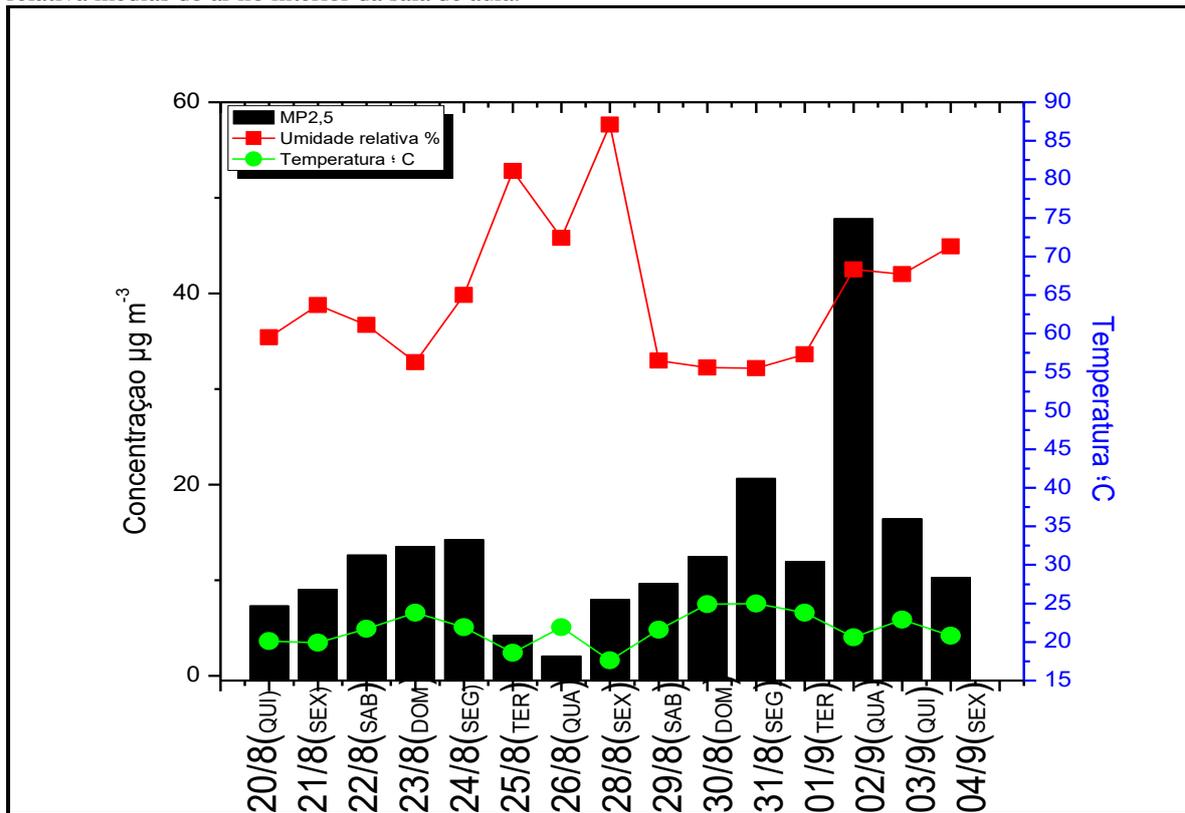
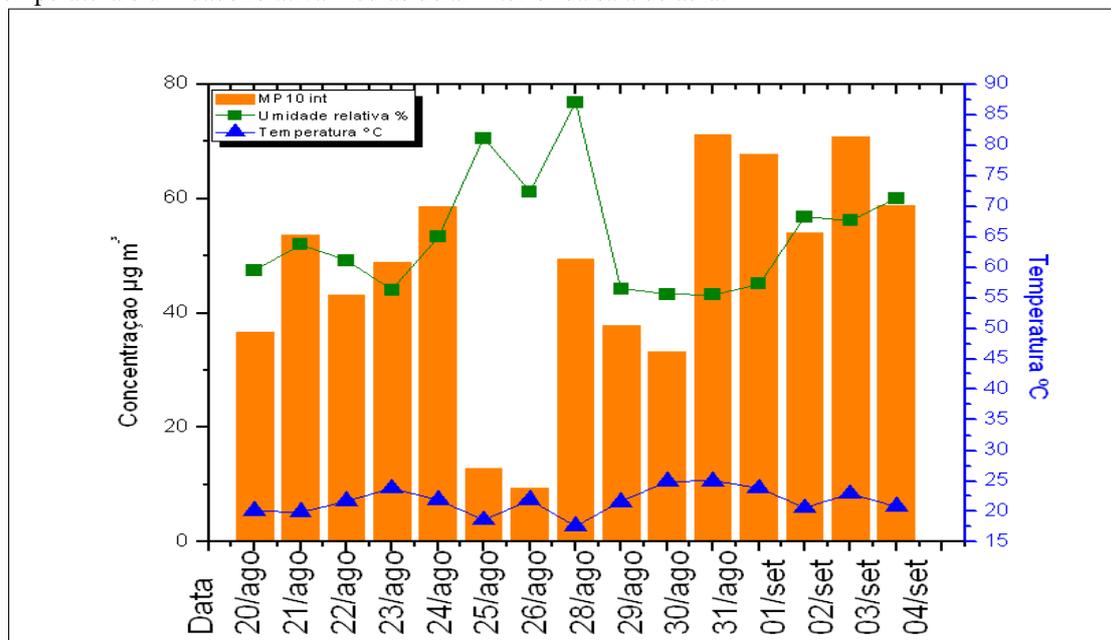


Figura 4 - Concentração diária de material particulado grosso ($\leq MP_{10}$) em $\mu g m^{-3}$, amostrado temperatura e umidade relativa médias do ar interior da sala de aula.

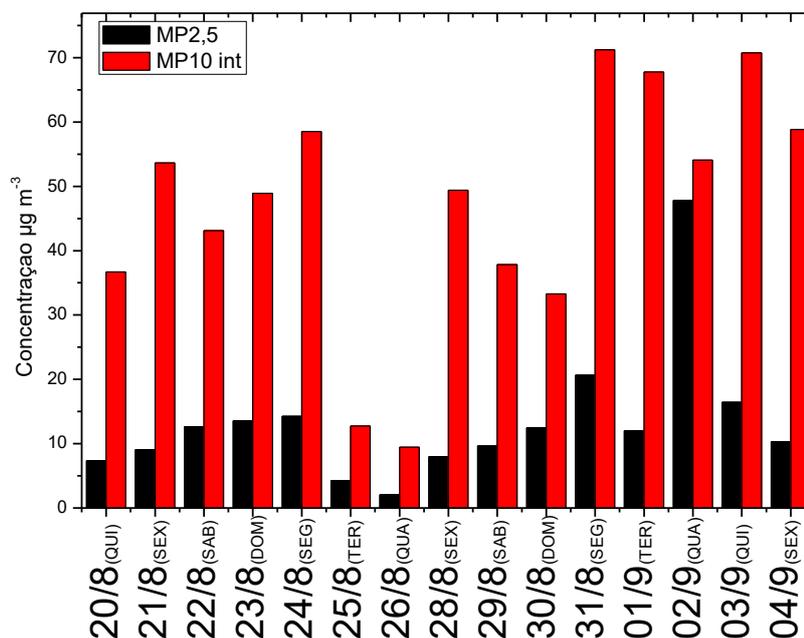


A figura 4 apresenta o perfil de material particulado grosso e as médias diárias de temperatura e umidade relativa no ambiente interno. Em média, a fração fina compreendeu em torno de 30% da fração grossa. Com a ocorrência de chuvas observadas

no período de amostragem, observa-se a diminuição das concentrações em ambas frações. Precipitações atuam como removedores de partículas da atmosfera, reduzindo a concentração de MP por meio de mecanismos de lavagem. E ainda, com o aumento da umidade relativa do ar há o aumento de aderência entre as partículas causando aglomeração entre si e favorecendo a precipitação das mesmas.

Na figura 5 são apresentados os dados diários comparando as duas frações no ambiente interno.

Figura 5 – Comparação das concentrações ($\mu\text{g m}^{-3}$) de $\text{MP}_{2,5}$ e MP_{10} no interior da sala de aula.

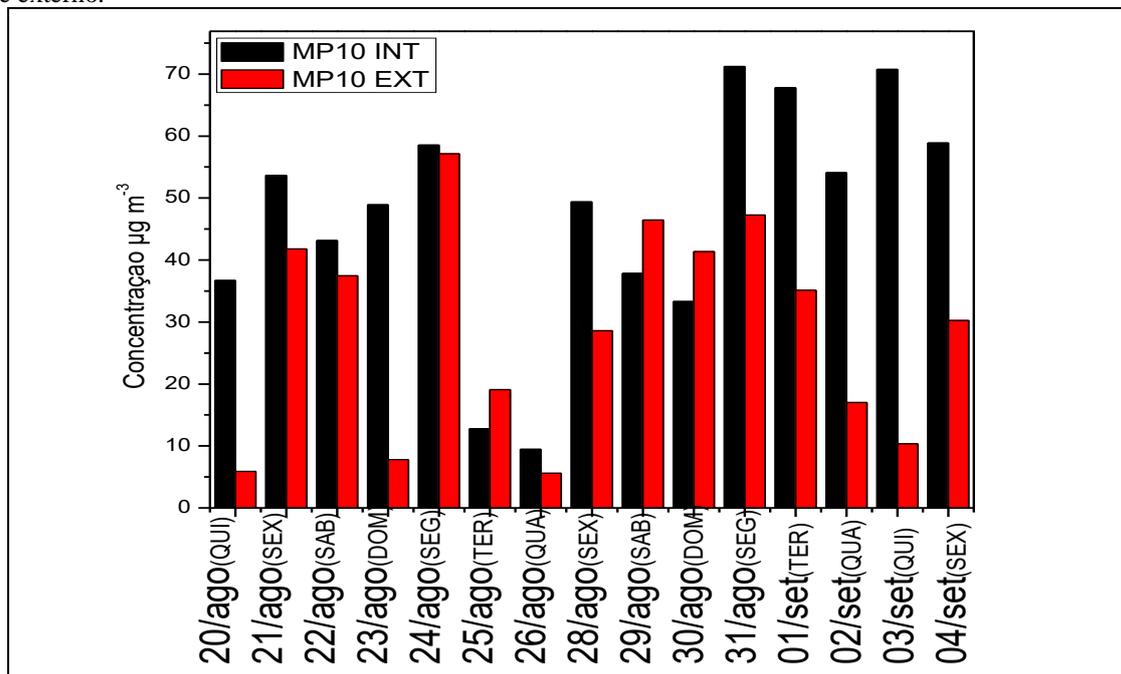


As partículas presentes em espaços interiores são em geral, provenientes de fontes internas e externas; as partículas provenientes de fontes externas são transportadas para o interior da edificação por infiltração natural e pelas entradas de ar. Em geral, as concentrações em massa de MP são regidas por condições meteorológicas estáveis na atmosfera como baixa temperatura e velocidade do vento criando condições benéficas para acumulação de poluentes e agregação de partículas em vez de dispersão e eliminação. Contribuições internas podem ser afetadas pela posição do ambiente em relação ao entorno da edificação (Amato et al., 2014). O ambiente investigado neste estudo tem as janelas da sala de aula voltadas para área que recebe influência direta de ressuspensão de partículas do solo, devido a falta de pavimentação e ainda direcionadas próximo ao local onde veículos leves são estacionados temporariamente para embarque e desembarque dos alunos.

Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS) a recomendação para valores médios diários de concentração adotados como critério aceitável – o menor efeito sobre a saúde – é de $25 \mu\text{g m}^{-3}$ para a fração $\text{MP}_{2,5}$ e $50 \mu\text{g m}^{-3}$ para MP_{10} . (WHO, 2006). Sendo assim, a qualidade do ar esteve na maioria dos dias em condições aceitáveis para a fração $\text{MP}_{2,5}$, apresentando somente o dia 02 de setembro com valor superior à recomendação da OMS. Para a fração MP_{10} foram encontrados sete valores acima do recomendado pela OMS.

A concentração de MP_{10} em ambientes internos pode ser maior em relação ao exterior. Conforme a figura 6, a concentração no interior esteve maior que no ambiente externo que pode estar relacionada com as atividades físicas e circulação dos alunos provocando ressuspensão de partículas depositadas ou a sua deposição retardada. (Alves et al., 2014). Fragmentos de giz, contribuem nas concentrações de partículas no interior de salas de aula, uma vez que o giz é um recurso mais utilizados no interior da sala e liberam quantidades significativas de partículas. (Almeida et al., 2011).

Figura 6 - Concentração em massa ($\mu\text{g m}^{-3}$) de material particulado na fração MP_{10} nos ambientes interno e externo.



3.2 RAZÃO ENTRE MP₁₀ INTERNO E EXTERNO (MP_{IN}/MP_{EX})

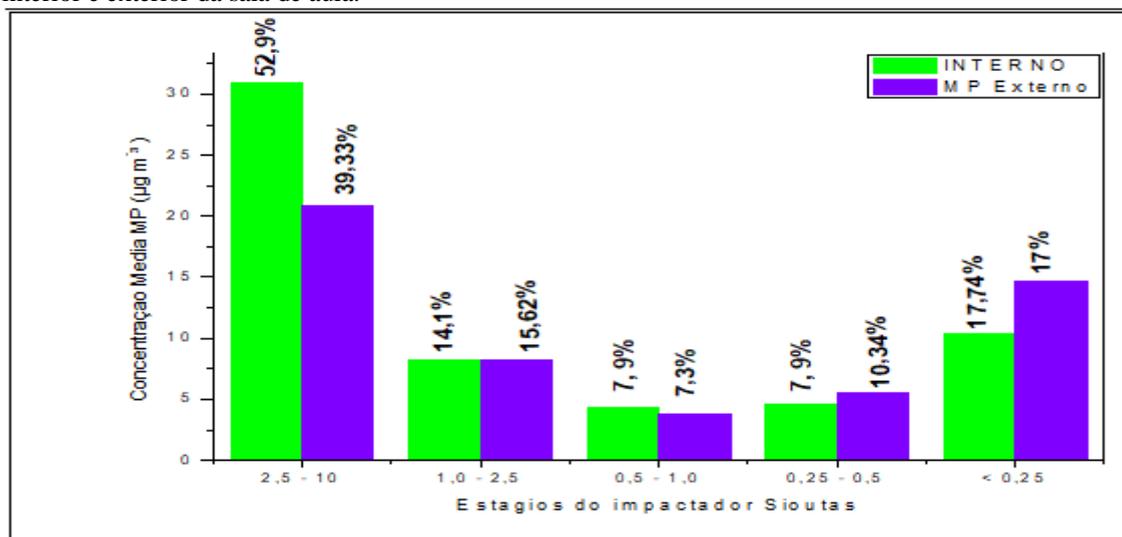
A razão entre concentrações de MP interno e externo (MP_{in}/MP_{ex}) é um parâmetro de avaliação sobre fontes emissoras e/ou do acúmulo do MP no ambiente (Abt et al., 2000; Arhami et al., 2010). No período de ocupação da sala de aula, (MP_{in}/MP_{ex}) foi de 1,92 enquanto que nos finais de semana, quando não houve ocupação do prédio, a razão foi de 0,66. Estudos revelaram que a poluição do ar interior pode exceder do ar exterior, onde as partículas provenientes de ambientes externos podem ser facilmente transportadas para dentro das salas por meio de ventos preferenciais e pela ressuspensão de poeira do chão (Zock et al., 2002; Rivas et al., 2015). A acumulação de poluentes é considerada um dos maiores contribuintes de poluição interna dependendo de como as janelas estão distribuídas, ventilação natural do local e a periodicidade de limpeza (Fromme et al., 2008).

Estes podem ser alguns dos motivos que influenciam na concentração de partículas presentes no interior da sala de aula. Janelas voltadas para a frente de ruas contribuem para a entrada de partículas provenientes de queima de combustível, ressuspensão de poeira do solo, principalmente quando não há pavimentação.

3.3 DISTRIBUIÇÃO POR TAMANHO DO MATERIAL PARTICULADO NOS ESTÁGIOS DE IMPACTAÇÃO SIOUTAS.

A figura 7 mostra a concentração média de MP obtidas nos estágios de impactação *Sioutas* durante o período de amostragem que compreende cinco dias úteis ininterruptos em duas campanhas de forma a garantir massa suficiente dos compostos de interesse.

Figura 7 – Distribuição de MP grosso e fino nos estágios de impactação do coletor *Sioutas* nos ambientes interior e exterior da sala de aula.



A concentração na fração inalável $MP_{2,5-10}$ apresentou maior concentração para os dois ambientes em estudo. No ambiente interno, 53% foi constituído de partículas grossa ($MP_{2,5-10}$) e 47% distribuído entre as partículas finas e quase-ultrafinas. Comparativamente, a distribuição por faixas de tamanho entre os ambientes apresentou o mesmo perfil sugerindo fontes de MP semelhantes.

3.4 A PRESENÇA DE ÂNIONS MAJORITÁRIOS NO $MP_{2,5}$ E MP_{10}

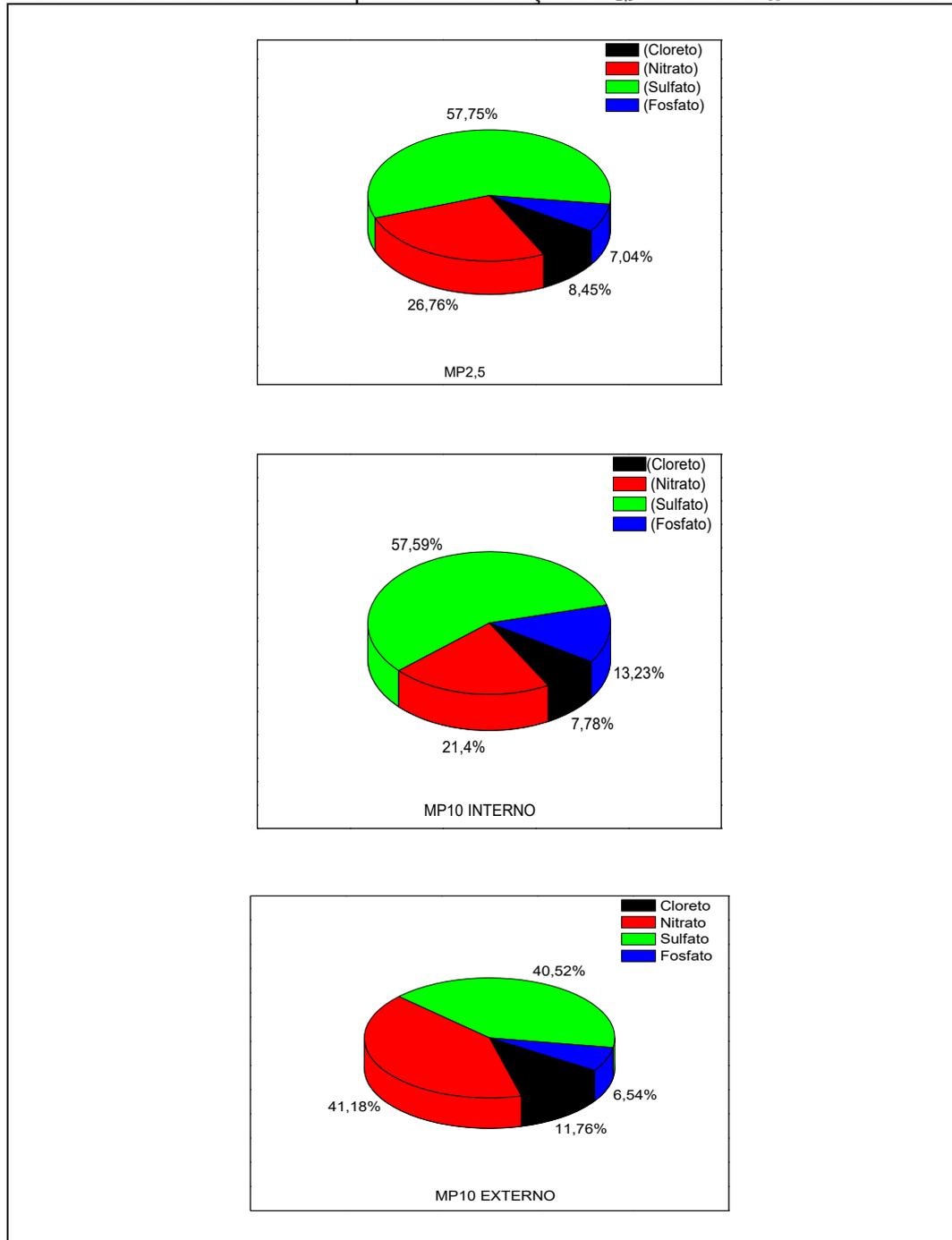
No $MP_{2,5}$ do ambiente interior foram determinados, em ordem decrescente de concentração, sulfato, nitrato, cloreto e fosfato. O mesmo perfil de concentração foi observado na fração MP_{10} interno e externo, com exceção do fosfato que apresentou concentração média superior ao cloreto no ambiente interno. A figura 8 apresenta a contribuição percentual de cada ânion nas frações fina e grossa nos dois ambientes.

Em maior importância observa-se a contribuição de 58% de sulfato nas frações fina e grossa. Giz é constituído de gipsita ($CaSO_4$) consequentemente contribuindo como fonte de partículas no ambiente interno. O coeficiente de correlação entre $MP_{2,5}$ e MP_{10} foi de -0,07. Esta correlação negativa, sugere que as fontes de sulfato no $MP_{2,5}$ difere de fontes no MP_{10} . A predominância do íon sulfato condiz com estudo realizado em ambiente escolar cuja presença do sulfato foi relacionada com emissões veiculares, a partir da queima de combustíveis (Rivas et al., 2015). Da mesma forma, emissões veiculares podem ser as fontes de nitrato presente em maiores concentrações no ambiente externo. Fosfato e cloreto, em menores concentrações, podem ter origem em atividades agrícolas e emissões de combustão (lixo, biomassa), no entorno.

Estudos realizados em ambiente escolar sobre a qualidade do ar interior (QAI) e os efeitos adversos para a saúde, em especial o sistema respiratório, concluíram que a QAI nas escolas tem sido pouco estudada em relação a ambientes internos como escritórios, restaurantes, entre outros. Observaram que fatores como idade das edificações, falta de manutenção, limpeza ineficiente e ventilação precária podem contribuir para a má qualidade do ar interior de salas de aula (Annesi-Maesano et al., 2013).

Ressaltamos que a amostragem de gases e MP em ambiente escolar é difícil devido ao ruído provocado por bombas e a manutenção da integridade das amostras.

Figura 8 - Percentual de ânions no material particulado nas frações MP_{2,5} interno e MP₁₀ interno e externo.



4 CONCLUSÕES

O objetivo deste trabalho foi determinar a concentração de material particulado grosso e fino, bem como sua composição iônica em ambiente escolar. Foram obtidos dados diários de material particulado, comparando as concentrações encontradas em dias úteis e finais de semana.. O perfil de concentração mostrou a relação da ocupação da sala pelos estudantes com a presença de partículas verificada pela razão MP_{in}/MP_{ex} .

Cloreto, nitrato, sulfato e fosfato foram determinados nas frações fina e grossa do MP. Maiores concentrações de sulfato sugeriu a contribuição de partículas de gipsita (giz) em suspensão utilizadas no ambiente escolar. Outras fontes contaminação indicadas pela presença de nitrato, cloreto e fosfato podem ser influenciadas por processo de combustão (lixo, biomassa, veiculares) e pela ressuspensão do solo.

Devido à correlação entre poluentes do ar e problemas de saúde principalmente em crianças e jovens em idade escolar, os estudantes são grupo de risco e podem apresentar vulnerabilidades quando expostas a um ambiente interior de menor qualidade. Medidas preventivas devem ser empregadas de forma a possibilitar o conforto ambiental em ambientes escolares.

REFERÊNCIAS

ABT, E.; SUH, H.H.; CATALANO, P.; KOUTRAKIS, P. Relative contribution of outdoor and indoor particle sources to indoor concentrations. **Environmental Science and Technology**, 34, 3579-3587, 2000.

ALMEIDA, S.M.; CANHA, N.; SILVA, A.; FREITAS, M.C.; PEGAS, P.; ALVES, C.; EVTYUGINA, M.; PIO, C.A. Children exposure to atmospheric particles in indoor of Lisbon primary schools. **Atmospheric Environment**, 45, 7594-7599, 2011.

ALVES, C.A.; URBAN, R.C.; PEGAS, P.N.; NUNES, T. Indoor/Outdoor Relationships between PM₁₀ and Associated Organic Compounds in a Primary School. **Aerosol and Air Quality Research**, 14, 86-98, 2014.

AMADOR, I.R.; PINTO, J.P.; SOLCI, M.C. Concentration and Size Distribution of Particulate Matter in a Broiler House Ambient Air. **Orbital: Electronical Journal of Chemistry**, 8, 189-193, 2016

AMATO, F.; RIVAS, I.; VIANA, M.; MORENO, T.; BOUSO, L.; RECHE, C.; PEDREROL, M.A.; SUNYER, J.; QUEROL, X. Sources of indoor and outdoor PM_{2.5} concentrations in primary schools. **Science of the Total Environment**, 34, 757-765, 2014.

ANNESI-MAESANO, I.; BAIZ, N.; BANERJEE, S.; RUDNAI, P.; RIVE, S. On behalf of the SINPHONIE Group, Indoor air quality and sources in schools and related health effects. **J. Toxicol. Environ. Health, Part B Crit. Rev.** 16, 491-550, 2013.

ARHAMI, M.; MINGUILLON, M.C.; POLIDORI, A.; SCHAUER, J.J., DEL FINO, R.J.; SIOUTAS, C. Organic compound characterization and source apportionment of indoor and outdoor quasi-ultrafine particulate matter in retirement homes of the Los Angeles Basin. **Indoor Air**, 20, 17-30, 2010.

BURTSCHER, H.; SCHÜEPP, K. The occurrence of ultrafine particles in the specific environment of children. **Paediatr. Respir.** 13, 89-94, 2012.

EPA-UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. **National Ambient Air Quality Standards**. Disponível em: <http://www.epa.gov/air/criteria.html> - acesso em 22 ago de 2016.

FROMME, H.; DIEMER J.; DIETRICH, S.; CYRYS, J.; HEINRICH J.; LANG W.; KIRANOGLU, M.; TWARDILLA, D. Chemical and morphological properties of particulate matter (PM₁₀, PM_{2.5}) in school classrooms and outdoor air. **Atmospheric Environment**, 42, 6597-6605, 2008.

VASCONCELLOS, P.C; GUARIEIRO, L.L.; SOLCI, M.C. Poluentes Atmosféricos Provenientes da Queima de Combustíveis Fósseis e Biocombustíveis: Uma Breve Revisão. **Revista Virtual de Química**, 3, 434- 445, 2011.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística., acessado em dezembro de 2016, site <http://www.ibge.gov.br/home/>

KAROTTKI, D.; BEKÖ, G.; MADSEN, A.M.; ANDERSEN, Z.J.; MASSLING, A.K.; MATTHIAS; E.T.; L. RIKKE; S.T.; MØLLER, P.H.; LOFT, S. Cardiovascular and lung function in relation to outdoor and indoor exposure to fine and ultrafine particulate matter in middle-aged subjects. *Environment International*, 73, 372-381, 2014.

POLICHETTI, G.; COCCO, S.; SPINALI, A.; TRIMARCO, V.; NUNZIATA, A. Effects of particulate matter (PM₁₀, PM_{2.5} and PM₁) on the cardiovascular system, *Toxicology*, 261, 1–8, 2009.

PONGPIACHAN, S.; PAOWA, T. Hospital out-and-in-patients as functions of trace gaseous species and other meteorological parameters in Chiang-Mai, Thailand. *Aerosol Air Qual.* 15, 479-493, 2014.

RIBANI, M.; BOTTOLI, C.B.G.; COLLINS, C.H.; JARDIM, I.C.S.F.; MELO, L.F.C. Validação em métodos cromatográficos e eletroforéticos. *Química Nova*, 27, 771-780, 2004.

RIVAS, I.; VIANA, M.; MORENO, T.; BOUSO, L.; PANDOLFI, M.; PEDREROL, M.A.; FORNS, J. ALASTUEY, A.; SUNYER, J.; QUEROL, X.. Outdoor infiltration and indoor contribution of UFP and BC, OC, secondary inorganic ions and metals in PM_{2.5} in schools. *Atmospheric Environment*, 106, 129-138, 2015.

SCHÜEPP, K.; SLY, P.D. The developing respiratory tract and its specific needs in regard to ultrafine particulate matter exposure. *Paediatr. Respir.* 13, 95-99, 2012.

FREITAS A.M.; SOLCI, M. C. Caracterização do MP10 e MP2,5 e distribuição por tamanho de cloreto, nitrato e sulfato em atmosfera urbana e rural de Londrina *Química Nova*, 7, 1750-1754, 2009.

W.H.O., 2006. Health impact of PM₁₀ and ozone in 13 Italian cities. World Health Organization. <http://www.euro.who.int/en/media-centre/sections/latestpress-releases/newly-found-health-effects-of-air-pollution-call-for-stronger-europeanunion-air-policies>. Acesso em 20 set. 2014.

ZOCK, J.; JARVIS, D.; LUCZYNSKA, C.; SUNYER, J.; BURNEY, P. Housing characteristics, reported mold exposure, and asthma in the European Community Respiratory Health Survey. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 110, 285–292, 2002.