

Quantificação de elementos químicos associados ao tráfego de veículos em bromélias atmosféricas transplantadas na Região Metropolitana do Recife

T. O. Santos^{1,2}; R. Vieira²; C. A. Silva Filho²; C. A. Hazin^{1,2}; E. Valentim^{1,2}

¹Departamento de Energia Nuclear, Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), 50670-901, Recife-PERNAMBUCO, Brasil

²Divisão de Monitoração Ambiental (DIAMB)/ Laboratório de análises de traços e ultra traços (SEATU), Centro Regional de Ciências Nucleares do Nordeste (CRCN/NE), 50740-540, Recife-PERNAMBUCO, Brasil

thiago_cbufpe@yahoo.com.br

(Recebido em 29 de março de 2013; aceito em 15 de julho de 2013)

A diminuição da qualidade do ar é um dos principais problemas ambientais nos grandes centros urbanos, sendo os veículos automotivos um dos principais contribuintes para a emissão de poluentes na atmosfera urbana. Bromélias atmosféricas são amplamente utilizadas em estudos de monitoração da qualidade do ar por dependerem exclusivamente da atmosfera para obtenção dos nutrientes e água necessários à sua sobrevivência. Por essa razão, a planta epífita *Tillandsia recurvata* foi selecionada para o desenvolvimento do presente trabalho, que teve como objetivo avaliar a qualidade do ar na Região Metropolitana do Recife (RMR) por meio de um estudo de biomonitoração ativa. Exemplares dessa espécie foram coletados em regiões não poluídas, distantes de potenciais fontes de emissão e transplantados em locais com diferentes intensidades de tráfego de veículos na RMR. Os biomonitores foram expostos por dois meses e após esse período as concentrações dos elementos Ni, Cu, Pb e Cd foram determinadas por ICP-MS (Espectrometria de Massa com Plasma Indutivamente Acoplado). Os pontos localizados próximos às rodovias com maior tráfego de veículos apresentaram as maiores concentrações dos elementos analisados, a saber, $(2,9 \pm 0,9)$ mg.kg⁻¹ Ni, $(14,8 \pm 0,5)$ mg.kg⁻¹ Cu, $(5,4 \pm 0,3)$ mg.kg⁻¹ Pb e $(0,10 \pm 0,04)$ mg.kg⁻¹ para o Cd, enquanto que as menores concentrações foram obtidas em áreas residenciais $(0,62 \pm 0,05)$ mg.kg⁻¹ Ni, $(2,5 \pm 0,6)$ mg.kg⁻¹ Cu, $(1,0 \pm 0,1)$ mg.kg⁻¹ Pb e $(0,014 \pm 0,003)$ mg.kg⁻¹ para o Cd, demonstrando assim uma correlação entre a acumulação dos elementos e a intensidade do tráfego de veículos.

Palavras-chave: Biomonitoração, Metais, Trânsito.

Quantification of chemicals elements associated with vehicle traffic on atmospheric bromeliads transplanted in the Metropolitan Region of Recife

Decreased air quality is a major environmental problem in large urban centers, and industries and motor vehicles are the main contributors to the emission of pollutants in the urban atmosphere. The atmospheric bromeliads are widely used in studies monitoring air quality by relying exclusively from the atmosphere to obtain the nutrients and water needed for their survival. For this reason, the epiphyte *Tillandsia recurvata* was selected for the development of this study, which aimed to assess the air quality in the metropolitan area of Recife (RMR) via an active biomonitoring study. Specimens of this species were collected in unpolluted regions, far from potential emission sources and transplanted in places with different levels of vehicle traffic in RMR. The biomonitors were exposed for two months and after that period the concentrations of Ni, Cu, Pb and Cd were determined by ICP-MS (Mass Spectrometry Inductively Coupled Plasma). Points located near major roads with vehicular traffic had the highest concentrations of the analyzed elements, namely (2.9 ± 0.9) mg.kg⁻¹ Ni, (14.8 ± 0.5) mg.kg⁻¹ Cu, (5.4 ± 0.3) mg.kg⁻¹ Pb and (0.10 ± 0.04) mg.kg⁻¹ to Cd, while lower concentrations were obtained in residential areas (0.62 ± 0.05) mg.kg⁻¹ Ni, (2.5 ± 0.6) mg.kg⁻¹ Cu, (1.0 ± 0.1) mg.kg⁻¹ Pb and (0.014 ± 0.003) mg.kg⁻¹ for Cd, thus demonstrating a correlation between the accumulation of the elements and vehicle traffic intensity.

Keywords: active biomonitoring, heavy metals, vehicles.

1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, tem aumentado o interesse do homem sobre questões relacionadas à conservação do meio ambiente, de modo que diversos estudos científicos têm sido utilizados como ferramenta para detecção de problemas ambientais causados por ações antrópicas, prevendo a médio e longo prazo os efeitos de tais ações. Um desses problemas é a poluição por metais pesados ¹.

Os metais pesados podem ser encontrados naturalmente no meio ambiente e, devido a ações antrópicas, como liberação de efluentes industriais e domésticos, queima de combustíveis fósseis, agricultura, dentre outros, seus ciclos biogeoquímicos podem sofrer alterações, aumentando suas concentrações naturais e transformando-os em poluentes ².

Um dos principais problemas de saúde pública nos grandes centros urbanos é a poluição atmosférica. As duas principais fontes de emissão associadas à contaminação do ar urbano são as indústrias e os veículos automotores, os quais vêm se transformando na principal fonte de emissão desde a segunda metade do século XX ³.

Os primeiros estudos sobre contaminação atmosférica por metais pesados avaliaram os níveis de chumbo em ambientes urbanos ou próximos a estradas com alto tráfego de veículos, devido à adição desse metal como antidetonante no combustível, bem como o estudo de outros metais liberados pelo desgaste das peças dos automóveis ⁴. Os poluentes gasosos e o material particulado inalável gerados a partir da queima de combustíveis fósseis apresentam efeitos diretos sobre o sistema respiratório, em especial, de crianças e idosos ³.

As plantas epífitas apresentam-se como excelentes ferramentas para a biomonitoração da contaminação atmosférica. Por obterem minerais e nutrientes do ar e não de um substrato, pode-se afirmar que os elementos acumulados nesses organismos refletem a composição atmosférica ⁵. Essa característica faz com que esses organismos sejam bastante utilizados em vários países como uma ferramenta de baixo custo efetiva para a avaliação da deposição atmosférica de elementos traço.

A *Tillandsia usneoides* foi utilizada para avaliar os níveis de mercúrio em um local de extração de ouro na Amazônia. As concentrações desse elemento encontradas nos transplantes foram 300 vezes maiores do que a das amostras controle ⁶. Essa espécie também foi empregada como monitor da contaminação atmosférica de mercúrio oriundo de indústrias no Rio de Janeiro ^{7, 8}. Para avaliar a ocorrência de alterações no padrão de elementos presentes na atmosfera de uma região da Flórida, EUA, exemplares de *T. usneoides* foram analisados e os resultados obtidos comparados com dados adquiridos 25 anos antes ⁹. Os resultados demonstraram que as concentrações de Ca, Mg, K e Cu diminuíram nesses organismos, enquanto as concentrações de Fe aumentaram.

Exemplares de *Tillandsia capillaris* foram utilizados para avaliar a qualidade do ar na cidade de Córdoba, Argentina, analisando tanto suas respostas fisiológicas quanto sua capacidade de acumular metais pesados em seus tecidos ¹⁰. Essa mesma espécie foi utilizada para a monitoração da qualidade do ar na cidade de Lima, no Peru, e identificaram que as principais fontes de poluição eram as atividades industriais e o tráfego de veículos ¹¹.

Carreras (2008) ¹² verificou uma relação entre o número de casos de problemas respiratórios em crianças e o teor de metais acumulados em *Tillandsia capillaris*.

Brighigna (1997) ¹³ utilizou uma espécie de *Tillandsia* para avaliar a poluição causada pelo tráfego de veículos na capital da Costa Rica, por meio da quantificação dos metais Pb, Cu, Cd, nesses organismos. Em 2002, empregando duas espécies de *Tillandsias* (*Tillandsia caput-medusae* e *Tillandsia bulbosa*) Brighigna ¹⁴ realizou a monitoração de hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs), na cidade de Florença, Itália.

Bermudez (2008) ¹⁵ avaliou a capacidade de bioacumulação e a resposta aos poluentes, de três espécies de *Tillandsias* e uma de líquen em três tipos de ambientes, na Argentina: rural, urbano e industrial. A espécie que se mostrou mais eficiente em acumular metais pesados foi a *Tillandsia recurvata*.

Os estudos citados confirmam o sucesso do emprego de plantas do gênero *Tillandsia* na monitoração da contaminação atmosférica. Com base nisso, o presente trabalho teve como objetivo utilizar exemplares da bromélia atmosférica *Tillandsia recurvata* L. (Bromeliaceae)

como biomonitor da poluição associada ao tráfego de veículos na Região Metropolitana do Recife.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

A Região Metropolitana do Recife (RMR) (Figura 1) perfaz uma área de aproximadamente 2.800 km², o que equivale a 2,82% do Estado de Pernambuco. Embora totalizando um pequeno percentual do Estado, a população que a região abriga, de 3.350.654 habitantes, corresponde a aproximadamente 40% do total do estado, segundo senso do IBGE de 2000. Esta Região compreende 14 municípios: Jaboatão dos Guararapes, Olinda, Paulista, Igarassu, Abreu e Lima, Camaragibe, Cabo de Santo Agostinho, São Lourenço da Mata, Araçoiaba, Ilha de Itamaracá, Ipojuca, Moreno, Itapissuma e Recife.

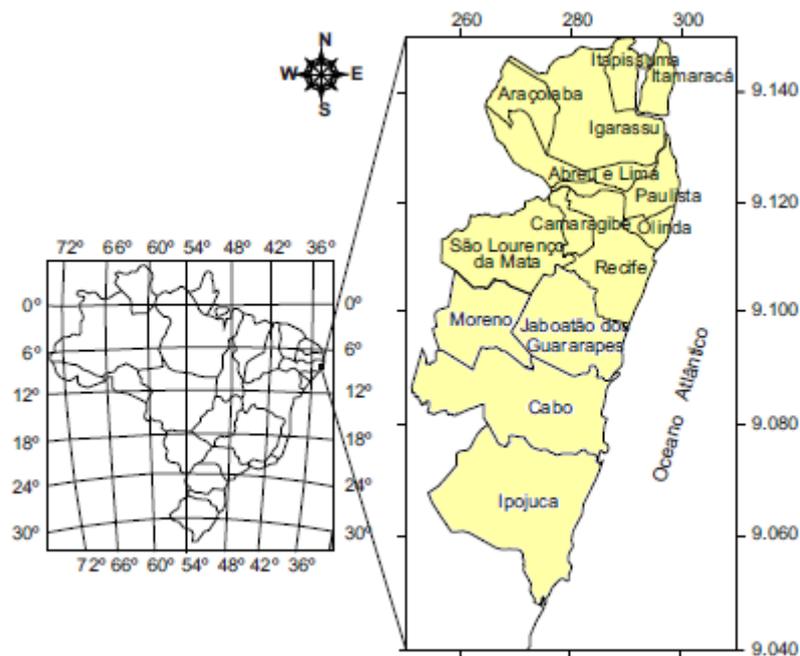


Figura 1. Mapa da Região Metropolitana do Recife.

Nos últimos seis anos o número de veículos automotivos na Região Metropolitana do Recife (RMR) foi duplicado, segundo levantamento do Departamento Nacional de Trânsito (DENATRAN), sendo registrados os maiores aumentos no município do Recife¹⁶. O aumento significativo destes veículos pode estar relacionado com o crescente desenvolvimento econômico na região, o que também explica o problema da poluição por metais pesados advindos da queima de combustíveis gerados pelo fluxo de veículos.

2.2 Amostragem e transplante – Biomonitoração ativa.

Exemplares da bromélia atmosférica *Tillandsia recurvata* foram coletadas em Gravatá, Região Agreste do estado de Pernambuco, distante de potenciais fontes de elementos associados ao tráfego de veículos. Todos os espécimes foram limpos com auxílio de um pincel para retirar os materiais que pudessem interferir nos resultados posteriores, e aproximadamente 12 gramas do biomonitor foram acondicionadas em bolsas de náilon com 20 cm² de área. Um total de 11 unidades experimentais foram transplantadas em rodovias da Região Metropolitana do Recife com diferentes intensidades de tráfego de veículos (Figura 2, Tabela 1). As amostras foram expostas por dois meses e após esse período foram analisadas por ICP-MS (Espectrometria de Massa com Plasma Indutivamente Acoplado).

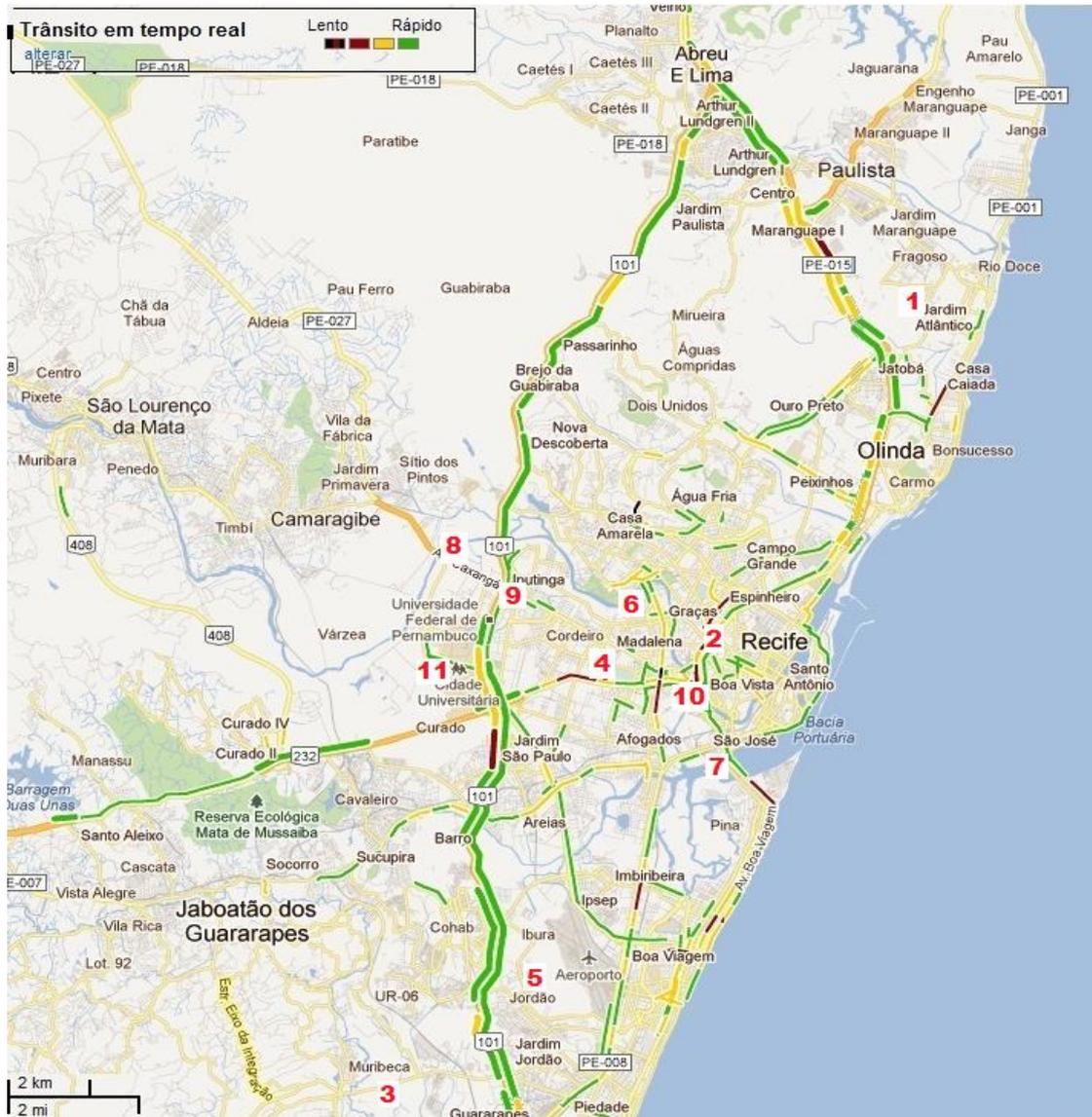


Figura 2. Pontos de instalação dos biomonitores.

Tabela 1. Localização dos pontos e sua intensidade de tráfego.

Pontos	Localização	Intensidade de tráfego
T1	Av. Gov. Carlos de Lima Cavalcante, Casa Caiada - Olinda	Moderada
T2	Av. Agamenon Magalhães	Pesada
T3	Rua Baixa Verde - Muribeca	Leve
T4	Cordeiro	Leve
T5	Rua da Batalha – Jordão Alto	Leve
T6	Av. Beira Rio – Torre	Moderada
T7	Rua Imperial – São José	Moderada
T8	Av. Prof Moraes Rego –Caxangá	Moderada
T9	Av. Caxangá	Pesada
T10	Derby	Pesada
T11	BR – 101	Pesada

Quantificação dos elementos

Todas as amostras foram secas a 60 °C em uma estufa por cinco dias. Partículas estranhas, como restos vegetais, insetos ou qualquer outro material que pudesse alterar os resultados foram retirados manualmente. Todo o material foi macerado e homogeneizado utilizando almofariz e pistilo. Cerca de 0,4 g da amostra em pó foram colocados em tubos de TEFLON com 10 mL de HNO₃ e levados ao forno micro-ondas MARS 5. A solução final foi filtrada para frascos de polietileno onde ficaram armazenadas até a análise. Para avaliar a qualidade do procedimento analítico, os Materiais Certificados de Referência da IAEA (International Atomic Energy Agency) Algae 392 e Lichen 336 foram analisados utilizando o mesmo método de tratamento das amostras.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas Tabelas 2 e 3 são apresentados os resultados da média aritmética e os desvios padrões das concentrações dos elementos níquel, cobre, chumbo e cádmio para os materiais certificados de referência Lichen 336 e Algae 392, ambos da IAEA, o valor certificado e o percentual recuperado, todas as amostras foram analisadas em triplicatas.

Tabela 2: Valores obtidos na análise do Material Certificado de Referência Algae 392.

Elemento (n = 3)	MR Algae - 392	Valor Certificado	Recuperado (%)
Ni (mg.kg ⁻¹)	0,51 ± 0,06	0,57 ± 0,03	89
Cu (mg.kg ⁻¹)	18,8 ± 1,9	23,2 ± 1,7	81
Pb (mg.kg ⁻¹)	0,47 ± 0,08	0,57 ± 0,02	74
Cd (mg.kg ⁻¹)	0,02 ± 0,01	0,017 ± 0,001	104

Tabela 3: Valores obtidos na análise do Material Certificado de Referência Lichen 336.

Elemento (n = 3)	MR Lichen - 336	Valor Certificado	Recuperado (%)
Ni (mg.kg ⁻¹)	1,22 ± 0,14	-	-
Cu (mg.kg ⁻¹)	3,69 ± 0,29	3,6 ± 0,5	103
Pb (mg.kg ⁻¹)	4,61 ± 0,26	4,9 ± 0,6	94
Cd (mg.kg ⁻¹)	0,107 ± 0,03	0,117 ± 0,017	91

Conforme os dados apresentados na Tabela 2, os resultados obtidos na análise do Material Certificado de Referência Algae 392 para os elementos níquel e cádmio encontram-se dentro do intervalo de confiança emitido, validando assim os resultados obtidos. Os elementos cobre e chumbo, mesmo apresentando um bom percentual recuperado, 81% e 74% respectivamente, não demonstraram uma boa precisão, possivelmente algum interferente na matriz analisada tenha causado essa diferença.

Já os resultados obtidos para o Material Certificado de Referência Lichen 336 (Tabela 3) apresentam uma excelente precisão e exatidão para os elementos analisados, validando assim os resultados obtidos.

A Tabela 4 apresenta as concentrações dos elementos níquel, cobre, chumbo e cádmio nas amostras de *Tillandsia* transplantadas em onze locais da RMR com diferentes intensidades de tráfego de veículos e seus desvios padrões. Os resultados são a média aritmética das amostras em triplicatas.

Tabela 4. Concentrações dos metais e seus respectivos desvios padrões obtidos nas amostras de *Tillandsia transplantedas da Região Metropolitana do Recife* ($n = 3$).

Pontos	Ni (mg.kg^{-1})	Cu (mg.kg^{-1})	Pb (mg.kg^{-1})	Cd (mg.kg^{-1})
T1	$1,0 \pm 0,1$	$4,0 \pm 0,9$	$1,9 \pm 0,2$	$0,04 \pm 0,02$
T2	$1,9 \pm 0,1$	$13,57 \pm 1,03$	$4,6 \pm 0,5$	$0,10 \pm 0,04$
T3	$0,62 \pm 0,05$	$2,5 \pm 0,6$	$1,0 \pm 0,1$	$0,014 \pm 0,003$
T4	$0,79 \pm 0,02$	$2,5 \pm 0,1$	$1,08 \pm 0,02$	$0,014 \pm 0,001$
T5	$1,7 \pm 0,2$	$5,6 \pm 0,4$	$2,9 \pm 0,1$	$0,034 \pm 0,001$
T6	$1,7 \pm 0,1$	$9,2 \pm 0,1$	$3,27 \pm 0,05$	$0,030 \pm 0,001$
T7	$1,98 \pm 0,04$	$6,8 \pm 0,5$	$3,7 \pm 0,4$	$0,04 \pm 0,01$
T8	$1,79 \pm 0,06$	$14,7 \pm 0,4$	$3,8 \pm 0,1$	$0,041 \pm 0,001$
T9	$1,3 \pm 0,2$	$5,6 \pm 0,5$	$3,6 \pm 1,6$	$0,025 \pm 0,002$
T10	$1,9 \pm 0,3$	$9,2 \pm 0,6$	$3,6 \pm 0,2$	$0,040 \pm 0,002$
T11	$2,9 \pm 0,1$	$14,8 \pm 0,5$	$5,4 \pm 0,3$	$0,076 \pm 0,005$

Os pontos localizados próximos às rodovias com maior tráfego de veículos apresentaram as maiores concentrações dos elementos analisados (T2 e T11), a saber, $(2,9 \pm 0,1) \text{ mg.kg}^{-1}$ para o Ni, $(14,8 \pm 0,5) \text{ mg.kg}^{-1}$ para o Cu, $(5,4 \pm 0,3) \text{ mg.kg}^{-1}$ para o Pb e $(0,10 \pm 0,04) \text{ mg.kg}^{-1}$ para o Cd, enquanto que as menores concentrações foram obtidas em áreas residenciais nos pontos T3 e T4, $(0,62 \pm 0,05) \text{ mg.kg}^{-1}$ para o Ni, $(2,5 \pm 0,6) \text{ mg.kg}^{-1}$ para o Cu, $(1,0 \pm 0,1) \text{ mg.kg}^{-1}$ para o Pb e $(0,014 \pm 0,001) \text{ mg.kg}^{-1}$ para o Cd, indicando haver uma associação entre a acumulação dos elementos e a intensidade do tráfego de veículos.

Para uma melhor compreensão do comportamento dos elementos analisados, foram construídos alguns gráficos (Figura 3 e 4).

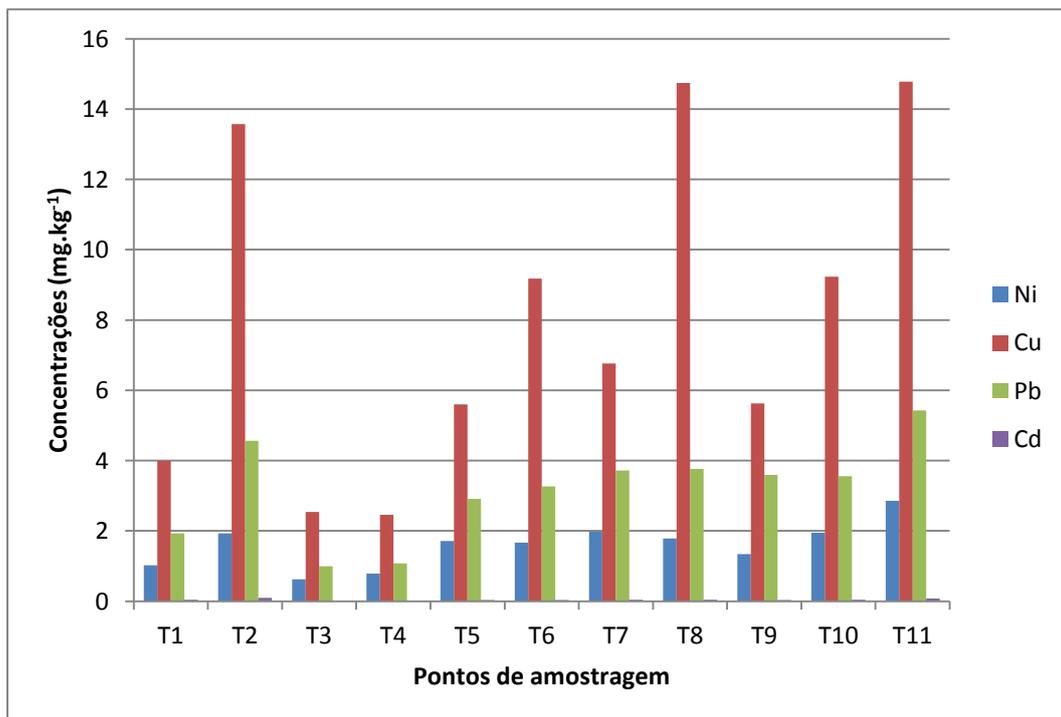


Figura3: Concentração dos elementos em amostras de *Tillandsia transplantedas na RMR*.

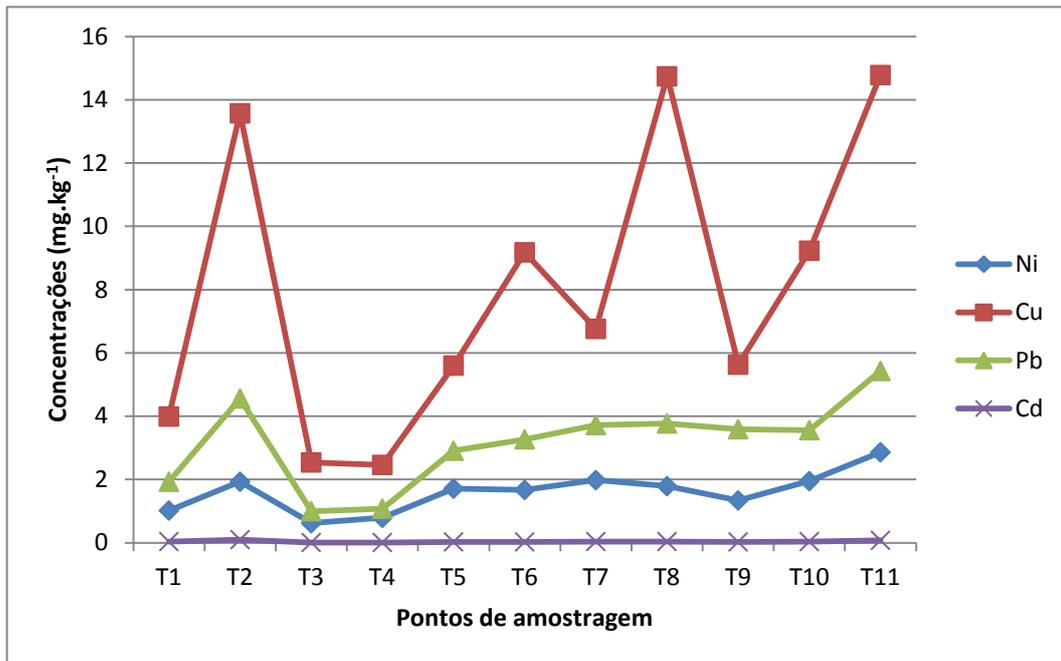


Figura 4: Gráfico comparativo entre os pontos de exposição analisados.

Os gráficos das figuras 3 e 4 indicam que existe uma variação nas concentrações dos metais estudados nos diferentes pontos de biomonitoração, de acordo com a intensidade de tráfego de veículos. São evidenciados claramente os pontos de menor (T3 e T4, em áreas residenciais) e de maior fluxo de veículos (T2, T8, T10 e T11, áreas com intenso tráfego de veículos leves - carros e motocicletas, e pesados - caminhões e ônibus), demonstrando que, para o tempo de exposição de dois meses, a *Tillandsia* apresenta uma resposta mensurável para os elementos quantificados.

4. CONCLUSÃO

A biomonitoração utilizando a planta epífita *Tillandsia recurvata* se mostrou uma ferramenta adequada para a avaliação da poluição atmosférica por metais pesados provenientes do tráfego de veículos na Região Metropolitana do Recife, sendo um método de baixo custo quando comparada aquela realizada com monitores mecânicos, permitindo realizar simultaneamente a monitoração de diversos pontos em uma área urbana extensa como a RMR. Conclui-se, portanto, que o trabalho gerou dados relevantes que confirmam a dispersão para a atmosfera dos elementos gerados pelo tráfego de veículos na RMR.

5. AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro e a Divisão de Monitoramento Ambiental do Centro Regional de Ciências Nucleares do Nordeste, que nos deu o suporte necessário para a realização das análises do presente estudo.

1. Jesus, H.C.; et al.. Avaliação da contaminação por metais pesados em caranguejos e sedimentos de áreas de manguezal do sistema estuarino de Vitória - ES. Relatório Técnico - Projeto Facitec/PMV-ES, 40 p. 2003.
2. Carvalho, C.E.V., Cavalcante, M.P.O., Gomes, M.P., Faria, V.V., Rezende, C.E. Distribuição de metais pesados em mexilhões (*Perna perna*, L.) da Ilha de Santana, Macaé, SE, Brasil. *Ecotoxicology and environmental Restoration*. 2001, 4 (1).

3. Braga A.L.F., Pereira, L.A.A., Procópio, M., André, P.A., Saldiva, P.H.N. Associação entre poluição atmosférica e doenças respiratórias e cardiovasculares na cidade de Itabira, Minas Gerais, Brasil. Cad. Saúde Pública, Rio de Janeiro. 2007; 23: 570 – 578.
4. Pignata, M.L.; Gonzáles, C.M.; Carreras, H.A.; Wannaz, E.D. Guia para el muestreo de líquenes y plantas epífitas que se emplean como biomonitores de acumulación de metales pesados y elementos traza em latinoamérica. IAEA TECHNICAL CO-OPERATION PROJECT: RLA2013 04, 2009.
5. Wolterbeek, B. Biomonitoring of trace element air pollution: principles, possibilities and perspectives. Environmental Pollution. 2002; 120: 11–21.
6. Malm, O.; Fonseca, M.F.; Miguel, P.H.; Bastos, W.R.; Pinto, F.N. Use of epiphyte plants as biomonitors to map atmospheric mercury in a gold trade center city, Amazon, Brazil. Science of the Total Environment. 1998; 213: 57-64.
7. Calasans, C.F.; Malm, O. Elemental mercury contamination survey in a chlor-alkali plant by the use of transplanted Spanish moss, *Tillandsia usneoides* (L.). Science of the Total Environment. 1997; 208: 165-177.
8. Amado Filho, G.M.; Andrade, L.R.; Farina, M.; Malm, O. Hg localisation in *Tillandsia usneoides* L. (Bromeliaceae), an atmospheric biomonitor. Atmospheric Environment. 2002, 36: 881-887.
9. Husk, G.J.; Weishampel, J.F. & Schlesinger, W.H. Mineral dynamics in Spanish moss, *Tillandsia usneoides* L. (Bromeliaceae), from central Florida, USA. The Science of the Total Environment. 2004; 165-172.
10. Pignata, M. L.; Gudiño, G. L.; Wannaz, E.D.; Plá, R. R.; Gonzáles, C.M.; Carreras, H.A.; Orellana, L. Atmospheric quality and distribution of heavy metals in Argentina employing *Tillandsia capillaris* as a biomonitor. Environmental Pollution. 2002; 120: 59-68.
11. Bedregal, P.; Torres, B.; Mendoza, P.; Ubillús, M.; Hurtado, J.; Maza, I.; Espinoza, R. El uso de *Usnea* sp. y *Tillandsia capillaris*, como bioindicadores de la contaminación ambiental em La ciudad de Lima, Perú. Disponível em www.ipen.gov.pe Acesso em 01 de novembro de 2009.
12. Carreras, H.A.; Wannaz, E.D.; Pignata, M.L. Assessment of human health risk related to metals by the use of biomonitors in the Province of Córdoba, Argentina. Environmental Pollution. 2009; 157: 117-122.
13. Brighina, L.; Ravanelli, M.; Minelli, A.; Ercolli, L. The use of an epiphyte (*Tillandsia caput-medusae* Morren) as bioindicator of air pollution in Costa Rica. Science of the Total Environment. 1997; 198: 175-180.
14. Brighina, L.; Papini, A.; Mosti, S.; Cornia, A.; Bocchini, P.; Galletti. The use of tropical bromeliads (*Tillandsia* spp.) for monitoring atmospheric pollution in the town of Florence, Italy. Rev. Biol. Trop. 2002; 50: 577-584.
15. Bermudez, G.M.A.; Rodriguez, J.H.; Pignata, M.L. Comparison of the air pollution biomonitoring ability of three *Tillandsia* species and the lichen *Ramalina celastri* in Argentina. Environmental Research. 2008; 109: 6-14.
16. DENATRAN. Sistema de registro Nacional de Veículos Automotores RENAVAN / DETRAN. 2010. Disponível em: <www.denatran.gov.br/>. Acessado em: 24/04/2012.