

BIOACUMULAÇÃO DE ELEMENTOS TRAÇOS EM PLANTAS DA MATA ATLÂNTICA

Paulo Correia da S. Neto^{*1}, Luiz J. Da Silva Neto¹, Elvis J. De França¹

¹Centro Regional de Ciências Nucleares do Nordeste

*paulo.cdsn@gmail.com

INTRODUÇÃO

Os elementos químicos traços ocorrem naturalmente no ambiente. Alguns são essenciais, em baixas concentrações, para manter o metabolismo adequado dos seres vivos (FAIRBROTHER *et al.*, 2007; XU *et al.*, 2006), porém tóxicos em níveis mais elevados. Alguns elementos químicos não possuem funções biológicas bem definidas (SCHÜRMANN, 1998), além de serem altamente persistentes e não biodegradáveis com meias-vidas biológicas longas. Sua acumulação em solos, e na vegetação, em níveis ambientalmente perigosos pode ser inevitável (ALHASHEMI *et al.*, 2011).

Dentre os compartimentos ecológicos abióticos, o solo é o principal estoque de elementos químicos para o ecossistema. Já a vegetação direciona a ciclagem biogeoquímica, sendo responsável pela manutenção de quantidades apreciáveis de elementos químicos nos compartimentos biológicos (MARKERT, 1991). Devido à biodiversidade inerente às florestas tropicais, o fenômeno de acumulação é complexo. Assim, num mesmo ecossistema tropical, diversas espécies podem acumular vários elementos-traço (FRANÇA *et al.*, 2010).

O objetivo desse trabalho foi avaliar a acumulação dos elementos químicos traços Cd, Sb, Th e U na vegetação do fragmento de Mata Atlântica Refúgio Ecológico Charles Darwin - RECD em diferentes estações do ano. Para isso também foi estudado o solo sob projeção das copas das árvores.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O Refúgio Ecológico Charles Darwin é um remanescente de Mata Atlântica de aproximadamente 60 ha. A vegetação é Floresta Ombrófila Aberta (HIROTA *et al.*, 2015), situada dentro da subzona de Mata Úmida de Pernambuco. A área é cortada pelo Rio Jacoca, também chamado de Tabatinga, que é perene e faz parte da Bacia Hidrográfica do Rio Botafogo.

Levantamento florístico

O levantamento florístico foi empregado como principal ferramenta para o conhecimento da vegetação do Refúgio Ecológico Charles Darwin. Para isso, foram realizadas duas expedições à área de estudo, a primeira em janeiro de 2014 e a segunda em setembro de 2014 (período chuvoso) com o objetivo de fazer um levantamento e observação da comunidade vegetal no campo e a posterior amostragem de folhas (Tabela 1). Foram observadas fisionomias

diferenciadas entre duas áreas da reserva, isto é, a área alta da reserva apresentou grande quantidade de indivíduos da Família *Myrtaceae*, enquanto na parte baixa, observou-se um domínio de uma espécie invasora, a *Pachira aquática*, mais conhecida comocarolina.

Tabela 1. Listagem das espécies coletadas no Refúgio Ecológico Charles Darwin no Município de Igarassu, Pernambuco.

Família	Espécie	Abreviação	N
<i>Anacardiaceae</i>	<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	Tgui	3
<i>Araliaceae</i>	<i>Schefflera morototoni</i> (Aubl.) Maguire, Steyerl. & Frodin	Smor	4
<i>Malvaceae</i>	<i>Pachira aquatica</i> Aubl.	Paqua	11
<i>Myrtaceae</i>	<i>Myrcia</i> sp.	Myrt	16
<i>Simaroubaceae</i>	<i>Simarouba amara</i> Aubl.	Sama	2
<i>Cyatheaceae</i>	<i>Cyathea microdonta</i> (Desv.) Domin	Cyathea	8

Amostragem

Os indivíduos vegetais foram marcados por plaquetas numeradas para facilitar a localização dos indivíduos. Folhas de espécies arbóreas de maior ocorrência na região foram coletadas a partir do protocolo modificado de Ernst (1995), assim como o solo sob a projeção das copas das árvores. As coletas de material vegetal foram realizadas em janeiro e setembro de 2014. Cerca de 500 g de folhas das árvores com perímetro a altura do peito (PAP) acima de 15 cm foram retiradas com auxílio de tesoura de alto-poda. Para solo, 500 g de material foram amostrados sob a projeção das copas das árvores. Informações sobre herbivoria e infestação por fungos foram registradas durante as coletas. Tipicamente, as folhas apresentaram 15% de herbivoria e infestação.

Tratamento químico das amostras

As amostras de folhas foram lavadas com água de torneira, secas em estufa à 60 °C até peso constante e moídas em moinho de rotor de titânio para a redução do tamanho das partículas (< 1 mm). Porções analíticas com aproximadamente 1 g do material foram submetidas ao tratamento químico para possibilitar a análise por ICP-MS. O branco analítico foi analisado juntamente com as amostras, assim

como os materiais de referência certificados. Os tratamentos químicos das amostras vegetais e geológicas utilizaram mistura de ácidos apropriada, conforme a metodologia descrita por Silva Neto (2015).

Aliquotas de 20 µl das soluções de materiais de referência, amostras e brancos analíticos foram analisadas no equipamento NexION 300 ICP-MS, PerkinElmerSCIEX para a determinação de Cd, Sb, Th e U.

Fator de transferência solo-planta

Para o estudo de acumulação de elementos químicos traços na vegetação, foi considerado o fator de transferência (FT) de elementos químicos traços no sistema solo-planta:

$$FT = \frac{C_1}{C_2} \quad (1)$$

na qual,

C₁= concentração nas folhas avaliadas (mg kg⁻¹),

C₂= concentração no substrato (mg kg⁻¹).

Qualidade do procedimento analítico

A garantia de qualidade do procedimento analítico foi demonstrada a partir dos resultados dos materiais de referência analisados. O Número E_n (Equação 2) foi empregado para a avaliação da qualidade dos procedimentos analíticos conforme a ISO 13528 (2005), em que valores entre -1 e 1 são indicativos de controle de qualidade do procedimento analítico em nível de 95% de confiança.

$$E_n = \frac{V_{obt} - V_{ref}}{\sqrt{U_{obt}^2 + U_{ref}^2}} \quad (2)$$

na qual,

V_{obt}=valor obtido do elemento químico;

V_{ref}=valor de referência constante do certificado de análise dos materiais de referência certificados;

U_{obt}=incerteza expandida em nível de 95% de confiança do valor obtido;

U_{ref}=incerteza expandida em nível de 95% de confiança do valor de referência.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise dos materiais de referência, IAEA-V-10 Hay Powder e SRM 1547 - Peach Leaves, e os materiais de referência certificados SRM 2709 - San Joaquin Soil e SRM 2711 - Montana Soil, por ICP-MS foram adequados, pois os números E_n ficaram entre -1 e 1. Assim, demonstrou-se a qualidade do procedimento analítico em nível de 95 % de confiança.

Os valores para os elementos químicos traços Cd, Sb, Th e U no solo sob a projeção das copas das árvores estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Concentrações (mg kg⁻¹) de elementos químicos traços determinados nas amostras de solo do RECD.

	Cd	Sb	Th	U
Média	0,06	0,59	11,0	23,0
Máximo	0,13	2,80	16,0	34,0
CV%	38	92	27	27

A concentração de Sb nas folhas das espécies foi bastante variável, verificando-se concentração máxima de 11 µg kg⁻¹ em uma *Schefflera morototoni*, enquanto a faixa esperada em plantas terrestres é 0,1-200 µg kg⁻¹ (SCHÜRMANN; MARKERT, 1998). Mesmos os maiores valores de Cd determinados nas folhas estiveram também na faixa de 0,03 mg kg⁻¹ a 0,5 mg kg⁻¹ proposta por Schüürmann e Markert (1998). As variações de concentrações de Cd, em mg kg⁻¹ nas folhas das espécies arbóreas do RECD coletadas em

janeiro e setembro de 2014 são apresentadas na Figura 1. A *Cyathea microdonta* no período seco apresentou valor médio de Cd na ordem de 0,09 mg kg⁻¹, sendo esse valor de acordo com a faixa de 0,03-0,5 mg kg⁻¹ para plantas (SCHUURMANN; MARKET, 1998).

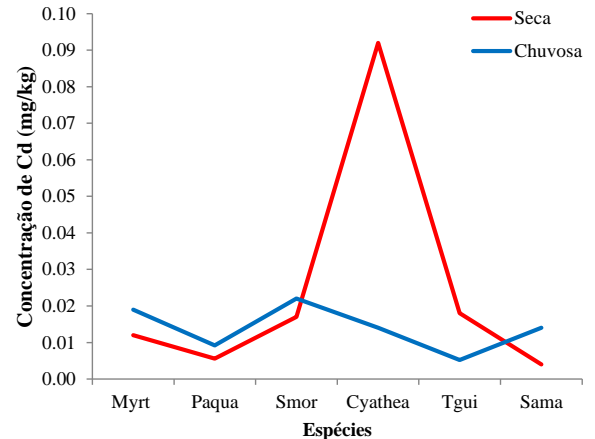


Figura 1. Concentração (mg kg⁻¹) de Cd, determinada nas folhas das espécies arbóreas coletadas em janeiro e setembro de 2014.

A concentração máxima de Th encontrada nas espécies analisadas no RECD foi 0,19 mg kg⁻¹ em *Cyathea microdonta* coletada no período seco (Figura 2). Os valores de concentração de Th estipulados por Schuurmann e Market (1998) variam de 0,03 mg kg⁻¹ a 1,3 mg kg⁻¹. Tório pode estar associado à contaminação da superfície de folhas, assim como U, conforme o estudo realizado por Ferrari et al. (2006).

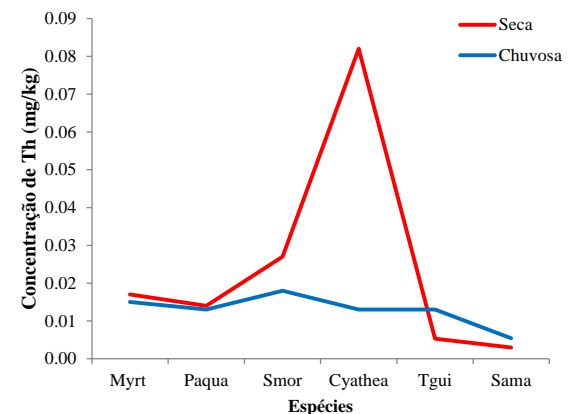


Figura 2. Concentração (mg kg⁻¹) de Th, determinada nas folhas das espécies arbóreas coletadas em janeiro e setembro de 2014.

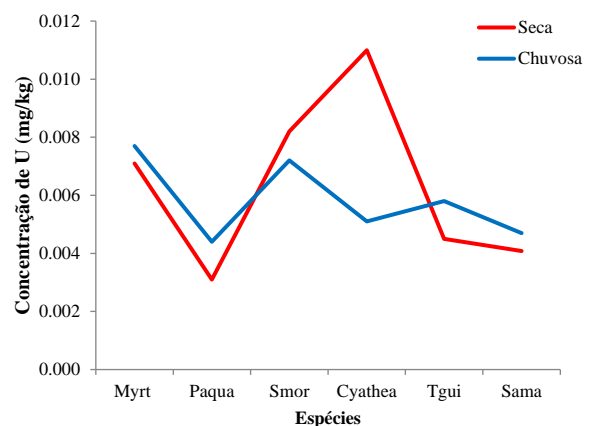


Figura 3. Concentração (mg kg⁻¹) de U, determinada nas folhas das espécies arbóreas coletadas em janeiro e setembro de 2014.

O Urânio apresentou concentração máxima nas espécies de *Cyathea microdonta* coletadas no período seco, 0,011 mg kg⁻¹ (Figura 3), assim como observado para o elemento químico Th.

As razões entre as concentrações totais determinadas no solo sob a projeção das copas das árvores e aquelas encontradas nas folhas foram utilizadas para estimar os fatores de transferência entre os compartimentos solo e folha - FT.

A transferência de Sb ocorreu principalmente para *Schefflera morototoni*, em ambas estações. A transferência de Cd no sistema biogeoquímico é considerável, como representado na Figura 4. Como Cd não é um elemento químico essencial, é possível dizer que algumas espécies nativas não estejam conseguindo evitar a absorção deste elemento químico no solo. Contudo, a acumulação de Cd ocorreu para *Simarouba amara* e *Myrcia* sp. Futuros estudos de biomonitoração desse elemento químico poderão ser realizados utilizando, principalmente, a espécie *S. amara*. Vale ressaltar que valores de FT para este elemento químico são raros na literatura. Th e U não apresentam funções biológicas para os organismos. Mesmo assim, algumas espécies nativas apresentaram acumulação dos elementos químicos nas folhas como *Cyathea microdonta*, como notado por Araújo et al. (2012). Algumas samambaias são acumuladoras de radionuclídeos naturais conforme discutido por Koyama et al. (1987).

REFERÊNCIAS

- ALHASHEMI, A. S. H.; KARBASSI, A. R.; KIABI, B. H.; MONAVARI, S. M.; NABAVI, S. M. B.; SEKHAVATJOU, M. S. Bioaccumulation of trace elements in trophic levels of wetland plants and waterfowl birds. *Biological Trace Element Research*, v.142, p.500-516, 2011.
- ARAÚJO, A. L. L.; FERNANDES, E. A. N.; BACCHI, M. A.; FRANÇA, E. J. Bioaccumulation pattern of lanthanides in pteridophytes and magnoliophytes species from Atlantic Forest. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, v.291, p.187-192, 2012.
- FRANÇA, E. J. A biomonitoração da Mata Atlântica na conservação da biodiversidade: espécies arbóreas nativas acumuladoras de elementos químicos. Tese (Doutorado), Piracicaba, Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, 2006, 376p.
- FRANÇA, E.J.; DE NADAI FERNANDES, E.A. ; BACCHI, M.A. ; RODRIGUES, R.R. ; BODE, P. ; SAIKI, M. . Native plant bioaccumulation strategies for biomonitoring the Atlantic Forest. *International Journal of Environment and Health*, v. 4, p. 181-200, 2010
- FAIRBROTHER, A; WENSTEL, R.; SAPPINGTON, S.; WOOD, W. Framework for metals risk assessment. *Ecotoxicology Environmental Safety* v.68, p.145-227, 2007.
- FERRARI, A.A.; FRANÇA, E.J.; DE NADAI FERNANDES, E.A.; BACCHI, M.A. Surface contamination effects on leaf chemical composition in the Atlantic Forest. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, v. 270, n. 1, pp. 69-73, 2006
- ERNST, W.H.O. Sampling of plant material for chemical analysis. *The Science of the Total Environment*, v. 176, p.15-24, 1995.
- HIROTA M. Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica período 2013-2014, Relatório Técnico. Fundação SOS Mata Atlântica, Instituto de Pesquisas Espaciais. São Paulo, 2015, 60p.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION - ISO. ISO13528 Statistical methods for use in proficiency testing by interlaboratory comparisons. Genebra: ISO, 2005. 66p.
- LUOMA, S.N.; RAINBOW, P.S. Why is metal bioaccumulation so variable? Biodynamics as a unifying concept. *Environmental Science & Technology*, v.39, n.7, p.1921-1931, 2005.
- MARKERT, B. Establishing of 'Reference Plant' for inorganic characterization of different plant species by chemical fingerprint. *Water, Air, & Soil Pollution*, v.64, n.3-4, p.533-538, 1991.
- SCHÜÜRMAN, G., MARKERT, B. *Ecotoxicology*. Amsterdam: John Wiley, 1998.900 p.
- XU, J.; YANG, L.; WANG, Z.; DONG, G.; HUANG, J.; WANG, Y. Toxicity of copper on rice growth and accumulation of copper in rice grain in copper-contaminated soil. *Chemosphere*, v.62, p.602-607, 2006.

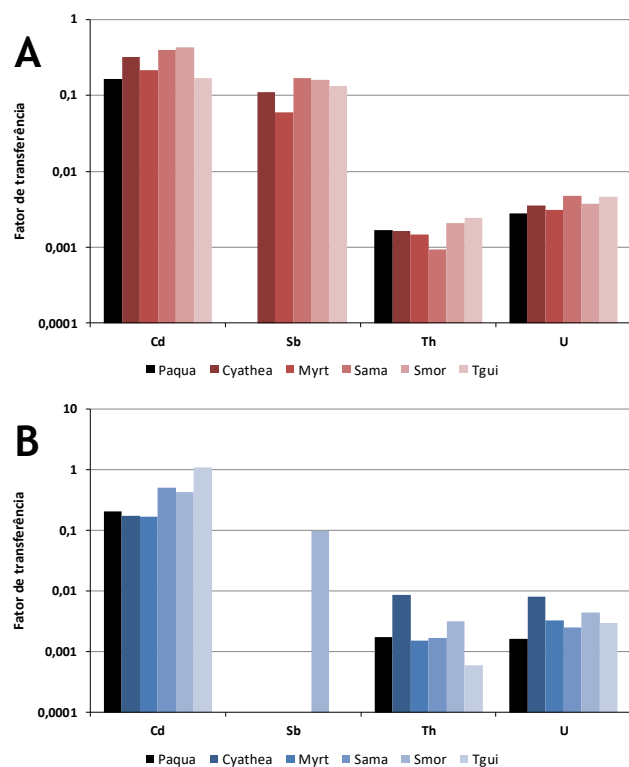


Figura 4. Fatores de transferência para as espécies arbóreas amostradas em Setembro de 2014 (A), Janeiro de 2014 (B). Paqueta = *Pachira aquatica*, Cyathea = *Cyathea macrodonta*, Myrt = *Myrcia* sp., Sama = *Simarouba amara*, Smor = *Schefflera morototoni*, Tgui = *Tapirira guianensis*.

CONCLUSÕES

Este trabalho foi realizado a partir da aplicação da técnica analítica de ICP-MS. Verificou-se um possível efeito de atividades humanas sobre a acumulação de Cd nas folhas, ocasionando ciclagem pronunciada do elemento no Refúgio Ecológico Charles Darwin. A partir dos resultados das determinações de Th e U nas espécies arbóreas nativas do fragmento de Mata Atlântica, constatou-se que os vegetais estudados apresentam capacidade de acumulação desses elementos químicos em suas folhas.