

USO DE BROMELIÁCEAS EM BIOMONITORAMENTO ATMOSFÉRICO

Douglas Cardoso Dragunski^{1,2}
Juscelino Caiado²
Élina Luiza Ferreira¹
Rosemeres Horwat Delaporte²
Antonio Laverde Jr.^{1,2}

DRAGUNSKI, D. C.; CAIADO, J.; FERREIRA, E. F.; DELAPORTE, R. H.; LAVERDE Jr. A. Uso de bromeliáceas em biomonitoramento atmosférico. *Arq. Ciênc. Saúde UNIPAR*, Umuarama, v. 13, n. 3, p. 205-209, set./dez. 2009.

RESUMO: *Tillandsia streptocarpa* Baker e *Tillandsia pohliana* Mez. (Bromeliaceae) são plantas epifíticas neotropicais capazes de absorver água e nutrientes diretamente do ar. Por essa razão, foram selecionados essas espécies para realizar um estudo de monitoramento da qualidade do ar na cidade de Umuarama (PR, Brasil). Os conteúdos de, Ni, Cr, K, Zn, Cu e Pb foram determinados por espectrometria de absorção atômica. Os resultados obtidos mostraram uma acumulação mais acentuada dos elementos K e Fe nas espécies *T. streptocarpa* e *T. pohliana*. Resultados indicam ainda um potencial promissor dessas espécies como biomonitores de poluição do ar. Desse modo, recomenda-se o uso de *Tillandsia* em locais onde espécies destas epifitas são frequentes.

PALAVRAS-CHAVE: Bromeliaceae; *Tillandsia streptocarpa* Baker; *Tillandsia pohliana* Mez.; Biomonitoramento.

BROMELIADS USE IN ATMOSPHERIC BIOMONITORING

ABSTRACTS: *Tillandsia streptocarpa* Baker e *Tillandsia pohliana* Mez. (Bromeliaceae) are an epiphytic neotropical plants able to absorb water and nutrients directly from the air. For this reason we have selected these species to carry out a monitoring study of air quality in Umuarama city (PR, Brazil). The contents of Fe, Ni, Cr, K, Zn, Cu and Pb were determined by Atomic Absorption Spectrometry. The results obtained showed a more accentuated accumulation of K and Fe elements in *T. streptocarpa* e *T. pohliana*. The results indicated a promising potential of these species as biomonitoring of air pollution. We recommend the use of *Tillandsia* in sites where some species of these epiphytes are very widespread.

KEYWORDS: Bromeliaceae; *Tillandsia streptocarpa* Baker; *Tillandsia pohliana* Mez.; Biomonitoring.

Introdução

Atualmente, a poluição atmosférica tem constituído um grande problema para a população, especialmente nos grandes centros urbanos e industriais. Entretanto, ela também pode ser observada em locais remotos como uma consequência de atividades agrícolas intensas, mineração, emissões vulcânicas, entre outras.

Os minerais representam uma grande classe no organismo humano, sendo em sua maioria considerados essenciais. São tradicionalmente divididos em macronutrientes (elementos de volume) e micronutrientes (elementos traço). Suas funções variam significativamente, porém, todos precisam ser consumidos em quantidades razoáveis todos os dias para suportar certas funções. O ferro desempenha um papel importante nos processos metabólicos dos animais, sendo um constituinte vital nas células de todos os mamíferos. A função do ferro no corpo limita-se quase exclusivamente ao transporte de oxigênio no sangue por intermédio da hemoglobina, existente nos glóbulos vermelhos, ou da mioglobina, presente nos músculos e, além disso, faz parte do citocromo sendo responsável pela respiração celular (MAHAN; ESCOTT-STUMP, 2005).

O zinco é um metal essencial para o desen-

volvimento animal, que desempenha funções enzimáticas, estruturais e regulatórias. A absorção desse metal é facilitada pela formação de um quelato entre esse íon e aminoácidos. Em nosso organismo encontramos o zinco em maior quantidade no cabelo, fígado, pâncreas, rins, ossos, músculos e próstata (GERUDE, 1996). O cobre é um elemento importante tanto para o metabolismo animal como para constituição de uma molécula de DNA ou RNA. A falta de cobre na dieta animal pode provocar anemia devido a síntese deficiente de hemoglobina, diarreia e distúrbios nervosos, podendo estar associado à elevação do colesterol. Por outro lado, a ingestão excessiva de compostos como o sulfato de cobre, estão associada a algumas doenças muito graves como alguns tipos de câncer do aparelho digestivo, pulmão, leucemia e mieloma múltiplo, pode causar vômitos, câibras, icterícia, hipotensão, convulsões ou mesmo a morte (em intoxicação aguda) (MACÊDO, 2009).

No que se refere ao cromo é encontrado nos rins, baço, cabelos e em concentração maiores nos pulmões, pâncreas e coração, existindo aproximadamente seis gramas de cromo no organismo. O cromo ativa enzimas que são importante no metabolismo da glicose e na síntese de proteínas, desta forma esta ligada à produção de insulina. A sua deficiência está associada ao aumento do colesterol no sangue e do-

¹Instituto de Ciências Exatas, Agrárias, Tecnológicas e Geociências (dcdragunski@unipar.br)

²Instituto de Ciências Biológicas, Médicas e da Saúde

Universidade Paranaense, Praça Mascarenhas de Moraes, s/n, cx. p. 224, 87502-210, Umuarama - PR

ses suplementares de cromo podem elevar o colesterol HDL. O cromo se apresenta em várias valências onde o Cr (III) é um elemento essencial em nível de traço em animais fazendo parte do centro de biomoléculas, sendo, como citado anteriormente, essencial para o metabolismo de glicose, proteínas e gorduras. Já o Cr (VI) é tóxico em baixas concentrações, pois são corrosivos e causam reações alérgicas. Níveis elevados podem causar úlceras na pele, perturbações no trato respiratório e irritação no trato gastrointestinal. Além disso, já foram relatados danos ao rim e ao fígado devido a exposição ao Cr (VI). A dose diária de cromo, para o adulto, está entre 200 a 600µg (MACÊDO, 2009).

Enquanto o chumbo é um metal tóxico, poluente e penetrante (devido a sua lipossolubilidade), altamente absorvível pela via respiratória. Encontra-se na natureza em dois estados de oxidação 2+ e 3+, sendo que o primeiro na forma livre é mais tóxico. Após entrar na circulação periférica o metal tende a se acumular no fígado, rins, baço, coração, pulmões, cérebro, músculos e sistema esquelético, sendo que suas principais ações se manifestam sobre os sistemas hematopoiéticos, nervoso, renal, gastrintestinal e reprodutor. As crianças e os bebês constituem um grupo de risco em especial no qual a exposição severa pode causar convulsão, coma e morte (MACÊDO, 2009). Desta forma, a determinação e o monitoramento destes minerais são de grande importância para avaliação do risco que os mesmos poderão causar ao meio ambiente e ao ser humano.

Uma maneira alternativa de promover o monitoramento da poluição atmosférica é a utilização de espécies que assimilem nutrientes dispersos na atmosfera (FIGUEIREDO et al., 2001). Tal metodologia é bastante atraente, pois apresenta algumas vantagens em relação às técnicas convencionais, como o baixo custo, a possibilidade de interação com poluentes em longos intervalos de tempo e o monitoramento simultâneo de vários locais. Na Europa, líquens e musgos têm sido utilizados como indicadores regionais da qualidade do ar em vários países, devido suas habilidades em reter metais pesados a partir de deposição úmida ou seca, uma consequência da alta capacidade de troca catiônica destas espécies (CALASANS; MALM, 1994). Eles se adaptam bem em regiões de clima temperado, mas são bastante sensíveis a climas mais quentes e secos. Algumas bromélias epifíticas, do gênero *Tillandsia* também têm sido usadas como monitores da qualidade do ar. Estas espécies se adaptam bem a condições secas e quentes podendo ser utilizadas como biomonitoras em áreas tropicais (AMADO et al., 2002; CALASANS; MALM, 1994;

FIGUEIREDO et al., 2001).

O gênero *Tillandsia* é formado por espécies que apresentam crescimento lento e uma extraordinária capacidade de obter água e nutrientes diretamente da atmosfera (MALM et al., 1998). Esta capacidade de sobreviver em condições extremas está baseada em fatores morfológicos e fisiológicos. Nas espécies deste gênero, as raízes são reduzidas ou estão ausentes, apresentando apenas a função de fixação ao substrato (árvores, fios de eletricidade, telhados, pedras, etc) e não desempenhando o papel absorvivo, característico de plantas terrestres ou parasitas. Por esta razão, estas plantas são consideradas muito apropriadas para o monitoramento da poluição atmosférica, pois juntamente com a água e os nutrientes são capazes de acumular poluentes e metais pesados presentes na atmosfera. Por isso, a avaliação do conteúdo de seus tecidos reflete a contaminação atmosférica (MALM et al., 1998).

Atualmente, a espécie *T. usneoides* é a mais usada em estudos de biomonitoramento atmosférico. Estudos realizados nas proximidades de áreas industriais (AMADO et al., 2002; CALASANS; MALM, 1994) e regiões de garimpo (MALM et al., 1998) mostraram sua eficiência em acumular mercúrio atmosférico. Esta espécie também tem sido empregada na avaliação da qualidade do ar em grandes centros como São Paulo (FIGUEIREDO et al., 2001 e 2004) e Florença (BRIGHIGNA et al., 2002), com relação a metais pesados e outros poluentes dispersos. As espécies *T. aeranthos* e *T. recurvata* foram utilizadas para a avaliação de enxofre e metais pesados em áreas urbanas e industriais de Porto Alegre (FLORES, 1996). A espécie *T. recurvata* também foi utilizada para o monitoramento de metais pesados em áreas industriais de Medellín e Cali, Colômbia (SCHRIMPF, 1984). Em San José, Costa Rica, a espécie *T. caput-medusae morren* foi empregada no monitoramento de poluição atmosférica de áreas urbanas com sucesso. Pesquisadores argentinos avaliaram o potencial da espécie *T. capillaris* como biomonitora atmosférica, a qual se mostrou eficiente (PIGNATA et al., 2002).

Embora o gênero *Tillandsia* tenha um grande número de espécies que apresentam alta tolerância ao estresse hídrico, poucas delas foram avaliadas em relação ao seu potencial como biomonitoras de poluição atmosférica. Em função disso, o objetivo de nosso trabalho consistiu exclusivamente na avaliação do potencial de duas espécies deste gênero, *T. streptocarpa* Baker e *T. pohliana* Mez., como possíveis bioindicadoras da qualidade do ar considerando suas propriedades acumulativas. Ambas as espécies são

bastante comuns em várias regiões do Brasil e países vizinhos às regiões sul e centro-oeste do mesmo. Neste trabalho realizamos a análise de alguns metais pesados (Fe, Ni, Cr, K, Zn, Cu e Pb) usando a técnica de espectrometria de absorção atômica.

Material e Métodos

As espécies *Tillandsia streptocarpa* Baker e *Tillandsia pohliana* Mez. (Bromeliaceae) foram coletadas em diferentes pontos da região de Umuarama, noroeste do estado do Paraná (PR), no mês de agosto de 2006. A espécie *T. streptocarpa* Baker foi identificada pela Profa. Dra. Rosângela Capuano Tardivo (Universidade Estadual de Ponta Grossa). Uma exsicata desta espécie foi depositada no acervo do herbário da Universidade Paranaense (UNIPAR), Paranavaí, PR, sob número ID No. 421. A espécie *T. pohliana* Mez. foi identificada pela Dra. Vanessa Tomazini (IBAMA) e uma exsicata da mesma foi depositada no acervo do herbário da Universidade Estadual de Maringá, sob número HUEM-14314.

As partes aéreas foram selecionadas, secas e moídas. Três amostras (5,00 g cada) de cada planta foram calcinadas a 580-600°C durante 10-12h até

decomposição de toda a matéria orgânica. As cinzas obtidas foram solubilizadas em ácido clorídrico 1:1 (v/v) (ALMEIDA et al., 2002). A análise qualitativa das amostras mineralizadas foi realizada seguindo a sistemática clássica (BACCAN et al., 1997). Os metais (Fe, Ni, Cr, K, Zn, Cu e Pb), com presença evidenciada nas amostras calcinadas foram determinados quantitativamente empregando-se a espectrofotometria de absorção atômica GBC 932 plus. As análises foram realizadas em triplicatas apresentaram desvios padrões relativos em torno de 2%. As quantidades dos elementos minerais encontrados nas amostras foram obtidas a partir da construção de curvas de calibração para cada elemento, com coeficiente de regressão linear superior a 0,998.

Resultados e Discussão

Os resultados das análises quantitativas de Fe, Ni, Zn, Cr, Pb, K e Cu obtidas pela técnica de espectrofotometria por absorção atômica realizadas em amostras das bromeliáceas *T. pohliana* e *T. streptocarpa* estão apresentados nas **Tabelas 1 e 2**, respectivamente.

Tabela 1: Teores de minerais (ppm) encontrados nas amostras calcinadas de *Tillandsia pohliana* Mez.

<i>T. pohliana</i> Mez.	Ferro (ppm)	Níquel (ppm)	Zinco (ppm)	Cromo (ppm)	Chumbo (ppm)	Potássio (ppm)	Cobre (ppm)
Amostra 1	29,29	ND	1,49	ND	0,07	--	1,03
Amostra 2	24,55	ND	0,36	ND	0,01	44,00	0,87
Amostra 3	26,16	ND	0,92	ND	ND	58,16	1,02

(ND – não determinado).

Tabela 2: Teores de minerais (ppm) encontrados nas amostras calcinadas de *Tillandsia streptocarpa* Baker.

<i>T. streptocarpa</i> Baker	Ferro (ppm)	Níquel (ppm)	Zinco (ppm)	Cromo (ppm)	Chumbo (ppm)	Potássio (ppm)	Cobre (ppm)
Amostra 1	32,46	0,049	0,044	ND	ND	754	0,772
Amostra 2	53,07	0,024	0,008	ND	ND	787	ND
Amostra 3	31,42	0,022	ND	ND	ND	648	0,834

(ND – não determinado – Cr e Pb - concentrações abaixo de 0,1 ppm).

Como esperado, as duas espécies estudadas apresentaram traços de alguns dos metais avaliados (Ni e Cu). A presença destes elementos indica que estas duas espécies, assim como outras do gênero *Tillandsia*, também são capazes de absorverem e acumular metais pesados de origem atmosférica, uma vez que ambas são epífitas. O hábito epífítico determina que a água e os nutrientes sejam obtidos diretamente da atmosfera sem o contato com o solo. A capacidade de espécies do gênero *Tillandsia* de

sobreviver em condições extremas está baseada em fatores morfológicos e fisiológicos (AMADO et al., 2002). Neste gênero, as raízes são reduzidas ou ausentes e atuam principalmente para a fixação individual em suportes e não absorvem água ou nutrientes. Os ramos e as folhas são completamente cobertos por escamas, que protegem os estômatos da dessecação e são notavelmente higroscópicos, sendo responsáveis pela absorção da maioria da água e aerossóis, e ainda, nutrientes dissolvidos (LOESCHEN et al., 1993;

AMADO et al., 2002). Elas aumentam significativamente a superfície de adsorção e a proteção contra a dessecação (LOESCHEN et al., 1993). As plantas deste gênero utilizam o metabolismo do ácido crasulaceano, que reduz a perda de água durante o dia, quando as temperaturas são altas, e abrem os estômatos à noite, absorvendo o vapor d'água e dióxido de carbono atmosférico (MALM et al., 1998). Tal mecanismo é comum em plantas que vivem sob condições áridas ou semi-áridas, tais como suculentas em geral (cactáceas), algumas bromeliáceas e orquidáceas epífitas que apesar de viverem sob condições úmidas podem sofrer estresse hídrico por terem raízes aéreas (MALM et al., 1998).

Dentre os metais avaliados nas duas espécies foram detectadas concentrações mais acentuadas de potássio e ferro, enquanto que para os demais metais analisados foram observados apenas traços. Tais resultados estão dentro do esperado, pois seria difícil explicar a presença de alguns dos metais pesados analisados, como níquel, zinco, cromo e chumbo, na atmosfera da região de Umuarama devido à ausência de atividades industriais na região.

Embora esta região não apresente atividades industriais expressivas, há intensa atividade agrícola, principalmente relacionada às culturas de cana-de-açúcar, soja, milho e algodão. Assim como, em outras regiões, na região avaliada a qualidade do ar varia bastante em função da regularidade das chuvas. Nesta região são muito comuns os longos períodos de estiagem, principalmente durante o inverno. Nestes períodos, a quantidade de material particulado na atmosfera aumenta bastante, resultado das queimadas de culturas de cana-de-açúcar (método usado para facilitar o corte) e de pastagens, e de poeira devido à mecanização do solo, resultado do preparo para o plantio de culturas de verão. Logo, as concentrações de ferro e potássio encontradas poderiam ser justificadas em função do acúmulo destes metais presentes na poeira, tão comum na região nos períodos de estiagem e de preparo do solo para atividades agrícolas. Observou-se ainda que a espécie *T. streptocarpa* (**Tabela 02**) apresentou concentrações elevadas de potássio, muito superiores às concentrações observadas para quaisquer outros metais analisados, inclusive em relação às concentrações obtidas para *T. pohliana* (**Tabela 01**).

Enfim, nossos resultados mostraram que as espécies *T. streptocarpa* e *T. pohliana* apresentam potencial para atuarem como biomonitonas atmosféricas. Estudos futuros serão direcionados para avaliações envolvendo fatores como sazonalidade e o emprego de outras espécies de bromeliáceas.

Conclusões

Este trabalho mostrou que as espécies *Tillandsia pohliana* Mez. e *Tillandsia streptocarpa* Baker são capazes de absorverem e acumularem metais pesados. Segundo as análises de espectrometria por absorção atômica dos elementos Fe, Ni, Zn, Cr, Pb, K e Cu nas amostras avaliadas, estas plantas apresentaram concentrações mais acentuadas de K e Fe, os quais provavelmente sejam originários de poeira (solo). De acordo com os resultados obtidos consideramos que ambas as espécies apresentam potencial para serem empregadas em biomonitoramentos da poluição atmosférica em regiões de atividades industriais intensas e/ou com grande circulação de veículos automotores.

Agradecimentos

Nossos agradecimentos à Universidade Paranaense (UNIPAR) pelo apoio financeiro recebido e à Diretoria Executiva de Gestão da Pesquisa e da Pós-Graduação (DEGPP) pelo incentivo aos programas de iniciação científica (PIC e PIBIC) e de pesquisa docente.

Referências

- ALMEIDA, M.M.B. et al Determinação de nutrientes minerais em plantas. **Ciências e Tecnologia de Alimentos**, v. 22, n. 1, p. 100-110, 2002
- AMADO, G. M. et al. Hg localisation in *Tillandsia usneoides* L. (Bromeliaceae), an atmospheric biomonitor. **Atmospheric Environment**, v. 36, p. 881-7, 2002.
- BACCAN, N. et al. **Introdução à semimicroanálise qualitativa**. 7ed. Campinas: Unicamp, 1997, 295p.
- BRIGHIGNA, L. et al. The use of tropical bromeliads (*Tillandsia* spp.) for monitoring atmospheric pollution in the town of Florence, Italy. **Revista de Biologia Tropical**, v. 50, n.2, p. 577-584, 2002.
- CALASANS, C.F.; MALM, O. Utilização de *Tillandsia usneoides* para a avaliação de poluição atmosférica por mercúrio. **Bromelia**, v. 1, n. 2, p. 7-10, 1994.

FIGUEIREDO, A. M. G. et al. Determination of trace elements in *Tillandsia usneoides* by neutron activation analysis for environmental biomonitoring. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, v. 249, n. 2, p. 391-5, 2001.

Recebido em: 03/11/2009

Aceito em: 05/03/2010

Received on: 03/11/2009

Accepted on: 05/03/2010

FIGUEIREDO, A. M. G. et al. The use of *Tillandsia usneoides* L. as bioindicator of air pollution in Sao Paulo, Brazil. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, v. 259, n.1, p. 59-63, 2004.

FLORES, F. E. V. O uso de plantas como bioindicadores de poluição no ambiente urbano-industrial de Porto Alegre, RS, Brasil. *Tubinger Geor. Studien*, v. 96, p. 79-87, 1996,

GERUDE, M. **O que você deve saber sobre dietas vitamínicas sais minerais e ortomolecular.** São Paulo: Atheneu Cultura, 1996. 106p.

LOESCHEN, V. S. et al. Leaf anatomy and CO₂ recycling during crassulacean acid metabolism in twelve epiphytic species of *Tillandsia* (Bromeliaceae). **International Journal of Plant Sciences**, v. 154 p. 100-106. 1993.

MACÊDO, J. A. B. **Introdução à Química Ambiental.** 2^a ed. Juiz de Fora: Jorge Macedo, 2009. 487 p.

MAHAN, L. K.; ESCOTT-STUMP, S. **Alimentos, Nutrição e Dietoterapia.** 11^a ed. São Paulo: Roca, 2005.

MALM, O. et al. Use of epiphyte plants as biomonitors to map atmospheric mercury in a gold trade center city, Amazon, Brazil. **Science of the Total Environment**, v. 213, n. 1-3, p. 57-64, 1998.

PIGNATA, M. L. et al. Atmospheric quality and distribution of heavy metals in Argentina employing *Tillandsia capillaris* as a biomonitor. **Environmental Pollution**, v. 120, n. 1, p. 59-68, 2002.

SCHRIMPFF, E. Air pollution patterns in two cities of Colombia, South America, according to trace substances content of an epiphyte (*Tillandsia recurvata* L.). **Water, Air and Soil Pollution**, v. 21, p. 279-315, 1984.