

ESTUDO COMPARATIVO DAS CONCENTRAÇÕES DE ELEMENTOS PRESENTES EM DIFERENTES ESPÉCIES DE LIQUENS

Daniela M. B. Coccaro^{*}, Mitiko Saiki^{*}, Marina B.A. Vasconcellos^{*} e Marcelo P. Marcelli^{**}

^{*}Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN-CNEN/SP
Caixa Postal 11049
05422-970, São Paulo, Brasil

^{**}Instituto de Botânica,
Caixa Postal 4005
04301-902, São Paulo, Brasil

RESUMO

Neste trabalho, o método de análise por ativação com nêutrons foi aplicado na determinação de elementos em líquens epífitos coletados no Jardim Botânico, da cidade de São Paulo. As espécies selecionadas para a análise foram: *Canoparmelia caroliniana*, *Parmotrema tinctorum*, *Parmotrema sancti-angeli* e *Usnea sp.* Os teores elementares mais elevados, da ordem de percentagem, foram determinados para o Ca. Teores da ordem de $\mu\text{g/g}$ foram obtidos para Al, Br, Cd, Cl, Cr, Cu, Fe, K, La, Mg, Mn, Na, Rb, Ti, V e Zn e da ordem de $\mu\text{g/kg}$ para As, Ce, Cs, Eu, Lu, Mo, Nd, Sb, Sc, Se, Sm, Tb, Th, U e Yb. Dentre as quatro espécies de líquens analisadas, a *Usnea sp.* e a *Canoparmelia caroliniana* apresentaram concentrações médias de elementos ligeiramente mais elevadas que as espécies *Parmotrema tinctorum* e *Parmotrema sancti-angeli*. A precisão e a exatidão dos resultados foram avaliadas pela análise dos materiais de referência IAEA 336 Lichen e NIST 1572 Citrus Leaves.

Palavras-chave: análise por ativação com nêutrons, biomonitoração ambiental, poluição atmosférica, líquen.

I. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, os líquens tornaram-se importantes ferramentas no estudo da biomonitoração ambiental.

A estreita relação dos líquens com o meio ambiente está associada à sua natureza perene, que permite o acúmulo de elementos durante todo o ano e, ao fato de sua nutrição mineral não depender do substrato, mas dos depósitos secos e úmidos provenientes da atmosfera. Além disso, a alta capacidade de absorver e acumular metais presentes no meio ambiente permite a determinação de elementos presentes em baixas concentrações com grande precisão e exatidão.

Por estes motivos, vários países, principalmente na Europa, passaram a utilizar os líquens na monitoração e identificação de fontes poluidoras[1-3].

Quando se trabalha com bioindicadores de elementos-traço, a seleção da espécie a ser estudada é de extrema importância, principalmente com relação a aspectos, como abundância, tolerância, facilidade de amostragem e acúmulo dos elementos de interesse[1]. Entretanto, a tolerância que uma espécie de bioindicador

apresenta às concentrações elevadas de metais em seus tecidos varia amplamente entre as espécies, assim como entre elementos de interesse[4]. Além disso, na maioria dos casos, é muito difícil que a monitoração de uma extensa área possa ser feita com a utilização de uma única espécie selecionada, seja por dificuldade na sua amostragem ou pelo baixo acúmulo dos elementos de interesse.

Uma solução para este problema poderia ser o uso de mais de uma espécie de líquen para a biomonitoração e o estabelecimento de um fator de calibração ou correlação entre as espécies selecionadas.

No Brasil, existem poucos trabalhos sobre o uso de líquens como biomonitores da qualidade do ar e, portanto, não há valores estabelecidos para concentrações elementares de áreas não poluídas.

Desta forma, o objetivo deste trabalho foi o de desenvolver um estudo preliminar a respeito das concentrações de metais em quatro espécies de líquens epífitos, a saber: *Canoparmelia caroliniana* (Nylander) Elix & Hale, *Parmotrema tinctorum* (Nylander) Hale, *Parmotrema sancti-angeli* (Lyngé) Hale e *Usnea sp.*, coletados no Jardim Botânico, que está situado dentro do

Parque Estadual das Fontes do Rio Ipiranga (PEFI), SP, região esta com índices de poluição sensivelmente mais baixos que os da zona urbana da cidade. Estes dados poderão ser utilizados, posteriormente, na determinação do fator de calibração entre estas espécies analisadas, como também entre essas espécies e a *Canoparmelia texana*, um líquen folhoso presente em toda a área urbana do Brasil e com características apropriadas para monitoração ambiental. A determinação elementar dos líquens foi feita pelo método de análise por ativação com nêutrons (AAN), que apresenta importantes vantagens, uma vez que permite a utilização de uma pequena quantidade de amostra e a determinação simultânea de cerca de 30 elementos.

II. PARTE EXPERIMENTAL

Espécies Analisadas. Foram selecionadas quatro espécies de líquens epífitos: *Canoparmelia caroliniana* (Nylander) Elix & Hale, *Parmotrema tinctorum* (Nylander) Hale, *Parmotrema sancti-angeli* (Lyngé) Hale e *Usnea* sp., sendo a *Usnea* sp. um líquen fruticoso e os demais folhosos.

Coleta das Amostras. Os líquens foram retirados da casca de árvores, com o auxílio de uma faca de titânio, a uma altura de aproximadamente 1,30 m do solo e colocados em envelopes de papel. A coleta foi realizada no Jardim Botânico de São Paulo, SP, no dia 4 de novembro de 1997.

Preparação das Amostras para Análise. No laboratório, essas amostras foram submetidas a uma limpeza para separá-las das cascas de árvores impregnadas, utilizando-se um microscópio estereoscópico da marca Olympos. Posteriormente, as amostras foram lavadas com água destilada, a fim de garantir a retirada de sujeiras, particulados do solo ou do substrato casca de árvore e foram colocadas em papel de filtro para a secagem à temperatura ambiente. As amostras foram secas por liofilização, durante um período de 8 a 15h, à pressão de 4×10^{-2} mm Hg e, posteriormente, homogeneizadas, por meio de moagem, em um almofariz de ágata

Preparação dos Padrões Sintéticos dos Elementos. As soluções-padrão foram preparadas dissolvendo-se os elementos, nas formas de metal, óxido ou sal, todos de alta pureza, utilizando-se reagentes apropriados e efetuando-se a diluição com água destilada. A partir das soluções-estoque, foram preparadas soluções mais diluídas, contendo um ou mais elementos. Os padrões sintéticos foram preparados pipetando-se 50 μ L das soluções-padrão, simples ou multielementares, sobre tiras de papel de filtro Whatman n° 40 de dimensões 1,5 \times 3,5 cm. Após a secagem, estas tiras de papel foram dobradas e colocadas em invólucros de polietileno, os quais foram selados com o auxílio de um ferro elétrico para solda.

Procedimento para a Análise por Ativação com Nêutrons. Cerca de 150 mg de cada amostra,

pesados em invólucros de polietileno, foram irradiados junto com os padrões sintéticos dos elementos. Para a determinação de um maior número de elementos, foram feitas duas séries de irradiações: irradiações de 5 minutos, sob fluxo de nêutrons térmicos de $4,25 \times 10^{11}$ n $\text{cm}^{-2} \text{s}^{-1}$, no reator nuclear IEA-R1m, para a determinação dos elementos Al, Br, Cl, Cu, K, Mg, Mn, Na, Ti e V; irradiações de 16 horas, sob um fluxo de nêutrons térmicos de 10^{12} n $\text{cm}^{-2} \text{s}^{-1}$, para a determinação dos elementos As, Ca, Cd, Ce, Cr, Cs, Cu, Eu, Fe, La, Lu, Mo, Rb, Sb, Sc, Se, Sm, Tb, Th, U, Yb e Zn.

As amostras e padrões irradiados foram colocados em pequenas placas de aço inoxidável e, após os devidos tempos de decaimento, foram medidas as suas atividades gama induzidas. As medidas foram realizadas no detector de Ge hiperpuro GMX2020, Canberra, ligado a um sistema eletrônico associado. A resolução (FWHM) do sistema de contagem foi de 0,80 keV, para o fotopico de 121,97 keV do ^{57}Co , e de 1,80 keV, para o fotopico de 1331,49 keV do ^{60}Co . As análises dos espectros gama foram feitas utilizando o programa VISPECT2[5] e a identificação dos radioisótopos foi feita consultando as energias dos raios gama e o tempos de meia-vida, apresentados na referência[6].

Análise dos Materiais de Referência. Para examinar a qualidade dos resultados analíticos, foram realizadas análises de materiais biológicos de referência: IAEA 336 Lichen, proveniente da Agência Internacional de Energia Atômica, e NIST 1572 Citrus Leaves do National Institute of Standards and Technology. As condições experimentais destas análises foram as mesmas aplicadas às amostras de líquens. Para expressar os resultados na base seca de cada material, foram determinadas as perdas de peso na secagem destes materiais, de acordo com o procedimento recomendado, e os valores, em porcentagem, encontrados foram: 7,1 para o Lichen e 4,9 para Citrus Leaves.

III. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1, estão os resultados obtidos nas análises das amostras de líquens das espécies: *Usnea* sp. e *Parmotrema tinctorum*. Na Tabela 2, são apresentados os resultados para os líquens das espécies: *Canoparmelia caroliniana* e *Parmotrema sancti-angeli*. Nestas Tabelas, são apresentados os valores das médias aritméticas e das faixas de concentrações obtidos para diferentes amostras de uma mesma espécie de líquen.

Verifica-se que os teores mais elevados, da ordem de porcentagem, foram obtidos para o Ca. Teores da ordem de $\mu\text{g/g}$ foram obtidos para os elementos: Al, Br, Cl, Cr, Cu, Fe, K, La, Mg, Mn, Na, Rb, Ti, V e Zn. Os teores mais baixos, ordem de $\mu\text{g/kg}$, foram determinados para os elementos: As, Cd, Ce, Cs, Eu, Lu, Mo, Nd, Sb, Sc, Se, Sm, Tb, Th, U e Yb.

Por outro lado, analisando os resultados obtidos para cada espécie de líquen, verifica-se uma considerável variabilidade nas concentrações de alguns elementos, apesar das amostras terem sido coletadas em uma mesma região no Jardim Botânico. Esta variabilidade nos teores de elementos, para uma mesma espécie de líquen, se deve, provavelmente, à dificuldade encontrada no estabelecimento de condições idênticas na amostragem. Tais condições referem-se, principalmente, à idade dos espécimes coletados e à localização dos espécimes nos troncos das árvores. No caso das amostras de *Usnea sp.*, é interessante citar que, dos três espécimes coletados, um foi identificado como mais jovem. O crescimento de um líquen fruticoso é apical e, portanto, pode-se estimar a sua idade, de acordo com o seu comprimento. Nos resultados obtidos para *Usnea sp.*, foi verificado que os teores mais baixos correspondem, em geral, ao espécime mais jovem, devido ao seu menor tempo de exposição. Estes resultados

confirmam aqueles obtidos no trabalho anterior [7], realizado para amostras de *Canoparmelia texana*.

Portanto, para reduzir a variabilidade das concentrações elementares em uma mesma espécie de líquen, há a necessidade de se fazer um controle rigoroso dos parâmetros que influem na sua amostragem, bem como aumentar o número de amostras para a análise.

Fazendo-se uma comparação entre os resultados obtidos para as quatro espécies de líquens, verifica-se que as médias dos resultados, para cada um dos elementos, são da mesma ordem de grandeza. Vide Tabelas 1 e 2. Entretanto o que nos chama a atenção são as médias dos resultados obtidos para *Usnea sp.* e *C. caroliniana*. A *Usnea sp.* apresentou médias de resultados ligeiramente mais altas para os elementos As, K, Mg, Mo, Rb, Sb, Sc e Se e a *C. caroliniana* para os elementos Al, Br, Ca, Cd, Ce, Cr, Cs, Eu, Fe, La, Lu, Mn, Na, Nd, Sm, Tb, Th, Ti, V, Yb e Zn.

TABELA 1. Análise das amostras de líquens *Usnea sp.* e *Parmotrema tinctorum*

Elementos	<i>Usnea sp.</i>			<i>Parmotrema tinctorum</i>		
	Intervalo	$\bar{x} \pm s$	n	Intervalo	$\bar{x} \pm s$	n
Al (µg/g)	410 - 1236	876 ± 423	3	613 - 1070	748 ± 216	4
As (µg/kg)	624 - 1100	923 ± 261	3	189 - 369	287 ± 91	3
Br (µg/g)	5 - 19	11 ± 7	3	5 - 15	10 ± 6	4
Ca (%)	0,2 - 1,4	0,8 ± 0,6	3	0,2 - 0,3	0,23 ± 0,06	3
Cd (µg/g)	0,60 - 1,12	0,83 ± 0,26	3	0,45 - 0,55	0,51 ± 0,05	3
Ce (µg/kg)	2,5 - 3,5	3,1 ± 0,5	3	1,4 - 2,6	2,1 ± 0,6	3
Cl (µg/g)	134 - 150	139 ± 9	3	181 - 584	386 ± 183	4
Cr (µg/g)	2,0 - 7,4	4,7 ± 3,1	3	2,7 - 5,1	3,6 ± 1,3	3
Cs (µg/kg)	240 - 470	355 ± 163	3	328 - 349	339 ± 15	2
Cu (µg/g)	4 - 14	9 ± 5	3	(*)	-	-
Eu (µg/kg)	25 - 40	34 ± 8	3	17 - 20	19 ± 2	2
Fe (µg/g)	274 - 1846	1078 ± 787	3	481 - 1130	764 ± 333	3
K (µg/g)	2355 - 4350	3452 ± 1013	3	584 - 2882	2477 ± 681	4
La (µg/g)	1,3 - 1,9	1,7 ± 0,3	3	0,8 - 1,3	1,1 ± 0,3	3
Lu (µg/kg)	6,2 - 8,7	7,5 ± 1,3	3	4,5 - 10,9	6,7 ± 3,7	3
Mg (µg/g)	835 - 965	882 ± 72	3	369 - 645	484 ± 117	4
Mn (µg/g)	19 - 29	25 ± 5	3	11 - 29	17 ± 8	4
Mo (µg/kg)	492 - 2146	1348 ± 829	3	477 - 788	607 ± 162	3
Na (µg/g)	38 - 100	75 ± 33	3	41 - 56	48 ± 7	4
Nd (µg/kg)	844 - 1414	1211 ± 318	3	669 - 1633	1063 ± 505	3
Rb (µg/g)	11 - 18	15 ± 4	3	11 - 14	12 ± 2	2
Sb (µg/kg)	345 - 942	686 ± 307	3	285 - 501	365 ± 118	3
Sc (µg/kg)	166 - 275	221 ± 77	2	71 - 104	88 ± 24	2
Se (µg/kg)	235 - 556	376 ± 164	3	124 - 228	178 ± 52	3
Sm (µg/kg)	132 - 196	170 ± 34	3	165 - 330	223 ± 93	3
Tb (µg/kg)	17 - 28	23 ± 6	3	9 - 18	13 ± 6	3
Th (µg/g)	104 - 519	278 ± 216	3	120 - 270	189 ± 76	3
Ti (µg/g)	61 - 151	103 ± 45	3	55 - 104	71 ± 23	4
U (µg/kg)	37 - 76	66 ± 26	3	46 - 95	65 ± 27	2
V (µg/g)	1,4 - 5,1	3,2 ± 2,6	2	1,9 - 3,8	2,5 ± 0,9	4

Yb (µg/kg)	24 - 59	43 ± 18	3	24 - 52	38 ± 14	3
Zn (µg/g)	55 - 80	67 ± 13	3	43 - 83	62 ± 20	3

n: número de amostras analisadas de cada espécie; (*):indica elemento não detectado ou não determinado

TABELA 2. Análise das amostras de líquens *Canoparmelia caroliniana* e *Parmotrema sancti-angeli*

Elementos	<i>Canoparmelia caroliniana</i>			<i>Parmotrema sancti-angeli</i>		
	Intervalo	$\bar{X} \pm s$	n	Intervalo	$\bar{X} \pm s$	n
Al (µg/g)	908 - 1437	1257 ± 302	3	540 - 1422	981 ± 624	2
As (µg/kg)	604 - 690	647 ± 61	2	427 - 483	455 ± 40	2
Br (µg/g)	12 - 16	15 ± 2	4	4 - 7	6 ± 2	2
Ca (%)	3,2 - 7,0	5,1 ± 2,7	2	0,9 - 1,2	1,1 ± 0,2	2
Cd (µg/g)	1,76 - 2,22	1,99 ± 0,32	2	0,40 - 0,49	0,44 ± 0,07	2
Ce (µg/kg)	3,2 - 3,3	3,3 ± 0,1	2	1,2 - 2,6	1,9 ± 1,0	2
Cl (µg/g)	315 - 904	494 ± 275	4	575 - 861	718 ± 202	2
Cr (µg/g)	5,6 - 5,7	5,62 ± 0,05	2	2,9 - 7,3	5,1 ± 3,1	2
Cs (µg/kg)	489 - 577	533 ± 62	2	178 - 269	224 ± 64	2
Cu (µg/g)	(*)	-	-	9,7 - 10,2	10,0 ± 0,4	2
Eu (µg/kg)	37,9 - 38,0	38,0 ± 0,1	2	(*)	-	-
Fe (µg/g)	1660 - 1759	1710 ± 70	2	617 - 1416	1016 ± 565	2
K (µg/g)	365 - 983	735 ± 262	4	1765 - 2667	2216 ± 638	2
La (µg/g)	2,0 - 2,1	2,1 ± 0,1	2	(*)	-	-
Lu (µg/kg)	18,7 - 39,6	29,2 ± 14,8	2	3,5 - 8,6	6,9 ± 2,9	2
Mg (µg/g)	208 - 834	574 ± 269	4	844 - 868	734 ± 166	2
Mn (µg/g)	11 - 70	37 ± 30	4	11 - 16	14 ± 3	2
Mo (µg/kg)	1119 - 1147	1133 ± 20	2	722 - 1012	867 ± 205	2
Na (µg/g)	64 - 112	83 ± 21	4	33 - 95	58 ± 33	2
Nd (µg/kg)	1297 - 1365	1331 ± 48	2	580 - 1348	964 ± 543	2
Rb (µg/g)	5 - 6	5,4 ± 0,4	2	(*)	-	-
Sb (µg/kg)	408 - 467	438 ± 41	2	360 - 619	489 ± 183	2
Sc (µg/kg)	212 - 220	216 ± 5	2	92 - 234	163 ± 100	2
Se (µg/kg)	213 - 255	234 ± 29	2	218 - 265	244 ± 30	2
Sm (µg/kg)	200 - 218	209 ± 13	2	207 - 218	164 ± 62	2
Tb (µg/kg)	31 - 59	45 ± 20	2	(*)	-	-
Th (µg/kg)	355 - 421	388 ± 47	2	133 - 356	245 ± 158	2
Ti (µg/g)	63 - 161	128 ± 49	4	47 - 162	105 ± 81	2
V (µg/g)	2,5 - 6,8	5,3 ± 2,4	3	2,1 - 4,2	3,2 ± 1,5	2
Yb (µg/kg)	69 - 231	150 ± 115	2	22 - 49	36 ± 19	2
Zn (µg/g)	68 - 74	71 ± 4	2	39 - 42	41 ± 2	2

n: número de amostras analisadas de cada espécie; (*):indica elemento não detectado ou não determinado

Na Tabela 3, estão os resultados obtidos na análise dos elementos, nos materiais de referência IAEA-336 Lichen e NIST-1572 Citrus Leaves, assim como os valores certificados, para a devida comparação.

Para o material de referência IAEA-336 Lichen, os resultados apresentaram, em geral, uma boa precisão com desvios-padrão relativos (s_r) variando de 0,6

a 15%. O resultado menos preciso foi obtido para o elemento Al. Neste caso, o desvio padrão foi de 15% e, provavelmente, se deve a uma reação de interferência do elemento ^{31}P , que por meio de uma reação nuclear (n, α), forma ^{28}Al .

Os resultados da análise do material de referência NIST-1572 Citrus Leaves indicaram também,

para a maioria dos elementos, precisão aceitável com desvios padrão relativos variando de 0,7 a 15%. A baixa precisão obtida para os elementos Lu, Mo e Sb deve-se, provavelmente, ao fato desses elementos estarem presentes em concentrações muito baixas ($\mu\text{g}/\text{kg}$). Para o elemento Cu, a baixa precisão de seu resultado se deve a dificuldade encontrada na determinação deste elemento, já que a medida do ^{64}Cu (cuja meia-vida é de 12 horas) sofre a interferência da alta atividade do ^{24}Na , que impossibilita a contagem logo após a irradiação. Além disso, o fotopico de 1345 keV do ^{64}Cu apresentou baixa taxa de contagens para esta amostra. A comparação dos resultados obtidos com os valores da literatura indicou uma boa concordância, com percentagens de erros relativos, em geral, inferiores a 15%.

TABELA 3. Análise dos materiais de referência IAEA-336 Lichen e NIST-1572 Citrus Leaves

Elementos	Materiais	Este trabalho			Referência [8,9]
		$\bar{X} \pm s$	s_r (%)	n	
Al ($\mu\text{g/g}$)	1	720 \pm 105	14,6	6	680 (570 – 780)
	2	112 \pm 3	2,7	5	92 \pm 15
As ($\mu\text{g/kg}$)	1	703 \pm 30	4,3	6	640 (560 - 720)
	2	3061 \pm 239	7,8	4	3100 \pm 300
Br ($\mu\text{g/g}$)	1	11 \pm 1	9,1	6	12,9 (11,2 - 14,6)
	2	7,7 \pm 0,9	11,7	7	(8,2)*
Ca ($\mu\text{g/g}$)	1	0,30 \pm 0,02	6,7	6	0,26 (0,24 - 0,30)
	2	3,7 \pm 0,1	2,7	4	3,2 \pm 0,1
Cl ($\mu\text{g/g}$)	1	1939 \pm 213	11,0	6	1900 (1650 - 2200)
	2	377 \pm 50	13,3	5	(414) *
Co ($\mu\text{g/kg}$)	1	282 \pm 22	7,8	6	290 (250 - 330)
	2	30,2 \pm 2,1	7,0	3	(20) *
Cr ($\mu\text{g/g}$)	1	1,49 \pm 0,55	37,0	6	1,03 (0,80 - 1,17)
	2	0,85 \pm 0,13	15,3	4	0,8 \pm 0,2
Cs ($\mu\text{g/kg}$)	1	121 \pm 6	5,0	6	110 (97 - 123)
	2	99,0 \pm 1,1	1,1	3	(98) *
Cu ($\mu\text{g/g}$)	2	14 \pm 3	21,4	3	16,5 \pm 1,0
	-	-	-	-	-
Fe ($\mu\text{g/g}$)	1	538 \pm 15	2,8	6	425 (380 - 470)
	2	99 \pm 11	11,1	4	90,0 \pm 9,9
K ($\mu\text{g/g}$)	1	2118 \pm 91	4,3	6	1840 (1640 - 2040)
	2	21101 \pm 776	3,7	7	18200 \pm 600
La ($\mu\text{g/kg}$)	1	648 \pm 19	2,9	6	660 (550 - 760)
	2	182 \pm 27	14,8	4	(190) *
Ce ($\mu\text{g/kg}$)	1	1,27 \pm 0,08	6,3	6	1,27 (1,09 - 1,44)
	2	399 \pm 42	10,5	4	(280) *
Nd ($\mu\text{g/kg}$)	1	740 \pm 74	10,0	6	500 – 1000
	2	279 \pm 10	3,6	4	-
Sm ($\mu\text{g/kg}$)	1	119 \pm 8	6,7	6	106 (92 - 120)
	2	53 \pm 3	5,7	4	(52) *
Eu ($\mu\text{g/kg}$)	1	25,1 \pm 1,7	6,8	6	23 (19 - 27)
	2	11,7 \pm 1,2	10,2	3	(10) *
Tb ($\mu\text{g/kg}$)	1	18 \pm 2	11,1	6	7 – 13
	2	9,5 \pm 0,1	1,1	4	-
Yb ($\mu\text{g/kg}$)	1	41 \pm 5	12,2	6	-
	2	8,37 \pm 0,06	0,7	3	-
Lu ($\mu\text{g/kg}$)	1	6,5 \pm 0,5	7,7	6	-
	2	1,3 \pm 0,4	30,8	3	-
Mg ($\mu\text{g/g}$)	1	801 \pm 87	10,9	6	610 (500 - 710)
	2	6032 \pm 278	4,6	7	5800 \pm 301
Mn ($\mu\text{g/g}$)	1	62,6 \pm 2,7	4,3	6	64 (57 - 71)
	2	22 \pm 2	9,1	7	22 \pm 2
Na ($\mu\text{g/g}$)	1	320 \pm 17	5,3	6	320 (280 - 360)
	2	150 \pm 22	14,7	7	160 \pm 21
Rb ($\mu\text{g/g}$)	1	1,79 \pm 0,01	0,6	6	1,72 (1,52 - 1,92)
	2	4,8 \pm 0,2	4,2	4	4,84 \pm 0,06
Sb ($\mu\text{g/kg}$)	1	93 \pm 6	6,5	6	73 (63 - 83)
	2	56 \pm 9	16,1	4	(40) *
Sc ($\mu\text{g/kg}$)	1	170 \pm 10	5,9	6	170 (148 - 192)
	2	9,8 \pm 0,4	4,1	4	(10) *
Se ($\mu\text{g/kg}$)	1	245 \pm 23	9,4	6	220 (180 - 250)
	2	51,1 \pm 6,5	12,7	4	(25) *
Th ($\mu\text{g/kg}$)	1	147,7 \pm 7,3	4,9	6	140 (120 - 160)
	2	13,6 \pm 1,3	9,6	4	-
Ti ($\mu\text{g/g}$)	1	69,7 \pm 8,7	12,5	3	-
	-	-	-	-	-
V ($\mu\text{g/g}$)	1	1,37 \pm 0,07	5,1	5	1,5 (1,2 - 1,7)

Zn (µg/g)	-	-	-	-	-
	1	34,3 ± 1,5	4,4	6	31,5 (28 - 35)
	2	30,6 ± 1,1	3,6	4	29 ± 2

1: IAEA-336 Lichen 2: NIST-1572 Citrus Leaves n: número de determinações (*): valores informativos

IV. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos neste trabalho, indicam uma sensível diferença na capacidade de absorção das espécies de líquens, o que confirma a necessidade de uma seleção rigorosa das espécies a serem utilizadas como indicadores da poluição atmosférica.

O método de AAN, mostrou-se adequado à análise de líquens, permitindo a obtenção de resultados com boa precisão e exatidão.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq e à FAPESP pelo suporte financeiro.

REFERÊNCIAS

- [1] Sloof, E. J., **Environmental Lichenology: Biomonitoring Trace-element Air Pollution**, PhD Tesis, Delft University of Technology, Delft, Chap.1-6,1992.
- [2] Nimis, L., Castello, M. and Perotti, M., **Plants as Biomonitoring Indicators of Heavy Metals in the Terrestrial Environment**, Market, B., (Ed), VCH, New York, 1993.
- [3] Guevara, S. R., Arribére, M. A., Calvel, S. and Ross, G. R., **Elemental Composition of Lichens at Nahuel Huapi National Park**, Patagonia, Argentina, J. Radioanal. Nucl. Chem., vol.198, p 237-248, 1995.
- [4] Wolterbeek, H. TH., Kuik, P., Verburg, T. G., Herdin, U., Market, B. and Thoni, L., **Moss Interspecies Comparisons in Trace-element Concentrations**, Environ. Monit. Assess., vol. 35, p 263-286, 1995.
- [5] Piccot, D., Laboratoire Pierre Sue, CEA-CNRS, Centre d'Etudes de Saclay, France (Comunicação pessoal).
- [6] International Atomic Energy Agency, **Practical Aspects of Operating a Neutron Activation Analysis Laboratory**, IAEA-TECDOC-564, p 193-261, 1990.
- [7] Coccaro, D. M. B., Saiki, M., Vasconcellos, M. B. A. and Marcelli, M.P., **Analysis of *Canoparmelia texana* lichens collected in Brazil by neutron activation analysis**, IAEA TECDOC series (a ser publicado).
- [8] International Atomic Energy Agency, **Intercomparison Runs Reference Material**, Analytical Quality Control Services, 1996/1997.

[9] Toro C. E.; Parr R. M. and Clements S.A. International Atomic Energy Agency, **Biological and Environmental Reference Materials for Trace Elements**, Nuclides and Organic Microcontaminants. RL/128 (rev. 1), Vienna, 1990.

ABSTRACT

Four species of epiphytic lichens collected from Jardim Botânico, São Paulo were analyzed by instrumental neutron activation method. Lichen species selected were: *Canoparmelia caroliniana*, *Parmotrema tinctorum*, *Parmotrema sancti-angeli* e *Usnea sp.* Elemental concentrations at the level of percentages were found for Ca. Concentrations at the level of µg/g were found for Al, Br, Cd, Cl, Cr, Cu, Fe, K, La, Mg, Mn, Na, Rb, Ti, V e Zn and at the level of µg/kg for As, Ce, Cs, Eu, Lu, Mo, Nd, Sb, Sc, Se, Sm, Tb, Th, U and Yb. Among the four species analyzed, the *Usnea sp.* and *Canoparmelia caroliniana* presented the mean concentration values slightly higher than *Parmotrema tinctorum* and *Parmotrema sancti-angeli*. The precision and accuracy of the method were evaluated by analyzing reference materials IAEA 336 Lichen and NIST 1572 Citrus Leaves. Most of our results are in good agreement with these certified values.

Key Words: Instrumental neutron activation analysis, environmental air pollution, lichen, bioindicator.

