

# UTILIZAÇÃO DE LIQUENS NA BIOMONITORAÇÃO DA POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA DE ELEMENTOS QUÍMICOS DA CIDADE DE SÃO PAULO

Mitiko Saiki

Laboratório de Análise por Ativação Neutrônica, IPEN-CNEN/SP, Av Prof. Lineu Prestes No 2242, CEP 05508-000, São Paulo, SP, Brasil. Email: [mitiko@ipen.br](mailto:mitiko@ipen.br)

As primeiras observações sobre a ausência de líquens em áreas poluídas constam da época do advento da revolução industrial na Europa, onde naturalistas começaram a observar que líquens não eram mais encontrados onde o ar era tido como "impuro". Por outro lado em áreas não poluídas o crescimento dos líquens nos troncos das árvores e nas rochas era notável. Por volta do ano 1859 a poluição foi considerada como sendo responsável pelo declínio da população líquênica ao redor das cidades. Foi na última metade do século XIX que Nylander estudando líquens nos arredores de Paris, França evidenciou que estes organismos poderiam ser úteis nos estudos relacionados à qualidade do ar. Os estudos de Nylander realizados no Jardim de Luxemburgo indicaram primeiro o declínio e posteriormente o desaparecimento dos líquens deste jardim. Atualmente, depois de mais de um século, é interessante notar que os líquens estão voltando a colonizar árvores desta região com a queda da poluição.

Embora a pesquisa de Nylander tenha sido a pioneira, foi somente ao redor dos anos 1958 que os limites de tolerância de determinadas espécies de líquens começaram a ser documentados. Desta maneira as espécies de líquens tolerantes que sobrevivem em áreas poluídas absorvem água das chuvas e acumulam substâncias do ar e de materiais particulados que se depositam sobre eles. Como resultado deste mecanismo, os poluentes acumulados nos líquens começaram a serem analisados para avaliar a natureza das emissões ou estimar o tamanho da área contaminada.

Convém salientar sobre as vantagens que os líquens apresentam na monitoração de poluentes atmosféricos visto que eles não possuem raízes ou cutículas e pelo fato da sua sobrevivência depender principalmente dos nutrientes da atmosfera. Os líquens podem acumular diversos elementos, muito mais além da sua necessidade e apresentam uma extraordinária capacidade de se desenvolver em uma ampla região geográfica.

Além disso, a utilização de líquens na biomonitoração de níveis de poluentes atmosféricos é hoje considerada como uma ferramenta bastante adequada quando comparada com os métodos convencionais de medidas diretas de contaminantes do ar. Em geral, os níveis de poluição atmosférica são avaliados de maneira automática, isto é, pela medida direta de principais poluentes. Entretanto, muitas vezes no caso das medidas de poluentes constituídos de elementos químicos, esta metodologia apresenta dificuldades devido ao alto custo dos equipamentos coletores de particulados de ar, sua manutenção e também devido ao grande número de pontos de amostragens necessários para monitoração.

Relativamente ao uso de líquens na biomonitoração da poluição atmosférica, convém salientar que as publicações mais recentes têm mostrado que esta espécie de planta continua sendo de grande interesse nos estudos da poluição ambiental. Com o aumento dos níveis de poluição ambiental decorrente do desenvolvimento industrial, do crescente número de veículos e de indivíduos nos grandes centros urbanos, bem como devido à poluição com a incineração de lixo sólido municipais, diversas instituições de pesquisa têm se dedicado à análise de plantas acumuladoras de metais. As análises de plantas têm sido realizadas principalmente em relação à

11052

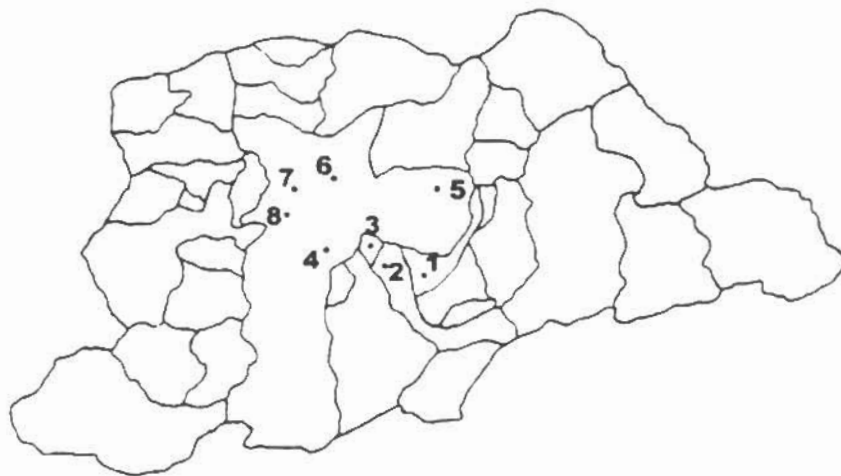
avaliação dos seus níveis de elementos tóxicos, da sua distribuição geográfica e identificação de fontes poluidoras.

No Brasil, apesar da existência de um grande número de espécies de líquens, com mais de 2800 espécies já listadas, trabalhos sobre o uso sistemático de líquens como bioindicadores da poluição ambiental são bastante escassos e, portanto, não há dados analíticos para mapeamento da distribuição de elementos indicando os níveis de poluição, bem como os valores de referência (ou de base) que possam ser usados para comparação

Serão apresentados, nesta palestra, os resultados obtidos na avaliação da extensão da contaminação atmosférica na cidade de São Paulo, determinando-se os constituintes inorgânicos acumulados pela espécie *Canoparmelia texana*.

*Canoparmelia texana* (Tuck.) Elix & Hale, selecionada para o nosso estudo, é uma espécie de líquen epífito folhoso da família de Parmeliaceae, extremamente abundante em todo território exceto em cidades litorâneas. Este líquen aparece em regiões poluídas, onde as outras espécies já desapareceram o que a caracteriza como uma espécie indicadora de poluição, com comportamento similar à *Lecanora conizaeoides* da Europa.

Com a espécie *C. texana*, foi realizado biomonitoramento passivo, isto é as amostras foram coletadas no seu habitat localizado nos pontos de diferentes níveis de poluição, a saber: Parque Intervales e Parque Carlos Botelho na Mata Atlântica, SP (regiões consideradas limpas) e na área metropolitana da cidade de São Paulo, nos pontos próximos à rede telemétrica de monitoramento da Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB), SP. Os pontos de amostragens na cidade de São Paulo são apresentados na Fig. 1.



**Figura 1.** Área de estudo na Grande São Paulo com pontos de amostragens. 1 Município de Mauá, 2 Município de Santo André, 3 Município São Caetano do Sul, 4 Bairro Ibirapuera (Parque), 5 Bairro São Miguel Paulista, 6 Bairro Santana, 7 Bairro Cerqueira César, Bairro 8 Pinheiros

O procedimento de coleta do líquen consistiu em retirar com auxílio de uma faca de titânio os talos do líquen dos troncos das árvores a uma altura de cerca de 1,5 m do solo. Procurou-se coletar líquens de tamanhos similares com diâmetros de 30 a 90 mm, para evitar a coleta de amostras com diferentes idades ou de tempos de exposição.

As amostras foram previamente submetidas a uma limpeza para separá-las das cascas das árvores ou materiais estranhos. A seguir, as amostras ficaram imersas na água purificada por cerca de 3 min, e em seguida foi feita a sua secagem pelo processo de liofilização e moagem obtendo as na forma de fino pó para as análises.

Dentre as inúmeras técnicas analíticas disponíveis para análise de elementos nos líquens, tais como a espectrometria de absorção atômica, de fluorescência de raios X, espectrometria de massa com fonte de plasma acoplado indutivamente, no nosso trabalho foi utilizado o método de análise por ativação com nêutrons. Esta técnica apresenta características bastante favoráveis para uso na análise de amostras ambientais devido ao seu caráter multielementar, alta sensibilidade, precisão, exatidão dos resultados e além de requerer uma pequena quantidade de amostra. Foram determinados nos líquens os seguintes elementos: As, Ba, Br, Ca, Cl, Cr, Co, K, Fe, La, Mn, Na, Rb, Sb, Sc, Se, U, V e Zn.

A análise e interpretação de resultados obtidos para estes elementos permitiram obter as seguintes conclusões:

- Os líquens das regiões limpas apresentaram concentrações mais baixas de As, Ba, Ca, Cd, Co, Cr, Cs, Fe, La, Mn, Na, Sb, Sc, Se, U e Zn que aquelas da região metropolitana de São Paulo. Os elementos Ba e Cd não foram detectados nas amostras coletadas nas regiões limpas.
- Em geral, concentrações mais altas de As, Ba e Zn foram observadas nas amostras coletadas em Santo André e Santana do que em outros pontos da área metropolitana. Já para Fe, La, Mn, Na, Sc e U, as mais altas concentrações foram determinadas nas amostras coletadas em Mauá e Santana; Co em amostras de São Miguel Paulista devido provavelmente a indústria metalúrgica que produz este elemento, e Cr em amostras de São Caetano do Sul. As altas concentrações destes elementos nos líquens das regiões de Santo André, Mauá, São Miguel Paulista e Santana provavelmente são devidas à poluição de diversas indústrias localizadas próximos a estes pontos de amostragens. As altas concentrações de Br e Sb obtidas em líquens do Cerqueira César podem ser atribuídas à poluição de origem veicular. O elemento Sb é usado como aditivo nos pneus dos veículos e o Br é usado na gasolina como agente antidetonante.
- Na classificação dos pontos de amostragem de acordo com as suas similaridades das concentrações dos elementos realizada pelo método de conglomerados ou "clusters analysis" foi obtido o dendrograma apresentado na Fig. 2. Observa-se nesta Figura que há formação de três principais grupos de pontos de amostragens: (a) Locais não poluídos, (b) Pontos constituídos de amostras de Mauá, Santo André, Santana; São Caetano do Sul, São Miguel Paulista e (c) de Cerqueira César, Parque Ibirapuera, Pinheiros. A análise de clusters substancialmente confirmou três grupos de pontos de amostragens de diferentes níveis de poluição. Os grupos (b) e (c) refletem alta poluição oriunda de indústrias e tráfego de veículos, respectivamente.

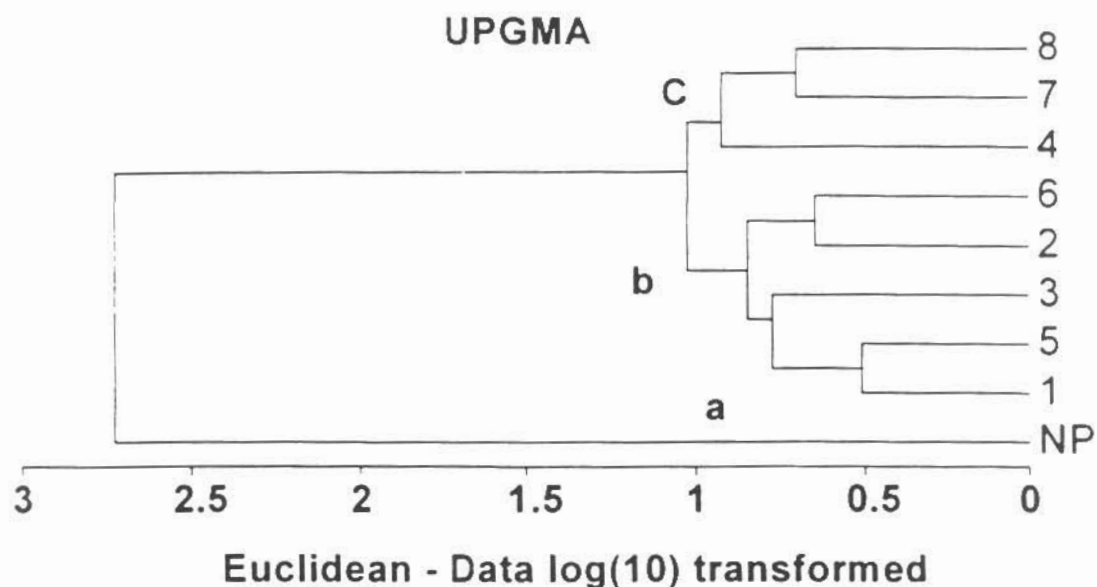


Figura 2. Dendrograma da análise discriminante. NP = Não poluídas; 1 = Mauá, 2 = Santo André, 3 = São Caetano do Sul; 4 = Parque Ibirapuera; 5 = São Miguel Paulista, 6 = Santana, 7 = Cerqueira César, e 8 = Pinheiros

- Os mapas de distribuição das concentrações de elementos para o caso de Cd e Zn são apresentados na Figuras 3 e 4. O contorno das linhas mostra as mais altas concentrações de elementos nas áreas de Santo André e Santana e mais baixas concentrações nas vizinhanças de Parque Ibirapuera, Cerqueira César e Pinheiros. O Cd e Zn indicam ter o mesmo comportamento devido provavelmente a mesma origem. As altas concentrações de Cd e Zn encontradas nos líquens de Santo André podem ser associadas às inúmeras indústrias nesta região ao Pólo petroquímico de Capuava.

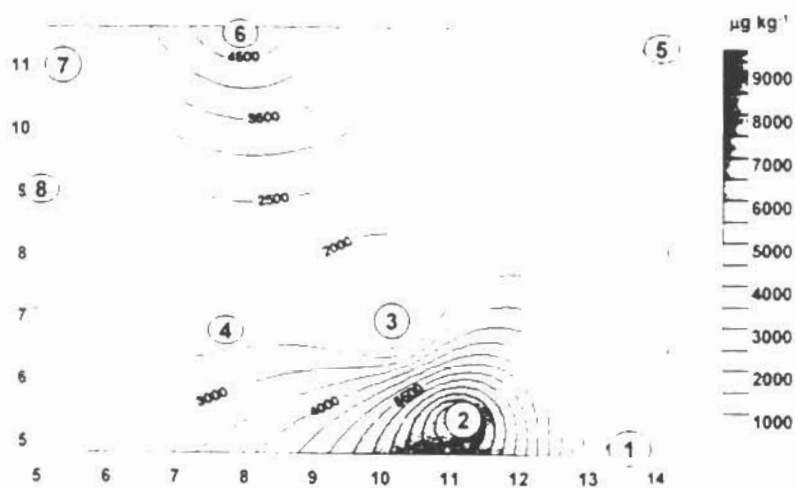
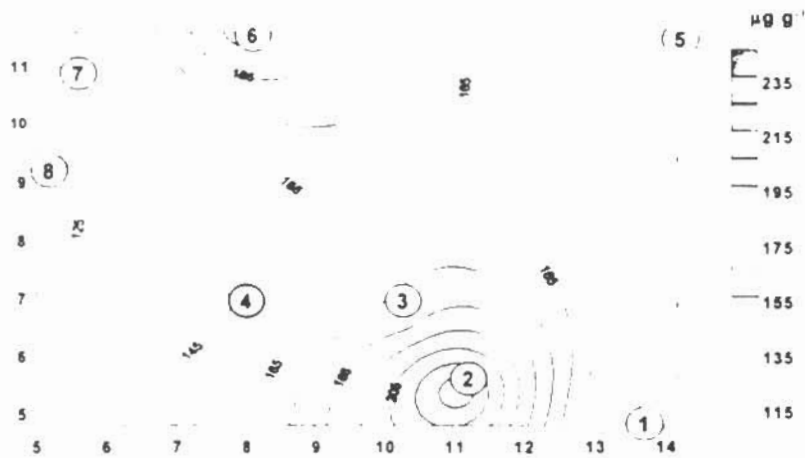


Figura3. Mapa de distribuição de concentrações de Cd em *C. texana*



**Figura 4.** Mapa de distribuição de concentrações de Zn em *C. texana*.

Os resultados obtidos indicaram a viabilidade do uso da espécie *C. texana* no biomonitoramento da poluição atmosférica. A próxima etapa desta investigação é o estudo da correlação existente entre a poluição atmosférica de elementos traço e os efeitos a saúde humana da população por meio da análise líquens este tipo de estudo é praticamente inexistente o que torna de grande interesse aplicar os conhecimentos adquiridos da biomonitoração a aplicação nos problemas reais da saúde humana. A idéia é utilizar dados de biomonitoração como um novo parâmetro para avaliar a influência da poluição á saúde da população.