

ESTUDO DA CIRCULAÇÃO DOS POLUENTES ENTRE A ATMOSFERA, ÁGUAS E SEDIMENTOS NO ARROIO SAPUCAIA, BACIA HIDROGRÁFICA DO GUAÍBA, RS E REPASSE PARA MACRÓFITAS AQUÁTICAS MARGINAIS

MASURQUEDE COIMBRA¹, ROBERTA POHREN²,
RODRIGO HAMMEL DA SILVA³, EMERSON PROCHNOW⁴,
TÂNIA RENATA PROCHNOW⁵, BERNARDO LIBERMAN⁶

RESUMO

Neste trabalho foi estudada a qualidade das águas, do ar, de macrófitas aquáticas e sedimentos pertencentes a sub-bacia do arroio Sapucaia, um afluente do rio dos Sinos, integrante da bacia hidrográfica do lago Guaíba, Estado do Rio Grande do Sul. Foram realizadas determinações de parâmetros físico-químicos nas amostras coletadas, bem como a determinação das concentrações dos elementos Al, Cu, Mn e Zn presentes em Partículas Totais em Suspensão na atmosfera. Foi estudada sua correlação com o repasse à água, sedimento, macrófitas e peixes. Os resultados obtidos mostraram que os efeitos dos poluentes variam de acordo com as peculiaridades de cada uma das áreas ao longo do arroio Sapucaia de acordo, evidenciando a interferência antrópica com o ecossistema existente.

Palavras-chaves: *bacia hidrográfica, partículas atmosféricas e ação antrópica.*

¹Acadêmico do Curso de Farmácia – Bolsista PROICT/ULBRA

⁴Professor do Curso de Química/ULBRA

²Acadêmica do Curso de Química – Bolsista PROICT/ULBRA

⁵Professora – orientadora do Curso de Química/ULBRA

³Acadêmico do Curso de Engenharia Ambiental – Bolsista PROICT/ULBRA

⁶Professor – orientador do Curso de Radiologia/ULBRA

ABSTRACT

This paper studies the quality of the water, air, aquatic macrophyta and sediments of the Sapucaia stream, a tributary of the Sinos river, which belongs to the Guaíba hydrographic basin, State of Rio Grande do Sul. Determinations of some physico-chemical parameters were accomplished in the collected samples, as well as the determination of the concentration of the chemical elements Al, Cu, Mn and Zn, presents in Total Particles in Suspension in the atmosphere. It was studied the correlation among these particles and the water, sediment, macrophyta and fish. The results show that the effects of the pollutants vary according to the peculiarities of each one of the areas along the Sapucaia stream, evidencing the anthropic interference with the existent ecosystem.

Key words: hydrographic basin , atmospheric particles and anthropic action.

INTRODUÇÃO

Na região Metropolitana de Porto Alegre, o crescente nível de urbanização e industrialização, vem alterando a qualidade do ar, das águas e do solo causando grande preocupação à população.

A atividade antrópica contribui para alteração do ar troposférico. Partículas sólidas de tamanhos e origens diversas são lançadas por atividades urbanas, industriais ou agrícolas (ALLEN et al., 2001, PROCHNOW, 1995).

A legislação brasileira estabelece critérios quantitativos em relação às partículas em suspensão atmosférica, pois elas podem trazer danos à vegetação, doenças respiratórias crônicas, e efeitos cancerígenos (LIMA et al, 1998).

A ação antrópica altera ecossistemas aquáticos, por introduzir substâncias diversas no ambiente, que passam a interagir com a cadeia trófica e que, em concentrações elevadas, desequilibram a composição de comunidades e do ambiente, causando efeitos ecotoxicológicos. Para a avaliação dos efeitos destes poluentes devem ser feitos levantamentos biológicos, análises

físico-químicas e testes ecotoxicológicos. A análise dos efeitos dos poluentes deve incluir o estudo das condições abióticas e comunitárias de modo geral (SCHÄFER, 1985).

Os vegetais podem acumular metais pesados, devido à capacidade em adaptar-se às propriedades químicas do ambiente, sendo reservatórios intermediários destes elementos absorvidos do solo, águas e atmosfera. Desta forma os repassam a animais e humanos (SOTO et al, 1996). A acumulação pode aumentar em algumas estações do ano devido ao incremento do metabolismo da planta neste período (PORTO & ZANARDI, 1991). Os vegetais podem ser, por este fenômeno, bioacumuladores e, por vezes bioindicadores.

A decomposição de organismos que absorvem e acumulam os poluentes, pode incrementar suas concentrações no ambiente. O cádmio, chumbo, cádmio e zinco são facilmente assimilados por plantas, solos e águas, contaminando a cadeia trófica quando inseridos no ecossistema por efluentes industriais, resíduos de óleos, desgaste de peças automotivas ou névoas veiculares (CARLOSENA, 1996 e 1998).

Diversos órgãos públicos, organizações científicas e entidades de ensino estão trabalhando para preservar o meio ambiente ou sanar os problemas já existentes.

A sub-bacia do arroio Sapucaia, tem seu curso localizado numa área de grande densidade populacional e industrial, que interfere na qualidade das suas águas, atmosfera e na vida da população, devido a indiscriminada ocupação urbana. Como a Universidade Luterana do Brasil está localizada na região de abrangência do arroio Sapucaia, pesquisadores dessa Instituição interessaram-se em estudar esta sub-bacia e colaborar no desenvolvimento e geração de informações sobre o seu estado atual.

O arroio Sapucaia é um afluente direto do rio dos Sinos, bacia hidrográfica do Guaíba, localizado entre as latitudes $-29^{\circ} 45'$ e $-30^{\circ} 00'$ e longitudes $51^{\circ} 15'$ e $51^{\circ} 00'$, com extensão de 25km, situando-se na Região Metropolitana de Porto Alegre. Sua bacia ocupa uma área de 129,57km², percorre áreas urbanas e rurais nos municípios de Cachoeirinha, Canoas, Esteio, Gravataí e Sapucaias do Sul.

Nas proximidades do rio dos Sinos, a oeste da nascente, a área da bacia é plana, formada por terrenos alagadiços. Seu trecho central apresenta relevo ondulado, percorrendo terreno acidentado formado por morros areníticos de formação Botucatu, com altitudes máximas pouco superiores a 270m.

Seu curso superior, percorre área de baixa densidade populacional, de características rurais, e com predomínio de atividades agropecuárias de pequeno porte, de baixo impacto ambiental. No trecho médio, estão localizadas áreas urbanas de alta densidade populacional e

industrial. Esta região é cortada pela rodovia federal BR 116, que apresenta intenso tráfego de veículos, incluindo os de cargas pesadas. Esta região se caracteriza por elevado impacto ambiental decorrente da geração de resíduos sólidos, de efluentes líquidos urbanos e industriais e, principalmente, das emissões aéreas veiculares e industriais.

O trecho final do arroio Sapucaia, apresenta curso alterado, passando por áreas de cultivo de arroz, e de ocupações urbanas irregulares, apresentando grande impacto ambiental.

Através deste trabalho foram pesquisados os efeitos e concentrações dos elementos Al, Cu, Mn e Zn no ambiente e em organismos vivos, macrófitas aquáticas da espécie (*tripogandra diurética*), na sub-bacia do Arroio Sapucaia.

MATERIAL E MÉTODOS

Para a determinação da qualidade do ambiente, foram selecionados oito pontos para coleta de amostras de águas, sedimentos, macrófitas e peixes ao longo do curso do arroio Sapucaia. As primeiras duas estações de coleta estão localizadas perto da nascente, numa região de pequeno impacto ambiental. A terceira estação localizada após um banhado onde a principal contaminação provém da atividade mineradora (pedreira). A estação quatro está localizada numa área de pequenas propriedades agrícolas. Nesta estação existe um Amostrador de Grande Volume (HI-VOL), para coleta de Partículas Totais em Suspensão (PTS) na atmosfera. A estação cinco está localizada após o depósito integrado de resíduos sólidos da Região Metro-

politana de Porto Alegre (Aterro Sanitário Santa Tecla). Em seguida, o arroio Sapucaia passa pela área urbana das cidades de Esteio e Sapucaia do Sul, cada uma com população média de 150.000 habitantes. Nas margens do arroio localiza-se uma população invasora. Nesta região estão localizadas muitas indústrias (Refinaria, Petroquímica e Química), e uma planta de reciclagem de lixo, que lança materiais poluentes no arroio. As estações de coletas seis e sete estão ali localizadas. A estação oito está localizada em área de cultivo de arroz, antes da foz do Sapucaia. Também foram feitas coletas no rio dos Sinos à montante e a jusante da foz do arroio, para verificar a interferência de dejetos e poluentes do arroio Sapucaia na biota do rio dos Sinos (estações nove e dez).

Amostras de águas, atmosferas, sedimentos e plantas foram coletadas em cada uma das estações de amostragem durante o período de dez meses (maio de 2001 a fevereiro de 2002).

A análise de parâmetros físico-químicos como pH, oxigênio dissolvido (OD), grau de saturação de oxigênio, condutividade elétrica, dureza, cloretos, alcalinidade, matéria orgânica (MO), nitrogênio total e fósforo, foram realizados segundo TEDESCO *et al* 1995. Nas amostras de sedimento, após secagem em estufa, analisaram-se o pH e os macronutrientes nitrogênio total, fósforo e potássio. Para as macrófitas aquáticas *commelinaceae*, a *tripogandra diurética*, determinou-se o peso fresco, e após secagem, peso seco. No material seco, analisaram-se macronutrientes e metais pesados.

Quatro elementos (Al, Cu, Mn e Zn) presentes na água, foram analisados através de Espectroscopia de Absorção Atômica (EAA).

Todas as análises foram realizadas de acordo com os métodos padronizados no American Public Health Association (GREENBERG *et al*, 1992).

Foi realizada uma digestão branda para a determinação dos metais solúveis; para metais totais usou-se uma digestão do tipo enérgica (ZANARDI & PORTO, 1991; PROCHNOW *et al*, 2000).

Além do amostrador de Santa Tecla, ponto quatro, outros dois amostradores HI-VOLs foram utilizados, nas estações de coletas próximo à estação seis, e em uma planta petroquímica (próximo à estação oito), para amostrar ar atmosférico nas áreas intermediárias e final do Sapucaia. Os HI-VOLs operam em fluxo padrão de 1,1 a 1,7 m³/min., durante um período ininterrupto de 24 horas. Estes valores de fluxo favorecem a coleta de partículas suspensas com diâmetro aerodinâmico entre 25 a 50 micrômetros.

Após uma digestão enérgica com solução nitroclorídrica dos filtros com poeiras atmosféricas amostradas com um digestor de microondas de vaso fechado, Provecto, foram analisadas as concentrações de Al, Cu, Mn e Zn por EAA (Espectrofotometria de Absorção Atômica), utilizando um Espectrofotômetro Perkin Elmer 4000.

Em todas as amostras coletadas, foram determinados metais pesados de importância para cadeia trófica de ecossistemas aquáticos, para estudos de bioacumulação e toxidez.

Os peixes foram coletados nas estações quatro, de baixo impacto ambiental, e na oito, com alto impacto no ambiente. As coletas foram realizadas nas estações frias (outono e inverno de 2001) e nas estações quentes (primavera e verão de 2001). Após digestão enérgica do tecido muscular analisaram-se por EAA os mesmos elementos acima citados.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados para caracterização da qualidade das águas e sedimentos estão na tabela 1 (época fria) e na tabela 2 (época quente).

Os valores de pH indicam águas levemente

alcalinas em todos os pontos na época fria. Na época quente, em alguns pontos as águas estão levemente ácidas. Observa-se que na época quente, o ponto dois apresenta uma degradação em sua qualidade devido a pouca água no banhado. Entretanto, estas variações no pH não são significativas para as formas de vida aquática existentes no Sapucaia.

Tabela 1 - Parâmetros físico-químicos águas e sedimentos outono/inverno de 2001 (época fria).

Número Estação	pH	OD (mg/L)	Condutividade (mS)	Dureza (ppm)	Alcalinidade (ppm)	Cloretos (ppm)	MO (ppm _{O₂})	P total (ppm)
1	7.8	5.3	0.12	42.89	51	Nd	0.96	0.06
2	7.7	7.4	0.12	32.99	41	Nd	2.56	0.12
3	7.8	5.8	0.14	54.86	60	Nd	1.28	0.09
4	7.5	3.2	0.12	37.90	48	Nd	0.32	0.08
5	7.2	3.0	0.48	32.25	32	Nd	0.24	0.13
6	7.4	3.1	0.99	25.94	32	Nd	0.32	0.14
7	7.4	2.1	0.38	43.88	87	3.5	0.64	0.83
8	7.7	1.8	0.45	58.85	85	4.5	0.48	0.74
9	7.0	2.0	0.11	30.92	39	Nd	0.28	0.19
10	7.0	3.2	0.21	33.91	53	1.0	0.40	0.26

A quantidade de oxigênio dissolvido (OD) é baixa, mesmo perto da nascente. As variações observadas no OD estão associadas ao lançamento de poluentes. No ponto cinco, os valores de OD são resultados de poluentes orgânicos da área de resíduos sólidos. No ponto 2, durante a época quente ocorreu um processo eutrófico devido ao excesso de matéria orgânica no banhado.

Na época quente, os parâmetros fósforo,

condutividade, matéria orgânica e cloretos, mostraram um aumento regular da nascente para a foz do arroio. A dureza e o nitrogênio total apresentam uma grande variabilidade.

Os altos valores de alcalinidade no curso superior do Arroio, diminuem na parte intermediária, e voltam a aumentar no final do curso durante a época quente. Nas estações 7 e 8, a alcalinidade aumentou principalmente devido à presença de ânions carbonatos e bicarbonatos.

Tabela 2 - Parâmetros físico-químicos águas e sedimentos primavera/verão de 2002 (época quente).

Número Estação	pH	OD (mg/L)	Condutividade (mS)	Dureza (ppm)	Alcalinidade (ppm)	Cloretos (ppm)	MO (ppmO ₂)	P total (ppm)
1	7.4	3.3	0.21	55.83	71	Nd	1.04	0.09
2	6.3	2.1	0.11	37.89	45	Nd	3.92	0.24
3	7.2	4.3	0.12	50.85	61	Nd	0.96	0.18
4	7.2	5.4	0.11	40.88	51	Nd	2.16	0.34
5	7.1	4.1	0.23	44.87	66	1.51	5.12	0.35
6	6.8	3.5	0.19	32.9	39	1.76	3.84	0.28
7	6.6	3.6	0.19	36.89	52	1.99	4.48	0.61
8	7.0	3.2	0.21	37.89	53	2.24	4.21	0.82
9	7.0	3.3	0.20	38.10	42	1.86	3.12	0.33
10	6.8	3.4	0.13	38.88	36	1.74	3.34	0.51

Nd: Não detectado.

Interferências na qualidade da água do rio dos Sinos são indicadas pelas alterações dos parâmetros físico-químicos no ponto 10 (a jusante da foz do Sapucaia), em relação ao ponto 9 (a montante), ambos localizados no rio dos Sinos.

Para a análise de materiais particulados foram realizadas 52 medições em cada trecho do Arroio em diversas condições meteorológicas de maio de 2001 a fevereiro de 2002. A média anual de PTS é 37,14mg/m³ para o trecho superior; 56,5mg/m³ para o trecho intermediário e 72,32mg/m³ para o trecho final. Estes valores satisfazem o padrão de 80mg/m³ para média geométrica anual (CONAMA, Conselho Nacional de Meio Ambiente, 1990).

Entretanto, na época fria foram observadas altas concentrações de PTS quando a direção

do vento predominante é nordeste. Nesses dias as concentrações diárias ultrapassaram muito o limite aceitável para a concentração máxima diária (240mg/m³). Foram medidas concentrações de 240,09mg/m³ (01/08/2001), 106,76mg/m³ (17/08/2001), 106,69mg/m³ (30/08/2001) e 128,83mg/m³ (18/09/2001). Cabe destacar que, quando a concentração diária de PTS é superior a 80mg/m³, pode haver risco associado a doenças respiratórias para pessoas acima de 50anos (ALEN *et al*, 2001; WARK & WARNER, 1998).

Todas essas medições ocorreram na época fria, em dias com inversão térmica na região. Na tabela 3 são apresentados os valores das concentrações médias de PTS e dos elementos Al, Cu, Mn e Zn. As altas concentrações de Mn e Zn nas áreas intermediária e final do Sapucaia são conseqüências das indústrias localizadas nessa região.

Tabela 3 - Valores médios para PTS e concentrações médias dos elementos em mg/m³.

Localização	PTS		AL		Cu		Mn		Zn	
	Fria	Quente	Fria	Quente	Fria	Quente	Fria	Quente	Fria	Quente
Início	30.12	42.76	0.46	0.56	0.38	0.33	0.015	0.023	0.03	0.022
Intermediária	64.36	47.58	1.02	0.81	0.08	0.10	0.06	0.04	0.11	0.08
Final	81.97	63.92	0.97	0.89	0.43	0.43	0.10	0.07	0.19	0.81

Tabela 4 - Concentração de metais encontrados na água, macrófitas, sedimentos e peixes.

Estação	Amostras	AL		Cu		Mn		Zn	
		Fria	Quente	Fria	Quente	Fria	Quente	Fria	Quente
Trecho Inicial (ponto 1 a 4)	Água (mg/L)	Nd	0.17	0.012	0.01	0.03	0.13	0.013	0.41
	Macrófita mg/kg	11.01	2.90	0.021	0.012	1.23	0.89	0.05	0.12
	Sed. Branda mg/kg	3.65	1.82	0.02	0.007	0.75	0.62	0.02	0.02
	Sed. Enérgico mg/kg	19.43	11.93	0.03	0.02	1.13	0.66	0.04	0.07
	Peixe mg/kg seco	Nd	0.06	0.003	0.003	0.02	0.014	0.07	0.06
Trecho Intermediário (ponto 5 e 6)	Água (mg/L)	Nd	2.2	0.008	0.13	0.016	0.14	0.01	0.15
	Macrófita mg/kg	4.27	2.38	0.01	0.01	0.98	0.52	0.05	0.12
	Sed. Branda mg/kg	2.47	0.66	0.006	0.0015	0.12	0.18	0.009	0.008
	Sed. Enérgico mg/kg	10.1	11.54	0.014	0.007	0.14	0.34	0.02	0.04
Trecho Final (ponto 7 e 8)	Água (mg/L)	Nd	1.86	0.009	0.009	0.009	0.20	0.01	0.19
	Macrófita mg/kg	1.51	1.87	0.01	0.04	0.21	0.62	0.15	0.26
	Sed. Branda mg/kg	2.17	5.95	0.005	0.01	0.21	0.20	0.04	0.22
	Sed. Enérgico mg/kg	16.62	14.01	0.02	0.03	0.31	0.17	0.08	0.24
	Peixe mg/kg seco	0.028	0.05	0.004	0.004	0.006	0.009	0.09	0.06

As altas concentrações de cobre, encontradas nas macrófitas e na poeira atmosférica ana-

lisadas, no ponto de Santa Tecla, podem estar associadas ao uso de fungicidas, (tabela 3 e 4).

Na tabela 5, verifica-se que as amostras coletadas à jusante da foz do Sapucaia, no rio

dos Sinos tem uma concentração de metais superior as amostras coletadas a montante.

Tabela 5 - Concentração de metais no Rio dos Sinos (montante e jusante da foz do arroio Sapucaia).

Elementos	Amostras	AL		Cu		Mn		Zn	
Estação		Fria	Quente	Fria	Quente	Fria	Quente	Fria	Quente
Montante Ponto 9	Água (mg/L)	Nd	2.427	0.004	0.015	0.008	0.118	0.004	0.132
	Macrófita mg/kg	2.1	1.85	0.009	0.006	0.312	0.48	0.083	0.124
	Sed. Branda mg/kg	3.22	1.61	0.022	0.004	1.49	0.24	0.079	0.023
	Sed. Enérgico mg/kg	60.516	13.132	0.071	0.025	1.095	0.424	0.168	0.064
Jusante Ponto 10	Água (mg/L)	Nd	3.02	0.006	0.015	0.008	0.114	0.015	0.107
	Macrófita mg/kg	3.58	1.83	0.012	0.01	1.74	0.45	0.097	0.44
	Sed. Branda mg/kg	2.88	2.31	0.02	0.003	0.37	0.11	0.086	0.007
	Sed. Enérgico mg/kg	38.866	13.259	0.035	0.038	1.412	0.165	0.106	0.05

CONCLUSÕES

Neste trabalho observamos resultados dos efeitos da atividade rural, urbana e industrial na qualidade das águas, sedimentos e ar atmosférico da sub-bacia do arroio Sapucaia. No curso final observa-se alteração nos parâmetros físico-químicos da água que desemboca no rio dos Sinos.

Na área final do arroio Sapucaia foi observado grande incremento nas concentrações de metais em suspensão na atmosfera. Encontra-se uma correlação na concentração de alguns elementos presentes na atmosfera quando comparadas com as concentrações dos mesmos na água, nos sedimentos e nas macrófitas.

No trecho inicial a concentração dos elementos analisados diminui nos compartimentos abióticos e bióticos estudados durante a estação quente, apresentando aumento significativo ape-

nas para alumínio na água, peixes e atmosfera, e manganês e zinco na água e atmosfera (Tabela 4).

No trecho final a situação é inversa, pois há aumento das concentrações dos elementos nos diversos compartimentos, com exceção do zinco, que diminui nos peixes em relação à estação fria, e da concentração do alumínio que, também, diminui na atmosfera (tabelas 3 e 4).

Comparando as concentrações dos elementos no trecho inicial e no trecho final, observam-se concentrações maiores de cobre na estação quente e de zinco nas estações quente e fria, no trecho final do arroio, em todos os compartimentos analisados, excetuando a água. O manganês apresenta concentração maior no trecho final apenas na água, na estação quente, e na atmosfera na estação fria; as demais concentrações são mais baixas que as do trecho inicial.

De um modo geral, os valores das concentrações no trecho médio estão entre as do trecho inicial e do final do arroio Sapucaia.

Comparando-se os valores determinados para a águas e macrófitas no rio dos Sinos, a montante e jusante da foz do Sapucaia, observamos um acréscimo em todas as concentrações de elementos no ponto a jusante, diminuindo apenas a concentração do zinco na estação quente.

Todas as análises realizadas indicam uma clara degradação na qualidade das águas do arroio Sapucaia e da interferência desta degradação nas águas do rio dos Sinos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, A. G.; NEMITZ, E.; SHI, J. P.; HARRISON, R. M.; GREENWOOD, J. C. Size Distributions of Trace Metals in Atmospheric Aerosols in the United Kingdom, **Atmospheric Environment**, v.35, p.4581 – 4591, 2001.

CARLOSENA.; PRADA.; ANDRADE.; LÓPEZ.; MUNIATEGUI. Cadmium Analysis in Soil by Microwave Acid Digestion and Graphit Furnance Atomic Absorption Spectrometry. **Fresenius Journal of Analytical Chemistry**, v.355, p.289-291, 1996.

CARLOSENA, A.; ANDRADE, J. M.; PRADA, D. Seaching for Heavy Metals Groyng Roachi de Soils as a Function of Motorized Traffic Influence Talanta. **The International Journal of Pure and Applied Analytical Chemistry**, v.47, p.753-767, 1988.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. Resolução nº 3. **Diário Oficial [da] União República Federativa do Brasil**, 30 jul. 1986. p.11356p.

GREENBERG, A. E.; CLESCERI, L. S.; EATON, A. D. **Standard Methods for the Examination of Water and Wasterwater**. Washigton: American Public Health Association, 1992. p.1134.

LIMA, C. B. S.; LIVI, F. P.; MURILO, R. M. R.; SILVA, N. L. A.; MELCHIORS, D. J. Emissões Atmosféricas: Impacto na Qualidade do Ar. In: **ATLAS Ambiental de Porto Alegre**. Porto Alegre: UFRGS/PMPA/INPE, 1988. p.163-164.

PORTO, M. L.; ZANARDI, Jr., V. Avaliação do Sistema de Lagoas em Área de Mineração de Carvão a Céu Aberto: Metais Pesados na Água, Plantas e Substrato. **Boletim do Instituto de Biociências da UFRGS**, Porto Alegre, 1991. 83p.

PROCHNOW, T. R. 1995. **Avaliação de Áreas com Rejeitos da Mineração de Carvão, com Ênfase em Bioindicadores Vegetais para Metais Pesados, no Município de Charqueadas, RS**. 135 p. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1995.

PROCHNOW, T. R.; LIBERMAN, B.; TORRES, E. Mc M.; OCÁCIA, G. C.; PROCHNOW, E.; SOLIMAN, E.; BIANCHI, A.; COIMBRA, M. Desenvolvimento de Metodologia Analítica para a Determinação Qualitativa e Quantitativa dos Elementos Constituintes das Partículas Totais em Suspensão (PTS) Atmosférica. In:

CONGRESO INTERAMERICANO DE INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTAL, 27., 2000, Porto Alegre. **Anais...** Rio de Janeiro: ABES, 2000. p.316.

SCHÄFER, A. **Fundamentos de Ecologia e Biogeografia das Águas Continentais**. Porto Alegre: UFRGS/Ed. da Universidade. 1985. 532p.

SOTO.; RODRIGUEZ.; LÓPEZ.; MAHIA.; LORENZO.; PRADA. Determination of Tra-

ce Elements in Tree Leaves. **Annali di Chimica**, v.86, p.181-191, 1996.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análise de Solo, Plantas e Outros Materiais**. Porto Alegre: UFRGS, Faculdade de Agronomia, Departamento de Solos, 1995. 174p.

WARK, K.; WARNER, C. **Air Pollution, Its Origin and Control**. Boston: Addison – Wesley, 1998. 573p.