

Carvão e Meio Ambiente

Centro de Ecologia

da Universidade Federal
do Rio Grande do Sul



Editora
da Universidade

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Carvão e meio ambiente é fruto da colaboração de inúmeros grupos de trabalho da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, tendo contado com pesquisadores de outras instituições com o objetivo de estudar os efeitos da exploração e do uso do carvão sobre o meio ambiente, na Região Carbonífera do baixo Jacuí, no Rio Grande do Sul.

A Região, nos seus aspectos ambientais e sociais, é tratada de modo global na primeira parte do livro, que relata sobre a geologia, o clima, os solos, a vegetação e as características demográficas, econômicas e jurídico-políticas.

A partir da descrição geral busca-se uma síntese dos aspectos ambientais e socioeconômicos, visando analisar a sustentabilidade econômica e ambiental da exploração e do uso do carvão.

Estudos sobre as conseqüências da queima do carvão, na atmosfera local, no solo e na água, são abordados nos tópicos ligados ao meio físico. Especial atenção

está voltada para a recuperação de áreas mineradas e com sugestões para os tomadores de decisão quanto ao monitoramento e ao gerenciamento ambiental.

Animais e plantas foram alvo de estudos específicos com objetivo de identificar indicadores dos impactos de atividades carboníferas sobre os organismos vivos, bem como os aspectos relacionados à saúde pública.

A organização social da região e seu engajamento na melhoria do ambiente ocorreram através de estudos sobre as ações de educação ambiental promovidas por escolas e associações comunitárias.

Quer pela caracterização geral da região, quer pelos estudos específicos, *Carvão e meio ambiente* trata de forma aprofundada e original os mais diversos tópicos associados à problemática da exploração e do uso do carvão e suas conseqüências sobre o meio físico, os organismos vivos e a sociedade.

Carvão e Meio Ambiente

Centro de Ecologia

da Universidade Federal
do Rio Grande do Sul



Editora
da Universidade

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

RESERVA TÉCNICA
Editora da UFRGS

© dos autores
1ª edição: 2000

Direitos reservados desta edição
Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Capa: Paulo Antonio da Silveira
Foto da capa: Geraldo Mario Rohde
Editoração eletrônica: William Wazlawik
Toni Peterson Lazaro
Fernando Piccinini Schmitt

C397c Centro de Ecologia/UFRGS
Carvão e meio ambiente/ Centro de Ecologia/UFRGS. – Porto Alegre : Ed. Universidade/UFRGS, 2000.

1. Carvão – Meio ambiente. I. Título.

CDU 622.33:634.0.11

Catálogo na publicação: Mônica Ballejo Canto – CRB 10/1023

ISBN 85-7025-563-2

CARV
C 332

Carvão

e Meio Ambiente

RESERVA TÉCNICA
Editora da UFRGS



**UNIVERSIDADE
FEDERAL DO RIO
GRANDE DO SUL**

Reitora

Wrana Maria Panizzi

Vice-Reitor

Nilton Rodrigues Paim

Pró-Reitor de Extensão

Luiz Fernando Coelho de Souza

EDITORA DA UNIVERSIDADE

Diretor

Geraldo F. Huff

CONSELHO EDITORIAL

Anna Carolina K. P. Regner

Christa Berger

Eloir Paulo Schenkel

Georgina Bond-Buckup

José Antonio Costa

Livio Amaral

Luiza Helena Malta Moll

Maria da Graça Krieger

Maria Heloisa Lenz

Paulo G. Fagundes Vizontini

Geraldo F. Huff, presidente



Editora da Universidade/UFRGS • Av. João Pessoa, 415 - 90040-000 - Porto Alegre, RS - Fone/fax (51) 224-8821, 316-4082 e 316-4090 - E-mail: editora@orion.ufrgs.br - <http://www.ufrgs.br/editora> • **Direção:** Geraldo Francisco Huff • **Editoração:** Paulo Antonio da Silveira (coordenador), Carla M. Luzzatto, Cláudia Bittencourt, Maria da Glória Almeida dos Santos, Najára Machado • **Administração:** Julio Cesar de Souza Dias (coordenador), José Pereira Brito Filho, Laerte Balbinot Dias, Norival Hermeto Nunes Saucedo • **Apoio:** Idalina Louzada, Laércio Fontoura.

BIOINDICAÇÃO DA CONTAMINAÇÃO ATMOSFÉRICA DECORRENTE DO USO DO CARVÃO

Patrícia de Freitas Cerutti
Feliciano E. V. Flores

INTRODUÇÃO

O uso do carvão como fonte energética em usinas apresenta alto potencial poluidor que se manifesta desde a mineração, o beneficiamento e, principalmente, na sua combustão.

A emissão de poluentes aéreos, particularmente do SO_2 , resultante do aumento da combustão de carvão, tem como consequência o agravamento dos impactos ambientais. A quantidade do SO_2 emitido varia com a proporção de enxofre no carvão utilizado (CHADWICK e outros, 1990).

A presença de SO_2 na atmosfera, juntamente com óxidos de nitrogênio (NO_x), resulta na ocorrência da “chuva-ácida” que pode determinar, em regiões industrializadas, sérios danos por corrosão de obras metálicas como pontes, estruturas de edifícios, cercas, etc., e sobre obras de arte, particularmente em pedra calcária (LYNN, 1976).

As consequências do aumento dos níveis rurais de SO_2 podem ser sérias perdas por contaminação de solo, acidificação de lagos, desfolhamento de florestas e diminuição da produção agrícola (LAURENCE e WEINSTEIN, 1981; UNSWORTH e ORMROD, 1982; TRESHOW e ANDRESON, 1989).

Em áreas habitacionais, constituintes atmosféricos contendo enxofre ocasionam odores, redução de visibilidade, modificações de tempo, prejuízos à flora e à fauna e danos à saúde dos habitantes.

Os metais pesados estão amplamente distribuídos no ambiente como resultado de erosão de solo e processos industriais e agrícolas. Eles compõem um grupo muito importante de tóxicos ambientais, já que são potentes venenos metabólicos para muitos organismos (FLOWLER, 1975).

As plantas têm sido amplamente reconhecidas como indicadores sensíveis à

poluição atmosférica. A utilização de plantas como indicadores de poluição é adequada e prática, pois elas são facilmente reproduzíveis, amplamente multiplicáveis e capazes de vários modos de resposta, na qual o observador pode escolher um ou outro processo para o estudo particular (ARNDT, 1982; ARNDT & SCHWEIZER, 1991; ELLENBERG, 1991). Seu uso em pesquisa de campo é útil e necessário junto com o monitoramento físico, químico e meteorológico, para entendermos os efeitos dos poluentes sobre os seres vivos.

As alterações perceptíveis na aparência esperada, na estrutura ou função de um organismo sugerindo que ele está doente são denominadas *sintomas* e são elementos vitais para a diagnose. Diagnose é o reconhecimento das causas de uma doença ou distúrbio.

Os sintomas são mais freqüentemente visíveis nas folhas das plantas, pois estas são, em geral, os órgãos mais abundantes. Mesmo quando o dano ocorre nas raízes ou no caule, são as folhas que, com o passar do tempo, mostram os sintomas. Quando poluentes atmosféricos estão envolvidos, os sintomas estão geralmente limitados às folhas.

Se a assimilação de poluentes pelas plantas é considerada um efeito da poluição do ar, a bioacumulação pode ser usada como método para o monitoramento da poluição atmosférica.

A escolha do método de monitoramento a ser utilizado depende dos objetivos e abordagem propostos. Segundo STEUBING (1982), um programa de monitoramento pode ser feito de duas maneiras diferentes: monitoramento passivo, em que são analisadas plantas que ocorrem naturalmente na área monitorada, e monitoramento ativo, em que plantas cultivadas sob condições padronizadas são expostas junto às fontes emissoras.

O presente trabalho foi realizado na região carbonífera de Charqueadas, RS, onde estão instaladas termoelétricas e outras indústrias que utilizam o carvão como fonte energética, com o objetivo de inventariar a ocorrência de efeitos e/ou acumulação de contaminantes na vegetação terrestre espontânea; avaliar os efeitos e tendências da contaminação através do estabelecimento de uma rede de amostragem com a exposição de organismos vegetais; testar desenvolver e sistematizar métodos de bioindicação vegetal adequados ao monitoramento de contaminações ambientais decorrentes do uso do carvão.

MATERIAL E MÉTODOS

Estações de Amostragem (Eas)

Foram instaladas 08 Estações de Amostragem na área de estudo designadas por EA01, EA02, EA03, EA04, EA05, EA06, EA07, EA08. Em casa de vegetação, no Campus do Vale da UFRGS, foram cultivados vasos como controles.

Monitoramento Ativo

A planta escolhida para o trabalho de monitoramento ativo foi *Avena strigosa* (aveia preta), cultivada em vasos plásticos com solo adubado.

Em cada estação de amostragem, inclusive controles, 6 vasos com *Avena strigosa* eram sustentados sobre uma bacia plástica retangular contendo água que umidificava o solo, subindo por capilaridade através dos cordões de náilon.

Após um período de exposição de 30 dias, os vasos eram levados para o laboratório para análise da parte aérea das plantas e nas EAs eram instalados novos vasos.

As análises realizadas nas amostras retiradas de cada vaso foram: o conteúdo de S, em porcentagem da matéria seca, e o teor dos metais pesados Cr e Cu, em peso na matéria seca.

Monitoramento passivo

A cada dois meses foram realizadas coletas, nas áreas compreendidas pelas EAs, das seguintes espécies de ocorrência espontânea:

- *Senecio brasiliensis* Less (Maria-Mole);
- *Solidago chilensis* (Erva lanceta);
- *Eryngium pandanifolium* Chem (Gravataí)
- *Baccharis sp.* (Carqueja);
- *Antropogon selloanus* (Gramínea);
- *Mimosa bimucronata* Benth (Maricá).

As amostras eram acondicionadas em sacos plásticos devidamente identificados quanto a EA e espécie coletada, e levadas ao laboratório onde somente suas folhas eram analisadas quanto ao conteúdo de S e os teores de Cr e Cu.

O conteúdo de S foi determinado pelo método turbidimétrico (BaCl_2 - gelatina) e os metais pesados Cr e Cu por espectrofotometria de absorção atômica (Perkin-Elmer, Mod. 2380).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Monitoramento Ativo

As plantas de *Avena strigosa* expostas em vasos na região de estudo apresentaram valores de conteúdo de enxofre em porcentagem de matéria seca que variaram entre 0,007 e 0,4%. Os valores determinados nas plantas dos Controles variaram entre 0,016 e 0,126%. Todos estes valores estão abaixo das médias consideradas por BOWEN (1979) como valores comuns em plantas terrestres, valores estes que variariam entre 0,1 e 0,9%. Se considerarmos os valores limites propostos por ALLEN (1985), entre 0,08 e 0,5%, o conteúdo de S nas plantas de *Avena* se inclui melhor dentro destes limites.

Os baixos valores encontrados nestas plantas parecem indicar que a espécie escolhida para teste de exposição para a metodologia de "Grasskultur" (PRINZ & SCHOLL, 1978, apud ARNDT *et al.*, 1983) em relação a compostos de S, não demonstra qualidades de bioindicação. Nenhum sintoma visível de efeito do S foi observado e a acumulação deste elemento, acima dos níveis normais, não foi constatada.

Mesmo os valores de conteúdo de enxofre mais elevados, medidos nas EA08 (maio, 0,402%) e EA03 (setembro, 0,136%), que não apresentaram diferença significativa quando comparados aos níveis determinados nos Controles (entre 0,016 e 0,126%), não poderiam ser considerados como valores de acumulação.

Os valores mais altos de conteúdo de S foram observados nos meses de inverno. Isto poderia indicar uma utilização maior de S neste período, sendo este nutriente oriundo do solo dos vasos ou, eventualmente, obtido na forma de aporte atmosférico. Isto não pode ser demonstrado, mas apenas induzido considerando a proximidade das fontes emissoras. Esta observação pode ser reforçada pelo fato de que os menores valores de conteúdo de S foram verificados na EA07, que era o ponto mais distante das supostas fontes poluidoras.

No caso dos metais pesados considerados, Cr e Cu, a planta em estudo parece apresentar características mais promissoras como bioindicador de acumulação.

Quanto ao Cr, os valores apresentados por BOWEN (1979) como concentrações naturais em tecidos vegetais se situam entre 0,03 e 10mg/g. Os valores encontrados nas plantas de *Avena strigosa* expostas variaram de 0,42 a 4,82mg/g

Embora os valores mais altos de Cr, medidos na EA03 (de 1,28 a 4,82mg/g) se localizem numa região mediana dos limites citados acima, a maioria destes valores apresentaram diferença estatística significativa em relação aos valores medidos nos Controles. Uma média geral de todos os valores de Cr medidos na EA03 corresponderam aproximadamente a 5 vezes o mesmo valor médio encontrado nos Controles. O mesmo não pôde ser observado em relação às outras EAs quando comparadas aos Controles.

A presença acentuada de Cr nas plantas expostas na EA03, localizada bem próxima a uma siderúrgica, parece confirmar que este tipo de indústria se constitui numa poderosa fonte emissora de metais pesados.

Os níveis de Cu determinados nas diversas EAs foram, com exceção do mês de maio, sempre bem superiores aos valores encontrados nos Controles. Isto parece indicar que houve acumulação de origem atmosférica e que a imissão deste metal, na região, deve ser acentuada.

Os valores encontrados nas plantas expostas variaram de 3,54 a 22,30mg/g de Cu. DAVIS e outros (1978), trabalhando com cultivos de cevada em solução nutritiva, concluíram pelo valor de 20ppm da matéria seca como nível tóxico superior crítico.

Embora os valores encontrados no presente trabalho tenham sido muito superiores ao valor crítico citado para a cevada, não foram verificados sintomas externos nas plantas expostas.

As EAs nas quais os valores de acumulação de Cu foram mais altos foram EA03 e EA08, correspondendo ao que já havia sido encontrado para os teores de enxofre.

Monitoramento Passivo

O valor médio mais alto de conteúdo de S medido nas plantas consideradas para monitoramento passivo foi determinado na primeira coleta para *Senecio brasiliensis* (0,142%). O menor valor foi apresentado por *Antropogon selloanus* na terceira coleta (0,001%).

Comparado com os resultados de ALLEN (1985), que indicavam como con-

centração normal de S em tecido vegetal o intervalo entre 0,08 e 0,5%, observamos que conteúdos de enxofre verificados nas plantas coletadas permaneceram muito baixos.

Para visualizar a distribuição dos valores de conteúdo de Cr nas plantas estudadas, estabelecemos a tabela abaixo com os valores médios das coletas realizadas.

Tabela 1
VALORES MÉDIOS DE Cr (mg/g) NAS COLETAS REALIZADAS

Sps/EAs	EA01	EA02	EA03	EA04	EA05	EA06	EA07	EA08
Androp.	1,2		4,2					
Bacch.	0,6		7,6		3,9	1,2		1,3
Solidag.	1,2	1,0	9,5	1,3	2,7	2,2	1,3	
Eryng.	0,7				6,3			
Mimos.	1,0	6,8	22,6	5,1	1,3			
Senec.	1,1	1,0	8,5	2,3	1,6	6,2	4,9	2,0

Nesta tabela verificamos que os valores mais altos de Cr foram obtidos na EA03, indicando, como no caso do S, o efeito da proximidade da siderúrgica.

Em termos gerais, as plantas que mostraram melhor capacidade de acumulação de Cr foram *Senecio brasiliensis* e *Mimosa bimucronata*.

Os valores mais altos observados podem ser comparados com os limites sugeridos por BOWEN (1979). Em alguns casos, os valores foram bastante próximos do limite superior proposto (10mg/g), superando acentuadamente em *Mimosa bimucronata*.

Da mesma forma, podemos avaliar a presença de Cu nas diversas plantas estudadas através de uma tabela com as médias dos valores das coletas:

Tabela 2
VALORES MÉDIOS DE Cu (mg/g) NAS COLETAS REALIZADAS

Sps/EAs	EA01	EA02	EA03	EA04	EA05	EA06	EA07	EA08
Androp.	17,0		19,1					
Bacch.	24,8		28,2		22,6	22,3		21,8
Solidag.	29,0	26,9	40,5	23,6	28,9	28,1	27,5	
Eryng.	24,7				17,5			
Mimos.	27,8	24,1	25,8	25,9	23,4			
Senec.	39,6	35,8	33,3	29,4	33,1	32,3	35,2	28,4

Como no caso de *Avena strigosa*, valores altos de conteúdo de Cu foram encontrados em todas as EAs. A maioria desses valores superaram o limite tóxico crítico proposto por DAVIS *et al.* (1978).

Como no caso do Cr, a EA que apresentou valores mais elevados foi a EA03, seguida da EA01.

Novamente, as espécies que mostraram maior capacidade de acumulação de Cu foram *Senecio brasiliensis* e *Mimosa bimucronata*, agora acompanhadas por *Solidago chilensis*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, S. E. *Chemical analysis of ecological materials*. 2.ed. London: Blackwell Scientific Publications, 1989. 386p.
- ARNDT, U. Comparability and standardization of bioindication processes In: STEUBING, L.; JÄGER, H. J. (Eds.) *Monitoring of air pollutants by plants: methods and problems*. The Hague: Dr. W. Junk, 1982. p.129-130.
- ARNDT, U.; OBLÄNDER, W.; KÖNIG, E.; MAIER, W. Auftreten und Wirkung gasförmiger Luftverunreinigungen in Waldgebieten Baden-Württembergs. *VDI-Bericht*, n.500, p.249-255, 1983.
- ARNT, U.; SCHWEIZER, B. The use of bioindication for environmental monitoring in tropical and subtropical countries. In: ELLENBERG, H. et al. *Biological monitoring: signals from the environment*. Braunschweig: Vieweg, 1991. p.199-260.
- BOWEN, H. S. M. *Environmental chemistry of the elements*. London: Academic Press, 1979. 333p.
- CHADWICK, M. J.; HIGHTON, N. H.; LINDMAN, N. *Environmental impact of coal mining and utilization*. Oxford: Pergamon Press, 1990.
- DAVIS, R. D.; BECKETT, P. H. T.; WOLLAN, E. Critical levers of twenty potentially toxic elements in young spring barley. *Plant and Soil*, n.49, p.395-408, 1978.
- ELLENBERG, H. Bioindicators and biological monitoring In: ELLENBERG, H. et al. *Biological monitoring: signals from the environment*.
- FOWLER, B. A. Heavy mMetals in the environment: an overview. *Environmental Health Perspectives*, v.10, p259-260, 1975.
- LAURENCE, J. A.; WEINSTEIN, L. H. Effects of air pollution on plant productivity. *Ann. Rev. Phytopathol*, n.19, p.257-271, 1981.
- LYNN, D.A. *Air pollution: threat and response*. Reading: Addison-Wesley, 1976.
- STEUBING, L. Problems of bioindication and the necessity of standardization. In: STEUBING, L.; JÄGER, H. J. (Eds.) *Monitoring of air pollutants by plants: methods and problems*. The Hague: Dr. W. Junk, 1982. p.19-24.
- TRESHOW, M.; ANDERSON, F. K. *Plant stress from air pollution*. Chichester-GB: J. Wiley & Sons, 1989.
- UNSWORTH; ORMROD (Eds.). *Effects of gaseous air pollution in agriculture and horticulture*. Butterworth Sci., London, 1982.