

**Manejo de Plantas Lenhosas
por Corte e Queima e a
Concentração de Cobre e
Chumbo na Vegetação Herbácea**



República Federativa do Brasil

Luiz Inácio Lula da Silva
Presidente

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

Roberto Rodrigues
Ministro

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa

Conselho de Administração

José Amauri Dimázio
Presidente

Clayton Campanhola
Vice-Presidente

Alexandre Kalil Pires
Dietrich Gerhard Quast
Sérgio Fausto
Urbano Campos Ribeiral
Membros

Diretoria Executiva da Embrapa

Clayton Campanhola
Diretor-Presidente

Gustavo Kauark Chianca
Herbert Cavalcante de Lima
Mariza Marilena T. Luz Barbosa
Diretores-Executivos

Embrapa Pecuária Sul

Eduardo Salomoni
Chefe-Geral

Laudo Orestes Antunes Del Duca
Chefe-Adjunto de Administração

Roberto Silveira Collares
Chefe-Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 29

Manejo de Plantas Lenhosas por Corte e Queima e a Concentração de Cobre e Chumbo na Vegetação Herbácea

Ana Maria Girardi-Deiro
Sídia Maria Callegari-Jacques
Maria Luiza Porto

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Pecuária Sul
BR 153, km 595 - Caixa Postal 242
96401-970 - Bagé, RS
Fone/Fax: (0XX53) 242-8499
<http://www.cppsul.embrapa.br>
sac@cppsul.embrapa.br

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: *Roberto Silveira Collares*
Secretário-Executivo: *Nelson Manzoni de Oliveira*
Membros: *Klecius Ellera Gomes*
Sérgio Silveira Gonzaga
Carlos Miguel Jaume Eggleton
Ana Mirtes de Sousa Trindade

Supervisor editorial: *Sergio Renan Silva Alves*
Normalização bibliográfica: *Maria Bartira Nunes Costa Taborda*
Tratamento de ilustrações: *Roberto Cimirro Alves*
Editoração eletrônica: *Roberto Cimirro Alves*
Foto da capa: *Ana Maria Girardi-Deiro*

1ª edição

1ª impressão (2004): 500 exemplares

Todos os direitos reservados.

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

G521m Girardi-Deiro, A. M.

Manejo de plantas lenhosas por corte e queima e a concentração de cobre e chumbo na vegetação herbácea / A. M. Girardi-Deiro, S. M. Callegari-Jacques e M. L. Porto. - Bagé: Embrapa CPPSul, 2004.

18p. (Embrapa CPPSul, Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 29)

1. Plantas lenhosas. 2. Vegetação herbácea. I. Callegari-Jacques, S. M. II. Porto, M. L. III. Título. IV. Série.

CDD 582.15

© Embrapa, 2004

Sumário

Resumo.....	5
Abstract	7
Introdução.....	9
Material e Métodos.....	10
Resultados e Discussão	11
Agradecimentos	14
Referências Bibliográficas	17

Manejo de Plantas Lenhosas por Corte e Queima e a Concentração de Cobre e Chumbo na Vegetação Herbácea¹

Ana Maria Girardi-Deiro²

Sídia Maria Callegari-Jacques³

Maria Luiza Porto⁴

Resumo

Plantas que ocorrem em áreas metalíferas podem apresentar altas concentrações de metais pesados e sua queima pode disponibilizar estes metais, através das cinzas, para a superfície do solo. O trabalho teve por objetivo medir as concentrações de cobre e chumbo na vegetação herbácea utilizada para pastoreio, em áreas onde a vegetação lenhosa foi apenas cortada e noutras onde esta foi cortada e queimada. Foram medidas as concentrações desses metais em amostras da parte aérea das plantas herbáceas e no solo, Em 44 quadrados de 0,25m² em cada situação, na Serra do Sudeste, RS. As concentrações médias de cobre (15,2µg.g⁻¹) e de chumbo (6,4µg.g⁻¹) da vegetação herbácea quando a vegetação lenhosa foi cortada e queimada foram maiores do que quando apenas cortada (12,1 e 5,3µg.g⁻¹). As concentrações médias de cobre da vegetação herbácea, tanto nas áreas cortadas como naquelas que foram cortadas e queimadas, se situaram dentro dos padrões de normalidade, enquanto as de chumbo ficaram acima destes padrões, revelando

¹Parte da Tese de Doutorado apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Botânica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul pela primeira autora. Parcialmente financiado pela Fapergs

²Bióloga, Dra., Pesquisadora da Embrapa Pecuária Sul, Caixa Postal 242, Bagé-RS, CEP 96401-970, (0XX53) 242-8499, anadeiro@cppsul.embrapa.br

³Bióloga, Profa. Dra., Departamento de Estatística, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Av. Bento Gonçalves, 9500. Porto Alegre-RS, CEP 91540-000, sidia.jacques@ufrgs.br

⁴Bióloga, Profa. Dra., Departamento de Ecologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Av. Bento Gonçalves, 9500, Bloco 4. Porto Alegre-RS, CEP 91540-000, mlporto@ufrgs.br

um potencial de toxicidade para os animais em pastoreio e um risco de acumulação deste metal pelos demais organismos da cadeia alimentar.

Palavras-chave: metais pesados, Serra do Sudeste, vegetação herbácea.

Management by Cutting and Burning Shrub Plants and Copper and Lead Concentration in Herbaceous Vegetation

Abstract

Plants growing on metaliferous areas may have high concentration of heavy metals. Burning moves heavy metals from plants biomass to soil surface by ash. The propose of the present study was to determine copper and lead concentrations in the herbaceous vegetation areas used for grazing where shrub plants were cut and in other areas which they were cut and burned. Samples from all herbaceous plants and from top soil were taken from 44 quadrats of 0,25m² in each area (cutting and cutting/burning). Copper (15,2µg.g⁻¹) and lead (6,4µg.g⁻¹) mean concentrations measured in plants on cutting/burning areas were higher than those (12,1 and 5,3µg.g⁻¹) measured on cutting areas. The copper average contents in herbaceous plants over cutting and cutting/burning areas were within the normality limits, however, those of lead were higher than the normal pattern, reveling a potential toxicity for grazing animals and a dangerous accumulation of this heavy metal throughout the food chain.

Index terms: heavy metal, Serra do Sudeste, herbaceous vegetation.

Introdução

A Serra do Sudeste é conhecida pelo seu potencial de ocorrência de metais pesados no substrato (Rambo, 1956; Horbach *et al.*, 1986). A vegetação natural reflete, em linhas gerais, a natureza do seu substrato: concentrações baixas de metais no solo correspondem, geralmente, à concentrações baixas nas plantas, podendo haver considerável aumento no fator de acumulação quando as concentrações do solo são mais elevadas. Os organismos ocorrentes em locais onde os solos são ricos em metais pesados, tanto animais quanto vegetais, apresentam muitas vezes fenômenos de mutabilidade, podendo estes serem expressos por modificações morfológicas, fisiológicas e anormalidades, disfunções de processos vitais e doenças (Malyuga, 1964). Efeitos tóxicos do cobre em plantas evidenciados pela redução do crescimento da raiz, malformações em organelas celulares e disfunções fotossintéticas foram constatados por Ouzounidou *et al.* (1992) e Ouzounidou (1994). Trabalhos desenvolvidos em áreas próximas (Porto 1981; 1989) e junto à do presente trabalho (Dal Piva, 2002) têm mostrado a influência de metais pesados no desenvolvimento e crescimento de plantas e na seleção de espécies tolerantes a esses metais. Em relação à toxicidade destes metais aos organismos, Buschinelli (1985) refere que o cobre é tido como essencial para plantas e animais, sendo moderadamente tóxico para as plantas e de baixa toxicidade para os animais. O chumbo é referido como não essencial para as plantas e animais, de baixa toxicidade para as plantas e altamente tóxico para os animais. Segundo Allen *et al.* (1974), o chumbo é um elemento tóxico para muitas espécies de plantas, embora algumas sejam relativamente tolerantes. Para os mamíferos, entretanto, o chumbo é um elemento com propriedades cumulativas. Em distritos minerais no Rio Grande do Sul, Porto (1986) constatou a presença de altas concentrações de cobre em espécies herbáceas como *Relbunium hirtum*, *Piptochaetium montevidense* (cabelo-de-porco) e *Aristida spagazzini* (capim barba-de-bode). Estas duas últimas são espécies usualmente encontradas nos campos naturais da região em estudo. A identificação e a quantificação de metais pesados nas espécies herbáceas utilizadas no pastejo, podem fornecer indicações de sua toxicidade e da possibilidade de prejuízo ao desenvolvimento dos animais, ou mesmo da acumulação desses metais na cadeia alimentar. O manejo por corte e queima da vegetação lenhosa, utilizado pelos produtores desta região para manter ou aumentar as áreas de campo para o pastoreio, pode disponibilizar minerais e

metais pesados até então estocados na fitomassa para a superfície do solo, especialmente através das cinzas resultantes da queima da vegetação. Este trabalho teve por objetivo medir as concentrações de cobre e chumbo na vegetação herbácea utilizada para o pastoreio, em locais onde a vegetação lenhosa foi apenas cortada e naqueles onde esta foi cortada e queimada.

Material e Métodos

O trabalho foi realizado em uma área de vegetação tipo savana, situada ao norte do município de Bagé, RS (53° 38' 44" W e 30° 54' 02" S), sobre solos correspondentes à subordem Neossolos Litólicos (EMBRAPA, 1999), os quais abrangem uma extensão expressiva na Serra do Sudeste. Foram identificadas duas situações resultantes do manejo pelo produtor: áreas onde a vegetação lenhosa foi apenas cortada (aqui denominada, por simplicidade, "área cortada" ou AC) e áreas onde os galhos, não aproveitados para lenha, foram amontoados e queimados ("área queimada" ou AQ) há cerca de 5 anos. Em cada situação foram medidas as concentrações de cobre e chumbo em amostras que continham o conjunto das partes aéreas de todas as plantas herbáceas, retiradas de 44 quadrados de 0,25m², mediante corte com tesoura inoxidável, até a altura de 1cm do solo. Essas amostras foram acondicionadas em sacos individuais de papel e desidratadas em estufa, a 60°C, durante 48 horas. As amostras de solo foram retiradas do centro de cada quadrado por meio de um trado a 10cm de profundidade (ou menos, dependendo da profundidade do solo), acondicionadas individualmente em sacos plásticos e secas ao sol.

As avaliações de metais pesados foram realizadas no laboratório de análises do Centro de Ecologia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, de acordo com os procedimentos adotados por aquele laboratório (segundo Kotz *et al.* 1972, modificado pelo uso do microondas -MDS 2000-Microwave Digestion System por Porto, 1981): as digestões, foram feitas em bombas de teflon sob pressão a 160°C com 0,25g de amostras em 2 ml de ácido nítrico a 65% (adicionando-se 0,5 ml de ácido fluorídrico quando para o solo) elevadas ao volume de 50 ml com água destilada. Foi medido o conteúdo total dos metais no solo e na vegetação. As medições da quantidade de chumbo foram realizadas em espectrofotômetro de absorção atômica acoplado a forno de grafite THGA Perkin-Elmer modelo SIMMA 6000, e as medições de cobre em

espectrofotômetro de absorção atômica em chama Perkin-Elmer modelo SIMMA 3300.

Para verificar se as concentrações de metais pesados encontrados nas áreas queimada e cortada diferiam significativamente entre si, submetem-se os valores medidos nas plantas e no solo ao teste não-paramétrico de Wilcoxon-Mann-Whitney (Zar, 1999), já que a distribuição dos dados não satisfaz a condição de normalidade para a aplicação do teste t. Os testes foram realizados pelo programa SPSS™ (Statistical Package for Social Sciences).

Os teores de cobre e chumbo encontrados em tecido vegetal e solo foram também comparados com os padrões de normalidade referidos por Allen *et al.* (1974).

Resultados e Discussão

Os resultados das análises referentes à vegetação são mostrados na Tab. 1 e nas Fig. 1 e 2. Comparando-se os valores de cobre medidos na área de estudo com os valores médios de cobre referidos para vegetação mundial (2 a $25\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$, segundo Allen *et al.*, 1974), tanto na área em que a vegetação foi cortada (AC) quanto na área em que houve corte e depois queimada (AQ), as concentrações encontradas ficaram dentro da faixa de normalidade, com exceção de duas amostras na AQ (Fig. 1). Na AC, foram medidas concentrações entre 9 e $14\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ em 82% das amostras da vegetação, enquanto que na AQ, 86% das amostras apresentaram concentrações entre $10\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ e $18\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$. Em relação ao chumbo (Fig. 2), a maioria das amostras de vegetação nas duas áreas apresentou concentrações de chumbo acima da faixa de normalidade (0,05 a $3\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$, segundo Allen *et al.*, 1974). Na AC, em 17 amostras foram observados valores dentro da normalidade e na AQ, apenas duas amostras apresentaram valores dentro desta faixa. Na AC, 82% das amostras da vegetação apresentaram concentrações entre 2 e $6\mu\text{g}/\text{g}$ e na AQ 84 % das amostras de vegetação apresentaram concentrações de chumbo entre 3 e $8\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$.

Quando se compara, no entanto, a concentração de cobre na vegetação das duas áreas aqui estudadas observa-se que os valores foram significativamente maiores ($p < 0,01$) nas áreas queimadas (média: $15,2\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$; Tab. 1) do que nas áreas cortadas ($12,1\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$). A concentração média de chumbo na vegetação nas áreas queimadas ($6,4\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) também foi maior ($p < 0,01$) do que esta

média nas áreas cortadas ($5,3\mu\text{g.g}^{-1}$).

Em síntese, as plantas apresentaram, em média, maior quantidade de cobre e chumbo se oriundas de áreas onde a vegetação foi queimada, do que naquelas onde esta foi apenas cortada. Tanto nas AC como nas AQ, as concentrações médias de cobre nas plantas situaram-se dentro da faixa de normalidade, ao passo que as concentrações de chumbo ficaram acima da faixa de normalidade.

A constatação de valores médios de cobre nas plantas situadas dentro da faixa de normalidade e os de chumbo acima desta podem estar relacionados ao fato das plantas variarem grandemente em sua habilidade de assimilar e acumular elementos do solo. Arduini *et al.* (1996), ao estudarem a absorção e a distribuição de cobre e cádmio em plântulas de *Pinus pinea*, *Pinus pinaster* e *Fraxinus angustifolia*, observaram que as três espécies acumularam cobre em maior quantidade do que cádmio. *P. pinea* pareceu ser mais tolerante ao cádmio, enquanto *F. angustifolia* foi altamente sensível tanto ao cobre quanto ao cádmio. Porto (1986), em áreas de mineração em Lavras do Sul, constatou que Cu, Mo, Ni e Sn encontravam-se em maiores quantidades nas folhas de *Schinus lentiscifolius*, Cd e Ag nas raízes e Pb no caule. Espécies herbáceas como *Piptochaetium montevidense* (cabelo-de-porco), *Relbunium hirtum* e *Aristida spagazzini* (capim barba-de-bode) foram as que mais acumularam cobre: 256, 212 e $112\mu\text{g.g}^{-1}$ respectivamente. Em relação ao chumbo, *Doryopteris triphylla* foi, entre as espécies estudadas por aquela autora, a que mais acumulou este metal. Zocche (1989), em um campo natural (área controle) junto a áreas de mineração de carvão em Butiá, no Rio Grande do Sul, detectou índices mais elevados de cobalto, cromo e ferro nas raízes de *Cynodon dactylon*, ao passo que *Mimosa bimucronata* apresentou índices mais altos de cobre, chumbo e manganês nas folhas e de níquel na raiz. *Piptochaetium montevidense* apresentou concentrações mais elevadas nas folhas apenas para níquel, sendo detectadas, em suas raízes, concentrações superiores às obtidas nas suas folhas para cobalto, chumbo, cromo, manganês e ferro. Frizzo (2002), em Lavras do Sul, encontrou concentrações de cobre em folhas de *Axonopus affinis* de 6,7; 6,2 e $5,3\mu\text{g.g}^{-1}$ e em folhas de *Saccharum angustifolium* de 3,2; 5,7 e $3,6\mu\text{g.g}^{-1}$, respectivamente para as manchas de vegetação arbustiva herbácea alta, arbustiva herbácea baixa e herbácea baixa aberta.

Entretanto, é importante ressaltar que os resultados obtidos no presente trabalho se referem aos valores médios das concentrações de metais pesados obtidos a partir de amostras que continham o conjunto da parte aérea de todas

as plantas herbáceas encontradas em cada quadrado. Como estas assimilam metais pesados de forma diversa, neste conjunto de plantas amostradas possivelmente algumas teriam maiores concentrações de metais pesados em seus tecidos aéreos e outras menos.

As análises de solo (Tab. 2) mostram que onde a vegetação foi cortada as concentrações médias totais de cobre no solo ($46,5\mu\text{g.g}^{-1}$) foram maiores ($p < 0,05$), do que aquelas onde a vegetação foi queimada ($40,6\mu\text{g.g}^{-1}$). Da mesma forma, as concentrações médias de chumbo também foram maiores ($p < 0,01$) nas áreas cortadas ($9,3\mu\text{g.g}^{-1}$) do que nas queimadas ($8,4\mu\text{g.g}^{-1}$). Teoricamente, o conteúdo total destes minerais no solo deveria ter sido maior na área queimada do que na cortada, pois após a queima grande quantidade de nutrientes disponíveis nas cinzas, tais como Ca, K, P e Mg, são depositados na superfície do solo, além dos metais pesados que haviam sido acumulados por estas plantas em seus tecidos. Entretanto, como a queima deixou o solo totalmente descoberto, supõe-se que pelo menos uma parte desses minerais possa ter sido carregada pelas águas das chuvas, em decorrência da declividade do terreno e a outra parte absorvida pelas plantas. Embora as amostras de solo tenham sido retiradas em 1995, quando grande parte da área de solo descoberto já havia sido recoberta pela vegetação, este carregamento dos minerais possivelmente tenha ocorrido ao longo desse período, mas especialmente nos primeiros estágios após a queima, quando o percentual de solo descoberto era maior. O conteúdo total do metal no solo, no entanto, não expressa a sua disponibilidade às plantas e apesar da ocorrência natural de metais pesados na região, estes não necessariamente podem estar disponíveis aos vegetais. Os metais no solo existem em várias formas: solúveis, trocáveis, oclusos em minerais precipitados com outros compostos, na biomassa de microorganismos e complexado à matéria orgânica. A disponibilidade do metal é influenciada pela forma que se encontra o metal e pelas características do solo, especialmente o pH (King, 1996).

As maiores concentrações observadas nas plantas nas áreas onde a vegetação foi queimada, indicam que ali havia maior disponibilidade de íons de metais no solo às plantas. Desta forma, o manejo por queima da vegetação lenhosa produz um aumento nas concentrações médias de cobre e chumbo na parte aérea do conjunto das plantas herbáceas que crescem neste terreno posteriormente à queima, aumentando a toxicidade potencial da vegetação herbácea ingerida pelos animais em pastoreio e o risco de acumulação deste metal pelos demais organismos da cadeia alimentar.

Estes resultados sugerem a necessidade de prosseguimento das pesquisas na região, visando estudar a dinâmica destes metais no solo, a absorção de metais pesados pelas plantas individualmente e também no tecido dos animais que se alimentam destas plantas.

Agradecimentos

À Nara Fernanda Müller Laner, Acadêmica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, pelo auxílio na execução das análises estatísticas.

TABELA 1. Conteúdo total ($\mu\text{g.g}^{-1}$) de cobre e chumbo da parte aérea de plantas herbáceas em áreas onde a vegetação lenhosa foi apenas cortada (AC) e cortada e queimada (AQ).

	Cu		Pb	
	AC	AQ	AC	AQ
Média \pm desvio padrão	12,1 \pm 2,2	15,2 \pm 4,0	5,3 \pm 4,5	6,4 \pm 2,8
Mediana	11,5	14,4	3,87	5,22
Mínimo	8,7	10,2	1,6	3,0
Máximo	19,2	29,2	23,4	14,8
N	44	43	44	43
Teste de WMW	p < 0,01		p < 0,01	

TABELA 2. Conteúdo total ($\mu\text{g.g}^{-1}$) de cobre e de chumbo no solo em áreas onde a vegetação lenhosa foi apenas cortada (AC) e cortada e queimada (AQ).

	Cu		Pb	
	AC	AQ	AC	AQ
Média \pm desvio padrão	46,5 \pm 13,0	40,6 \pm 10,3	9,3 \pm 2,3	8,4 \pm 3,2
Mediana	45,0	37,7	9,1	7,5
Mínimo	29,3	20,8	4,5	4,0
Máximo	88,9	79,9	20,0	20,8
N	44	44	44	44
Teste de WMW	p < 0,05		p < 0,01	

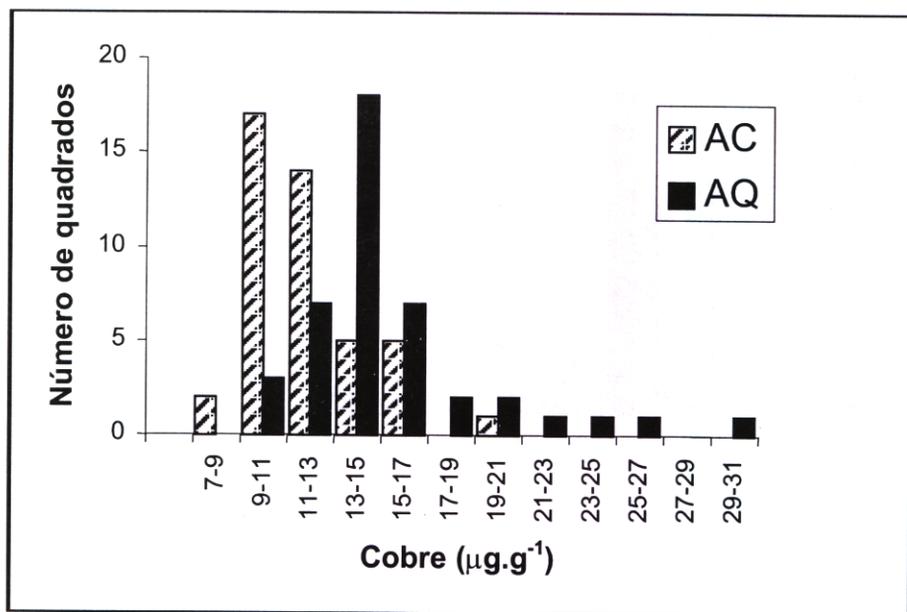


FIGURA 1. Conteúdo total de cobre ($\mu\text{g.g}^{-1}$) em 44 amostras da vegetação em área onde a vegetação lenhosa foi apenas cortada (AC) e em 43 amostras onde a vegetação foi cortada e queimada (AQ).

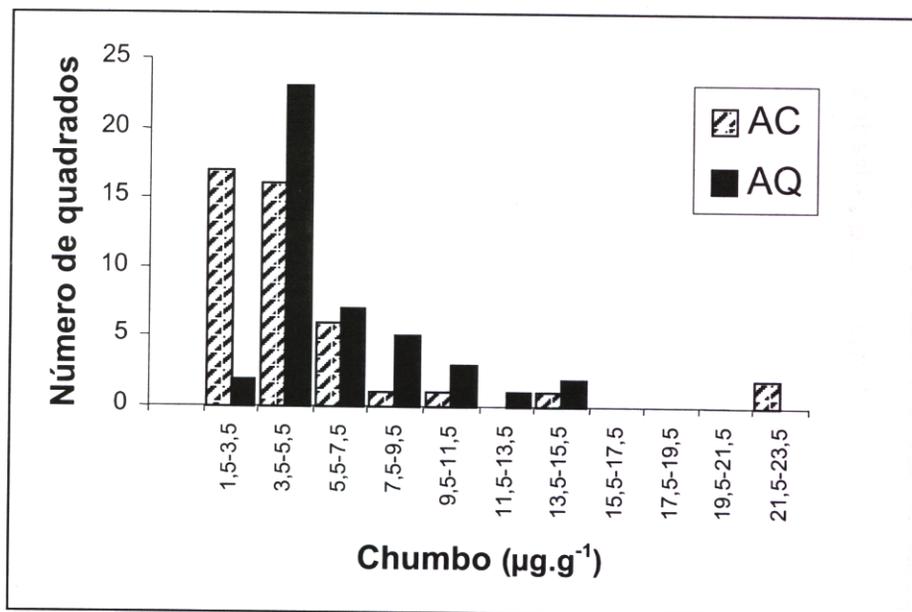


FIGURA 2. Conteúdo total de chumbo ($\mu\text{g.g}^{-1}$) em 44 amostras da vegetação em área onde a vegetação lenhosa foi apenas cortada (AC) e em 43 amostras onde a vegetação foi cortada e queimada (AQ).

Referências Bibliográficas

- ALLEN, S.; GRIMSHAW, H. M.; PARKINSON, J. A.; QUARMBY, C. **Chemical analysis of ecological materials**. Blackwell Scientific Publications. Oxford. 1974. 569p.
- ARDUINI, I.; GODBOLD, D. L. & ONNIS, A. Cadmium and copper uptake and distribution in Mediterranean tree seedlings. **Physiologia plantarum**, v. 97, n. 1, p. 111-117, 1996.
- BUSCHINELLI, C. C. de A. **Contaminação do solo, plantas e água subterrânea por Cd, Pb, Cr, Cu, e Zn em área de aterro com lixo em Porto Alegre**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1985.
- DAL PIVA, G.G. dos S. **Metais pesados (cádmio, cobre e chumbo) e sua relação com a biossíntese de metabólitos secundários em ecótipos de *Baccharis trimera* (Less.) A . P. De Candolle Compositae**. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Embrapa Produção de Informação. Brasília, 1999. 412p. : il.
- FRIZZO, T. C. E. **Zoneamento da vegetação e sua relação com metais pesados na Mina Volta Grande, Lavras do Sul, RS**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.
- HORBACH, R.; KUCK, L; MARIMON, R .G. et al. Geologia. Pp. 29-312. In: **FOLHA SH. 22 Porto Alegre e parte das folhas SH. 21 Uruguaiana e SI. 22 Lagoa Mirim : geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação, uso potencial da terra**. IBGE. Rio de Janeiro, 1986. (Levantamento de Recursos Naturais, 33).
- KING, L. D . Soil heavy metals. In: Alvarez, V. V. H; Fontes, L. D. F. & Fontes, M. P. F. **O solo dos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado**. SBCS, UFV, DPS, Viçosa, 1996. 930p.: Il.
- KOTZ, L.; KAISER,G.; TSCHÖPEL, P.; TOLG, G. Aufschluß biologischer matrices für die bestimmung sehr niedriger spurenelementgehalte bei gegrenzter einwaage mit salpetersäure unter druck in einem teflongefaß. **Z. Anal. Chem.** V. 260, p.207-209. *Apud* Porto, M. L. **Beiträge zur Schwermetallvegetation von Rio Grande do Sul, Brasilien**. 1981. 76p. Dissertacion (Doktor der Naturwissenschaften) Facultät für Naturwissenschaften und Matematik der Universität Ulm, Ulm, 1972.

- MALYUGA, D. P. **Biogeochemical methods of prospecting**. Consultants Bureau, New York, 1964. 205p.
- PORTO, M. L. **Beiträge zur Schwermetallvegetation von Rio Grande do Sul, Brasilien**. Dissertation (zur Erlangung des Doktorgrades Dr. rer. nat.) Fakultät für Naturwissenschaften und Mathematic der Universität Ulm, 1981.
- PORTO, M. L. Vegetação metalófila e o desenvolvimento do setor mineral. Pp. 171-183. In: **Anais do I Simpósio do Trópico Úmido**. Embrapa CPATU, V.II, Belém, 1986. (EMBRAPA-CPATU, Documentos, 36).
- PORTO, M. L. Tolerância ao cobre em ecótipos de *Schinus lentiscifolius* March (Anacardiaceae) de áreas de mineração no Rio Grande do Sul, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 3, n. 2, p. 23-31, 1989.
- OUZOUNIDOU, G. Copper-induced changes in growth, metal content and photosynthetic function of *Alyssum montanum* L. plants. **Environmental and Experimental Botany**, v. 34, n. 2, p. 165-172, 1994.
- OUZOUNIDOU, G., ELEFThERIOU, E. P. & KARATAGLIS, S. Ecophysical and ultrastructural effects of copper in *Thlaspi ochroleucum* (Cruciferae). **Canadian Journal of Botany**, v. 70, n. 5, p. 947-957, 1992.
- RAMBO, B. S. J. **A fisionomia do Rio Grande do Sul**. 2. ed. rev. Porto Alegre, 1956. 471p. (Jesuítas no Sul do Brasil, 6).
- ZAR, J. H. **Biostatistical Analysis**. 4 ed. Upper Saddle River NJ, Prentice-Hall, 1999. 929p.
- ZOCHE, J. J. **Comunidades vegetais de campo e sua relação com a concentração de metais pesados no solo em áreas de mineração do carvão a céu aberto, na Mina de Recreio, Butiá, RS**. Porto Alegre, Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1989.