

**TEORES DE METAIS PESADOS EM RESÍDUOS DE ROCHAS ORNAMENTAIS COM
POTENCIALIDADE DE UTILIZAÇÃO NA AGRICULTURA****Ramires Ventura Machado¹, Luciana Ventura Machado², Maria Maiara Cazotti¹,
Felipe Vaz Andrade¹, Roberto Carlos da Conceição Ribeiro³**

¹ Universidade Federal do Espírito Santo/Departamento de Produção Vegetal; Cx Postal 16,
CEP 29500-000, Alegre-ES, ramiresmachado@hotmail.com.br; mcazotti@cetem.gov.br;
fvandrade@cca.ufes.br;

² Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia – IFES Campus Alegre, Alegre – ES,
luvetmac@gmail.com

³ Centro de Tecnologia Mineral / Minerais e Rochas Industriais, Avenida Pedro Calmon, 900 - Cidade
Universitária Rio de Janeiro - RJ CEP 21941-908. rcarlos@cetem.gov.br;

Resumo- O presente trabalho objetiva analisar os teores de metais pesados presentes em amostras de rochas ornamentais com relação as legislações vigentes. Para isso foi realizados experimentos com 12 amostras de resíduos de rochas ornamentais coletadas na cidade de Cachoeiro do Itapemirim em diferentes empresas. Trabalhou-se com amostras de lama abrasiva oriundas do corte das rochas ornamentais vinda dos teares e coletadas em tanques de decantação. As amostras foram secas ao ar destorroadas e passadas em peneiras de 100 malhas e foram encaminhadas para análises de metais pesados: cádmio, cromo; cobalto; cobre; níquel; zinco e mercúrio. As amostras foram identificadas com os números de 1 a 12. Os metais pesados presente nas amostras de resíduos de rochas ornamentais foram quantificados pelo espectrômetro de fluorescência de raios X BRUKER-AXS modelo S4, utilizando método standardless. Onde amostras dos resíduos de rochas ornamentais não apresentaram teores de metais pesados acima daqueles permitidos.

Palavras-chave: Metais pesados, rochas ornamentais, resíduos

Área do Conhecimento: Ciências Agrárias (Agronomia)

Introdução

O Espírito Santo é líder na produção de rochas ornamentais no País, com cerca de 2,7 milhões de toneladas/ano, representando 52,3% do total das exportações brasileiras de rochas ornamentais em 2003. A cadeia produtiva da indústria de rochas ornamentais tem uma grande importância econômica no Estado. Em consequência disso, uma quantidade vultosa de resíduos é gerada tornando seu destino final um problema ambiental de grandes proporções com preocupação com o estoque e manejo desses resíduos, que ocupa áreas de descarga cada vez maiores, além dos inconvenientes ecológicos. Nesse contexto, as atividades agrícolas apresentam reais possibilidades de reciclagem e integração desses subprodutos produzidos pelo setor, desde que os mesmos apresentem características corretivas e/ou fertilizantes e, que não possuam potencial contaminante para o solo ou recursos hídricos (MACHADO et al, 2010). A lama quando seca torna-se um resíduo sólido não degradável classificado como resíduo classe III, inerte (COSTA et al, 2010).

Esses resíduos de rochas como fontes de nutrientes têm sido utilizadas na fertilização de

solos agrícolas e/ou na recuperação de campos degradados. Esta opção alternativa é estudada há algumas décadas mostrando bons resultados no Brasil e em vários países, como; EUA, Grã-Bretanha, Alemanha, Noruega, Israel, Austrália e em África (van STRAATEN, 2007).

Deste modo antes da utilização destes resíduos deve ser feita uma perfeita caracterização química destes resíduos, devido sua mineralogia variada e necessário considerar o teor de metais pesados desses resíduos que, em níveis elevados, podem limitar seu uso na agricultura.

Muitos metais são essenciais para o crescimento de todos os tipos de organismos, desde bactérias e plantas até o ser humano, porém são requeridos em baixas concentrações. Em altas concentrações podem tornar-se tóxicos por danificar os sistemas biológicos já que apresentam características biocumulativas no organismo (CELERE et al., 2007).

Os cuidados em relação à poluição por metais pesados têm se concentrado na propriedade que a maioria deles possui de se acumular no ambiente e possibilitar transportes dos contaminantes via teia alimentar para diversos níveis tróficos da cadeia alimentar. Este efeito culmina com a

ocorrência das maiores taxas de contaminação nos níveis mais altos da teia trófica (NASCIMENTO et al., 2006).

Assim, estudos detalhados sobre a incorporação destes resíduos no solo são de suma importância. Deve-se conhecer não só a sua composição química, mas, também, sua interação com o solo.

O presente trabalho objetiva analisar os teores de metais pesados presentes em amostras de rochas ornamentais com relação as legislações vigentes.

Metodologia

Foram coletadas amostras de resíduos de rochas ornamentais de 12 empresas diferentes da cidade de Cachoeiro do Itapemirim – ES, onde trabalhou-se com amostras de lama abrasiva oriundas do corte das rochas ornamentais vinda dos teares e coletadas em tanques de decantação. As amostras foram secas ao ar destorroadas e passadas em peneiras de 100 malhas e foram encaminhadas para análises de metais pesados: cádmio, cromo; cobalto; cobre; níquel; zinco e mercúrio.

As amostras foram identificadas com os números de 1 a 12. Os metais pesados presente nas amostras de resíduos de rochas ornamentais foram quantificados pelo espectrômetro de fluorescência de raios X BRUKER-AXS modelo S4, utilizando método standardless.

Resultados

Os resultados da caracterização dos resíduos de rochas ornamentais quanto à quantificação do teor total de metais pesados esta apresentada na Tabela 1, onde podemos analisar as doze amostras de resíduos de rochas ornamentais quanto ao seu teor de metais pesados existindo uma variação entre os resíduos para os seguintes elementos químicos cádmio (Cd) <0,45 a 2 mg kg⁻¹, Cromo (Cr) 2,6 a 53,1 mg kg⁻¹, cobre (Cu) 2,4 a 81,2 mg kg⁻¹, níquel (Ni) <2,9 a 23,5 mg kg⁻¹, zinco (Zn) 7,5 a 103 mg kg⁻¹ e mercúrio (Hg) <0,94 mg kg⁻¹.

A Tabela 2 apresenta as concentrações máximas de metais pesados no lodo destinado ao uso agrícola em diversos países dado em mg kg⁻¹ de matéria seca (M.S.) de lodo). Onde podemos notar uma grande diferença nos teores máximos permitidos entre os países.

As concentrações máximas de metais pesados no lodo destinado ao uso agrícola por normas brasileiras expressas em mg kg⁻¹ de matéria seca (MS). Podemos notar também que não existe uma coerência nos teores de metais pesados estipulados pelos órgãos regulamentadores como esta apresentada na Tabela 3 entre o Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB) e Instituto Ambiental do Paraná (IAP).

A Tabela 4 mostra as variações nos teores de alguns metais pesados (Cd e Cr) tóxicos em fertilizantes brasileiros onde podemos notar os valores máximos e mínimos encontrados.

Tabela 1 – Quantificação do teor total de metais pesados presentes nos resíduos de rochas ornamentais

Amostra dos Resíduos	Metais Pesados					
	Cd	Cr	Cu	Ni	Zn	Hg
	-----mg kg ⁻¹ -----					
1	2	55	33,6	<2,9	103	<0,94
2	<0,45	25,9	39,6	<2,9	66,2	<0,94
3	<0,45	2,6	2,4	<2,9	7,5	<0,94
4	<0,45	9,5	9,8	<2,9	62,6	<0,94
5	1,6	51,4	46,4	<2,9	53	<0,94
6	0,88	6,9	16,6	<2,9	86,3	<0,94
7	1,4	44,3	32,4	<2,9	82	<0,94
8	0,95	47,9	35,6	5	59,2	<0,94
9	0,97	15,9	14,3	<2,9	62,7	<0,94
10	1	53,1	31	<2,9	60,1	<0,94
11	1,4	22,4	81,2	23,5	72,2	<0,94
12	1,1	28,3	16,9	<2,9	90,6	<0,94

Discussão

Pelo fato de não se ter sido encontrado na literatura legislação acerca dos teores de metais pesados para o uso de resíduos de rochas ornamentais aplicados “in natura” na agricultura, foi utilizado tabelas encontradas na literatura para

utilização de lodo destinado ao uso agrícola conforme BRASIL (2009) (Tabelas 2 e 3). Utilizou-se também como referencia os teores encontrados para fertilizantes conforme MALAVOLTA & MORAIS (2006) (Tabela 4).

Tabela 2 - Concentrações máximas de metais pesados no lodo destinado ao uso agrícola em diversos países (mg kg⁻¹ M.S. de lodo)

PAIS	Ano	Cd	Cr	Cu	Ni	Zn	Hg
Brasil/CONAMA	2006	39	1000	1500	420	2800	17
EUA/EPA	1993/2002	85	3000	4300	420	7500	57
França	1988	20	1000	1000	200	3000	10
Alemanha	1992	20	1200	1200	200	3000	25
Espanha	1990	20	1000	1000	300	2500	16
Suécia	1985	2	100	600	50	800	2,5
Reino Unido	1989	3,5	600	225	125	500	1,5
Holanda	1995	1,2	75	75	30	300	0,7
Canadá	1984	20	---	---	180	1850	5
Média		23	1237	997	214	2472	15

Fonte: Brasil (2009)

Tabela 3 - Concentrações máximas de metais pesados no lodo destinado ao uso agrícola por normas brasileiras (mg kg⁻¹ MS)

Metal Pesado	CONAMA	CETESB	IAP
Cádmio	39	85	20
Cobre	1500	4300	1000
Cromo	1000	---	1000
Mercúrio	17	57	16
Níquel	420	420	300
Zinco	2800	7500	2500

Fonte: Brasil (2009)

Tabela 4 - Variações nos teores de metais pesados tóxicos em fertilizantes brasileiros

Brasil		Cd	Cr
Adubos fosfatados e rochas	máximo	139	1070
	mínimo	0	0
Formulações NPK	máximo	146	248
	mínimo	0,4	0,4
Micronutrientes	máximo	563	366 (6000 ⁽¹⁾)
	mínimo	0	< 10

⁽¹⁾Pó-de-aciaria

Fonte: MALAVOLTA & MORAIS (2006)

De acordo com o teor total de cádmio presente na amostras de resíduos de rochas ornamentais (Tabela 1), podemos inferir que a variação existentes entre as doze amostras de resíduos de rochas ornamentais (<0,45 a 2 mg kg⁻¹), encontra-

se muito abaixo dos valores encontrados em fertilizantes no Brasil. Quando este é avaliado em relação as concentrações máximas permitidas para a aplicação do lodo destinado ao uso agrícola em diversos países, e em comparação com os

órgãos regulamentadores para a utilização do lodo no Brasil. Os resíduos de rochas ornamentais atenderam aos requisitos dentro da maioria das legislações. Apenas na legislação holandesa não foram adequados todos os resíduos, ainda sim sob a legislação mais rigorosa podemos notar que a maioria dos resíduos estava dentro da legislação vigente.

Os teores totais de cromo variou nos resíduos de 2,6 a 53,1 mg kg⁻¹ (Tabela 1). Dessa forma o teor total de cromo dos resíduos de rochas ornamentais esta de acordo com todas as legislações utilizadas, por todos os países. Apresentando para alguns teores 55 vezes mais baixo que o permitido como nos EUA (Tabela 2). O teor de cromo total dos resíduos também esta no mínimo 4,5 vezes menor do que valores encontrados em alguns fertilizantes brasileiros (Tabela 4).

Apenas o resíduo 11 (Tabela 1) não se enquadrou dentro da legislação holandesa (Tabela 2), quando comparando os teores totais de cobre dos resíduos de rochas ornamentais e as concentrações máximas de metais pesados no lodo aplicado na agricultura, o cobre (Cu) variou de 2,4 a 81,2 mg kg⁻¹. Ainda sim podemos notar que o teor mais elevado encontrado nas amostras de resíduos de rochas ornamentais apresentam 52 vezes menos cobre que aquela permitida nos EUA, e com relação ao Brasil, 12 vezes menos cobre, quando comparada a legislação mais rigorosa que é a do (IAP) para esse elemento (Tabela 4).

Os teores de Níquel (<2,9 a 23,5 mg kg⁻¹) nas amostras dos resíduos de rochas ornamentais (Tabela 1) podem ser considerados normais, quando comparadas àqueles mencionados na literatura para o lodo, pois todas as amostras estão dentro do que é permitido de acordo com as tabelas que foram utilizadas como referência. A amostra de resíduo de rocha ornamental que apresentou maior teor de níquel (amostra 11) quando comparada ao teor máximo permitido no Brasil de nos EUA conforme a tabela que usamos como referência é 17 vezes menor que a permitida nesses países (Tabela 2).

Assim como cobre e níquel, o zinco é considerado um micronutriente essencial ao crescimento e desenvolvimento das plantas. As amostras submetidas à avaliação do seu teor total de zinco presente nos resíduos de rochas ornamentais foram consideradas normais (7,5 a 103 mg kg⁻¹) quando comparadas a tabela utilizada como referência (Tabela 2). A concentração total de zinco presente no resíduo esta abaixo das legislações dos países segundo Brasil (2009). O teor mais elevado de zinco encontrado dentre todas as amostras (amostra 1)

é 72 vezes menos que aquela permitida nos EUA para esse elemento e 27 vezes menos que a permitida no Brasil segundo CONAMA (2006).

Os teores de mercúrio (<0,94 mg kg⁻¹) encontrado nos resíduos de rochas ornamentais, não estão de acordo com o que foi estabelecido para a legislação holandesa, uma vez que a mesma permite apenas 0,7 mg de mercúrio presente por kg de resíduo. Lembrando que estamos tomando como referência a tabela utilizada para as concentrações máximas de metais pesados no lodo, destinado ao uso agrícola. Porém para as outras legislações vigentes em outros países como no Brasil por exemplo, o teor de mercúrio encontrado nos resíduos estão de acordo com o nível considerado normal para o uso dos resíduos. Os teores de mercúrio encontrado nos resíduos foram 60 e 18 vezes menor que a permitida nos EUA e Brasil respectivamente.

Dessa forma analisando a Tabela 2 podemos notar com bastante facilidade que a legislação mais rigorosa quando se trata de utilização de materiais que contenham metais pesados em sua composição a Holanda é o país mais rigoroso quanto ao teor máximo presente e os EUA o mais permissivo. Lembramos também que a composição mineralógica dos resíduos de rochas ornamentais, assim como o material de que deu origem a essas rochas são os principais responsáveis pela variação encontrada dentro desse resíduos quando avaliados os teores de metais pesados.

Conclusões

Os teores de metais pesados dos resíduos de rochas ornamentais se encontram dentro dos limites permitidos pela legislação brasileira.

As amostras dos resíduos de rochas ornamentais apresentaram teores bem abaixo daqueles permitidos em diversos países do mundo.

Referências

- BRASIL, N.M. Contaminação do Solo por Metais Pesados pelo Uso de Resíduos Orgânicos: "Principais Conquistas e Desafios". Congresso Brasileiro de Resíduos Orgânicos. Vitória – ES, 2009.
- CELERE, M. S.; OLIVEIRA, A. S.; TREVILATO, T. M.B.; SEGURA-MUNHÔZ, S. I. Metais presentes no chorume coletado no aterro sanitário de Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil e sua relevância para saúde pública. Caderno de Saúde Pública, v. 23, n. 4, p. 939-947, 2007.

- CONAMA – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução no 375/2006, de 29/8/2006. <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiano/>. 29 Set. 2006. Acesso em 25 ago. 2011.

- COSTA, A.S.V.DA; HORN, A.H.; DONAGEMMA, G.K.; SILVA, M.B.DA. Uso do resíduo de granito oriundo da serraria e polimento como corretivo e fertilizante de solos agrícolas. Geonomos 18(1): p.23 - 27, Belo Horizonte - MG. 2010

- MACHADO, R.V.; RIBEIRO, R.C.C.; ANDRADE, F.V.; PASSOS, R.R.; MESQUITA, L.F. Utilização de resíduos oriundos do corte de rochas ornamentais na correção da acidez e adubação de solos tropicais. Rio de Janeiro: CETEM / MCT, 50 p. (Série Tecnologia Ambiental, 55), 2010.

- MALAVOLTA, E.; MORAIS, M.F. Sobre a sugestão dos metais pesados tóxicos em fertilizantes e sobre a portaria 49 de 25/04/2005 da Secretaria de Defesa Agropecuária do Ministério da Agricultura, Pecuária e abastecimento. Informações Agronômicas, Piracicaba, Potafos, v.114, p.10-14, 2006.

- NASCIMENTO, S. C.; HYPOLITO, R.; RIBEIRO, A.A. Disponibilidade de metais pesados em aterro de indústria siderúrgica. Engenharia Sanitária Ambiental, v. 2, n. 3, p. 196-202, 2006.

- van STRAATEN P. Agrogeology: The use of rock for crops, Enviroquest Ltd. Toronto, Canada. 440 p. 2007.