cbecimat26
26° Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais
22 a 26 de novembro de 2026
Costão do Santinho
Florianópolis-SC

Utilização de resíduos de rochas ornamentais como fertilizantes naturais

Pedro Paulo Cardoso Lima[1], Roberto Carlos Ribeiro[1], Manuella Ribeiro[1] e Cristiane Lima[2].

1.Centro de Tecnologia Mineral – CETEM; 2. Instituto Estadual do Ambiente – INEA

Introdução

O setor de rochas ornamentais desempenha um papel fundamental no mercado econômico do Brasil, pois ocupa a 5ª posição de maior produtor mundial, sendo reconhecido internacionalmente pela qualidade e exuberância das rochas ornamentais aqui produzidas. O setor gera receitas substanciais, tornando-o de extrema importância para a economia do país, tanto na geração de receita quanto na geração de empregos, que ultrapassa 400 mil segundo a Abirochas, 2023. Além disso, devido à alta geodiversidade, grande território e elevada capacidade de produção, o Brasil teve um aumento de 1,6 milhões de toneladas exportadas em 10 anos, o que consolida o mercado de rochas ornamentais como um ramo em constante expansão e, pela alta lucratividade, não demonstra indícios de desaceleração (ABIROCHAS, 2023).

No entanto, todo o processo gera uma quantidade significativa de resíduos, tanto grosseiros, gerado pela quebra das peças durante o corte, e resíduos finos que aparecem na forma de lama. Após a evaporação da água, o pó resultante é acumulado nas serrarias ou pedreiras (Farias, 1995) ou encaminhado para aterros específicos.

Objetivo

O objetivo principal desse estudo de avaliação de risco à saúde humana é o de determinar se substâncias químicas oriundas dos resíduos do corte de rochas ornamentais da região de Cachoeiro de Itapemirim – ES, ao serem utilizados na composição de fertilizantes agrícolas podem causar problemas à saúde das pessoas que manuseiam os fertilizantes e/ou consomem os produtos cultivados no solo fertilizado.

Metodologia

Foram avaliados resíduos do beneficiamento de mármores e granitos de 12 empresas da cidade de Cachoeiro de Itapemirim, nomeadas como empresas A à L, realizando-se apenas a avaliação dos metais presentes nos mesmos por meio de ICP-Plasma e absorção atômica na Coordenação de Análises Minerais (COAMI) do Cetem. O escopo da avaliação de risco à saúde humana incluiu:

- Revisão e avaliação dos dados disponíveis sobre a caracterização dos diferentes resíduos testados.
- Avaliação dos níveis de risco aceitáveis pela legislação brasileira e internacional.
- Identificação dos receptores possivelmente expostos e avaliação das possíveis vias de contato entre os receptores e contaminantes.
- Cálculo dos riscos à saúde humana para os diversos tipos de receptores.

A avaliação de risco seguiu a metodologia proposta pela agência de proteção ambiental americana (US EPA, 1989. Risk Assessment Guidance for Superfund. Vol.I: Human Health Evaluation Manual), bem como as diretrizes sugeridas pela CETESB (CETESB, 2001. Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas). Esta avaliação resulta em uma estimativa numérica de risco à saúde humana consequente da exposição a uma fonte de poluição ambiental.

Resultados e Discussão

Na Tabela 1 estão apresentados os teores de metais obtidos na caracterização químicas dos resíduos coletados nas 12 empresas de Cachoeiro de Itapemirim. Nas mesmas estão descritos os padrões: (1) CETESB (2005), valores de intervenção para solo uso agrícola no Estado de São Paulo, (2) CCME (2006), padrão canadense para solo uso agrícola, (3) US EPA (2002), uso de solo residencial, cenário de exposição via ingestão e contato dérmico com solo, (4) VROM (2000), valor de intervenção holandês para solo e em verde os pontos que ultrapassaram um desses parâmetros dentre os resíduos avaliados.

CQIs detectados: Cd nos solos A e E, Co em F e Cu em K

Tabela 1: Análise Química (metais) encontrados nos resíduos.

Metais	Unid.	Valores Orientadores Nacionais e Internacionais				Valor mais restritivo	Resíduos de Rochas das Empresas											
		CETESB (1)	CCME (2)	EPA (3)	VROM (4)		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
Cádmio	mg/kg	3	1,4	900	12	1,4	2	<0,45	<0,45	<0,45	1,6	0,88	1,4	0,95	0,97	1	1,4	1,1
Cromo	mg/kg	150	64	3.400	380	64	55	25,9	2,6	9,5	51,4	6,9	44,3	47,9	15,9	53,1	22,4	28,3
Cobalto	mg/kg	35	40	-	240	35	23,7	10,9	7,3	1,4	8,1	38	9,4	23,2	8	7,8	13,3	13,4
Cobre	mg/kg	200	63	-	190	63	33,6	39,6	2,4	9,8	46,4	16,6	32,4	35,6	14,3	31	81,2	16,9
Níquel	mg/kg	70	50	23.000	210	50	<2,9	<2,9	<2,9	<2,9	<2,9	<2,9	<2,9	5	<2,9	<2,9	23,5	<2,9
Vanádio	mg/kg	-	130	7.900	250	130	56,8	42	<1,7	8,5	13,4	42,6	<1,7	<1,7	17,7	<1,7	26,9	32,7
Zinco	mg/kg	450	200	340.000	720	200	103	66,2	7,5	62,6	53	86,3	82	59,2	62,7	60,1	72,2	90,6
Mercúrio	mg/kg	12	6,6	340	10	6,6	<0,94	<0,94	<0,94	<0,94	<0,94	<0,94	<0,94	<0,94	<0,94	<0,94	<0,94	<0,94

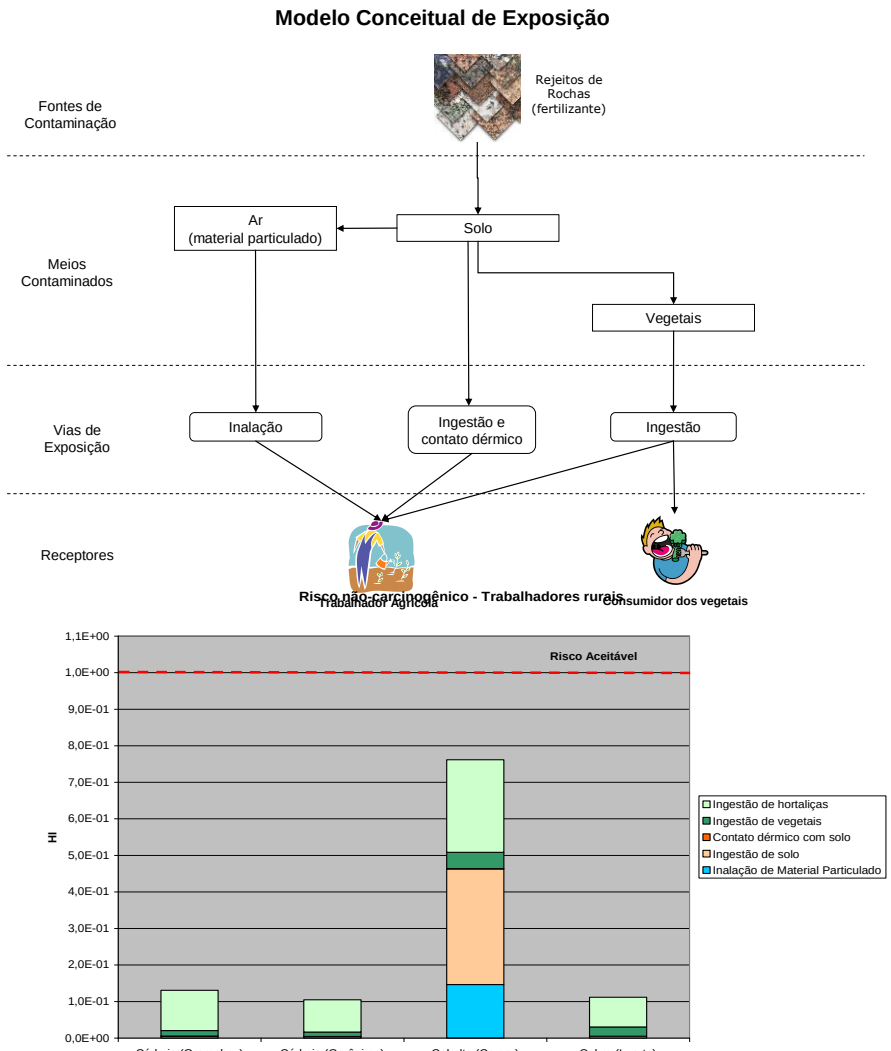


Figura 1: Risco não cancerígeno para trabalhadores rurais.

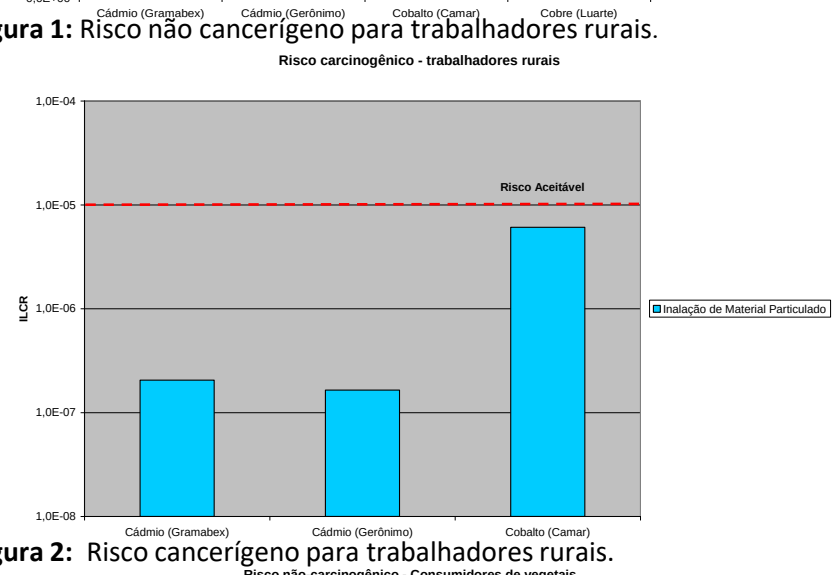


Figura 2: Risco cancerígeno para trabalhadores rurais.

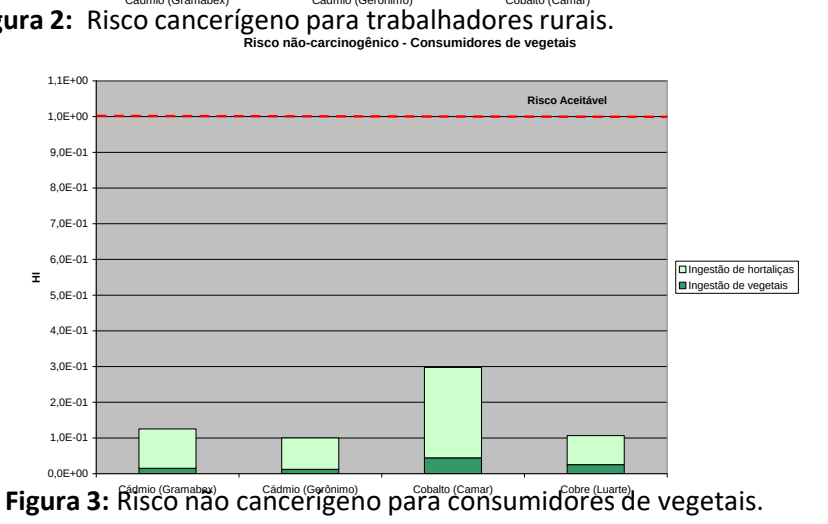


Figura 3: Risco não cancerígeno para consumidores de vegetais.

Conclusões

Para os trabalhadores rurais que manuseariam o solo fertilizado com resíduos de rochas, bem como para os consumidores dos vegetais que seriam cultivados no local, o risco para o desenvolvimento de efeitos cancerígenos e não-cancerígenos esteve dentro dos níveis considerados aceitáveis e, portanto, são improváveis de causar efeitos à saúde destes grupos de pessoas. Estes resultados indicam que, face aos cenários de exposição avaliados, a ingestão e o contato dérmico com solo, a inalação de material particulado, bem como a ingestão de vegetais são improváveis de causar efeitos à saúde do grupo de pessoas aqui avaliados. Entretanto, cabe ressaltar que apenas foi avaliado neste trabalho o risco potencial à saúde humana oriundo da presença de metais nos resíduos de rochas. Qualquer outro tipo de parâmetros, tais como microrganismos patogênicos, pesticidas etc. não foram avaliados neste estudo.

Referências

ABIROCHAS (2023) Balanço das exportações e importações de rochas janeiro a maio de 2023

CASTILHOS, Z.C., CASTRO, A.M., RAMOS, A..S., LIMA, C.A. e RODRIGUES, A.P.C. (2005). Avaliação de risco à saúde humana: conceitos e metodologia. Série Estudos e Documentos - CETEM. ISSN - 0103-6319.

CETESB (Companhia e Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo) Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas no Estado de São Paulo. 2001.

CETESB (Companhia e Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo) Decisão de diretoria nº 195-2005-E, de 23 de novembro de 2005.

Agradecimentos: CNPq, CETEM e INEA