

CARACTERIZAÇÃO DO RESÍDUO DE BENEFICIAMENTO DO GRANITO E TEORES DE METAIS PESADOS EM DOIS SOLOS, APÓS SUA UTILIZAÇÃO COMO FERTILIZANTE NATURAL PARA O CRESCIMENTO INICIAL DO CAFÉ CONILON¹

André Guarçoni M.²; César José Fanton³; Víctor Hugo Alvarez V.⁴; Moema Bachour Zangrande³

¹ Trabalho financiado pelo Banco do Nordeste do Brasil (BNB), com apoio da beneficiadora de granito Kretli, de Nova Venécia-ES.

² Pesquisador do Incaper; CRDR - Centro Serrano, Venda Nova do Imigrante-ES. guarconi@incaper.es.gov.br

³ Pesquisador do Incaper; CRDR – Nordeste, Linhares-ES.

⁴ Professor do Departamento de Solos da UFV, Viçosa-MG.

RESUMO: O resíduo de beneficiamento do granito é considerado um contaminante do ambiente. Sua utilização na agricultura tem sido testada, com alguns resultados satisfatórios. Apesar dessas vantagens, é também possível que o resíduo de beneficiamento do granito apresente quantidades apreciáveis de Cd, Cr, Ni e Pb, que podem ser tóxicos para as plantas e, ou, nocivos à saúde humana, quando em concentrações elevadas. Objetivando caracterizar o resíduo de beneficiamento de granito quanto aos teores de nutrientes e metais pesados e avaliar a capacidade de disponibilização de metais pesados por este material, foi montado um experimento, em casa de vegetação, utilizando dois solos (argiloso e arenoso), seis doses de resíduo de beneficiamento do granito, dois níveis de calagem e uma dose de P, na forma de superfosfato simples, como fator constante. Primeiramente, o resíduo de beneficiamento do granito e o superfosfato simples foram caracterizados, determinando-se os teores totais (HCl 2,0 mol/L) e disponíveis (Mehlich 1) de macro, micronutrientes e metais pesados. Após incubação do solo, plantio e colheita de café conilon, o solo dos vasos foi seco a sombra, peneirado e analisado, determinando-se os teores de Cd, Cr, Ni e Pb, por meio de extração com Mehlich 1. A partir dos resultados pôde-se concluir que: O superfosfato simples tem maior possibilidade de contaminação do solo ou de corpos d'água do que o resíduo de beneficiamento do granito; Mesmo com a aplicação de 30 t/ha de resíduo de beneficiamento do granito, os teores de metais pesados nos dois solos estudados ficaram abaixo do limite máximo proposto para solos brasileiros.

Palavras-Chave: Meio ambiente; contaminação; Cd; Cr; Ni; Pb, *Coffea canephora*

CHARACTERIZATION OF THE GRANITE PROCESSING WASTE AND HEAVY METAL CONTENTS IN TWO SOILS, AFTER THEIR USE AS NATURAL FERTILIZING FOR THE INITIAL GROWTH OF CONILON COFFEE PLANTS

ABSTRACT: The granite processing waste is considered an environmental contaminant. Agricultural use of such material has been tested with some satisfactory results. However, granite processing waste may present appreciable amounts of Cd, Cr, Ni and Pb, which can be toxic for the plant growth and also harmful to the health human being, when occurring in high concentrations. Aiming to characterize both the nutrient and heavy metal contents on the granite processing waste and to evaluate its ability to liberate heavy metals to growing medium, an experiment was conducted under greenhouse condition. It was tested two soils (clayey and sandy soil) types, six granite processing waste doses, two liming levels and, as a constant factor, a unique dose of P applied as a simple superphosphate. Firstly, the granite processing waste and simple superphosphate were characterized: total (2,0 HCl mol/L) and available (Mehlich 1) contents of macro, micronutrients and heavy metals were quantified. After both soil incubation and coffee plants growth and harvesting, the soils from pots were shade-dried and bolted, and Cd, Cr, Ni and Pb contents were determined by means of Mehlich 1 extraction. The simple superphosphate has a greater possibility of soil and water contamination than granite processing waste. Even with the application of 30 ton of granite processing waste per hectare, heavy metal contents on both soils were lower than the maximum limit known for Brazilian soils.

Key Words: Environment; contamination; Cd; Cr; Ni; Pb, *Coffea canephora*

INTRODUÇÃO

O resíduo de beneficiamento do granito é obtido após o corte dos blocos de granito em teares mecânicos. Esse resíduo, o qual é considerado um contaminante do meio ambiente, é então descartado, em lagoas de decantação ou nos próprios pátios das beneficiadoras, de onde é transportado para depósitos industriais. É importante ressaltar que, cada tear, trabalhando em sua capacidade máxima, pode gerar 5 t/dia de resíduos.

A utilização do resíduo de beneficiamento do granito como fertilizante para diversas culturas tem sido testada. Alguns autores, como Vasconcelos (2001) e Rosen (2002), observaram efeitos positivos em características do solo e no desenvolvimento das plantas, quando utilizaram o resíduo de beneficiamento do granito como fertilizante.

Apesar dessas vantagens, é também possível que o resíduo de beneficiamento do granito apresente quantidades apreciáveis de Cd, Cr, Ni e Pb, que podem ser tóxicos para as plantas e, ou, nocivos à saúde humana, quando em concentrações elevadas. Amaral Sobrinho et al. (1992) analisaram diversos corretivos da acidez do solo e fertilizantes e observaram teores elevados e preocupantes de metais pesados, principalmente Cd e Pb. Nesse sentido, é imperativo destacar que, na grande maioria dos trabalhos que utilizam resíduos de rochas como fertilizantes alternativos, não há preocupação em se quantificar a liberação de metais pesados por esses materiais.

Este estudo teve por objetivo caracterizar o resíduo de beneficiamento de granito quanto aos teores de nutrientes e metais pesados e avaliar a capacidade de disponibilização de metais pesados por este material.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na cidade de Linhares-ES, no Centro Regional de Desenvolvimento Rural Nordeste (CRDR-Nordeste), pertencente ao Incaper, em casa de vegetação. O resíduo de beneficiamento do granito foi obtido em lagoa de descarte de uma beneficiadora de granito (teares) de Nova Venécia-ES.

Os fatores em estudo foram compostos por doses de resíduo de beneficiamento do granito, doses de calcário dolomítico, uma testemunha com adubação química completa e dois solos (um argiloso e outro arenoso, ambos com teores reduzidos de nutrientes). Os fatores foram combinados segundo o fatorial: (6 x 2 + 1) x 2, sendo: seis doses de resíduo de beneficiamento do granito (0,0; 1,5; 3,0; 6,0; 9,0 e 15 g/dm³, equivalentes a 0, 3, 6, 12, 18 e 30 t/ha) x duas doses de calcário dolomítico (0,4 e 1,2 vezes a necessidade de calagem) + uma testemunha com adubação completa x dois solos; gerando um total de 26 tratamentos. Os tratamentos foram distribuídos em blocos ao acaso com três repetições, perfazendo um total de 78 unidades experimentais. Foi aplicada, como fator constante, uma dose de 100 mg/dm³ de P, na forma de superfosfato simples. A testemunha recebeu uma dose de 250 mg/dm³ de P, também na forma de superfosfato simples.

Primeiramente, o resíduo de beneficiamento do granito e o superfosfato simples foram caracterizados, determinando-se os teores totais (HCl 2 mol/L) e disponíveis (Mehlich 1) de macro, micronutrientes e metais pesados. Logo após, as amostras dos dois solos foram passadas por peneira de 6 mm e separadas em subamostras de 9 dm³, com base na densidade de cada solo. Os tratamentos foram, então, aplicados, misturando-se, de forma homogênea, as doses de pó de granito, de calcário dolomítico e de superfosfato simples com as subamostras de solo. As subamostras foram dispostas em vasos de 10 L e incubadas por 30 dias com aplicação de água destilada, tentando-se manter a umidade dos solos próxima à capacidade de campo. Concluído o período de incubação, foram transplantadas três estacas de um mesmo clone de café conilon, para o centro dos vasos. Após o pegamento das mudas, foi selecionada a de maior vigor, sendo as outras duas eliminadas. As plantas foram cultivadas por 12 meses, com aplicação periódica de água destilada.

Após a colheita das plantas, o solo dos vasos foi seco a sombra, peneirado e analisado, determinando-se os teores de Cd, Cr, Ni e Pb, por meio de extração com Mehlich 1.

Foi realizada a análise de variância (GL erro = 50), sendo as variáveis qualitativas comparadas por meio de contrastes ortogonais. Foram ajustados, para cada solo, modelos de regressão para as características avaliadas, em função das doses de resíduo de beneficiamento do granito, nas duas doses de calcário.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para os nutrientes fósforo (P) e potássio (K), há uma grande diferença entre o resíduo de granito e o superfosfato simples. Enquanto o primeiro apresenta maior quantidade de K, tanto total quanto disponível, o segundo contém maiores quantidades de P (Tabelas 1 e 2), como seria de se esperar. Entretanto, mesmo que o resíduo de beneficiamento do granito apresente maior teor de K do que o superfosfato simples, este teor continua sendo baixo (0,34 %), uma vez que Bolland & Baker (2000) relatam resíduos de moagem de granito na Austrália com teor de K próximo a 1,90 %.

O resíduo de granito apresenta menor teor total de cálcio do que o superfosfato simples. Em contrapartida, o quadro se inverte quando se consideram os teores disponíveis, sendo o cálcio oriundo do resíduo de granito muito mais facilmente absorvido pela planta do que o cálcio proveniente do superfosfato simples (Tabelas 1 e 2).

Tabela 1 – Caracterização do resíduo de beneficiamento do granito e do superfosfato simples quanto aos teores totais de elementos (HCl 2 mol/L)

Material	P	K	Ca	Mg	Zn	Fe	Mn	Cu	Cd	Cr	Ni	Pb
	%			mg/kg								
Resíduo de Granito	0,051	0,3362	1,62	0,22	40	25.200	236	20	1,6	29,6	26,6	12
Superfosfato Simples	6,875	0,0346	15,46	0,26	160	16.900	778	18	3,6	29,4	57,8	76

Tabela 2 – Caracterização do resíduo de beneficiamento do granito e do superfosfato simples quanto aos teores “disponíveis” de elementos (Mehlich I)

Material	pH	P	K	Ca	Mg	Zn	Fe	Mn	Cu	Cd	Cr	Ni	Pb
	H ₂ O	mg/dm ³		cmol _c /dm ³		mg/dm ³				mg/dm ³			
Resíduo de Granito	8,2	2	137	13,5	4,2	12	1.240	37,8	0,5	0,19	0,25	1,96	2,4
Superfosfato Simples	2,4	45.500	2	3,4	326,6	140	2.090	530	15	0,53	10,52	32,15	4,5

O superfosfato simples apresenta maior quantidade de micronutrientes disponíveis do que o resíduo, com menor quantidade de Fe e Cu totais (Tabelas 1 e 2). Isso é muito importante no que diz respeito ao Fe. O resíduo de beneficiamento de granito apresenta, realmente, elevado teor total de Fe (Tabela 1), o que poderia se configurar como um problema. Entretanto, a maior parte deste Fe não está disponível para as plantas, não impedindo a utilização do resíduo como fertilizante alternativo.

O superfosfato simples apresenta, também, maiores teores de metais pesados, totais e disponíveis, do que o resíduo, exceção para o Cr total (Tabelas 1 e 2). Uma grande preocupação em relação à utilização de resíduos de beneficiamento de rochas seria a possível contaminação do ambiente com metais pesados. Pelos resultados apresentados, o superfosfato simples tem uma possibilidade de contaminação do solo ou de corpos d'água muito maior do que o resíduo de beneficiamento do granito, sendo, contudo, utilizado em larga escala na agricultura. Além disso, o resíduo de beneficiamento do granito apresenta teores de metais pesados bem menores do que os limites máximos estipulados pela Instrução normativa SDA N° 27 de 05 de junho de 2006, para condicionadores de solos. Esses limites correspondem a 8; 500; 175; 300 mg/kg de Cd, Cr; Ni e Pb, respectivamente.

Após a aplicação do resíduo de beneficiamento do granito, a incubação e a colheita das plantas, o solo arenoso apresentou maiores teores de metais pesados, com exceção de Cd (Tabelas 3 e 4). Aparentemente, não há justificativa relacionada aos tratamentos, uma vez que os dois solos receberam as mesmas quantidades de resíduo e adubo fosfatado. Metais pesados como contaminantes do calcário utilizado também não estariam relacionados com o resultado, uma vez que o solo argiloso recebeu maior quantidade de calcário que o solo arenoso. Por outro lado, como o solo arenoso foi coletado de camada superficial agricultável e apresenta teores de matéria orgânica bem mais elevados, pode-se inferir que os maiores teores de metais pesados, com exceção de Cd, possam estar ligados a estas características.

Já para o cádmio, um acréscimo de contaminações via calcário, adubo fosfatado e o próprio resíduo podem ter favorecido maior retenção de Cd nos sítios de troca do solo argiloso, em relação à menor retenção no solo arenoso (Tabelas 3 e 4). Nesse sentido, Fadigas et al. (2006) observaram maiores valores de Cd em grupos de solos argilosos do que em grupos de solos arenosos.

Tabela 3 – Média de teores de metais pesados em dois solos após aplicação de doses de resíduo de beneficiamento do granito e duas doses de calcário

Solo	NC x ^{1/}	mg/dm ³			
		Cd	Cr	Ni	Pb
Argiloso		0,11	0,02	0,04	1,32
Arenoso		0,07	0,15	0,32	1,83
Argiloso	0,4	0,07	0,04	0,05	1,60
Argiloso	1,2	0,13	0,00	0,03	1,12
Argiloso	Test.	0,16	0,00	0,01	0,80
Arenoso	0,4	0,13	0,08	0,24	1,77
Arenoso	1,2	0,02	0,21	0,41	1,88
Arenoso	Test.	0,03	0,16	0,35	1,90

^{1/}Dose de calcário: 0,4 x a necessidade de calagem e 1,2 x a necessidade de calagem, a testemunha recebeu 1,0 x a necessidade de calagem.

No solo argiloso, os teores de Cd foram maiores quando a dose de calcário foi elevada, ocorrendo o oposto para o Pb (Tabelas 3 e 4). Esse fato pode estar ligado a uma maior contaminação do solo por Cd quando uma dose elevada de calcário foi utilizada. Já para o Pb, o acréscimo causado pela aplicação de dose elevada de calcário foi menor do que seu efeito na redução da disponibilidade de Pb.

Para o solo arenoso, maiores teores de Cd foram observados na menor dose de calcário e maiores teores de Cr e Ni na maior dose de calcário (Tabelas 3 e 4).

Tabela 4 – Valores de F calculado para contrastes dos teores de metais pesados em dois solos após aplicação de doses de resíduo de beneficiamento do granito e duas doses de calcário

Contrastes	Cd	Cr	Ni	Pb
Arg vs Are ^{1/}	0,0027**	0,0366**	0,1784**	0,5755**
0,4NC vs 1,2NC d/Arg ^{2/}	0,0040**	0,0013 ^{ns}	0,0005 ^{ns}	0,2336**
0,4NC vs 1,2NC d/Arg ^{2/}	0,0117**	0,0165**	0,0295**	0,0136 ^{ns}
Test vs 0,4NC d/Arg ^{3/}	0,0196**	0,0034 ^o	0,0053 ^{ns}	1,4464**
Test vs 1,2NC d/Arg ^{4/}	0,0015**	0,0000 ^{ns}	0,0010 ^{ns}	0,2064**
Test vs 0,4NC d/Arg ^{3/}	0,0260**	0,0174**	0,0360**	0,0714 ^o
Test vs 1,2NC d/Arg ^{4/}	0,0000 ^{ns}	0,0051*	0,0075 ^o	0,0096 ^{ns}

^{1/} Solo argiloso vs solo arenoso; ^{2/} 0,4 vezes a necessidade de calagem vs 1,2 vezes a necessidade de calagem, em solo argiloso e solo arenoso; Testemunha vs 0,4 vezes a necessidade de calagem, em solo argiloso e solo arenoso; Testemunha vs 1,2 vezes a necessidade de calagem, em solo argiloso e solo arenoso. **, *, ^o e ^{ns} significativo a 1, 5, 10 % de probabilidade e não significativo, respectivamente.

A aplicação do resíduo de beneficiamento do granito aumentou, apenas, os teores de Pb no solo argiloso, em relação ao solo da testemunha (Tabelas 3 e 4). No solo arenoso, enquanto o teor de Cd foi maior e os teores dos demais metais pesados foram menores, em relação aos teores observados no solo da testemunha, para a menor dose de calcário, apenas Cr e Ni apresentaram maiores teores do que o da testemunha na maior dose de calcário (Tabelas 3 e 4).

O Cd foi o metal pesado mais influenciado pelas doses de resíduo (Tabela 5). O efeito foi quadrático (0,4 x NC) e linear positivo (1,2 x NC) no solo argiloso, justificando uma maior retenção nesse tipo de solo. Já no solo arenoso, ocorreu efeito linear negativo para Cd (0,4 x NC) e quadrático para chumbo (1,2 x NC) (Tabela 5). A partir desses resultados, pode-se supor um efeito ambíguo do resíduo na disponibilização de metais pesados. Ao mesmo tempo em que o resíduo acrescenta metais pesados ao solo, eleva, também, o pH, mesmo que em pequena magnitude, reduzindo a disponibilidade dos mesmos. Por isso, poucos modelos de regressão foram selecionados para o caso em questão (Tabela 5).

De qualquer forma, os teores de metais pesados, encontrados nos dois solos estudados, estão abaixo dos limites de tolerância propostos por Fadigas et. al. (2006), que avaliaram 256 amostras de diversos tipos de solos brasileiros. Os autores sustentam que valores acima dos limites de tolerância indicariam solos contaminados com metais pesados, fato que não se observou no presente estudo, mesmo com a aplicação de 30 t/ha de resíduo de beneficiamento do granito.

Tabela 5 – Equações de regressão dos teores de metais pesados em dois solos após aplicação de doses de resíduo de beneficiamento do granito e duas doses de calcário

Característica	Equação	R ²
0,4 NC Solo Argiloso		
Cd	$\hat{Y} = 0,0391 + 0,0041 X - 0,0001 X^2$	0,99
1,2 NC Solo Argiloso		
Cd	$\hat{Y} = 0,1215 + 0,0010 X$	0,90
0,4 NC Solo Arenoso		
Cd	$\hat{Y} = 0,1958 - 0,0059 X$	0,73
Pb	$\hat{Y} = 0,1411 + 0,0627X - 0,0016 X^2$	0,84

^{1/} Equações não apresentadas representam $\hat{Y} = \bar{Y}$; ** Significativo ao nível de 1 % de probabilidade.

CONCLUSÕES

O superfosfato simples tem maior possibilidade de contaminação do solo ou de corpos d'água do que o resíduo de beneficiamento do granito.

Mesmo com a aplicação de 30 t/ha de resíduo de beneficiamento do granito, os teores de metais pesados nos dois solos estudados ficaram abaixo dos limites máximos propostos para solos brasileiros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL SOBRINHO, N.M.B.; COSTA, L.M.; OLIVEIRA, C. & VELLOSO, A.C.X. Metais pesados em alguns corretivos e fertilizantes. **R. Bras. Ci. Solo**, Campinas, v.16, p.271-276, 1992.

BOLLAND, M.D.A.; BAKER, M.J. Powdered granite is not an effective fertilizer for clover and wheat in sandy soils from Western Australia. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, Springer-Verlag, Netherlands, v.56, p.59-68, 2000.

BRASIL. Instrução Normativa SDA nº 27, de 5 de junho de 2006. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, 9 de jun. 2006. Seção 1, p.15.

FADIGAS, F.S.; AMARAL SOBRINHO, N.M.B.; MAZUR, N.; DOS ANJOS, L.H.C.; FREIXO, A.A. Proposição de valores de referência para a concentração natural de metais pesados em solos brasileiros. **R. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, Campina Grande, V.10, n.3, p.699-705, 2006.

ROSEN, C. Agricultural use of rock fines as a sustainable soil amendment. **Cropping Systems and Soil Fertility**, MINNESOTA DEPARTMENT OF AGRICULTURE, GreenBook, 2002. p.49-51.

VASCONCELOS, A.C.F. **Influência do rejeito da atividade industrial da serragem de blocos de granito nas propriedades químicas de solos ácidos**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2001. 93p.