

CARACTERÍSTICAS E TEORES DE MACRONUTRIENTES DE DOIS SOLOS APÓS UTILIZAÇÃO DO RESÍDUO DE BENEFICIAMENTO DO GRANITO 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. Entretanto, a real disponibilização de nutrientes pelo resíduo precisa ser melhor caracterizada. Objetivando avaliar a utilização do resíduo de beneficiamento do granito, como fertilizante natural, determinando a faixa de pH do solo que promovesse maior solubilização do resíduo e que, ao mesmo tempo, mantivesse teores adequados de macronutrientes no solo, foi montado um experimento, em casa de vegetação, utilizando dois solos (argiloso e arenoso), seis doses de resíduo de beneficiamento do granito e dois níveis de calagem. Após incubação do solo, plantio e colheita de café conilon, foram determinados pH, Al^{3+} , matéria orgânica, fósforo remanescente e teores de macronutrientes no solo. A partir dos resultados pôde-se concluir que: A aplicação do resíduo de beneficiamento do granito elevou, de forma linear, o pH e o teor de Ca^{2+} e reduziu o teor de Al^{3+} do solo, mas em pequena magnitude; O resíduo de beneficiamento do granito foi capaz de fornecer maior quantidade de K em solo argiloso, quando comparado ao solo arenoso; O pH do solo deve ser baixo o suficiente para que ocorra a solubilização do resíduo de beneficiamento do granito, mas, em contrapartida, deve ser alto o suficiente para que não ocorra lixiviação excessiva do K liberado pelo resíduo. Nos dois solos estudados, esse valor de pH correspondeu a 5,0; Considerando o valor de pH mais adequado, a dose de resíduo de beneficiamento do granito que proporcionou o maior teor de K no solo argiloso foi de 18,7 t/ha. Já no solo arenoso, esta dose foi de 28,5 t/ha de resíduo.

Palavras-Chave: pH do solo, solubilização, disponibilidade, K, Ca.

TWO SOIL CHARACTERISTICS AND MACRONUTRIENT CONTENTS AFTER THE USE OF GRANITE PROCESSING WASTE 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, the real waste nutrient liberation need to be better characterized. Aiming to evaluate the granite processing waste as natural fertilizing, determining the pH soil range which would induce a greater residue solubility and also would kept an adequate contents of soil macronutrients, an experiment was conducted under greenhouse condition. Two soil types (clayey and sandy soil), six granite processing waste doses and two liming levels were applied. After soil incubations and coffee plants growth and harvesting, pH, Al^{3+} , organic matter, remaining P and soils macronutrients contents were determined. The granite processing waste application induced a linearly increase on both pH and Ca^{2+} soil contents, and weakly reduces the Al^{3+} contents. Granite processing waste is able to supply a greater K amount in clayey soil than in sandy ones. Soil pH must be sufficiently low to solubilizing granite processing waste but, on the other hand, it must be high enough so that K extreme leaching does not occur. In two studied soils, such pH value corresponded the 5.0. Considering the more adjusted pH value, the granite processing waste dose that provided the higher K content was 18.7 ton per hectare in the clayey soil and 28.5 ton per hectare in the sandy soil.

Key-Words: Soil pH, liberation, availability, K, Ca.

INTRODUÇÃO

O resíduo de beneficiamento do granito é obtido após o corte dos blocos de granito em teares mecânicos. Nesse processo, é adicionada cal, visando formar uma liga com a areia utilizada na abrasão. O resíduo de beneficiamento do granito, 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. Para Calmon et al. (1997), esse resíduo apresenta elevados teores de SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 e CaO , que podem provocar grandes agressões ambientais, se não adequadamente descartados. No entanto, a proposta de simples descarte desses resíduos, que vem sendo adotada ultimamente, denota completa falta de conhecimento sobre sua composição e sobre formas alternativas de utilização. 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), observaram efeitos positivos em características do solo, quando utilizaram o resíduo de beneficiamento do granito como fertilizante.

Do ponto de vista mineralógico, o granito é constituído basicamente por quartzo, feldspatos, mica e calcita (Menezes et al., 2002). Assim, devido à sua mineralogia, demonstra-se a possibilidade de que o pó de granito possa conter teores adequados de alguns macronutrientes, especialmente K e Ca, e micronutrientes como o Fe.

A utilização do pó de rochas na agricultura vem sendo muito discutida, porém, pouco estudada, tanto que o número de trabalhos publicados em revistas científicas com corpo editorial é insignificante. Portanto, pode-se assumir que o apelo para utilização desses resíduos na agricultura vem sendo justificado a partir de questões ideológicas, relegando o conhecimento científico sobre o assunto a um segundo plano, o que pode gerar desequilíbrios ecológicos e problemas para a saúde humana tão relevantes quanto o simples descarte do material.

Este estudo teve por objetivo avaliar a utilização do resíduo de beneficiamento do granito, como fertilizante natural, determinando a faixa de pH do solo que promovesse maior solubilização do resíduo e que, ao mesmo tempo, mantivesse teores adequados de macronutrientes no solo.

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 estudados 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: $(6 \times 2 + 1) \times 2$, 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. Já a testemunha, recebeu uma dose de 250 mg/dm³ de P, também na forma de superfosfato simples.

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 as seguintes características e teores: pH, Al³⁺, fósforo remanescente (P-rem), matéria orgânica (MO), P, K, Ca²⁺ e Mg²⁺.

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

O solo arenoso apresentou, em média, maior valor de pH, maiores teores de matéria orgânica (MO) e fósforo remanescente (P-rem) e menores teores de alumínio trocável (Al³⁺) (Tabelas 1 e 2). A própria constituição física do solo arenoso explica a maioria destes resultados. Por ser arenoso, esse solo apresenta menor número de cargas e, conseqüentemente, maior valor de pH e de P-rem, e menor teor de Al³⁺. A amostra de solo arenoso, utilizada no ensaio, era proveniente do Horizonte A, o que condiz com o maior teor de MO neste solo do que no solo argiloso, que era oriundo de um Horizonte B.

No solo argiloso, a elevação da dose de calcário de (0,4 x NC), para (1,2 x NC), aumentou seu pH, de forma significativa, em 23 % (Tabelas 1 e 2). Efeito inverso foi observado nos teores de alumínio, uma vez que o teor médio foi reduzido em 88 %, como seria de se esperar (Tabelas 1 e 2).

Não foi observado efeito da calagem nas características do solo arenoso (Tabelas 1 e 2), uma vez que a mesma foi calculada considerando-se a capacidade tampão do solo (muito baixa), o que reduziu a dose final de forma a não causar uma possível super-calagem.

Tabela 1 – Médias de pH, alumínio trocável (Al^{3+}), matéria orgânica (MO) e fósforo remanescente (P-rem), em dois solos, após aplicação de doses de resíduo de beneficiamento do granito e duas doses de calcário

Solo	NC x ^{1/}	pH	Al^{3+} cmol _c /dm ³	MO dag/kg	P-rem mg/L
Argiloso		4,4	0,36	0,01	34,2
Arenoso		4,7	0,15	1,78	54,8
Argiloso	0,4	3,9	0,66	0,02	33,2
Argiloso	1,2	4,8	0,08	0,01	34,1
Argiloso	Test.	4,3	0,25	0,01	40,4
Arenoso	0,4	4,6	0,17	1,77	54,0
Arenoso	1,2	4,8	0,13	1,76	55,2
Arenoso	Test.	4,6	0,19	1,98	57,3

^{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.

Tabela 2 – Valores de F calculado para contrastes dos valores de características de dois solos após aplicação de doses de resíduo de beneficiamento do granito e duas doses de calcário

Contrastes	pH	Al^{3+}	MO	P-rem
Arg vs Are ^{1/}	0,195**	0,094**	6,764**	921,58**
0,4NC vs 1,2NC d/Arg ^{2/}	0,780**	0,338**	0,000 ^{ns}	0,84 ^{ns}
0,4NC vs 1,2NC d/Are ^{2/}	0,034 ^{ns}	0,002 ^{ns}	0,000 ^{ns}	1,28 ^{ns}
Test vs 0,4NC d/Arg ^{3/}	0,305**	0,432**	0,000 ^{ns}	131,66**
Test vs 1,2NC d/Arg ^{4/}	0,794**	0,075**	0,000 ^{ns}	100,09**
Test vs 0,4NC d/Are ^{3/}	0,000 ^{ns}	0,002 ^{ns}	0,118**	28,00**
Test vs 1,2NC d/Are ^{4/}	0,097*	0,011**	0,128**	12,07*

^{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. *, * e ^{ns} significativo a 1, 5 % de probabilidade e não significativo, respectivamente.

O solo da testemunha (solo argiloso) apresentou maiores valores de pH e menores teores de Al^{3+} , em relação à aplicação de uma dose de 0,4 x NC, e o inverso em relação à aplicação de uma dose de 1,2 x NC (Tabelas 1 e 2). Isso ocorreu porque, na testemunha, a dose básica de calcário foi 1,0 x NC. Já no solo arenoso, apenas quando se utilizou uma dose de 1,2 x NC houve modificação no pH do solo e nos teores de Al^{3+} , em relação à testemunha, sendo que o pH aumentou e o teor de Al^{3+} diminuiu (Tabelas 1 e 2).

O pH de ambos os solos aumentou linearmente com a aplicação de doses crescentes do resíduo de beneficiamento do granito (Tabela 3). Entretanto, a declividade dos modelos lineares selecionados foi pequena, o que mostra, para as condições do presente estudo, baixa eficiência de correção do solo do resíduo de beneficiamento do granito. Nesse caso, para ambos os solos, a aplicação de 10 t/ha de resíduo de beneficiamento do granito iria aumentar o pH do solo em apenas 0,3 pontos, aproximadamente.

O solo arenoso apresentou, após aplicação dos tratamentos, maiores teores de P e Ca^{2+} e menor teor de Mg^{2+} em relação ao solo argiloso (Tabelas 4 e 5). Como o extrator utilizado para a determinação de P no solo foi o Mehlich 1, a capacidade de recuperação de P no solo arenoso foi maior, devido ao menor desgaste do extrator nesta condição. Os teores de K não foram diferentes entre os dois solos (Tabelas 4 e 5), uma vez que as doses de resíduo foram equivalentes em ambos e a recuperação de K, pelo extrator Mehlich 1, não sofre efeito da capacidade tampão do solo.

O aumento da dose de calcário no solo argiloso elevou a disponibilidade de K, Ca^{2+} e Mg^{2+} neste solo, sendo que, no solo arenoso, não houve acréscimo na disponibilidade de nenhum macronutriente (Tabelas 4 e 5). Isso ocorreu devido ao fato das doses de calcário terem sido calculadas considerando-se a capacidade tampão de acidez do solo, o que, no caso do solo arenoso, proporcionou a aplicação de doses extremamente baixas.

No solo argiloso, a testemunha apresentou maiores teores de P, K, Ca^{2+} e Mg^{2+} do que a média dos tratamentos na aplicação da dose de 0,4 x NC de calcário. Entretanto, quando a dose aplicada de calcário foi elevada para 1,2 x NC, o teor de Ca^{2+} no solo não diferiu em relação à testemunha (Tabelas 4 e 5). Como a testemunha recebeu uma dose de P 150 % maior do que os demais tratamentos, o teor de P no solo da testemunha seria realmente maior. Ainda neste sentido, pode-se explicar o maior teor de K no solo da testemunha, uma vez que, nesta, foi aplicado K na forma de solução, o que não ocorreu nos demais tratamentos. Como os contrastes são calculados utilizando-se a média das observações de todas as doses de resíduo de beneficiamento do granito, seria mesmo de se esperar este resultado para o K. Entretanto, a aplicação de 18 t/ha de resíduo proporcionou um teor no solo de 30 mg/dm³ de K, na maior dose de calcário, enquanto o solo da testemunha apresentou um teor de 25 mg/dm³ de K.

Tabela 3 – Equações de regressão de características de dois solos em função da aplicação de doses de resíduo de beneficiamento do granito e duas doses de calcário

Característica	Equação ^{1/}	R ²
0,4 NC Solo Argiloso		
pH	$\hat{Y} = 3,63 + 0,0263^{**}X$	0,99
Al ³⁺	$\hat{Y} = 0,960 - 0,0264^{**}X$	0,95
1,2 NC Solo Argiloso		
pH	$\hat{Y} = 4,50 + 0,0277^{**}X$	0,87
Al ³⁺	$\hat{Y} = 0,129 - 0,0046^{**}X$	0,71
0,4 NC Solo Arenoso		
pH	$\hat{Y} = 4,31 + 0,0241^{**}X$	0,93
Al ³⁺	$\hat{Y} = 0,237 - 0,0062^{**}X$	0,92
1,2 NC Solo Arenoso		
pH	$\hat{Y} = 4,43 + 0,0294^{**}X$	0,97
Al ³⁺	$\hat{Y} = 0,175 - 0,0043^{**}X$	0,93

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

Tabela 4 – Média dos teores de macronutrientes, em dois solos, após aplicação de doses de resíduo de beneficiamento do granito e duas doses de calcário

Solo	NC x ^{1/}	P	K	Ca ²⁺	Mg ²⁺
		mg/dm ³		cmol _c /dm ³	
Argiloso		31,4	17	1,43	0,33
Arenoso		38,8	18	1,65	0,13
Argiloso	0,4	27,4	13	1,20	0,20
Argiloso	1,2	25,7	21	1,64	0,45
Argiloso	Test.	90,6	25	1,58	0,38
Arenoso	0,4	34,5	20	1,58	0,13
Arenoso	1,2	32,8	14	1,69	0,13
Arenoso	Test.	100,5	36	1,81	0,12

^{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.

Tabela 5 – Valores de F calculado para contrastes dos teores de macronutrientes em dois solos após aplicação de doses de resíduo de beneficiamento do granito e duas doses de calcário.

Contrastes	P	K	Ca	Mg
Arg vs Are ^{1/}	115,6**	1,8 ^{ns}	0,101*	0,086**
0,4NC vs 1,2NC d/Arg ^{2/}	3,0 ^{ns}	69,4**	0,188**	0,063**
0,4NC vs 1,2NC d/Are ^{2/}	3,1 ^{ns}	26,7 ^{ns}	0,012 ^{ns}	0,000 ^{ns}
Test vs 0,4NC d/Arg ^{3/}	10.264,6**	387,6**	0,355**	0,078**
Test vs 1,2NC d/Arg ^{4/}	10.838,3**	37,8*	0,009 ^{ns}	0,014**
Test vs 0,4NC d/Are ^{3/}	11.197,4**	714,3**	0,142**	0,001 ^{ns}
Test vs 1,2NC d/Are ^{4/}	11.800,1**	1.225,8**	0,037 ^{ns}	0,001 ^{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. **, *, ° e ^{ns} significativo a 1, 5, 10 % de probabilidade e não significativo, respectivamente.

No solo arenoso, tanto o teor de P quanto o de K foram maiores no solo da testemunha (Tabelas 4 e 5). Porém, o teor de K da testemunha, no solo arenoso, foi bem superior ao teor de K da testemunha no solo argiloso (Tabela 4). Com isso, mesmo o maior teor de K observado no solo arenoso, quando se aplicaram 28,5 t/ha de resíduo na menor dose de calcário, foi inferior ao alcançado no solo da testemunha (Tabela 4).

Apenas K e Ca^{2+} sofreram influência de doses crescentes do resíduo (Tabela 6). Os teores de K e Ca^{2+} aumentaram de forma linear nos dois solos considerando as duas doses de calcário, exceção feita ao teor de K, que sofreu efeito quadrático no solo argiloso na maior dose de calcário, e no solo arenoso, na menor dose de calcário (Tabela 6). Nos dois casos, as doses de resíduo de beneficiamento do granito que proporcionaram os maiores teores de K foram 18,7 t/ha de resíduo no solo argiloso e 28,5 t/ha de resíduo no solo arenoso. Assim, fica claro que a aplicação do resíduo de beneficiamento do granito é muito mais eficiente em solo argiloso do que em solo arenoso, quanto à disponibilização de K.

Tabela 6 – Equações de regressão dos teores de macronutrientes em dois solos após aplicação de doses de resíduo de beneficiamento do granito e duas doses de calcário

Característica	Equação ^{1/}	R ²
0,4 NC Solo Argiloso		
K	$\hat{Y} = 7,67 + 0,4342^{**} X$	0,90
Ca	$\hat{Y} = 1,01 + 0,0168^{**} X$	0,91
1,2 NC Solo Argiloso		
K	$\hat{Y} = 9,19 + 2,26 X - 0,0604^{**} X^2$	0,89
Ca	$\hat{Y} = 1,48 + 0,0134^{**} X$	0,78
0,4 NC Solo Arenoso		
K	$\hat{Y} = 12,84 + 0,9049 X - 0,0159^{*} X^2$	0,88
Ca	$\hat{Y} = 1,28 + 0,0260^{**} X$	0,99
1,2 NC Solo Arenoso		
K	$\hat{Y} = 11,36 + 0,2583^{**} X$	0,78
Ca	$\hat{Y} = 1,47 + 0,0190^{**} X$	0,99

^{1/} Equações não apresentadas representam $\hat{Y} = \bar{Y}$; **e* Significativo aos níveis de 1 e 5 % de probabilidade, respectivamente.

Foram observados, no solo argiloso, maiores teores de K na maior dose de calcário, enquanto no solo arenoso, maiores teores de K foram observados na menor dose de calcário (Tabela 6). Esse fato demonstra que, o pH do solo deve ser baixo o suficiente para que ocorra a solubilização do resíduo de beneficiamento do granito, mas, em contrapartida, deve ser alto o suficiente para que não ocorra lixiviação excessiva do K liberado pelo resíduo. Nos dois solos estudados, esse valor de pH correspondeu a 5,0.

CONCLUSÕES

A aplicação do resíduo de beneficiamento do granito elevou, de forma linear, o pH e o teor de Ca^{2+} e reduziu o teor de Al^{3+} do solo, mas em pequena magnitude.

O resíduo de beneficiamento do granito foi capaz de fornecer maior quantidade de K em solo argiloso, quando comparado ao solo arenoso.

O pH do solo deve ser baixo o suficiente para que ocorra a solubilização do resíduo de beneficiamento do granito, mas, em contrapartida, deve ser alto o suficiente para que não ocorra lixiviação excessiva do K liberado pelo resíduo. Nos dois solos estudados, esse valor de pH correspondeu a 5,0.

Considerando o valor de pH mais adequado, a dose de resíduo de beneficiamento do granito que proporcionou o maior teor de K no solo argiloso foi de 18,7 t/ha. Já no solo arenoso, esta dose foi de 28,5 t/ha de resíduo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CALMON, J.L.; TRISTÃO, F.A.; LORDÊLLO, F.S.S.; SILVA, S.A.C. & MATTOS, F.V. Aproveitamento do resíduo de corte de granito para a produção de argamassas de assentamento. In: II SIMP. BRAS. TECNOL. ARGAMASSAS, 1997. Salvador, BA *Anais...* 1997. p.64-75.
- MENEZES, R.R.; FERREIRA, H.S. & NEVES, G. de A. The use of granite wastes as ceramic raw materials. *Cerâmica*, São Paulo, v.48, n.306, p.92-101, 2002.

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.