

AVALIAÇÃO DO DESENVOLVIMENTO DE RAÍZES DE CAFÉ ARÁBICA SUBMETIDOS A DIFERENTES MATERIAIS CORRETIVOS DE SOLOS

Natiélia Oliveira Nogueira¹, Lima Deleon Martins², Marcelo Antônio Tomaz³, Felipe Vaz Andrade⁴, Amarilson de Oliveira Candido⁵, Guilherme Kangussu Donagemma⁶

¹Centro de Ciências Agrárias-UFES / Mestranda em Produção Vegetal, natielia_nogueira@yahoo.com.br

²Centro de Ciências Agrárias-UFES / Graduando em Agronomia, deleon_lima@hotmail.com

³Centro de Ciências Agrárias-UFES / Professor Adjunto, tomazamarcelo@yahoo.com.br

⁴Centro de Ciências Agrárias-UFES / Professor Adjunto, fvandrade@cca.ufes.br

⁵Centro de Ciências Agrárias-UFES/ Graduando em Agronomia, amarilsonoc@hotmail.com

⁶EMBRAPA Solos/ Pesquisador, donagemmaster@gmail.com

RESUMO: Das tecnologias usadas para aumentar a produtividade e a rentabilidade das culturas agrícolas, a correção e adubação do solo se destacam entre as principais. Entretanto, existem materiais corretivos alternativos, como a escória de siderurgia e o óxido de magnésio que podem contribuir para a redução da exploração de recursos naturais como o calcário. Este trabalho foi realizado objetivando avaliar os efeitos da aplicação do calcário, escória de siderurgia e óxido de magnésio no desenvolvimento radicular de mudas de *Coffea arabica* em casa de vegetação. O delineamento experimental foi instalado em blocos casualizados, com distribuição fatorial de 3 x 6, sendo os fatores (3) corretivos; (6) doses, com três repetições. A utilização do calcário e escória teve resultados superiores e não diferiram significativamente no volume e comprimento radicular, enquanto que o uso de óxido de magnésio foi inferior nas variáveis analisadas.

Palavras-chave: *Coffea arabica*, raiz, resíduo industrial, sustentabilidade.

THE ASSESSMENT OF THE VOLUME AND THE ESTIMATE OF GROWTH OF THE *Coffea arabica* L. ROOTS SUBMITTED TO DIFFERENT CORRECTIVE MATERIALS OF SOILS.

ABSTRACT: From all the technologies used to increase the productivity and the yield of the agriculturists, the correction and the fertilization of the soil are distinguished as the main ones. Although, there are alternative corrective materials like the Calcium silicate slag and the magnesium oxide which are industrial residues used to reduce the exploration of natural resources like the limestone. This work was done as an objective to assess the effects of an application of the limestone, Calcium silicate slag, and magnesium oxide in the volume and the growth of coffee plants seedlings' roots of *Coffea arabica* in a greenhouse. The design was in randomized blocks, distributed in deciding factorials of 3 x 6, but the factors (3) corrective; (6) doses, with three repetitions. The utilization of limestone and the Calcium silicate slag, had the greatest results and they didn't make any difference in the volume nor the length of the root, while the use of magnesium oxide was lower than in the experiments assessed.

Key words: *Coffea arabica*, root, industrial residue, sustainability.

INTRODUÇÃO

O café é considerado uma das mais importantes *commodities* agrícolas do mercado mundial, é o segundo maior gerador de riquezas do planeta, perdendo apenas para o petróleo, constituindo-se em um mercado gigantesco. A cafeicultura é uma importante atividade econômica social para pequenos e médios agricultores gerando riquezas e divisas no país. Entre os cultivares plantados, cerca de 80 a 85% são da espécie *Coffea arabica* L. e 15 a 20% cultivares da espécie *Coffea canephora* Pierre. Das cultivares da espécie *C. arabica* L., uma das principais é a cultivar Catuaí (Favarin, 2004).

Um dos fatores capazes de reduzir o potencial produtivo das lavouras de café é a acidez do solo onde a cultura é implantada. Segundo Novais & Smyth (1999) estes solos são predominantes em quase todas as regiões do Brasil, e possuem baixa disponibilidade de nutrientes. Segundo Maria *et al.* (1993), em solos com pH excessivamente baixo, ocorre a diminuição na disponibilidade de nutrientes como fósforo, cálcio, magnésio, potássio e molibdênio, e aumento da solubilização de íons como zinco, cobre, ferro, manganês e alumínio, que dependendo do manejo do solo e da adubação utilizada, podem atingir níveis tóxicos às plantas. Para as plantas, a falta de cálcio, o aumento da acidez e o excesso de alumínio resultam em baixo crescimento do sistema radicular, com exploração de pequenos volumes de solo, levando a baixa captação de nutrientes e água. (Brasil,1992).

Segundo Malavolta (1984) e Vitti e Luz (1997), a acidez dos solos acentua-se pelo cultivo, pois as plantas, ao absorverem cátions, deixam quantidades equivalentes de hidrogênio (H⁺). A acidificação também pode ocorrer pela ação

dos microorganismos ou pela aplicação de fertilizantes, principalmente nitrogenados, como o nitrato e o sulfato de amônio, no entanto a aplicação de materiais corretivos é extremamente importante para que a produção da cultura seja maximizada.

Deste modo, torna-se importante e imprescindível a correção da acidez dos solos para que os fertilizantes aplicados tenham a máxima eficiência. Dos materiais corretivos alternativos a escória de siderurgia, proveniente da reação da sílica do minério de ferro com o cálcio do calcário no alto forno, é constituída por silicatos de cálcio e magnésio e comportam-se de forma semelhante aos calcários (Amaral Sobrinho et al., 1993), podendo ser utilizadas como corretivo de acidez do solo devido à sua ação neutralizante em solos ácidos (Anderson & Bower, 1992), que ocorre pela dissociação do silicato de cálcio e de magnésio com formação de íons hidroxila, responsáveis pela neutralização dos íons hidrogênio na solução do solo, que são os responsáveis pela sua acidez (Alcarde, 1992).

O resíduo siderúrgico praticamente não é utilizado na agricultura brasileira, contrariamente ao que se nota em outros países, como no Japão. Isto, provavelmente, deve-se aos poucos dados experimentais obtidos no Brasil, em comparação com outros países (Prado, 2000).

O óxido de magnésio, obtido da calcinação da Magnesita ($MgCO_3$) é um mineral de carbonato de magnésio, produto intermediário do processo industrial de produção de refratários, cuja composição química teórica é 47,7% de MgO e 52,3% de CO_2 , e apresenta até 94% de óxido de magnésio (MgO). Esta característica evidencia um grande potencial para seu uso na cultura do café como fonte de magnésio e condicionador das características de acidez do solo.

Considerando uma grande quantidade de resíduos do setor industrial, ocupando áreas de descarga cada vez maiores, constituindo atualmente sérios problemas ambientais. Justifica a utilização adequada destes materiais que além de reduzir os impactos ambientais tem demonstrado potencial na utilização na agricultura.

O presente trabalho objetivou avaliar o desenvolvimento de raiz de plantas de café arábica em vaso em função da aplicação de diferentes doses de calcário, escória de siderurgia e óxido de magnésio.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em casa de vegetação do Programa de Pós Graduação em Produção Vegetal (PPGPV), do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo (CCAUFES) em Alegre-ES, no Município de Alegre, situado a $20^{\circ}45'48''$ de latitude Sul e $41^{\circ}31'57''$ de longitude oeste. O clima predominante é quente e úmido no verão e inverno seco, precipitação anual média de 1.200 mm e temperatura média anual de $23^{\circ}C$, com máximas diárias de $29^{\circ}C$ e mínimas de $20^{\circ}C$. O experimento foi instalado no Delineamento em Blocos Casualizados (DBC), com distribuição fatorial de 3×6 , sendo os fatores (3) corretivos e (6) doses com três repetições. Realizou-se análises estatísticas, utilizando-se o teste de Tukey a 5% de probabilidade para comparação de tratamentos, usando o software Sisvar (Ferreira, 2003).

Foi utilizado o solo Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA) coletado na camada subsuperficial (8 - 20 cm^{-1} de profundidade), sendo determinado posteriormente a sua composição granulométrica; o pH em água, o cálcio e o magnésio trocáveis, o alumínio trocável, a acidez potencial, e calculadas a capacidade de troca catiônica (CTC), o valor de saturação por bases (V) e densidade do solo (Tabela 1). Após determinação da densidade do solo, foram amostrados 10 dm^3 de solo seco, passado em peneira de 2 mm de diâmetro, armazenados em sacolas plásticas e posteriormente incubados por 21 dias a 60% do volume total de poros (VTP). Para a incubação foi estabelecido o uso dos seguintes corretivos: calcário, escória de siderurgia e óxido de magnésio, nas seguintes doses - 0, 25, 50, 75, 100 e 125 % da necessidade de calagem. As doses foram definidas utilizando o método da elevação da saturação de bases (Prezotti et al., 2007) elevando a saturação de bases para (V% 60). Foram realizadas pesagens diárias visando manter o peso inicial, sendo repostos quando necessário, a perda de água do solo com água destilada. Para que ocorresse a reação de correção de acidez do solo e minimizasse a perda de água por evaporação, as sacolas foram abertas somente durante 2 horas à noite.

Depois de incubado, o solo foi seco a sombra e homogeneizado em peneira de malha 2 mm. Posteriormente foi realizada a adubação com P e K de acordo com Prezotti et al (2007) utilizando-se KH_2PO_4 p.a. nos tratamentos com calcário e escória, e utilizou-se KCL, e $CaHPO_4$, $CaSO_4$ p.a. nos tratamentos com óxido de magnésio utilizou-se KCL, objetivando-se igualar a relação Ca e Mg entre os corretivos (3:1). Em seguida cada unidade amostral (vasos de 10 dm^3) foram vedados e identificados e efetuou-se o plantio das mudas de café da cultivar Catuaí 44 que apresentavam três pares de folhas, utilizando uma planta por vaso.

A adubação nitrogenada com sulfato de amônio p.a foi realizada baseando-se na marcha de acúmulo de nutrientes conforme Malavolta (1984). As doses foram divididas em cinco aplicações aos 30, 60, 90, 120 e 150 dias após o plantio. O controle de plantas daninhas e pragas quando necessário foi realizado mecanicamente, e a irrigação foi realizada diariamente com água destilada, mantendo-se umidade constante para todos os vasos através de pesagens.

Cento e oitenta dias após o plantio as plantas foram cortadas na altura do colo, e separadas as raízes da parte aérea. As raízes foram retiradas, lavadas em água corrente e enxugadas em papel-toalha para efetuar a medição de volume de raiz em proveta. Após a avaliação do volume, enxugaram-se novamente as mesmas em papel-toalha para medição do peso fresco. Também retirou-se uma amostra de aproximadamente 5% do peso fresco, para fazer à estimativa de

comprimento total radicular pelo método da intercepção de linha descrita por Tennant (1975). Após medição, fez-se a conversão para 100% tendo-se o comprimento radicular total da planta.

Tabela 1 – Características químicas e físicas do Latossolo Vermelho-Amarelo utilizado.

Atributos	LVA
Areia Grossa (g kg ⁻¹) ¹	457,4
Areia Fina (g kg ⁻¹) ¹	158,4
Silte (g kg ⁻¹) ¹	35,1
Argila (g kg ⁻¹) ¹	349,1
Densidade do solo (kg dm ⁻³) ²	1,2
pH-H ₂ O ³	4,0
Al (cmolc dm ⁻³) ⁴	0,6
Ca (cmolc dm ⁻³) ⁴	2,0
Mg (cmolc dm ⁻³) ⁴	0,4
t (cmolc dm ⁻³) ⁵	3,1
CTC (cmolc dm ⁻³) ⁶	6,0
V (%) ⁷	41,8

^{1/} Método da Pipeta; ^{2/} Método da Provetta; ^{3/} Relação solo-água 1: 2,5; ^{4/} Extrator KCl 1 mol/L; ^{5/} CTC efetiva; ^{6/} CTC a pH 7,0; ^{7/} Porcentagem de saturação por bases.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com relação aos materiais corretivos de solo utilizados, observa-se que as maiores médias foram encontradas nos tratamentos com calcário e escória para as variáveis estudadas. Já o óxido de magnésio diferiu dos demais corretivos no comprimento de raiz, não diferindo estatisticamente do calcário na variável volume de raiz (Tabela 1).

Tabela 1- Valores médios de comprimento de raízes de *Coffea arabica* em função da aplicação dos corretivos.

Corretivos	Comprimento de raiz (m)	Volume de raiz (cm ³)
Calcário	193.94 a	119.94 ab
Escória	190.39 a	127.67 a
Óxido de magnésio	154.61 b	115.17 b

Médias seguidas da mesma letra, na coluna, para cada corretivo, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

O calcário e a escória proporcionaram melhores resultados encontrados para as variáveis analisadas quando comparado ao óxido de magnésio, fato este que pode estar relacionado a menor solubilidade do óxido de magnésio, o que pode ter comprometido sua atuação como corretivo da acidez do solo e conseqüentemente o aumento dos teores de alumínio no solo. Segundo Adams & Moore (1983), a presença de Al³⁺ promove atrofiamento do sistema radicular com engrossamento e surgimento de raízes laterais pequenas e grossas. Os resultados encontrados indicam que o uso do óxido de magnésio ainda necessita de mais estudos para verificar possíveis benefícios ligados a sua utilização na agricultura, como o aumento da concentração de cálcio e a sua mobilidade no perfil do solo.

Segundo Malavolta (1980) tanto o Ca como o Mg participam do crescimento radicular por meio de pectatos de Ca e Mg que compõem a parede celular. Por sua vez Taylor & Arkin, (1981) afirmam que embora o padrão de enraizamento esteja sob controle genético, o crescimento das raízes pode ser modificado por fatores químicos e físicos do solo, deste modo a escória também pode ter contribuído para o aumento do volume e crescimento radicular pelo fato do silício, elemento presente neste material melhorar a arquitetura da planta e aumentar a taxa fotossintética (Deren et al., 1994), resultado de uma menor abertura de ângulo foliar, permitindo maior captação da energia luminosa (Yoshida et al., 1969), refletindo assim, no aumento da taxa de crescimento radicular das plantas e aumento da produtividade.

Com relação às doses dos corretivos aplicadas pode-se notar que para o calcário e escória houve um aumento do comprimento e volume radicular em relação às doses aplicadas, atingindo maiores médias quando aplicado a maior dose destes materiais (125 % da necessidade de calagem), já para o óxido de magnésio houve um aumento das médias das variáveis em relação à dose 1 (testemunha), mas não houve incremento significativo no comprimento e volume de raiz nas demais doses utilizadas, apenas regredindo na maior dose deste corretivo (Figura 1).

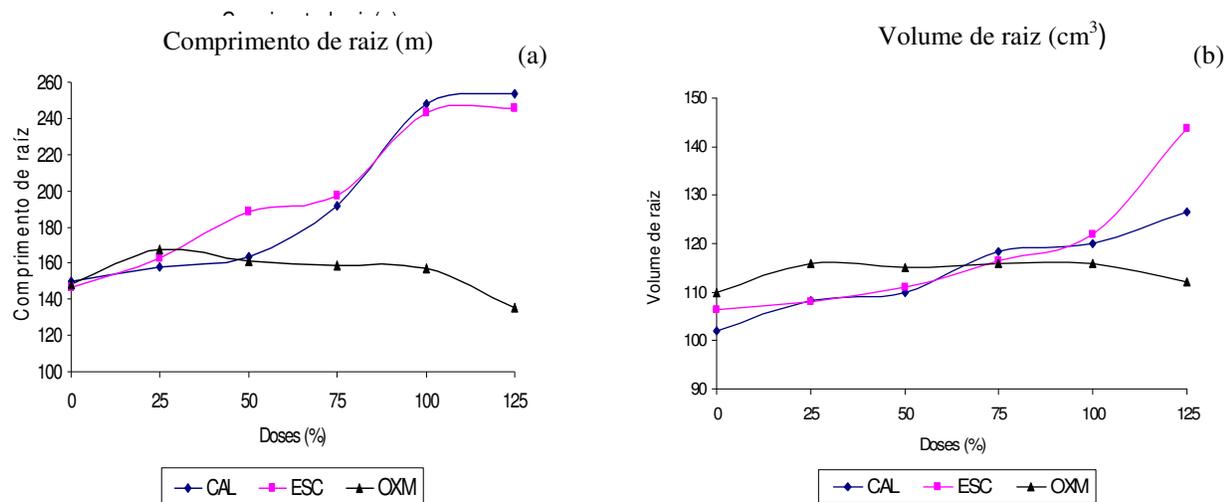


Figura 1 – (a) Comprimento radicular, (b) volume radicular de café arábica em razão da aplicação das doses de calcário (CAL), escória (ESC) e óxido de magnésio.

CONCLUSÕES

Nas condições avaliadas, a escória de siderurgia demonstrou ter potencial de utilização como corretivos da acidez do solo aumentando o crescimento e volume de raízes de café arábica, semelhante ao que ocorreu com o calcário.

A utilização do óxido de magnésio como corretivo da acidez do solo mostrou-se menos eficiente quando comparado com os demais corretivos, fato este que precisa ser mais estudado futuramente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADAMS, F.; MOORE, B. L. Chemical factors affecting root growth in subsoil horizons of coastal plain soils. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 47, p. 99-102, 1983.
- ALCARDE, J.C. **Corretivo de acidez dos solos: características e interpretações técnicas**. São Paulo: Associação Nacional para Difusão de Adubos e Corretivos Agrícolas. Boletim Técnico, n. 6, 1992. 26 p.
- AMARAL SOBRINHO et al. Aplicação de resíduo siderúrgico em Latossolo: efeitos na correção do solo e na disponibilidade de nutrientes e metais pesados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 17, p. 229-304, 1993.
- ANDERSON, D.L.; BOWER, J.E. **Nutrição da cana-de-açúcar**. Piracicaba: POTAFOS, 1992. 40 p.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e da Reforma Agrária. **Regras para Análise de Sementes**. Brasília; SNDA; DNDDV, CLAV, 1992.365p.
- DEREN, C. W.; DATNOFF, L. E.; SNYDER, G. H.; MARTIN, F. G. Silicon concentration, disease response, and yield components of rice genotypes grown on flooded organic histosols. **Crop Science**, Madison, v. 34, p. 733-737, 1994.
- DE MARIA, I.C.; ROSSETO, R.; AMBROSANO E. J.; DE CASTRO, O. M. Efeito da Adição de Diferentes Fontes de Cálcio no Movimento de Cátions em Colunas de Solo. **Scientais Agriculture**. Piracicaba 50 (1); 87-98, fev/ maio, 1993.
- FAVARIN, J. L.; VILELA, A. L. G.; MORAES, M. H. D.; CHAMMA, H. M. C. P.; COSTA, J. D.; DOURADO-NETO, D. Qualidade da bebida de café de frutos cereja submetidos a diferentes manejos pós-colheita. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.2, p.187-192, fev. 2004.
- FERREIRA, D. F. Sisvar 4.3. 2003. Disponível em: <http://www.dex.ufla.br/~danielff/software.htm> acesso em 10/12/2008.
- MALAVOLTA, E. Elementos de Nutrição Mineral de Plantas. **Agronômica Ceres**, São Paulo, São Paulo. 1980. 251.
- MALAVOLTA, E. Nutrição, adubação e calagem para o cafeeiro. In: RENA, A. B. (Coord.) **Simpósio sobre fatores que afetam a produtividade do cafeeiro**. Poços de Caldas, 1984. v.2, p.88-226.
- MALAVOLTA, E. Reação do solo e crescimento das plantas. In: Seminário sobre corretivos agrícolas, 1984, Piracicaba. **Anais....** Piracicaba: Cargill, 1984. p. 03-57.
- NOVAIS, R.F. & SMYTH, T.J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 1999. 399p.
- PRADO, R. M.; FERNANDES, F. M. **Eficiência da escória de siderurgia em areia quartzosa na nutrição e na produção de matéria seca de cana-de-açúcar cultivada em vaso**. STAB, Piracicaba, v. 18, n. 4, p. 39-39, 2000.

- PREZOTTL L. C; GOMES. J. A.; DADALTO. G. G; OLIVEIRA. J. A. de. **Manual de recomendação de calagem e adubação para o estado do Espírito Santo - 5ª aproximação.** Vitória, ES. SEEA/INCAPER/CEDAGRO. 2007. 305p.
- TAYLOR, D.; ARKIN. G. F. Root zone modification fundamentals and alternatives. In: TAYLOR, D.; ARKIN, G. F. (Ed.). **Modifying the root environment to reduce crop trees.** St Joseph: American Society of Agricultural Engineers, 1981. p. 3-16.
- TENNANT, D. A test of a modified Hen intersects method of estimating root length. **Journal of Ecology.** South Perth, v.63. p.995-1001. 1975.
- VITTI, G.C.; LUZ, P.H.C. Calagem e Uso do Gesso Agrícola em Pastagens. In: Simpósio Sobre Ecossistema De Pastagens, 3, 1997, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal, FCAV/UNESP, 1997. p. 63-111.
- YOSHIDA, S.; NAVESAR, S. A.; RAMIREZ, E. A. Effects of silica and nitrogen supply one some leaf characters of rice plant. **Plant and Soil,** Dordrecht v. 31, p. 48-56, 1969.