

ABSORÇÃO DE ZINCO PELO CAFEIEIRO ARÁBICA EM FUNÇÃO DA SATURAÇÃO EM BASES E DO FATOR CAPACIDADE DO SOLO.

Luiz Carlos Prezotti¹; Aledir Cassiano da Rocha²; André Guarçoni M.³; Aldemar Polonini Morelli⁴.

¹ Pesquisador, D.Sc. Incaper, Domingos Martins, prezotti@incaper.es.gov.br

² Pesquisador, M.Sc. Incaper, Domingos Martins, cassiano@incaper.es.gov.br

³ Pesquisador, D.Sc. Incaper, Domingos Martins, guarconi@incaper.es.gov.br

⁴ Administrador Rural, BS. Incaper, Venda Nova do Imigrante, apmorelli@incaper.es.gov.br

RESUMO: Com o objetivo de se determinar a influência do pH e do fator capacidade do solo na absorção de Zn pelo cafeeiro arábica e seu reflexo na produtividade e comparar a eficiência de absorção pelo cafeeiro quando aplicado via solo ou via foliar, foram implantados três experimentos em lavouras adultas de café arábica, onde foram aplicadas doses crescentes em três níveis de calagem. Observou-se que os teores de Zn no solo, nas folhas e nos frutos do cafeeiro se elevam proporcionalmente à medida que se aumentam as doses aplicadas no solo. De modo geral, os teores de Zn nas folhas e frutos do cafeeiro, quando este foi aplicado via foliar, não diferiram dos tratamentos de 0 e 2 g de Zn/planta aplicados no solo. Nos três locais não foram observadas diferenças significativas de aumento de produtividade do cafeeiro com as doses de Zn aplicadas ao solo como também no tratamento com aplicação via foliar. Os teores de Zn no solo, extraídos pelo extrator Mehlich-1, foram crescentes com o aumento dos níveis de calagem. Observou-se uma relação direta entre o P-rem e a declividade das equações de regressão lineares, indicando que quanto menor a atividade das argilas dos solos (característica de solo arenoso) maior é a recuperação de Zn pelo extrator e maiores são os teores nas folhas e nos frutos do cafeeiro, resultado da maior facilidade de absorção. Com o aumento dos níveis de calagem houve redução dos teores de Zn nas folhas e frutos, indicando maior dificuldade de absorção pelas plantas com o aumento da saturação por bases do solo.

Palavras-Chave. Cafeicultura; Micronutrientes; Fertilidade do solo; Nutrição de plantas; Calagem.

ZINC ABSORPTION BY ARABICA COFFEE AS A FUNCTION OF BASE SATURATION AND THE CAPACITY FACTOR OF SOIL

ABSTRACT: With the objective to determine the influence of pH and the capacity factor of soil on the absorption of Zn by arabica coffee and its effect on productivity and compare the efficiency of absorption of zinc by coffee plants when applied via soil or via foliar, three experiments in fields of bearing arabica coffee were installed, in which increasing amounts of Zn and three levels of lime were applied. It was observed that the levels of Zn in the soil, and leaves and fruits of coffee increased in proportion to the levels of Zn applied to the soil. In general, with foliar application of Zn, the levels of Zn in the leaves and fruits of coffee did not differ from the treatments of 0 and 2 g/plant of Zn applied to the soil. In the three locations no significant differences were observed in productivity of coffee with the Zn treatments applied to via the soil or via foliar. The levels of Zn in the soil, extracted by Mehlich-1 extractor, increased with increased lime levels. A direct relationship was observed between the P-rem and the slope of the linear regression equations, indicating that with lower activity of clays in the soils (characteristic of sandy soil) greater is the recuperation of Zn by the extractor and greater are the levels in leaves and fruits of coffee, as a result of the greater ease of absorption of Zn. With increased levels of lime there was a reduction in the levels of Zn in the leaves and fruits, indicating the greater difficulty in the absorption of Zn by plants with increased saturation of bases of the soil.

Key Words. Coffee production; Micronutrients; Soil fertility; Plant nutrition; Liming.

INTRODUÇÃO

A forma de fornecimento de zinco para o cafeeiro via solo ou via foliar tem sido motivo de discussão entre técnicos que atuam na área. As respostas de aplicações via solo são inconstantes, ora positivas ora ausentes. Diversos trabalhos têm abordado este tema, mas sem uma explicação convincente quanto aos fatores que influenciam a sua absorção. O pH e a adsorção de Zn pelas argilas e óxidos de Fe e Al no solo têm sido considerados os principais fatores que regem sua absorção pelo cafeeiro, sendo que para cada unidade de pH há um decréscimo de cem vezes na solubilidade de zinco (Lindsay, 1972). Com a elevação do pH, há formação do $Zn(OH)^+$, que é adsorvido com maior energia que o Zn^{2+} (Bar-Yosef, 1979), por possuir menor raio hidratado. Couto et al. (1992) estudando o fornecimento de zinco para a cultura do

milho, em diferentes tipos de solos, observaram ampla variação dos níveis críticos, com amplitude de 0,8 a 4,6 mg/dm³ pelo extrator Mehlich-1. Estas variações indicam interferência de características dos solos nos valores observados. O teor de fósforo remanescente (P_{rem}) foi a característica que melhor correlacionou com a variação do nível crítico de Zn no solo. Variações semelhantes foram observadas para o fósforo, por Freire (1979) e para enxofre, por Alvarez V. et al. (1983), que mostraram ser as características do solo, que refletem o fator capacidade do nutriente em questão, responsáveis por essas variações. Taniguchi et al. (2000) observaram aumento da absorção de Zn pelo cafeeiro com o aumento das doses no solo e uma conseqüente redução da absorção de Zn com o aumento do pH. O melhor desenvolvimento ocorreu em pH 5,5 quando comparado a pH 4,0 e 6,5. Marubayaschi et al. (1994) observaram que as melhores produções de café foram obtidas com a aplicação de Zn via solo, com conseqüente aumento do teor foliar. Correlações positivas entre os teores de Zn foliar e Zn no solo foram obtidas por Valencia (1964). Porém, Kupper et al. (1983) e Santo et al. (1985) obtiveram respostas positivas somente para boro via solo, não ocorrendo o mesmo para Zn. Assim, fica ressaltada a importância do desenvolvimento de um modelo para o fornecimento de Zn para o cafeeiro, considerando os fatores que mais influenciam a sua disponibilidade no solo.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram instalados três experimentos em lavouras adultas de café arábica var. catuaí na Região Serrana do Estado do Espírito Santo sendo o experimento 1 no município de Conceição do Castelo e os experimentos 2 e 3 no município de Venda Nova do Imigrante. Em cada experimento foram demarcados 3 talhões sendo um deles mantidos com pH natural, em outro foi aplicado calcário para elevação da saturação em bases a 60% e no terceiro talhão foi aplicado calcário para elevar a saturação em bases a 100%. Em cada um destes talhões foram demarcadas as parcelas, compostas por 12 plantas em linhas, sendo consideradas como bordadura uma planta das extremidades de cada parcela. O delineamento foi o de blocos ao acaso com três repetições. Os tratamentos foram constituídos por doses de Zn: 0, 2, 10, 25 e 50 g/planta e um tratamento adicional com aplicação de zinco via foliar com calda contendo 0,5% de Zn. Os tratamentos com Zn via solo foram realizados em apenas uma aplicação e o tratamento de Zn via foliar vem sendo realizado anualmente, em três aplicações distribuídas no período de frutificação. **Experimento 1:** Denominação “**Santa Luzia**”, Instalado na propriedade do Sr. Dadalto, em lavoura com 3 anos de idade e espaçamento de 2,50 x 1,20 m, plantada em Latossolo Vermelho Amarelo, apresentando as seguintes características químicas: pH em água = 4,3; P = 70 mg/dm³; K = 92 mg/dm³; Ca = 0,4 cmol_c/dm³; Mg = 0,1 cmol_c/dm³; Al = 1,8 cmol_c/dm³; V = 45,6%; MO = 3 dag/dm³; P-rem = 21 mg/L e Zn = 2,2 mg/dm³. Os tratamentos foram aplicados em junho de 2006. **Experimento 2:** Denominação “**Viçosa**”, Instalado na propriedade do Sr. Jair Pimenta, no município de Venda Nova do Imigrante, em lavoura com 4 anos de idade e espaçamento de 2,80 x 1,20 m, plantada em Latossolo Vermelho Amarelo, apresentando as seguintes características químicas: pH em água = 4,4; P = 9 mg/dm³; K = 351 mg/dm³; Ca = 1,4 cmol_c/dm³; Mg = 0,2 cmol_c/dm³; Al = 1,3 cmol_c/dm³; V = 46%; MO = 1,6 dag/dm³; P-rem = 30 mg/L e Zn = 4 mg/dm³. Devido às dificuldades para escolha da lavoura e solo adequados ao trabalho, houve atraso na instalação deste experimento, sendo os tratamentos aplicados em julho de 2007. **Experimento 3:** Instalado em área do Incaper: Denominação “**Fazenda Experimental de Venda Nova**”, em lavoura com 6 anos de idade e espaçamento de 2,0 x 1,0 m, plantada em Latossolo Vermelho Amarelo, apresentando as seguintes características químicas: pH em água = 4,6; P = 5 mg/dm³; K = 152 mg/dm³; Ca = 0,9 cmol_c/dm³; Mg = 0,2 cmol_c/dm³; Al = 0,9 cmol_c/dm³; V = 17,1%; MO = 3 dag/dm³; P-rem = 14 mg/L e Zn = 3,6 mg/dm³. Os tratamentos foram aplicados em junho de 2006.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os teor de zinco no solo, nas folhas e nos frutos e a produtividade de café arábica em função das doses aplicadas no solo e sua aplicação via foliar nos três experimentos conduzidos nos diferentes locais são apresentados no tabela 1.

Observa-se que os teores Zn no solo, nas folhas e nos frutos do cafeeiro se elevam proporcionalmente com as doses aplicadas no solo.

No experimento conduzido em Santa Luzia, o teor inicial de 3,6 mg de Zn/dm³ no solo, observado na dose 0, é considerado médio, quando comparado com as classes de fertilidade para a cultura do café, de 2 a 6 mg/dm³ (Prezotti, 2007). Na dose de 2 g/planta o teor de Zn no solo se elevou para 6,4 mg/dm³, passando a ser considerado alto por esta classificação. Entretanto, com esta dose, não foi observada elevação significativa dos seus teores na planta, tanto nas folhas como nos frutos. Alterações significativas dos teores de Zn nas folhas e nos frutos somente foram observadas a partir da dose de 10 g/planta.

No local Viçosa, o teor de 5,2 mg de Zn/dm³ no solo foi elevado para 34,9 mg/dm³ com a dose de 2 g/planta, não sendo estatisticamente diferentes entre si, devido ao elevado coeficiente de variação (33,8%) proporcionado pela amostragem do solo. Ressalta-se que o fertilizante foi aplicado uniformemente sobre a superfície do solo, sendo utilizadas, para a amostragem do solo, 20 subamostras por parcela, na tentativa de se reduzir a variabilidade dos teores de Zn entre amostras. Mesmo com estes cuidados, o coeficiente de variação observado nesta variável é

considerado elevado, quando comparado com o coeficiente de variação de 22,1%, obtido para esta variável em Santa Luzia e Venda Nova.

Tabela 1: Teor de zinco no solo, nas folhas, nos frutos e produtividade de café arábica em função das doses aplicadas no solo e via foliar, em 3 locais: Santa Luzia, Viçosinha e Fazenda Experimental de Venda Nova/Incaper. (safra 2008).

Dose de Zn no Solo	Teor de Zn no Solo	Teor de Zn na Folha	Teor de Zn no Fruto	Produtividade
g/planta	mg/dm ³	mg/kg	mg/kg	sc/ha
Santa Luzia				
0	3,6 D	10,2 C	6,5 D	9,9 A
2	6,4 CD	10,2C	6,9 CD	9,3 A
10	9,0 C	11,2 B	7,8 BC	8,8 A
25	16,0 B	11,8 B	8,5 B	9,5 A
50	29,2 A	13,5 A	9,8 A	8,2 A
Zn via foliar	5,3 CD	10 C	6,8 CD	6,9 A
	(CV=22,1%)	(CV=5,9%)	(CV=13,4%)	(CV=52,1%)
Viçosinha				
0	5,2 D	9,3 D	5,8 C	49,8 A
2	34,9 D	9,4 D	5,8 C	48,3 A
10	83,8 C	10,9 C	7,4 B	50,6 A
25	153,8 B	13,9 B	9,8 A	43,9 A
50	228,4 A	16,8 A	9,7 A	40,3 A
Zn via foliar	9,6 D	10,0 CD	5,5 C	43,7 A
	(CV=33,8)	(CV=36,2%)	(CV=23,5%)	(CV=54%)
Fazenda Experimental de Venda Nova				
0	2,8 B	9,3 CD	5,2 C	10,5 A
2	3,4 B	9,0 CD	5,5 C	10,3 A
10	3,8 B	9,9 BC	6,0 C	11,2 A
25	5,8 A	10,9 AB	7,2 B	11,4 A
50	7,5 A	11,8 A	8,0 A	9,7 A
Zn via foliar	4,0 B	8,6 D	5,3 C	10,4 A
	(CV=20,3%)	(CV=10,7%)	(CV=12,3%)	(CV=44%)

Na Fazenda Experimental de Venda Nova, só houve diferença significativa do teor de Zn no solo a partir da dose de 25 g/planta.

De modo geral, os teores de Zn nas folhas e frutos do cafeeiro, quando se aplicou via foliar, não diferiram dos tratamentos de 0 e 2 g de Zn/planta aplicados no solo.

Em Santa Luzia e Viçosinha, somente houve alteração significativa dos teores de Zn nas folhas e frutos do cafeeiro a partir da dose de 10 mg/planta. Na Fazenda Experimental de Venda Nova a elevação somente ocorreu a partir da dose de 25 g/planta.

Os baixos níveis de produtividade obtidos nos experimentos de Santa Luzia e Fazenda Experimental de Venda Nova são decorrentes da alta carga observada na safra anterior à aplicação dos tratamentos.

Nos três locais não foram observadas diferenças significativas de aumento de produtividade do cafeeiro com as doses de Zn aplicadas ao solo, como também no tratamento com aplicação via foliar.

Nos três experimentos foram observados elevados coeficientes de variação (CV) para a variável produtividade. Infelizmente, grande parte dos trabalhos de pesquisa com a cultura do café apresenta elevado CV para a variável produtividade devido à necessidade de se projetar os experimentos com grande número de parcelas para se obter grau de liberdade do resíduo superior a 12. Com isto, para que os experimentos não se tornem excessivamente grandes, é necessária a redução do número de plantas por parcela o que, aliado a elevada variabilidade de produção entre plantas, resulta em elevados coeficientes de variação.

As alterações da saturação por bases, pH, teor de Zn no solo e na planta e produtividade do cafeeiro em função dos níveis de calagem são apresentadas na tabela 2. Após dois anos da aplicação do calcário, a saturação por bases observada nos tratamentos que tiveram a calagem estimada para atingir 60% e 100% da saturação por bases, foram inferiores aos níveis previsto pelo método. Provavelmente este fato se deve às perdas de parte do calcário aplicado por lavagem superficial causada por fortes chuvas ocasionais, pela absorção de bases (K, Ca, Mg) pelas plantas e pela acidificação proporcionada pela aplicação de fertilizantes, principalmente nitrogenados. Com base nas análises de solo das parcelas, serão realizadas calagens complementares para a elevação da saturação por bases aos níveis desejados.

Embora diversos autores como Ritchey (1986), Bataglia & Raij (1994), Borges & Coutinho (2004) e Mantovani et al. (2004), não verificaram efeito significativo de doses de calcário nos teores de Zn extraídos do solo por extratores ácidos como Mehlich-1, os teores de Zn no solo, extraídos pelo Mehlich-1, foram crescentes com o aumento da quantidade de calcário, sendo esta tendência constatada nos locais Santa Luzia e Viçosinha, não havendo diferença significativa na Fazenda Experimental de Venda Nova. Estes dados corroboram com as observações de Accioly et al. (2004) em que o uso de soluções ácidas para avaliar a disponibilidade de Zn em solos que receberam altas doses de calcário pode extrair formas mais estáveis do elemento, como o Zn ligado a hidróxidos e carbonatos, que não estariam disponíveis às plantas.

Este efeito pode ser comprovado pelos dados apresentados na tabela 2 onde se observa que, mesmo com a maior recuperação de Zn pelo extrator Mehlich-1 nos tratamentos com doses crescentes de calcário, houve uma tendência de redução da absorção de Zn pelas plantas, constatados pela redução dos seus teores nas folhas e nos frutos do cafeeiro, com diferenças significativas nos experimentos de Viçosinha e Fazenda Experimental de Venda Nova.

Tabela 2 : Saturação por bases atual, pH atual e teor de zinco no solo, nas folhas e nos frutos e produtividade de café arábica em função da aplicação de calcário em 3 locais: Santa Luzia, Viçosinha e Fazenda Experimental de Venda Nova/Incaper. (safra 2008).

Calagem	V Atual	pH Atual	Teor de Zn			Produtividade sc/ha
			No solo mg/dm ³	Na folha mg/kg	No Fruto mg/kg	
Santa Luzia						
Sem calagem	41 A	4,2 A	7,7 C	10,9 A	7,1 A	7,8 A
Calagem para V=60 %	54 B	5,1 B	11,5 B	11,3 A	7,0 A	8,1 A
Calagem para V=100 %	63 C	5,6 C	15,5 A	11,3 A	6,9 A	10,4 A
Viçosinha						
Sem calagem	62 B	5,5 C	73 B	12,1 A	7,9 A	47,3 A
Calagem para V=60 %	70 A	5,9 B	70 B	12,2 A	7,2 AB	45,6 A
Calagem para V=100 %	70 A	6,2 A	115 A	10,9 B	6,4 B	45,4 A
Fazenda Experimental de Venda Nova						
Sem calagem	12,5 B	4,7C	4,7 A	14,1 A	6,4 A	9,8 A
Calagem para V=60 %	30,2 A	4,9 B	5,0 A	15,0 A	6,3 A	10,1 A
Calagem para V=100 %	35,5 A	5,1 A	4,3 A	11,3 B	5,8 B	10,3 A

Os valores de fósforo remanescente (P-rem) e as relações dos teores de Zn no solo e nas plantas do cafeeiro arábica em função das doses, são apresentados na tabela 3.

Observa-se uma relação direta entre o P-rem e a declividade das equações de regressão, indicando que quanto menor a atividade das argilas dos solos (característica de solo arenoso) maior é a recuperação de Zn pelo extrator Mehlich-1 e maiores são os teores nas folhas e nos frutos do cafeeiro, resultado da maior facilidade de absorção de Zn.

Tabela 3: Fósforo remanescente (P-rem) e equações de regressão do teor de Zn no solo (mg/dm³), na folha (mg/kg) e no fruto (mg/kg) do cafeeiro arábica em função de doses de Zn (g/planta).

Local	P-rem mg/L	Funções	R ²
Santa Luzia	21	Teor de Zn no solo = $4,26 + 0,493^{(0,01)} \times \text{Dose de Zn}$	0,995 ^(0,02)
Viçosinha	30	Teor de Zn no solo = $27,24 + 4,275^{(0,14)} \times \text{Dose de Zn}$	0,965 ^(0,28)
Faz. Exp. Venda Nova	14	Teor de Zn na folha = $9,22 + 0,127^{(0,06)} \times \text{Dose de Zn}$	0,980 ^(0,12)
Santa Luzia	21	Teor de Zn na folha = $10,24 + 0,065^{(0,05)} \times \text{Dose de Zn}$	0,982 ^(0,11)
Viçosinha	30	Teor de Zn na folha = $9,36 + 0,155^{(0,04)} \times \text{Dose de Zn}$	0,986 ^(0,07)
Faz. Exp. Venda Nova	14	Teor de Zn no fruto = $5,43 + 0,055^{(0,21)} \times \text{Dose de Zn}$	0,955 ^(0,42)

Santa Luzia	21	Teor de Zn no fruto = $6,81 + 0,062^{(0,14)} \times \text{Dose de Zn}$	0,965 ^(0,29)
Viçosa	30	Teor de Zn no fruto = $6,22 + 0,085^{(6,51)} \times \text{Dose de Zn}$	0,588 ^(13,01)

* Valores sobrescritos entre parêntesis indica o nível de significância *p* expresso em %.

As equações de regressão que relacionam os teores de Zn no solo, nas folhas e nos frutos do cafeeiro em função das doses aplicadas no solo para os três níveis de calagem são apresentados na tabela 4.

Nos três locais, as declividades das equações que relacionam o teor de Zn no solo e as doses aplicadas são crescentes com a elevação dos níveis de calagem, indicando uma maior taxa de recuperação do extrator Mehlich-1 à medida que são aumentadas as doses de calcário. Para os teores de Zn nas folhas e frutos, observa-se uma tendência de decréscimo das declividades, indicando uma menor absorção pelas plantas em decorrência do aumento dos níveis de calagem.

Tabela 4: Fósforo remanescente (P-rem) e equações de regressão do teor de Zn no solo (mg/dm³), na folha (mg/kg) e no fruto (mg/kg) do cafeeiro arábica em função dos níveis crescentes de calagem.

Local	Funções	R ²
Santa Luzia		
Sem calagem	Teor de Zn no solo = $2,612 + 0,329^{(0,03)} \times \text{Dose de Zn}$	0,987 ^(0,06)
Calagem para V=60 %	Teor de Zn no solo = $3,585 + 0,537^{(0,00)} \times \text{Dose de Zn}$	0,997 ^(0,01)
Calagem para V=100 %	Teor de Zn no solo = $6,674 + 0,609^{(0,05)} \times \text{Dose de Zn}$	0,981 ^(0,11)
Sem calagem	Teor de Zn na folha = $9,631 + 0,082^{(1,78)} \times \text{Dose de Zn}$	0,816 ^(3,55)
Calagem para V=60 %	Teor de Zn na folha = $10,334 + 0,072^{(0,31)} \times \text{Dose de Zn}$	0,941 ^(0,61)
Calagem para V=100 %	Teor de Zn na folha = $10,793 + 0,043^{(0,75)} \times \text{Dose de Zn}$	0,894 ^(1,50)
Sem calagem	Teor de Zn no fruto = $6,027 + 0,063^{(1,89)} \times \text{Dose de Zn}$	0,808 ^(3,78)
Calagem para V=60 %	Teor de Zn no fruto = $6,000 + 0,073^{(0,03)} \times \text{Dose de Zn}$	0,987 ^(0,06)
Calagem para V=100 %	Teor de Zn no fruto = $8,478 + 0,049^{(9,37)} \times \text{Dose de Zn}$	0,491 ^(18,75)
Viçosa		
Sem calagem	Teor de Zn no solo = $8,978 + 4,427^{(0,18)} \times \text{Dose de Zn}$	0,959 ^(0,35)
Calagem para V=60 %	Teor de Zn no solo = $24,098 + 3,352^{(0,77)} \times \text{Dose de Zn}$	0,892 ^(1,54)
Calagem para V=100 %	Teor de Zn no solo = $48,830 + 5,043^{(0,87)} \times \text{Dose de Zn}$	0,884 ^(1,75)
Sem calagem	Teor de Zn na folha = $9,899 + 0,147^{(1,06)} \times \text{Dose de Zn}$	0,868 ^(2,13)
Calagem para V=60 %	Teor de Zn na folha = $9,936 + 0,145^{(0,02)} \times \text{Dose de Zn}$	0,991 ^(0,03)
Calagem para V=100 %	Teor de Zn na folha = $8,327 + 0,169^{(0,03)} \times \text{Dose de Zn}$	0,986 ^(0,07)
Sem calagem	Teor de Zn no fruto = $7,136 + 0,069^{(7,94)} \times \text{Dose de Zn}$	0,537 ^(15,89)
Calagem para V=60 %	Teor de Zn no fruto = $6,324 + 0,081^{(2,46)} \times \text{Dose de Zn}$	0,775 ^(4,93)
Calagem para V=100 %	Teor de Zn no fruto = $5,589 + 0,046^{(17,38)} \times \text{Dose de Zn}$	0,291 ^(34,76)
Fazenda Experimental de Venda Nova		
Sem calagem	Teor de Zn no solo = $3,145 + 0,091^{(0,05)} \times \text{Dose de Zn}$	0,983 ^(0,09)
Calagem para V=60 %	Teor de Zn no solo = $2,802 + 0,126^{(0,04)} \times \text{Dose de Zn}$	0,985 ^(0,08)
Calagem para V=100 %	Teor de Zn no solo = $2,917 + 0,525^{(0,04)} \times \text{Dose de Zn}$	0,707 ^(0,07)
Sem calagem	Teor de Zn na folha = $9,159 + 0,098^{(0,01)} \times \text{Dose de Zn}$	0,996 ^(0,01)
Calagem para V=60 %	Teor de Zn na folha = $9,457 + 0,077^{(0,27)} \times \text{Dose de Zn}$	0,946 ^(0,54)
Calagem para V=100 %	Teor de Zn na folha = $9,673 + 0,087^{(0,32)} \times \text{Dose de Zn}$	0,907 ^(0,84)
Sem calagem	Teor de Zn no fruto = $3,185 + 0,062^{(2,00)} \times \text{Dose de Zn}$	0,802 ^(4,00)
Calagem para V=60 %	Teor de Zn no fruto = $5,439 + 0,067^{(0,80)} \times \text{Dose de Zn}$	0,944 ^(0,61)
Calagem para V=100 %	Teor de Zn no fruto = $5,195 + 0,042^{(0,14)} \times \text{Dose de Zn}$	0,965 ^(0,27)

As declividades das equações de regressão apresentadas na tabela 4 foram correlacionadas com as saturações por base resultantes da aplicação dos três níveis de calcário nos três locais, sendo seus coeficientes, com seus respectivos níveis de significância, apresentados (Tabela 5).

Tabela 5: Correlação de Pearson (r) entre a saturação por bases resultantes dos níveis de calagem (sem calagem, calagem para V=60% e calagem para V=100%) nos três locais e a declividade das equações de regressão lineares de estimativa dos teores de Zn no solo, nas folhas e nos frutos do cafeeiro.

Local	Coeficiente de correlação entre a saturação por bases (V) resultantes da aplicação dos três níveis de calagem nos três locais e as declividades das equações lineares de estimativa dos teores de Zn no solo, na folha e nos frutos em função das doses.		
	V & Zn no Solo	V & Zn na Folha	V & Zn no Fruto
Santa Luzia	0,9858 ^(5,37)	- 0,9291 ^(12,06)	- 0,4925 ^(33,61)
Viçosinha	- 0,1548 ^(45,05)	0,4336 ^(35,73)	- 0,1785 ^(44,29)
Fazenda Exp. Venda N.	0,7298 ^(23,96)	- 0,7532 ^(22,85)	- 0,5272 ^(32,32)

* Valores sobrescritos entre parêntesis indica o nível de significância *p* expresso em %.

No local Santa Luzia ficou bem evidenciada a relação positiva da taxa de recuperação do Zn aplicado ao solo pelo extrator Mehlich-1 e a saturação em bases do solo ($r = 0,9858$). Esta mesma tendência positiva foi observada na Fazenda Experimental de Venda Nova, embora com nível de significância elevado ($p = 23,96\%$). Em Viçosinha o coeficiente de correlação entre estas variáveis foi muito baixo ($r = - 0,1548$)

Foram observadas correlações negativas entre a saturação por bases e a declividade das equações que relacionam os teores de Zn na folha nos locais Santa Luzia e Fazenda Experimental de Venda Nova, demonstrando a maior dificuldade das plantas em absorver Zn à medida que se eleva a saturação por bases dos solos. Em Viçosinha a correlação foi positiva, mas com baixo nível de significância ($p = 35,73\%$).

Os coeficientes obtidos para Zn no fruto apresentaram baixos níveis de significância nos três locais. Entretanto, por serem negativos, também demonstram uma tendência de menor absorção pelas plantas com o aumento da saturação por bases.

CONCLUSÕES

Os teores Zn no solo, nas folhas e nos frutos do cafeeiro se elevam proporcionalmente à medida que se aumentam as doses aplicadas no solo.

De modo geral, os teores de Zn nas folhas e frutos do cafeeiro, quando se aplicou via foliar, não diferiram dos tratamentos de 0 e 2 g de Zn/planta aplicados no solo.

Nos três locais não foram observadas diferenças significativas de aumento de produtividade do cafeeiro com as doses de Zn aplicadas ao solo como também no tratamento com aplicação via foliar.

Os teores de Zn no solo, extraídos pelo extrator Mehlich-1, foram crescentes com o aumento dos níveis de calagem.

Observou-se uma relação direta entre o P-rem e a declividade das equações de regressão lineares, indicando que quanto menor a atividade das argilas dos solos (característica de solo arenoso) maior é a recuperação de Zn pelo extrator e maiores são seus teores nas folhas e nos frutos do cafeeiro, resultado da maior facilidade de absorção.

Com o aumento dos níveis de calagem houve redução dos teores de Zn nas folhas e frutos, indicando maior dificuldade de absorção pelas plantas com o aumento da saturação por bases do solo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACCIOLY, A.M.A.; SIQUEIRA, J.O.; CURI, N. & MOREIRA, F.M.S. Amenização do calcário na toxidez de zinco e cádmio para mudas de *Eucalyptus comaldulensis* cultivadas em solo contaminado. **R. Bras. Ci. Solo**, 28:775-783, 2004.
- ALVAREZ V..V.H.; NOVAIS, R.F.; NEVES, J.C.L. & BARROS, N.F. Níveis críticos de enxofre em solos de cerrado para o crescimento de mudas de eucalipto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 19., Curitiba, 1983. **Resumos**. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 1983. p.85-86.
- BAR-YOSEF, B. pH-dependent zinc adsorption by soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, Madison, 43:1095-1099, 1979.
- BATAGLIA, O.C. & RAIJ, B. van. Soluções extratoras na avaliação da fitodisponibilidade do zinco em solos. **R. Bras. Ci. Solo**, 18:457-461, 1994.
- BORGES, M.R. & COUTINHO, E.L.M. Metais pesados do solo após aplicação de biossólido. II – Disponibilidade. **R. Bras. Ci. Solo**, 28:557-568, 2004.

- COSTA, E.B. **Manual técnico para a cultura do café no Estado do Espírito Santo**. Vitória, ES: SEAG-ES, 1995. 163p.
- COUTO, C.; NOVAIS, R.F.; TEIXEIRA, J.L., BARROS, N.F. & NEVES, J.C.L. Níveis críticos de zinco na planta para o crescimento de milho em amostras de solos com diferentes valores do fator capacidade. **R. bras. Ci. Solo**, Campinas, 16:79-87, 1992.
- FREIRE, F.M.; NOVAIS, R.F.; BRAGA, J.M.; FRANÇA, G.E.; SANTOS, H.L. & SANTOS, R.R.R.S.. Adubação fosfatada para a cultura da soja baseada no fósforo disponível em diferentes extratores químicos e no fator capacidade. **R. bras. Ci. Solo**, Campinas, 3:105-111, 1979.
- KUPPER, A. Efeito de doses crescentes de óxido e sulfato de zinco em cafeeiros em produção. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 10, 1983, Poços de Caldas. **Resumos**. Poços de Caldas: IBC, 1983. p. 383-6.
- LINDSAY, W.L. Inorganic phase equilibria of micronutrients in soils. In: MORTVEDT, J.J., ed. Micronutrients in agriculture. Madison, **Soil Science Society of America**, 1972. p.41-57.
- MANTOVANI, J.R.; CRUZ, M.C.P.; FERREIRA, M.E. & ALVES, W.L. Extratores para avaliação da disponibilidade de metais pesados em solos adubados com vermicomposto de lixo urbano. **Pesq. Agropec. Bras.**, 39:371-378, 2004.
- MARUBAYASHI, O.M.; PEDROSO, P.A.C.; VITTI, G.C. & COSTA, W.M. Efeito de fontes e formas de aplicação de boro e zinco na cultura do cafeeiro. **Científica**, São Paulo, 22(2):289-299, 1994.
- PREZOTTI, 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 – 5º aproximação**. Vitória, ES, SEEA/INCAPER/CEDAGRO, 2007. 305p.
- RITCHEY, K.D.; COX, F.R.; GALRÃO, E.Z. & YOST, R.S. Disponibilidade de zinco para as culturas do milho, sorgo e soja em Latossolo Vermelho-Escuro argiloso. **Pesq. Agropec. Bras.**, 21:215-225, 1986.
- SANTO, J.O.E.; SANTINATO, R. & MATIELLO, J.B. Dose e modo de aplicação dos micronutrientes zinco, boro e cobre na formação de cafeeiro em solo latossol vermelho-amarelo húmico no Jequetinhonha – MG. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 12, 1985, Caxambu. **Anais ...** Caxambu: IBC, 1985. p226-7.
- TANIGUCHI, CARLOS ALBERTO KENJI; CHAVES, JÚLIO CÉSAR DIAS. Avaliação de extratores para determinar a disponibilidade de zinco no solo e desenvolvimento de mudas de cafeeiro. In: Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil (1.: 2000 : Poços de Caldas, MG). **Resumos expandidos**. Brasília, D.F.: Embrapa Café; Belo Horizonte: Minasplan, 2000. 2v. (1490p.), p. 1434-1437.
- VALENCIA, A.G. La deficiencia de boro en el cafeto y su control. **Cenicafé** (Chinchina, Caldas). 15:115-125, 1964.