

# CORRELAÇÃO ENTRE OS EXTRATORES DTPA E MEHLICH E O TEOR DE ZINCO EM ESPÉCIES DE CAFÉ<sup>1</sup>

José Laércio FAVARIN<sup>2</sup>, Godofredo César VITTI<sup>3</sup>, Paula Rodrigues SALGADO<sup>4</sup>, Durval Dourado NETO<sup>5</sup>, Marcos Silveira BERNARDES<sup>6</sup>, José Laércio Favarin JUNIOR<sup>7</sup>, Ciro Abbud RIGHI<sup>8</sup>, Fabiana Taveira CAMARGO<sup>9</sup>

<sup>2</sup> Professor Dr. Departamento de Produção Vegetal da ESALQ, USP, <sup>3</sup> Professor Dr. Departamento Solos e Nutrição Mineral de Plantas da ESALQ, USP, <sup>4</sup> Doutoranda na área de Fitotecnia da ESALQ, USP, <sup>5</sup> Professor Dr. Departamento de Produção Vegetal da ESALQ, USP, <sup>6</sup> Professor Dr. Departamento de Produção Vegetal da ESALQ, USP, <sup>7</sup> Aluno de graduação da UFLA, <sup>8</sup> Doutoranda na área de Fitotecnia da ESALQ, USP, <sup>9</sup> Mestranda na área de Fitotecnia da ESALQ, USP

## Resumo:

Muitos trabalhos de pesquisas foram realizados para avaliar a resposta da cultura à aplicação de zinco nas cultivares de *Coffea arabica* L. No Estado de São Paulo a espécie *Coffea canephora* Pierre é recomendada para o plantio em áreas marginais e utilizada como porta enxerto onde há infestação por nematóides. Apesar da importância da espécie *Coffea canephora* Pierre, não há conhecimento suficiente sobre o seu comportamento em relação à absorção de zinco, justificando uma avaliação em casa de vegetação, sobre a resposta à sua aplicação no solo em relação a estas espécies e a interação de ambas por meio da enxertia. A pesquisa fundamenta na hipótese que a absorção de zinco varia com a espécie e o teor disponível no solo. A curva do tipo exponencial foi a que ajustou os dados entre Zn nas plantas da cv Mundo Novo e Zn disponível no solo, independentemente do extrator, sem ficar definido o ponto de inflexão (máxima absorção). Para a cv Apoatã não ficou caracterizada a inflexão relativa à absorção máxima de zinco a partir das doses avaliadas no experimento. A relação entre a quantidade acumulada do nutriente no cafeeiro e o teor no solo apresentou tendência linear no ajuste dos dados, independentemente dos extratores. Nas plantas obtidas pela enxertia entre as espécies verificou que o extrator Mehlich 1 e a variável zinco total explica com vantagem a resposta das plantas a disponibilidade de Zn, conforme indica o coeficiente de determinação ( $R = 0,84$ ) comparado ao extrator DTPA para a mesma variável (Zn - total), em que o coeficiente de determinação foi da ordem de 0,78.

Palavras-chave: *Coffea arabica* L., *Coffea canephora* Pierre, absorção de zinco, doses de zinco

## CORRELATION BETWEEN THE EXTRACTORS DTPA AND MEHLICH AND THE ZINC TEXT IN SPECIES OF COFFEE

### Abstract:

Many research projects had been done to evaluate the culture reply to the zinc application in the *Coffea arabica* L. In the State of São Paulo the species *Coffea canephora* Pierre are recommended for the delinquents areas being used as door graft where there is nematoides infestation. Despite of the importance of the Canephora Coffea Pierre specie, there is not enough knowledge on its behavior in relation to zinc absortion, justifying an evaluation in a greenhouse, on the reply to zinc application on the ground in relation the species (*Coffea arabica* L. and *Coffea canephora* Pierre) and the interaction of both by the graft. The research based on the hypothesis that the zinc absortion varies with the species and the extractor kind used in the determination of the amount in the ground. The curve that adjusted to the data between Zn in the plants of cv the New World and the available amount in the ground, independently of the extractor, was of the exponential kind, without definition about the inflection point (maximum absorption). For cv the Apoatã the maximum zinc absorption was not characterized the relative inflection from the doses evaluated in the experiment. The relation between the accumulated amount of the nutrient in the coffee tree and the available amount in the ground presented linear trend in the adjustment of the data, independently of the extractors. In the plants developed by the graft way was verified that the Mehlich 1 extractor and total zinc variable explain with advantage the plants reply to the Zn availability, as indicates the determination coefficient ( $R^2 = 0,84$ ) compared with DTPA extractor the same variable (Zn - total), where the determination coefficient was 0,78.

Key words: *Coffea arabica* L., *Coffea canephora* Pierre, zinc absorption, doses of zinc

### Introdução

A maior parte dos trabalhos de pesquisas realizados para avaliar a resposta da cultura à aplicação de zinco foi efetuado com as cultivares da espécie *Coffea arabica* L. (Souza et al., 2000; Lima Filho, 1991; Grillo e Silva, 1985).

<sup>1</sup> Pesquisa realizada com apoio da FAPESP

O zinco é um micronutriente fundamental à nutrição do cafeeiro em razão das suas ações no metabolismo da planta, funcionando como ativador das enzimas relacionadas com a síntese de aminoácidos, proteínas e hormônios vegetais. A importância do zinco pode ser entendida pela sua participação na síntese do aminoácido triptofano, precursor do ácido indol acético, por meio da ativação da enzima sintetase do triptofano (Hewitt e Smith, 1975) e pelo controle que exerce sobre a atividade da RNase - enzima que hidrolisa o RNA e, por isso, afeta a síntese protéica, enquanto a ação do AIA na promoção da expansão celular influencia o crescimento da parte aérea e raízes.

No estudo de calibração de boro e zinco em café (*Coffea arabica* L.), utilizando a cultivar Catuaí Amarelo, Lima Filho (1991) verificou que a aplicação de doses crescentes de zinco no solo não influenciou os teores foliares, enquanto os níveis encontrados nas raízes aumentaram significativamente.

No Estado de São Paulo a espécie *Coffea canephora* Pierre é recomendada para o plantio em áreas marginais à espécie *Coffea arabica* L. utilizada como porta enxerto onde a infestação por nematóides é generalizada, limitando a produção. Apesar da importância da espécie *Coffea canephora* Pierre não há conhecimento suficiente sobre o seu comportamento em relação à absorção de zinco, o que justifica uma avaliação preliminar, em casa de vegetação, quanto à resposta à sua aplicação no solo.

Esta pesquisa fundamenta na hipótese de que a absorção desse nutriente pelas raízes varia com o material genético e o teor disponível no solo, tendo sido efetuada com o objetivo de estudar a correlação entre o teor de zinco na planta e sua disponibilidade no solo avaliado pelos extratores DTPA e Mehlich 1.

## Material e Métodos

A pesquisa foi conduzida em casa de vegetação do Departamento de Produção Vegetal na Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP.

Foi adotado o delineamento experimental de blocos ao acaso em esquema fatorial, utilizando nove tratamentos com três repetições obtidos pela combinação de três níveis de zinco aplicados no solo (0, 10 e 20 mg dm<sup>-3</sup>) e três cultivares de café: Mundo Novo IAC 379-19 (MN, *Coffea arabica* L.); Apoatã IAC 2258 (AP, *Coffea canephora* Pierre) e Mundo Novo IAC 379-19 enxertada sobre a cultivar Apoatã IAC 2258 (MN/AP, *Coffea arabica* L. sobre *Coffea canephora* Pierre).

Para efetuar o plantio foram separadas, aleatoriamente, plantas de um lote de mudas e após a sua retirada do tubete as raízes foram lavadas para a eliminação das impurezas. Este procedimento foi adotado porque o substrato usado na formação das mudas em tubetes possui grande quantidade de zinco (Tavares Júnior, 2004).

Os resultados da análise química antes da incubação do solo indicam que os mesmos são indicados para pesquisa dessa natureza (Tabelas 1).

Tabela 1. Resultados da análise química do solo antes da incubação com calcário para elevar a fertilidade.

pH	M.O	P	S-SO <sub>4</sub>	K	Ca	Mg	Al	H+Al	V	m	B	Cu	Fe	Mn	Zn <sup>1</sup>
CaCl <sub>2</sub>	g dm <sup>-3</sup>	mg dm <sup>-3</sup>				mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>			%				mg dm <sup>-3</sup>		
4,0	37	4,0	22,0	0,6	1,0	1,0	3,0	109,0	2,0	54,0	0,44	1,0	97,0	0,8	0,3 (0,8)

<sup>1</sup> valor entre parêntesis foi extraído com uma solução ácida – Mehlich 1

A solução nutritiva foi preparada e misturada com a terra visando elevar atender as exigências nutricionais durante o crescimento do cafeeiro. As quantidades fornecidas de nutrientes, exceto o zinco - variável conforme os tratamentos, são apresentadas na Tabela 2. Ressalte-se que o N foi fornecido em várias coberturas, durante a condução do experimento, devido aos riscos de perdas por lixiviação.

Tabela 2. Quantidades de nutrientes para atender a exigência nutricional de cafeeiros em vasos.

N	P	K	Fe	S	Mn	B	Cu	Mo
mg L <sup>-1</sup>								
150	200	150	10	50	10	0,75	1,5	0,1

A solução nutritiva foi preparada com as seguintes fontes: MAP (50 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 10 % N), KCl (60 % K<sub>2</sub>O), sulfato de manganês (32 % Mn), solubor (20,5 % B), sulfato de cobre (15 % Cu) e molibdato de amônia (54 % Mo). O enxofre foi fornecido por meio das fontes de Cu (sulfato de cobre – 12 % S) e Mn (sulfato de manganês - 19,2 % S) e o ferro pela solução complexante Fe-EDTA (5000 ppm Fe). A aplicação de zinco no solo foi feita de acordo com os tratamentos adotados para a realização do experimento (0, 10 e 20 mg dm<sup>-3</sup>), utilizando sulfato de zinco (20 % Zn).

Foram efetuadas cinco aplicações em cobertura de 25 mg litro<sup>-1</sup> de N, utilizando como fonte a uréia em duas coberturas e nitrato de amônio nas demais. Além destas operações foram feitas três aplicações de 25 mg litro<sup>-1</sup> de K e três foliares de MAP a 1 % (10 g litro<sup>-1</sup>).

A análise química de solo foi realizada no final do experimento, utilizando o extrator complexante DTPA (Raij et al., 2001) e o extrator ácido Mehlich 1 (Olsen & Dean, 1965) para determinar o teor de zinco disponível.

Com base nos resultados da análise química do solo e da análise dos tecidos vegetais foram estabelecidas correlações entre a quantidade de zinco na planta (Zn total = parte aérea e raízes, µg planta<sup>-1</sup>) e Zn parte aérea (folhas, caule e ramos, µg planta<sup>-1</sup>) e o teor do nutriente disponível no solo de acordo com o extrator usado (mg dm<sup>-3</sup>).

## Discussão dos Resultados

A correlação entre a quantidade de zinco acumulada no cafeeiro e o teor do nutriente disponível no solo pelo extrator DTPA variou a parte considerada (Zn – total ou Zn – parte aérea) nas plantas da cultivar Mundo Novo (*Coffea arabica* L.) como indica o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) igual a 0,75 (Zn – total) e 0,59 (Zn - parte aérea) (Figura 1).

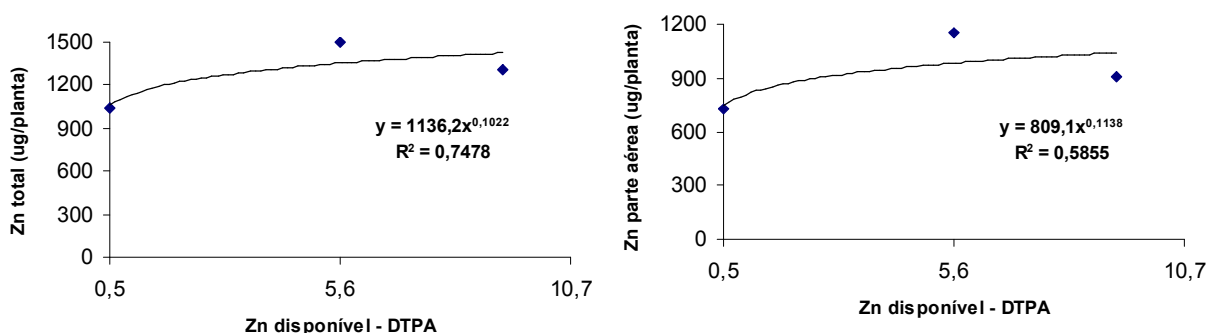


Figura 1. Zinco total e na parte aérea ( $\mu\text{g planta}^{-1}$ ) na cultivar Mundo Novo (*Coffea arabica* L.) em razão do zinco disponível no solo ( $\text{mg dm}^{-3}$ ) pelo extrator DTPA.

Tabela 3. Quantidade de zinco ( $\mu\text{g planta}^{-1}$ ) nas folhas e caule+ramos em razão da espécie e da dose de zinco ( $\text{mg dm}^{-3}$ ) aplicada no solo.

Cultivar	Zn - folhas			Zn - caule+ramos		
	0	10	20	0	10	20
MN	499,43Ab	896,76Aa	648,55Bb	228,05Aa	259,59Ba	262,80Ba
AP	554,01Ab	691,39ABb	990,39Aa	248,18Ab	368,18Aa	431,60Aa
MN/AP	637,00Ab	591,04Bb	938,36Aa	214,82Ab	200,23Bb	365,38Aa

Médias seguidas de mesma letra maiúscula nas colunas não diferem entre si pelo teste Tukey a 5 %

Médias seguidas de mesma letra minúscula nas linhas não diferem entre si pelo teste Tukey a 5 %

A baixa correlação verificada na parte aérea ( $R^2 = 0,59$ ) deve-se a queda da quantidade de zinco constatada nas folhas dessas plantas (MN) na dose de  $20 \text{ mg dm}^{-3}$  de Zn ( $648,55 \mu\text{g planta}^{-1}$ ) em relação a quantidade do nutriente na dose de  $10 \text{ mg dm}^{-3}$  de Zn ( $896,76 \mu\text{g planta}^{-1}$ ) (Tabela 3).

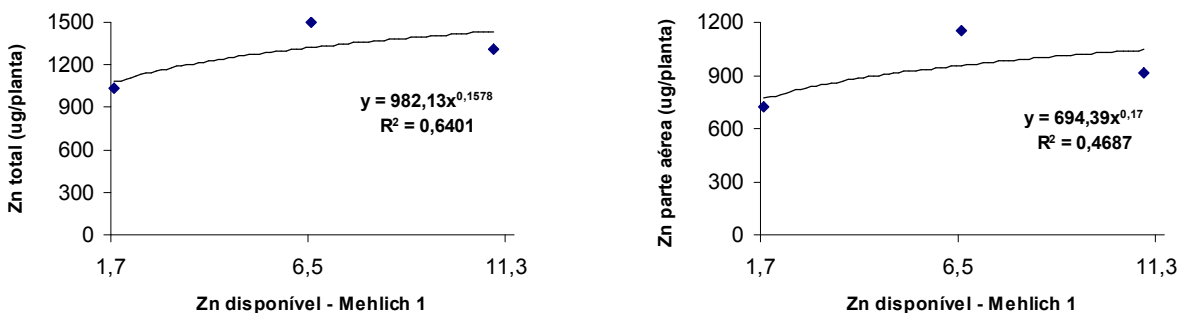


Figura 2. Zinco total e na parte aérea ( $\mu\text{g planta}^{-1}$ ) na cultivar Mundo Novo (*Coffea arabica* L.) em razão do zinco disponível no solo ( $\text{mg dm}^{-3}$ ) pelo extrator Mehlich 1.

A curva que melhor ajustou os dados entre Zn nas plantas da cultivar Mundo Novo e o teor disponível no solo, independentemente do extrator, é do tipo exponencial sem contudo ficar estabelecido com clareza, o ponto de inflexão (máxima absorção). Pode-se inferir que a dose de zinco responsável pela máxima absorção ocorreria, certamente, próxima à quantidade de  $20 \text{ mg dm}^{-3}$  de Zn, dose máxima do nutriente aplicada no presente experimento.

A correlação entre as mesmas variáveis (Zn - total e Zn - parte aérea) com base no teor de zinco disponível pelo extrator Mehlich 1 (Figura 2) apresentou coeficiente de determinação inferior, tanto para o zinco total ( $R^2 = 0,64$ ) quanto para o zinco na parte aérea ( $R^2 = 0,47$ ) comparativamente aos coeficientes de determinação pelo extrator DTPA (Figura 1).

Para as plantas da cultivar Apoatã o conteúdo de zinco encontrado na planta, em função do teor disponível no solo, apresentou coeficientes de determinação elevados e semelhantes para as duas variáveis (Zn - total e Zn - parte aérea,  $\mu\text{g planta}^{-1}$ ), independentemente do extrator usado (Figuras 3 e 4).

As correlações entre estas variáveis (Zn - total e Zn - parte aérea) com o teor de zinco disponível pelo extrator DTPA foram superiores na cultivar Apoatã (*Coffea canephora* Pierre) em relação àquela observada na cultivar Mundo Novo, apresentando valores de R iguais a 0,97 e 0,96 para Zn - total e Zn - parte aérea, respectivamente (Figura 3).

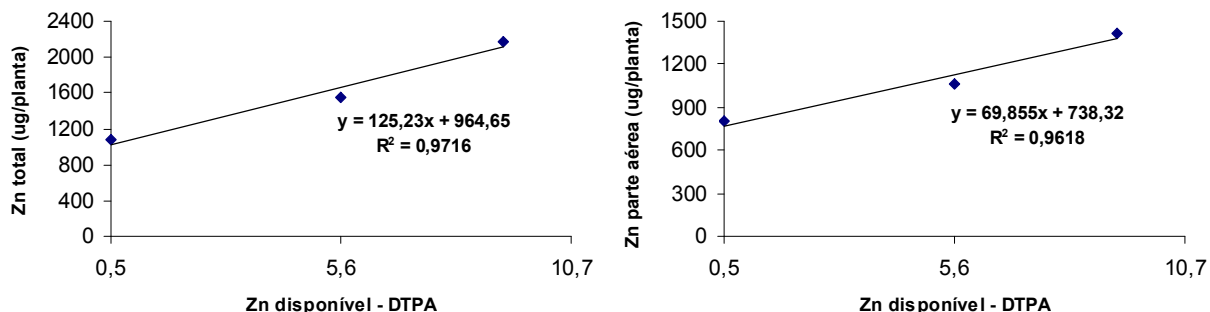


Figura 3. Zinco total e na parte aérea ( $\mu\text{g planta}^{-1}$ ) na cultivar Apoatã (*Coffea canephora* Pierre) em razão do zinco disponível no solo ( $\text{mg dm}^{-3}$ ) pelo extrator DTPA.

Nestas plantas (cv. Apoatã) ocorreu acúmulo significativo de zinco nas folhas passando de  $691,39 \mu\text{g planta}^{-1}$  (Zn:  $10 \text{ mg dm}^{-3}$ ) para  $990,39 \mu\text{g planta}^{-1}$  (Zn:  $20 \text{ mg dm}^{-3}$ ), enquanto no caule+ramos, nas duas cultivares (Mundo Novo e Apoatã) o fornecimento de  $20 \text{ mg dm}^{-3}$  não alterou a quantidade do nutriente nesses órgãos, comparativamente ao valor observado nas plantas que receberam  $10 \text{ mg dm}^{-3}$  de Zn (Tabela 3).

Nas plantas da cv. Apoatã não ficou caracterizada a inflexão relativa a absorção máxima de zinco pela planta (Figuras 3 e 4) com base nas doses de zinco avaliadas no presente experimento (0, 10 e  $20 \text{ mg dm}^{-3}$ ). A relação entre a quantidade acumulada do nutriente no cafeeiro e o teor disponível no solo apresentou tendência linear no ajuste dos dados, independentemente dos extratores.

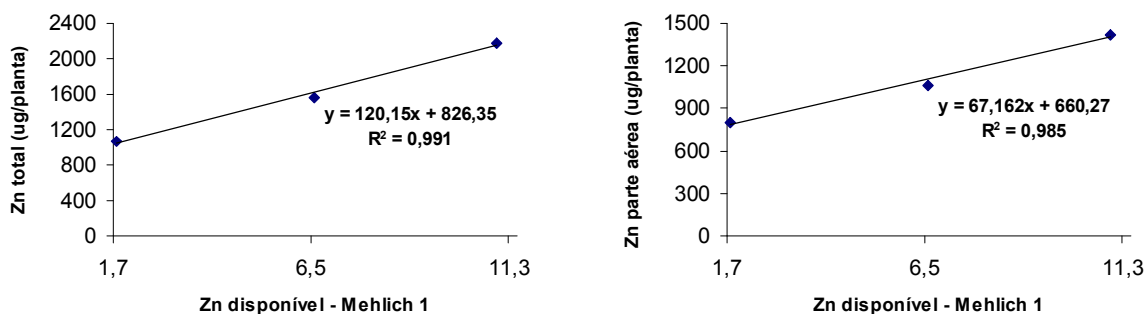


Figura 4. Zinco total e na parte aérea ( $\mu\text{g planta}^{-1}$ ) na cultivar Apoatã (*Coffea canephora* Pierre) em razão do zinco disponível no solo ( $\text{mg dm}^{-3}$ ) pelo extrator Mehlich 1.

Os dois extratores apresentaram elevados coeficientes de correlação para a quantidade de Zn - total e Zn - parte aérea, podendo-se admitir que a disponibilidade do nutriente no solo não dependeu do extrator na cultivar Apoatã (*Coffea canephora* Pierre). Entretanto, nas plantas da cultivar Mundo Novo (*Coffea arabica* L.) a resposta à absorção de zinco variou com o extrator e a parte da planta avaliada, sendo superior, conforme discutido anteriormente, o extrator DTPA e a variável Zn - total (Figura 1).

As plantas obtidas pela combinação destas espécies *Coffea arabica* L. e *Coffea canephora* Pierre, por meio da enxertia das cultivares Mundo Novo e Apoatã, apresentaram a mesma tendência linear entre o conteúdo de zinco acumulado na planta e o teor do elemento no solo, que foi verificado nas plantas da cv. Apoatã (Figura 5).

O valor do coeficiente de determinação refletiu a influência da espécie *Coffea arabica*, conforme indicam os valores de  $R^2$  encontrado para a variável Zn - total (extrator DTPA) nas plantas enxertadas (MN/AP:  $R^2 = 0,78$ ), valor próximo ao que fora determinado nas plantas da cultivar MN ( $R^2 = 0,74$ ), enquanto nas plantas da cultivar Apoatã o valor de  $R^2$  foi igual a 0,97. Fato semelhante foi constatado para a variável Zn na parte aérea das plantas enxertadas (MN/AP) com  $R^2$  (0,55), enquanto nas cultivares Mundo Novo e Apoatã obtiveram-se  $R^2$  iguais a 0,58 e 0,96 respectivamente.

A espécie *Coffea canephora* Pierre cv. Apoatã influenciou, por meio da enxertia, a quantidade de zinco nas plantas da cultivar Mundo Novo (*Coffea arabica* L.) quando forneceu 20 mg dm<sup>-3</sup> de Zn, evidenciada pelo conteúdo do nutriente na parte aérea (Zn - folha = 938,36 µg planta<sup>-1</sup> e Zn - caule+ramos = 365,38 µg planta<sup>-1</sup>) nas plantas enxertadas (MN/AP), fato que pode estar relacionado com o maior sistema radicular da espécie (Figuras 5, 6).

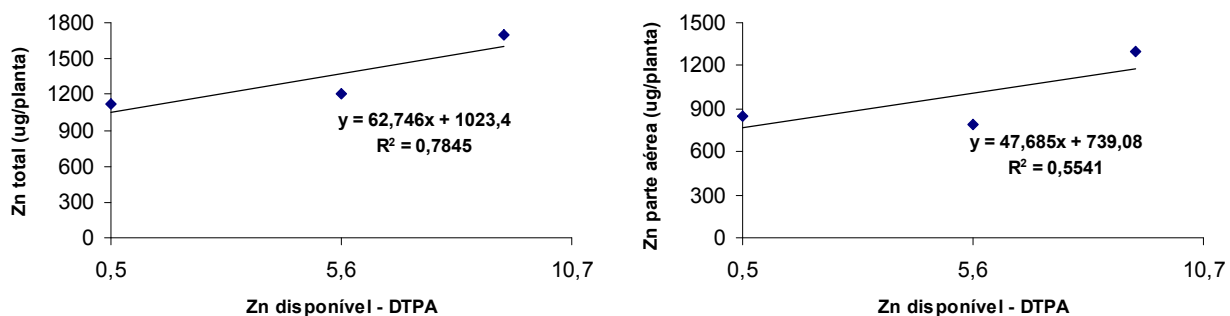


Figura 5. Zinco total e na parte aérea (µg planta<sup>-1</sup>) na cultivar Mundo Novo (*Coffea arabica* L.) enxertada sobre a cultivar Apoatã (*Coffea canephora* Pierre) em razão do zinco disponível no solo (mg dm<sup>-3</sup>) pelo extrator DTPA.

Nas plantas obtidas pela enxertia entre as espécies verificou que o extrator Mehlich 1 e a variável zinco total (Figura 6) explicam com vantagem a resposta destas plantas a disponibilidade de zinco, conforme indica o coeficiente de determinação ( $R^2 = 0,84$ ), comparativamente ao extrator DTPA para a mesma variável (Zn - total) em que o coeficiente de determinação foi inferior e igual a 0,78.

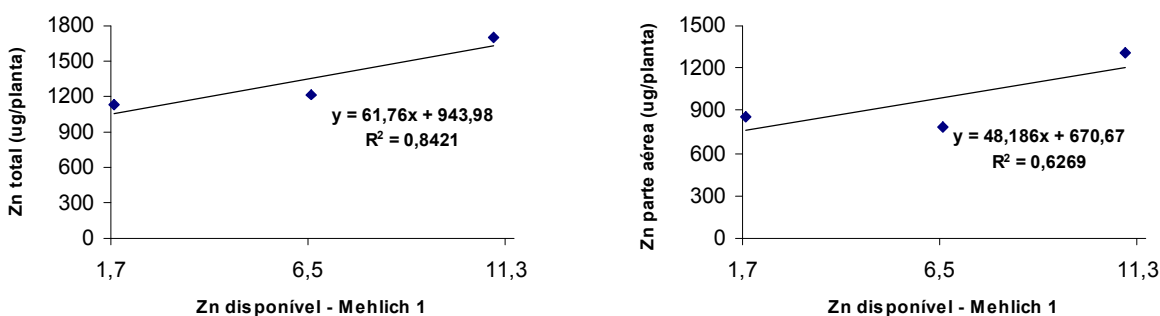


Figura 6. Zinco total e na parte aérea (µg planta<sup>-1</sup>) na cultivar Mundo Novo (*Coffea arabica* L.) enxertada sobre a cultivar Apoatã (*Coffea canephora* Pierre) em razão do zinco disponível no solo (mg dm<sup>-3</sup>) pelo extrator Mehlich 1.

## Referências Bibliográficas

- Grillo, J.M.; Silva, J.S. Efeito da aplicação de zinco em cobertura no solo sobre o teor de zinco e produção de matéria seca de mudas de caféiro, em casa de vegetação. **Ciência e Prática**, v.9, n.1, p.93-104, 1985.
- Hewitt, E.J.; Smith, T.A. **Plant mineral nutrition**. London: English University Press, 1975. 298p.
- Lima Filho, O.F. de. **Calibração de boro e zinco para o caféiro (*Coffea arabica* L. cv. Catuai Amarelo)**. Piracicaba, 1991. 100p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- Olsen, S.R.; Dean, L.A. Phosphorus. In: BLACK, C.A. (Ed.) **Methods of soil analysis—part 2. Chemical and microbiological properties**. Madison: Wisconsin, American Society of Agronomy, Inc., 1965. ep. 73, p.1041-1042.
- Raij, B. van; Andrade, J.C. de; Cantarella, H.; Quaggio, J.A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas, Instituto Agronômico, 2001. 285p.
- Souza, C.A.S.; Guimarães, P.T.G.; Furtini Neto, A.E.; Nogueira, F.D. Efeitos de doses de zinco via solo, em três cultivares de caféiro (*Coffea arabica* L.). In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 1. Poços de Caldas, 2000. **Resumos**. Rio de Janeiro: MAA. p.1441-1444.