

AValiação DE CULTIVARES DE CAFÉ ARÁBICA EM DIFERENTES NÍVEIS DE ALUMÍNIO EM SOLUÇÃO NUTRITIVA

Júlio César MISTRO¹, E-mail: mistrojc@iac.sp.gov.br; Luiz Carlos FAZUOLI¹; Antonio Carlos BAIÃO de OLIVEIRA¹

¹Centro de Café "Alcides Carvalho", Instituto Agronômico (IAC/APTA), Campinas, SP.

Resumo:

O objetivo deste estudo foi identificar genótipos de café arábica tolerantes à toxicidade de alumínio, empregando-se soluções nutritivas. O experimento foi instalado em delineamento blocos ao acaso, em parcelas subdivididas, com três repetições e conduzido no Instituto Agronômico (IAC/APTA), Campinas (SP). Foram avaliados dez genótipos em quatro diferentes soluções nutritivas: uma normal e três tratamentos: 0,000, 0,074 e 0,370 mmol.L⁻¹ de alumínio. Avaliaram-se as seguintes características: comprimento total da raiz principal, número de ramificações laterais, índice de tolerância relativa, massa seca da raiz e parte aérea e índice de massa seca. As cultivares Mundo Novo IAC 374-6, Catuaí Amarelo IAC 62, Ouro Verde IAC 5010 e Icatu IAC 4045, além das linhagens Catuaí SH₃ e Mundo Novo SH₃ foram tolerantes à toxicidade de alumínio enquanto que as cultivares Obatã IAC 1669-20, Tupi IAC 1669-33, Caturra e Bourbon Vermelho foram sensíveis.

Palavras-chave: *Coffea arabica*, sistema radicular, toxicidade de alumínio, tolerância.

EVALUATION OF CULTIVARS OF ARABICA COFFEE IN DIFFERENT LEVELS OF ALUMINUM IN NUTRIENT SOLUTION

Abstract:

The aim of this study was to evaluate genotypes of arabica coffee for the tolerance to aluminum toxicity, in nutrient solutions. The experiment was carried out in randomized block design, split-plots type, with three replications, at Instituto Agronômico (IAC/APTA), Campinas, SP, Brazil. Ten genotypes was evaluated in four different nutrient solution: one complete and three incomplete: 0,000, 0,074 e 0,370 mmol.L⁻¹ aluminum. It was used a split-plots randomized block design a with three replications. The following traits were evaluated: main root total length, ramification lateral number, relative tolerance index, root and shoot dry matter weights. The cultivars Mundo Novo IAC 374-6, Catuaí Amarelo IAC 62, Ouro Verde IAC 5010, Icatu IAC 4045 and the lines Catuaí SH₃, Mundo Novo SH₃ were tolerant to aluminum toxicity and cultivars Obatã IAC 1669-20, Tupi IAC 1669-33, Caturra and Bourbon Vermelho were sensitive.

Key words: *Coffea arabica*, root systems, aluminum toxicity, tolerance.

Introdução

A ocorrência da toxicidade de alumínio em plantas cultivadas é freqüente em muitos solos brasileiros e, na maioria das vezes, está associada a solos lixiviados, pobres e de elevada acidez (Olmos e Camargo, 1976). A calagem é uma técnica normalmente adotada para contornar tal problema, mas a sua incorporação a horizontes subsuperficiais é bastante difícil. O crescimento do sistema radicular restrito ao horizonte superior do solo, a chamada camada arável, reduz a absorção de água e nutrientes pelas plantas, com conseqüente decréscimo da produção e aumento da possibilidade de danos decorrentes de adversidades climáticas, que, no caso do café, seriam na época do florescimento, no enchimento e maturação dos grãos.

Uma das opções que tem sido considerada para contornar esse problema é a exploração do potencial genético das cultivares, uma vez que variedades e espécies de plantas diferem amplamente na tolerância ao excesso de alumínio. Primeiramente, o melhorista deve identificar materiais tolerantes e sensíveis e posteriormente utilizar os tolerantes na incorporação desta característica em outras cultivares/progênesis agronomicamente promissoras, mas sensíveis ao alumínio tóxico do solo.

A seleção de materiais tolerantes à toxicidade de alumínio pode ser feita em condições de campo, em solos ácidos, mediante a aplicação de várias doses de calcário. Considerando-se que nos programas de melhoramento são estudados vários genótipos, seriam necessárias extensas áreas para avaliações destes materiais. Além disso, estes experimentos são trabalhosos e demorados.

É muito difícil controlar o complexo mineral do solo adequadamente para que determinado nível de alumínio possa ser reproduzido de um experimento para outro e as partes das plantas diretamente afetadas, as raízes, não são facilmente observadas no campo.

O emprego de soluções nutritivas pode tornar mais eficiente, rápida e precisa a separação das plantas em relação à tolerância à toxicidade de alumínio. Permite também avaliar um grande número de genótipos em um curto período de tempo. Este método tem sido utilizado com sucesso em várias espécies, tais como trigo (Camargo et al., 2006), arroz (Vasconcelos et al., 2002), soja (Mascarenhas et al., 1984), entre outras culturas.

Em café alguns pesquisadores têm utilizado soluções nutritivas, como Braccini et al. (1998) e Pavan e Bingham (1982), sendo encontradas diferenças entre as cultivares para a tolerância à toxicidade ao alumínio e entre linhagens dentro de uma mesma cultivar. Nestes experimentos os autores concluíram que as cultivares Catuaí Amarelo IAC 91 e Catimor, foram tolerantes; 'Catuaí Vermelho IAC 15', 'Catuaí Vermelho IAC 91' e 'Catuaí Vermelho IAC 99', sensíveis; 'Catuaí Vermelho IAC 44' e 'Mundo Novo IAC 388-17-16' moderadamente tolerantes. Em outro experimento, Braccini et al. (2000), utilizando o método do papel-solução, concluíram que a cultivar Icatu Vermelho IAC 4045 foi a mais tolerante e a cultivar Caturra Vermelho CIFC 19/1, foi sensível à toxicidade de alumínio.

O objetivo deste trabalho foi identificar cultivares/linhagens de café arábica tolerantes à toxicidade de alumínio, utilizando-se soluções nutritivas.

Material e Métodos

O experimento foi instalado no laboratório do Centro de Café do Instituto Agrônomo (IAC/APTA), em Campinas (SP).

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, em parcelas subdivididas, com três repetições, sendo as parcelas compostas pelas soluções nutritivas e as subparcelas pelos genótipos de café. Em cada repetição utilizou-se quatorze plântulas de cada genótipo.

Foram avaliados dez genótipos de café arábica, sendo oito cultivares e duas linhagens, em quatro diferentes concentrações de soluções nutritivas. As cultivares utilizadas foram Mundo Novo IAC 376-4, Catuaí Amarelo IAC 62, Obatã IAC 1669-20, Ouro Verde IAC 5010, Tupi IAC 1669-33, Icatu IAC 4045, Caturra e Bourbon Vermelho e as linhagens Catuaí SH₃ e Mundo Novo SH₃. As sementes destes genótipos foram tratadas com Captan, para evitar o desenvolvimento de fungos, e colocadas em rolo de papel-toalha, do tipo germitest, no germinador, com temperatura de 30°C e 100% de umidade relativa, durante quarenta dias.

Após este período, mediu-se o comprimento total da raiz principal de cada plântula e contou-se o número de ramificações laterais nesta raiz. As plântulas foram então transferidas para caixas plásticas, de nove litros de capacidade, contendo quatro diferentes soluções, a saber: solução normal (completa) e soluções tratamentos (¼ da solução normal) com 0,000, 0,074 e 0,370 mmol.L⁻¹ de alumínio, adicionado como Al₂(SO₄)₃.18H₂O.

A composição da solução normal foi à proposta por Hoagland e Arnon (1950). A fim de evitar a precipitação do alumínio, o fósforo foi omitido nas soluções tratamentos.

As soluções foram mantidas sob arejamento constante e trocadas a cada sete dias. O pH foi ajustado diariamente para 4,00 ± 0,05, com H₂SO₄ ou NaOH 1N, e a temperatura mantida em 25 ± 1°C. O experimento foi mantido com luz artificial durante doze horas por dia. As plântulas permaneceram nestas condições durante cem dias.

Após este período foram feitas, em cada plântula, as seguintes medições, contagens e determinações: comprimento total da raiz principal (CRP), número de ramificações laterais (NRL), comprimento da emissão da última ramificação lateral na raiz principal (CRL), índice de tolerância relativa (ITR) obtido pela razão entre CRP e CRL, massas secas da raiz e parte aérea e índice de massa seca (IMS) obtido pela razão entre MSR e MSPA.

Foi realizada uma avaliação visual do sistema radicular, no qual dividiu o CRP em três partes: superior, mediana e inferior. Utilizou-se a seguinte escala:

- 10 = ramificações laterais abundantes, distribuídas uniformemente ao longo da raiz principal;
- 9 = ramificações laterais abundantes, com maior concentração nas partes superior e inferior da raiz principal;
- 8 = ramificações laterais abundantes, com maior concentração na parte superior ou inferior da raiz principal;
- 7 = ramificações laterais mediantemente abundantes, distribuídas uniformemente na raiz principal;
- 6 = ramificações laterais mediantemente abundantes, com maior concentração nas partes superior e inferior da raiz principal;
- 5 = ramificações laterais mediantemente abundantes, com maior concentração na parte superior ou inferior da raiz principal;
- 4 = ramificações laterais pouco abundantes, distribuídas uniformemente na raiz principal;
- 3 = ramificações laterais pouco abundantes, com maior concentração nas partes superior e inferior da raiz principal;
- 2 = ramificações laterais pouco abundantes, com maior concentração na parte superior ou inferior da raiz principal;
- 1 = sem ramificação lateral.

As análises estatísticas foram realizadas pelo programa computacional Genes (2001). A diferença entre o CRP final e CRP inicial foi o crescimento real obtido pelas plântulas em cada uma das soluções. O mesmo critério foi aplicado para o NRL e CRL.

Resultados e Discussão

Na tabela 1 são apresentadas as médias do comprimento da raiz principal e o número de ramificações laterais na raiz principal dos genótipos de café arábica avaliados em diferentes soluções nutritivas. Na maioria dos genótipos avaliados observou-se que houve um aumento no crescimento radicular com a adição do alumínio, principalmente na solução

Tabela 1 - Médias do comprimento da raiz principal, em centímetros, e número de ramificações laterais de dez genótipos de café arábica avaliadas em soluções nutritivas.

| Genótipos/Caract. | Comprimento Raiz Principal | | | | Ramificações Laterais | | | |
|------------------------------|---|--------|--------|--------|---|---------|---------|---------|
| | Concentração Al (mmol.L ⁻¹) | | | | Concentração Al (mmol.L ⁻¹) | | | |
| | Sol. completa | 0,000 | 0,074 | 0,370 | Sol. completa | 0,000 | 0,074 | 0,370 |
| | cm | | | | n° | | | |
| 1- Mundo Novo | 12,8 d | 15,8 c | 29,1 b | 33,1 a | 10,7 a | 10,2 a | 9,9 a | 9,9 a |
| 2- Catuaí 62 | 16,3 c | 17,3 c | 27,9 a | 24,8 b | 14,4 a | 13,8 ab | 13,0 b | 13,5 ab |
| 3- Obatã | 19,6 d | 22,4 c | 33,5 a | 30,3 b | 14,2 a | 11,8 b | 7,3 c | 4,2 d |
| 4- Ouro Verde | 18,3 d | 21,6 c | 32,3 a | 30,3 b | 12,8 a | 12,1 a | 12,0 a | 11,8 a |
| 5- Tupi | 18,6 b | 20,0 b | 29,1 a | 29,1 a | 21,3 a | 12,3 b | 6,3 c | 4,5 d |
| 6- Icatu | 25,3 a | 16,0 c | 26,7 a | 23,6 b | 12,3 a | 12,0 a | 11,5 a | 11,9 a |
| 7- Caturra | 18,2 b | 26,9 a | 14,9 c | 7,7 d | 11,1 a | 8,0 b | 6,6 c | 5,9 c |
| 8- Bourbon | 22,5 a | 14,0 b | 14,7 b | 9,2 c | 9,3 a | 7,2 b | 6,8 b | 3,5 c |
| 9- Catuaí SH ₃ | 21,6 b | 13,5 d | 26,5 a | 16,4 c | 15,0 a | 14,7 ab | 14,3 ab | 13,9 b |
| 10- Mundo N. SH ₃ | 14,7 a | 12,8 b | 15,6 a | 14,5 a | 16,6 a | 16,2 a | 16,4 a | 15,7 a |

¹Médias seguidas pela mesma letra na horizontal não diferem entre si pelo teste Tukey a 5%.

contendo 0,074 mmol.L⁻¹. Não foi observada qualquer anormalidades nas raízes nas soluções contendo alumínio. Apenas a cultivar Bourbon apresentou maior comprimento da raiz na solução normal, diferindo das demais soluções. Estes resultados discordam com os obtidos por Braccini et al. (1998) e Pavan e Bingham (1982), que observaram uma diminuição no comprimento das raízes e anormalidades nas mesmas na presença do alumínio. Por outro lado, Konrad (2003) e Manetti e Santos (1977) notaram aumento no crescimento radicular nas cultivares de café avaliadas em soluções nutritivas contendo alumínio. Resultados semelhantes foram encontrados em outras espécies perenes, como em citrus (Lin e Myhre, 1991), em que o alumínio estimulou o crescimento radicular.

Notou-se um efeito mais pronunciado do alumínio no número de ramificações laterais na raiz principal. Houve severa redução nas cultivares Obatã IAC 1669-20 (70%), Tupi IAC 1669-33 (79%), Caturra (47%) e Bourbon Vermelho (37%), enquanto que as cultivares/linhagens Mundo Novo IAC 374-6 (7%), Catuaí Amarelo IAC 62 (6%), Ouro Verde IAC 5010 (8%), Icatu IAC 4045 (3%), Catuaí SH₃ (7%) e Mundo Novo SH₃ (5%) não diferiram entre as soluções normal, tratamento sem alumínio e as tratamento com alumínio. As ramificações laterais assumem grande importância no sistema radicular, pois é a partir delas que são emitidas as raízes absorventes, responsáveis pela absorção de água e nutrientes.

Na tabela 2 encontram-se as médias do índice de tolerância relativa (ITR) e a avaliação visual do sistema radicular dos genótipos de café em cada uma das soluções. Não houve diferenças do ITR entre as soluções normal e tratamentos com alumínio para os genótipos Mundo Novo IAC 374-6, Catuaí Amarelo IAC 62, Ouro Verde IAC 5010, Icatu IAC 4045, Catuaí SH₃ e Mundo Novo SH₃ ao passo que para as demais cultivares este índice foi afetado pela adição de alumínio nas soluções, acompanhando a tendência observada na redução do número de ramificações laterais. Este índice indica a localização da última ramificação na raiz principal. Levando-se em consideração que nas ramificações laterais é que ocorrem efetivamente a absorção de água e nutrientes, é desejável que o ITR esteja mais próximo de 1,0, ou seja, presença de ramificações na extremidade da raiz principal. Os danos causados por veranico ou seca em um genótipo com IRT = 1 poderia ser menos severo do que em um genótipo com um IRT = 0,5.

Tabela 2 - Médias do índice de tolerância relativa, em porcentagem, e avaliação visual de dez genótipos de café arábica avaliadas em soluções nutritivas.

| Genótipos/Caract | Índice de Tolerância Relativa | | | | Avaliação Visual | | | |
|------------------------------|-------------------------------|---|-------|-------|------------------|---|-------|-------|
| | Sol. completa | Concentração Al (mmol.L ⁻¹) | | | Sol. completa | Concentração Al (mmol.L ⁻¹) | | |
| | Normal | 0,000 | 0,074 | 0,370 | Normal | 0,000 | 0,074 | 0,370 |
| | % | | | | | | | |
| 1- Mundo Novo | 61 a | 51 b | 57 ab | 61 a | 7 | 6 | 6 | 6 |
| 2- Catuaí 62 | 70 a | 67 a | 65 a | 64 a | 7 | 7 | 6 | 6 |
| 3- Obatã | 70 a | 61 b | 61 b | 35 c | 9 | 6 | 5 | 2 |
| 4- Ouro Verde | 69 a | 66 a | 65 a | 61 a | 8 | 6 | 6 | 6 |
| 5- Tupi | 80 a | 69 b | 37 c | 30 c | 9 | 6 | 4 | 2 |
| 6- Icatu | 63 a | 61 a | 62 a | 61 a | 7 | 6 | 6 | 6 |
| 7- Caturra | 84 a | 72 b | 56 c | 48 c | 7 | 5 | 4 | 3 |
| 8- Bourbon | 65 a | 39 b | 31 bc | 23 c | 7 | 5 | 4 | 2 |
| 9- Catuaí SH ₃ | 70 a | 63 a | 64 a | 64 a | 7 | 7 | 7 | 6 |
| 10- Mundo N. SH ₃ | 68 a | 71 a | 65 a | 65 a | 7 | 7 | 7 | 6 |

¹Médias seguidas pela mesma letra na horizontal não diferem entre si pelo teste Tukey a 5%.

Um genótipo ideal seria aquele que apresentasse um sistema radicular longo, com grande número de ramificações laterais e que estas fossem distribuídas uniformemente na raiz principal, pois aproveitaria a disponibilidade dos nutrientes na camada superficial e, numa eventual adversidade climatológica, este genótipo possuiria ramificações nas camadas mais profundas do solo, minimizando as perdas eminentes.

A fim de complementar a informação obtida pelo ITR, foi realizada uma avaliação visual da distribuição das ramificações laterais, pois não adianta um genótipo possuir um alto índice de tolerância se as suas ramificações são mal distribuídas no perfil da raiz.

Observou-se na avaliação visual que a presença do alumínio prejudicou a emissão das ramificações laterais e a sua distribuição na raiz principal. Alguns genótipos mostraram-se menos afetados pelo alumínio, como as 'Mundo Novo IAC 376-4', 'Catuaí Amarelo IAC 62', 'Ouro Verde IAC 5010', 'Icatu IAC 4045' e as linhagens Catuaí SH₃ e Mundo Novo SH₃ que alcançaram nota 6 na maior concentração do metal (0,370 mmol.L⁻¹). A cultivar Bourbon foi a mais prejudicada, caindo de nota 7 na solução normal para nota 2 em 0,370 mmol.L⁻¹ de alumínio. As demais cultivares também foram sensivelmente afetadas pela presença do alumínio, como por exemplo a 'Obatã IAC 1669-20', que obteve notas 8 (normal), 6 (tratamento), 5 (tratamento com 0,074 mmol.L⁻¹ de alumínio) e 2 (tratamento com 0,370 mmol.L⁻¹ de alumínio).

Houve diminuição das massas secas da raiz e da parte aérea dos genótipos à medida que se adicionou alumínio nas soluções nutritivas (Tabela 3). Comparando-se a solução normal com a solução de 0,370 mmol.L⁻¹ de alumínio, apenas a cultivar Icatu IAC 4045 não apresentou diferenças significativas, pelo teste Tukey, entre as soluções para as três características avaliadas. Algumas cultivares foram severamente afetadas pelo alumínio, como mostra o índice de massa seca, resultado do quociente entre massa seca da raiz e parte aérea. Quando esta relação é alta sugere-se que a massa radicular foi eficiente na absorção de água e nutrientes, suportando, assim, um bom desenvolvimento da parte aérea. Na concentração mais alta de alumínio alguns genótipos apresentaram altos índices, apesar destes valores serem menores do que das soluções normais, como é o caso das cultivares Mundo Novo IAC 376-4, Catuaí IAC 62 e da linhagem Catuaí SH₃.

Tabela 3 - Médias da massa seca da raiz (MSR) e parte aérea (MSPA) e do índice de massa seca (IMS = MSPA/MSR), em gramas, de dez genótipos de café arábica avaliadas em soluções nutritivas.

| Gen/Car | Massa Seca Raiz (MSR) | | | | Massa Seca Parte Aérea (MSPA) | | | | Índice de Massa Seca (IMS) | | | |
|---------|-------------------------------------|--------|---------|--------|-------------------------------------|--------|--------|--------|-------------------------------------|---------|---------|--------|
| | Concent. Al (mmol.L ⁻¹) | | | | Concent. Al (mmol.L ⁻¹) | | | | Concent. Al (mmol.L ⁻¹) | | | |
| | N | 0,000 | 0,074 | 0,370 | N | 0,000 | 0,074 | 0,370 | N | 0,000 | 0,074 | 0,370 |
| | g | | | | | | | | | | | |
| 1 | 0,59 a | 0,54 a | 0,52 ab | 0,45 b | 2,74 a | 2,20 b | 2,33 b | 1,94 c | 4,64 a | 4,09 c | 4,49 a | 4,31 b |
| 2 | 0,79 a | 0,75 a | 0,79 a | 0,65 b | 3,55 a | 3,02 b | 2,61 c | 2,11 d | 4,49 a | 4,03 b | 3,30 c | 3,25 c |
| 3 | 0,94 a | 0,82 b | 0,63 c | 0,63 c | 3,12 a | 2,13 b | 1,59 c | 1,45 c | 3,32 a | 2,60 b | 2,52 b | 2,30 c |
| 4 | 1,10 a | 1,10 a | 0,81 b | 0,80 b | 4,14 a | 3,10 b | 2,23 c | 2,20 c | 3,76 a | 2,82 b | 2,75 b | 2,75 b |
| 5 | 0,78 a | 0,61 b | 0,53 c | 0,40 d | 2,93 a | 1,90 b | 1,26 c | 0,80 d | 3,76 a | 3,12 b | 2,36 c | 2,01 d |
| 6 | 0,98 a | 1,01 a | 0,93 a | 0,99 a | 5,35 a | 5,39 a | 4,99 b | 5,33 a | 5,46 a | 5,34 a | 5,43 a | 5,38 a |
| 7 | 0,85 a | 0,77 b | 0,51 bc | 0,45 c | 2,52 a | 1,74 b | 1,03 c | 0,73 d | 2,96 a | 2,26 b | 2,03 bc | 1,63 c |
| 8 | 0,70 a | 0,58 b | 0,41 c | 0,22 d | 2,20 a | 1,67 b | 0,87 c | 0,40 d | 3,15 a | 2,87 b | 2,12 c | 1,81 d |
| 9 | 0,98 a | 0,95 a | 0,89 a | 0,92 a | 3,65 a | 3,13 b | 2,98 b | 3,02 b | 3,73 a | 3,30 b | 3,35 b | 3,28 b |
| 10 | 1,82 a | 1,31 b | 1,12 c | 0,64 d | 5,74 a | 3,69 b | 3,22 c | 1,68 d | 3,15 a | 2,82 ab | 2,88 ab | 2,63 b |

N = solução normal

¹Médias seguidas pela mesma letra na horizontal não diferem entre si pelo teste Tukey a 5%.

Pelo exposto, mostraram-se tolerantes à toxicidade de alumínio as cultivares Mundo Novo IAC 374-6, Catuaí Amarelo IAC 62, Ouro Verde IAC 5010 e Icatu IAC 4045, além das linhagens Catuaí SH₃ e Mundo Novo SH₃. Os demais materiais foram sensíveis.

Conclusões

- A técnica empregada para a identificação de cultivares de café arábica tolerantes à toxicidade de alumínio, usando soluções nutritivas, foi eficiente, possibilitando a separação de cultivares tolerantes e sensíveis.
- As cultivares Mundo Novo IAC 374-6, Catuaí Amarelo IAC 62, Ouro Verde IAC 5010 e Icatu IAC 4045, além das linhagens Catuaí SH₃ e Mundo Novo SH₃, foram tolerantes à toxicidade de alumínio.
- As cultivares Obatã IAC 1669-20, Tupi IAC 1669-33, Caturra e Bourbon Vermelho foram sensíveis.
- Houve aumento no comprimento da raiz principal na presença do alumínio em todos os genótipos avaliados.
- Houve redução nas ramificações laterais, nos índices de tolerância relativa e na massa seca na maioria dos genótipos.
- A avaliação visual auxiliou, de forma efetiva, as informações sobre o sistema radicular dos cafeeiros.

Agradecimentos

Ao Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do Café e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico pelo financiamento parcial deste trabalho.

Referências Bibliográficas

- Braccini, M.C.L.; Martinez, H.E.P.; Braccini, A.L. (2000). Avaliação de linhagens de cafeeiros quanto à tolerância ao alumínio pelo método do papel-solução. *Bragantia*, 59 (2): 221-226.
- Braccini, M.C.L.; Martinez, H.E.P.; Pereira, P.R.G.; Sampaio, N.F.; Silva, E.A.M. (1998) Tolerância de genótipos de cafeeiro ao alumínio em solução nutritiva. I: Crescimento e desenvolvimento da parte aérea e sistema radicular. *Revista Brasileira de Solos*, 22: 435-442.
- Camargo, C.E.O.; Felício, J.C.; Ferreira Filho, A.W.P.; Lobato M.T.V. (2006) Tolerância de genótipos de trigo comum, trigo duro e triticale à toxicidade de alumínio em soluções nutritivas. *Bragantia*, 65 (1):43-53.
- Hoagland, D.R.; Arnon, D.I. (1950). *The water culture method for growing plants without soil*. California Agricultural Experiment Station. 347p.
- Konrad, M.L.F. (2003) *Crescimento do cafeeiro sob influência do alumínio em solução nutritiva e em solo ácido, inoculado com micorrizas arbusculares*. Tese (Doutorado em Biologia Vegetal) Universidade Estadual de Campinas. 114p.
- Lin, Z.; Myhre, D.L. (1991) Differential response of Citrus rootstocks to aluminum levels in nutrition solutions: I Plant growth. *Journal Plant Nutrition*, 14: 1223-1238.
- Manetti, F.J.; Santos, D. (1977) Tolerância ao alumínio em quatro cultivares de café arábica e uma cultivar de cruzamento interespecífico de *Coffea arabica* e *Coffea canephora*. Anais... In: 5º Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, Guarapari.
- Mascarenhas, H.A.A.; Camargo, C.E.O.; Falivene, S.M.P. (1984) Tolerância de cultivares de soja a dois níveis de alumínio em soluções nutritivas em diferentes concentrações salinas. *Bragantia*, 43 (2): 459-466.
- Olmos, I.L.J.; Camargo, M.N. (1976) Ocorrência de alumínio tóxico nos solos do Brasil, sua caracterização e distribuição. *Ciência e Cultura*. 28:127-137.
- Pavan, M.A.; Bingham, F.T. (1982) Toxidez de alumínio em cafeeiros cultivados em solução nutritiva. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 17 (9): 1293-1302.
- Vasconcelos, S.S, Rossiello, R.O.P.; Jacob Neto, J. (2002) Parâmetros morfológicos para estabelecer tolerância diferencial à toxicidade de alumínio em cultivares de arroz. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 37 (3): 357-363.