

EFEITO DO PORTA-ENXERTO NAS TROCAS GASOSAS, ÁREA FOLIAR E SUPERFÍCIE DE RAIZ DE MUDAS DE *Coffea arabica* L.

Marcelo Antonio Tomaz¹
Ney Sussumu Sakiyama¹
Fábio Murilo Da Matta²
Hermínia Emília Prieto Martinez¹
Cosme Damião Cruz³
Antônio Alves Pereira⁴

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito do porta-enxerto na condutância estomática, transpiração, fotossíntese, área foliar e superfície de raiz de mudas de *Coffea arabica* L. em cultivo hidropônico. Utilizaram-se como enxerto quatro genótipos de *C. arabica*: as variedades Catuaí Vermelho IAC 15, Oeiras MG 6851 e os híbridos 'H 419-10-3-1-5' e 'H 514-5-5-3', e como porta-enxerto quatro genótipos, sendo três de *Coffea canephora* Pierre ex. Froenher: Apoatã LC 2258, Conilon Muriaé-1 e RC EMCAPA 8141 (recombinação entre clones da variedade Robustão Capixaba - EMCAPA 8141) e a linhagem Mundo Novo IAC 376-4, além de quatro pés-francos. Dentre os porta-enxertos, o melhor desempenho foi do Mundo Novo, que proporcionou efeitos positivos na assimilação de CO₂ na área foliar e na superfície de raiz de Catuaí e H419-10-3-1-5. Essas variáveis foram afetadas negativamente nas plantas enxertadas sobre Muriaé-1 e RC EMCAPA. A enxertia de genótipos de *C. arabica* em porta-enxerto da mesma espécie foi, neste estudo, mais eficiente que em porta-enxertos de *C. canephora*. O modelo estatístico de análise dialélica foi eficiente na avaliação da capacidade geral de combinação dos porta-enxertos, podendo ser, portanto, recomendado no processo de seleção de programas de melhoramento.

Palavras chave: análise dialélica, assimilação de carbono, condutância estomática, enxertia

ABSTRACT

EFFECT OF ROOTSTOCK ON GAS EXCHANGE, LEAF AREA AND ROOT SURFACE OF *COFFEA ARABICA* PLANTLETS

The goal of the present work was the evaluation of stomatal conductance, transpiration, net carbon assimilation rate, leaf area and root surface in four *Coffea arabica* genotypes (varieties Catuaí Vermelho IAC 15 and Oeiras MG 6851, and the hybrids 'H 419-10-3-1-5' and 'H 514-5-5-3') grafted onto the *Coffea canephora* genotypes Apoatã LC 2258, Conilon Muriaé-1 and RC EMCAPA 8141 (recombination among clones of the variety Robustão Capixaba - EMCAPA 8141) and onto the *C. arabica* cultivar Mundo Novo IAC 376-4. Overall, net carbon assimilation rate, leaf area and root surface were higher in plants grafted onto Mundo Novo. These variables were negatively affected in plants grafted onto Muriaé-1 and RC EMCAPA. In this study, *C. arabica* scions grafted onto rootstocks of the same specie performed better than those grafted onto *C. canephora*. Diallel analysis was efficient for the evaluation of overall compatibility between rootstock and scion, and is therefore recommended during the selection process of breeding programs.

Key words: carbon assimilation, diallel analysis, grafting, stomatal conductance

¹Departamento de Fitotecnia. Universidade Federal de Viçosa E-mail: tomazamarcelo@yahoo.com.br

²Departamento de Biologia Vegetal. Universidade Federal de Viçosa. E-mail: fdamatta@ufv.br

³Departamento de Biologia Geral. Universidade Federal de Viçosa. E-mail: cdacruz@mail.ufv.br

⁴EPAMIG/UFV/UFV. E-mail: pereira@epamig.br

INTRODUÇÃO

A enxertia é a arte de inserir parte de uma planta em outra, de tal maneira que ambas se unam e continuem o crescimento. Para cada combinação copa/porta-enxerto, deve existir um equilíbrio fisiológico ou grau de afinidade que influencie o crescimento e a produção (Gonçalves, 1996). Esse equilíbrio é resultado de mecanismos de reciprocidade entre o porta-enxerto e a copa, envolvendo a absorção e a translocação de água e nutrientes e fatores endógenos de crescimento (Hartmann e Kester, 1990). Verifica-se, freqüentemente, que porta-enxertos mais vigorosos apresentam maior capacidade de absorção e translocação de água e nutrientes e maior produção de substâncias estimuladoras de crescimento, o que pode favorecer o desempenho da copa.

Em café, alguns estudos têm demonstrado que plantas de *Coffea arabica* L. (café arábica) enxertadas sobre *C. canephora* Pierre (café canéfora) apresentam melhor desempenho produtivo que aquelas enxertadas sobre arábica (Raghumarulu e Purushotham, 1987; Fahl et al., 2001). Acredita-se que os cafés do grupo canéfora, em relação ao arábica, tenham sistemas radiculares mais extensos e eficientes, tanto para maior absorção de água e nutrientes como para maior resistência a fatores adversos do ambiente (Ramos e Lima, 1980). O volume do sistema radicular do café canéfora pode suplantar o de arábica por um fator de três a cinco (Matiello, 1998). Todavia, em face do alto polimorfismo, isso pode não ser exatamente o que ocorre na realidade em todos os canéforas, e as poucas evidências experimentais indicam mesmo o contrário, em alguns casos (Rena e Da Matta, 2002). De qualquer modo, desde que haja maior absorção da água e de nutrientes, esperam-se aumentos substanciais na condutância estomática ao vapor d'água (g_s) e, por extensão, em maiores taxas fotossintéticas, resultando, em última instância, em aumento na produção (Da Matta, 2003).

Uma das decisões mais importantes no manejo de uma lavoura de café enxertada é a escolha do porta-enxerto que, além da boa combinação com a copa, deve ser o mais adaptado possível ao ecossistema. Como os porta-enxertos, em geral, diferenciam-se quanto à tolerância ao estresse ambiental e aos fatores de solo, eles surgem como uma das principais alternativas de manejo da cultura, para minimização desses problemas.

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do

porta-enxerto nas trocas gasosas, na área foliar e na superfície de raiz em mudas de café arábica, em cultivo hidropônico.

MATERIAL E MÉTODOS

Conforme mostra a Tabela 1, foram utilizadas, como enxerto as variedades Catuaí Vermelho IAC 15, Oeiras MG 6851 e os híbridos H 419-10-3-1-5 e H 514-5-5-3, todas de *C. arabica* e, como porta-enxerto, três genótipos de *C. canephora* (grupo Robusta: Apoatã LC 2258; e grupo Kouillou: Conilon Muriaé-1, coletado de lavoura comercial em Muriaé, MG, e RC EMCAPA 8141 (recombinação de clones da variedade Robustão Capixaba - EMCAPA 8141)) e um genótipo de *C. arabica* (Mundo Novo IAC 376-4-32).

A semeadura foi feita em caixas com areia fina, mantidas em estufa durante 70 dias, até que as plântulas atingissem o estágio "palito de fósforo". Em seguida, efetuaram-se enxertias do tipo hipocotiledonar, conforme Moraes e Franco (1973). A seguir, as plântulas foram transplantadas em caixas contendo areia lavada, e mantidas em câmara de nebulização fechada por 12 dias. Após esse período, retiraram-se as plântulas da câmara, colocando-as em ambiente aberto, onde permaneceram por 15 dias, para aclimação. Uma vez aclimatadas, as plântulas foram transferidas, no estágio cotiledonar ("orelha de onça"), para casa de vegetação, para montagem do experimento.

O experimento foi realizado em casa de vegetação do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, MG. A parte superior da casa de vegetação

Tabela 1. Relação das combinações de enxertia em mudas de genótipos de cafeeiro

| Mudas enxertadas ¹ | Identificação no texto |
|---|------------------------|
| Catuaí Vermelho IAC 15 / Apoatã LC 2258 | Catuaí 15/ Apoatã |
| Catuaí Vermelho IAC 15 / Conilon Muriaé 1 | Catuaí 15/ Conilon M1 |
| Catuaí Vermelho IAC 15 / Mundo Novo IAC 376-4 | Catuaí 15/ M. Novo |
| Catuaí Vermelho IAC 15 / RC EMCAPA 8141 | Catuaí 15/ RC EMCAPA |
| Oeiras MG 6851 / Apoatã LC 2258 | Oeiras / Apoatã |
| Oeiras MG 6851 / Conilon Muriaé1 | Oeiras / Conilon M1 |
| Oeiras MG 6851 / Mundo Novo IAC 376-4 | Oeiras / M. Novo |
| Oeiras MG 6851 / RC EMCAPA 8141 | Oeiras / RC EMCAPA |
| H 419-10-3-1-5 / Apoatã LC 2258 | H 419 / Apoatã |
| H 419-10-3-1-5 / Conilon Muriaé1 | H 419 / Conilon M1 |
| H 419-10-3-1-5 / Mundo Novo IAC 376-4 | H 419 / M. Novo |
| H 419-10-3-1-5 / RC EMCAPA 8141 | H 419 / RC EMCAPA |
| H 514-5-5-3 / Apoatã LC 2258 | H 514 / Apoatã |
| H 514-5-5-3 / Conilon Muriaé1 | H 514 / Conilon M1 |
| H 514-5-5-3 / Mundo Novo IAC 376-4 | H 514 / M. Novo |
| H 514-5-5-3 / RC EMCAPA 8141 | H 514 / RC EMCAPA |

¹ Enxerto / porta-enxerto.

foi coberta com sombrite de malha 50%, para amenizar a insolação e a temperatura. Após seleção quanto à uniformidade e ao vigor, as plântulas foram transplantadas para vasos (uma por vaso) cilíndricos com 3 L de areia peneirada, tratada com ácido clorídrico/muriático e lavada, com pH final em torno de 6,0. Utilizou-se o processo hidropônico de cultivo em areia com o método circulante de fornecimento da solução nutritiva (Martinez, 2002). Para tal, o fundo dos vasos foi perfurado, de modo a se adaptar uma mangueira de ½ polegada para fazer a ligação com o recipiente coletor de solução nutritiva. Foi empregada a solução de Clark (1975) modificada, com as seguintes concentrações (mmol L⁻¹) de macronutrientes: 5,7 (N-NO₃⁻), 1,0 (N-NH₄⁺), 0,1 (P), 2,4 (K⁺), 1,2 (Ca²⁺), 0,6 (Mg²⁺) e 0,7 (S) e (mmol L⁻¹) de micronutrientes: 19 (B), 0,5 (Cu), 40 (Fe), 7,0 (Mn), 0,09 (Mo) e 2,0 (Zn). Cada vaso recebia 2 L de solução nutritiva e, na medida em que ocorria diminuição do volume da solução, devido à evapotranspiração, fazia-se uma reposição com água desionizada, até completarem-se novamente os 2 L. A circulação da solução nutritiva foi realizada duas vezes ao dia. No decorrer do experimento, a concentração da solução foi aumentada mensalmente para 1,5 x, 2,5 x, 3,0 x, respectivamente, em relação à da solução inicial. O pH das soluções foi mantido a 5,5 ± 0,5, mediante ajustes diários com NaOH. As trocas das soluções foram feitas periodicamente, quando a condutividade elétrica atingia 60 ± 10% do seu valor inicial.

Após 150 dias da montagem do experimento, procederam-se às medições da condutância estomática do vapor d'água (g_s), taxa transpiratória (E) e taxa de assimilação líquida do CO₂ (A) em folhas do terceiro par a partir do ápice, de manhã (8-10 h), com um analisador de gases a infravermelho (LCA-4, ADC, Hoddeston, Reino Unido), operando em sistema aberto, conforme Da Matta *et al.* (1997). As medições foram feitas sob irradiância artificial saturante (850-900 mmol m⁻² s⁻¹) e concentração ambiente de CO₂.

Vinte dias após as medições das trocas gasosas, as plantas foram cortadas na altura do colo e a parte aérea separada em caule e folha, medindo-se então a área foliar com um medidor de área (*Area meter*, modelo 3100, Li-Cor, Nebraska, EUA). As raízes foram retiradas do substrato, lavadas em água corrente e secas em papel-toalha para se efetuar a medição de seu volume em uma

proveta. Subseqüentemente, secaram-se novamente as raízes em papel-toalha, para obter-se o peso enquanto frescas. De cada raiz, retirou-se uma amostra de aproximadamente 7% do peso delas frescas, que foi submetida à estimativa de comprimento total radicular pelo método da interceptação de linha (Tennant, 1975). Com o comprimento de raiz e diâmetro médio, efetuou-se o cálculo de superfície radicular, segundo Bohm (1979).

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com 20 tratamentos e quatro repetições, sendo quatro pés-francos e 16 combinações de enxertia (Tabela 1). Utilizou-se o teste “t” de Student, a 5% de probabilidade, para comparação entre as médias. Foram adaptados modelos estatísticos de análise dialélica para avaliar a capacidade geral de combinação (CGC) do enxerto e do porta-enxerto, com os propósitos de reforçar os resultados dos contrastes e identificar os melhores genótipos dos enxertos e porta-enxertos. O processamento foi feito, utilizando-se o programa GENES – (Aplicativo Computacional em Genética e Estatística) (Cruz, 2001).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Comparação entre plantas enxertadas e pés-francos

A enxertia não proporcionou aumento na condutância estomática das combinações enxerto/porta-enxerto, mas acarretou decréscimo nos genótipos Catuaí 15, Oeiras e H419, quando combinados com os porta-enxertos Conilon M1 e RC EMCAPA (Tabela 2). A assimilação líquida do CO₂ foi significativamente maior nas combinações de enxertia Catuaí 15/M.Novo, H 514/Apoatã e H 514/M.Novo, quando comparada com os valores de A dos pés-francos. A variedade Oeiras e o híbrido H 419 tiveram desempenho satisfatório nas trocas gasosas como pés-francos, não sendo beneficiadas por nenhuma enxertia (Tabela 2).

Observaram-se decréscimos na área foliar das plantas enxertadas sobre Conilon M1 e RC EMCAPA e também nas combinações Oeiras/Apoatã e H419/Apoatã, enquanto nas combinações Catuaí 15/M.Novo, H 514/Apoatã e H 514/M.Novo, a área foliar aumentou significativamente. Esses aumentos ocorreram paralelamente aos incrementos nas taxas de fotossíntese

Tabela 2. Condutância estomática (g_s) ($\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), transpiração (E) ($\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), assimilação líquida do carbono (A) ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), área foliar (AF) (cm^2) e superfície de raiz (SR) (cm^2) em diversas combinações copa/porta-enxerto e pé-franco em mudas de café

| CONTRASTES | g_s | E | A | AF | SR |
|--------------------------|---------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------|
| Catuai 15 | 0,238 | 3,4 | 3,9 | 412 | 3119 |
| vs Catuai 15 / Apoatã | 0,170 ^{ns} | 3,0 ^{ns} | 3,1 ^{ns} | 471 ^{ns} | 3100 ^{ns} |
| vs Catuai 15/ Conilon M1 | 0,118* | 2,3* | 0,4* | 294* | 1458* |
| vs Catuai 15/ M. Novo | 0,320 ^{ns} | 3,7 ^{ns} | 5,4* | 495* | 4163* |
| vs Catuai 15/ RC EMCAPA | 0,133* | 2,8 ^{ns} | 0,7* | 278* | 2517 ^{ns} |
| Oeiras | 0,288 | 2,7 | 4,2 | 615 | 5688 |
| vs Oeiras / Apoatã | 0,225 ^{ns} | 3,1 ^{ns} | 4,0 ^{ns} | 339* | 2492* |
| vs Oeiras / Conilon M1 | 0,143* | 3,0 ^{ns} | 1,5* | 233* | 1346* |
| vs Oeiras / M. Novo | 0,318 ^{ns} | 3,3 ^{ns} | 5,3 ^{ns} | 585 ^{ns} | 4294* |
| vs Oeiras / RC EMCAPA | 0,160* | 2,7 ^{ns} | 1,6* | 243* | 1533* |
| H 419 | 0,285 | 3,5 | 4,9 | 532 | 3337 |
| vs H 419 / Apoatã | 0,203 ^{ns} | 2,7* | 4,4 ^{ns} | 375* | 3366 ^{ns} |
| vs H 419 / Conilon M1 | 0,145* | 2,9 ^{ns} | 1,1* | 196* | 1245* |
| vs H 419 / M. Novo | 0,278 ^{ns} | 4,0 ^{ns} | 4,6 ^{ns} | 552 ^{ns} | 4085 ^{ns} |
| vs H 419 / RC EMCAPA | 0,168* | 2,8* | 1,1* | 247* | 1742* |
| H 514 | 0,260 | 3,6 | 3,9 | 381 | 2870 |
| vs H 514 / Apoatã | 0,240 ^{ns} | 3,0 ^{ns} | 5,5* | 542* | 3520 ^{ns} |
| vs H 514 / Conilon M1 | 0,164 ^{ns} | 2,6* | 0,8* | 162* | 895* |
| vs H 514 / M. Novo | 0,248 ^{ns} | 3,6 ^{ns} | 5,2* | 635* | 4324* |
| vs H 514 / RC EMCAPA | 0,213 ^{ns} | 2,8* | 2,3* | 245* | 1671* |

* e ^{ns}: contrastes significativos e não-significativos, respectivamente, pelo teste "t" de Student a 5% .

e, portanto, a fotossíntese total da planta deve ter sido maior nessas combinações (Tabela 2). Nesse contexto, a maior disponibilidade de carboidratos poderia explicar, pelo menos em parte, o maior crescimento radicular nas combinações Catuai 15/M.Novo e H 514/M.Novo. De modo oposto, menor taxa de fotossíntese e menor área foliar podem estar associadas à menor superfície radicular observada na maioria das plantas enxertadas sobre Conilon M1 e RC EMCAPA (Tabela 2).

Dos porta-enxertos de café canéfora utilizados, o Apoatã, do grupo Robusta, é considerado menos tolerante à seca, em face de um controle estomático pouco eficiente das trocas gasosas, quando comparado com

Conilon M1 ou RC EMCAPA, do grupo Kouilou (Da Matta e Rena, 2001). Essas considerações poderiam explicar o porquê da condutância estomática ter sido reduzida nas plantas de arábica enxertadas sobre Conilon M1 ou RC EMCAPA, ao contrário do que foi verificado na enxertia sobre o Apoatã. À primeira vista, as reduções em g_s poderiam acarretar decréscimos em A . Uma vez que os decréscimos relativos em g_s foram superiores aos de A , é pouco provável que as baixas taxas fotossintéticas observadas nas plantas enxertadas sobre porta-enxertos de Kouilou tenham sido resultantes de limitações estomáticas da fotossíntese (Da Matta, 2003).

De modo geral, o comportamento das trocas

gasosas das plantas enxertadas sobre Apoatã pouco diferiu em relação àquele dos pés-francos. Estes resultados contrastam com os de Fahl *et al.* (2001), obtidos com plantas no campo, em que Apoatã fez aumentar substancialmente as taxas de trocas gasosas, a área foliar, o crescimento e a produção de enxertos de Catuaí 15. Em termos de conservação da turgescência, isso não é problemático quando a disponibilidade da água do solo não for limitante, mas pode acarretar uma rápida exaustão da água disponível e, desse modo, acelerar o desenvolvimento de déficit hídrico na parte aérea. Portanto, o efeito da enxertia sobre as trocas gasosas deve também ser avaliado com disponibilidade hídrica limitada, para recomendação de dado cultivar como porta-enxerto. Em algumas regiões, com períodos secos prolongados, a utilização de porta-enxertos que

reduzam a transpiração total da planta poderia ser vantajosa visto que, nesses casos, a conservação da turgescência pode ser mais importante que a manutenção das trocas gasosas, de modo a permitir maior estabilidade da produção (Da Matta, 2004).

Capacidade geral de combinação de enxerto e porta-enxerto

De acordo com a análise dialélica, não houve diferenças significativas nas variáveis analisadas quanto a CGC nos pés-francos. Nas plantas enxertadas, contudo, houve diferenças significativas em todas as variáveis estudadas (Tabela 3).

O genótipo M. Novo, utilizado como porta-enxerto, apresentou valor positivo de CGC em todas as variáveis

Tabela 3. Capacidade geral de combinação de mudas de cafeeiros enxertadas e não-enxertadas para as variáveis condutância estomática (g_s), transpiração (E), taxa de assimilação líquida do carbono (A), área foliar (AF) e superfície de raiz (SR) em diversas combinações copa/porta-enxerto e pé-franco em mudas de café

| | Pés-francos | | | | |
|-------------------|---------------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|
| | g_s ^{ns} | E ^{ns} | A ^{ns} | AF ^{ns} | SR ^{ns} |
| Catuaí 15 | -0,017 | -0,123 | -0,638 | 16,3 | 199,9 |
| Oeiras | 0,009 | 0,045 | 0,231 | -18,4 | -193,1 |
| H 419 | -0,004 | 0,077 | 0,031 | -25,7 | 0,050 |
| H 514 | 0,012 | 0,002 | 0,375 | 27,8 | -0,678 |
| Erro padrão (Gi): | 0,015 | 0,106 | 0,261 | 11,5 | 132,145 |
| | Porta-enxertos | | | | |
| | g_s * | E * | A * | AF * | SR * |
| Apoatã | 0,006 | -0,130 | 0,981 | 63,5 | 509,9 |
| Conilon M1 | -0,060 | -0,305 | -1,856 | -146,9 | -1373,3 |
| Mundo Novo | 0,088 | 0,670 | 2,188 | 198,6 | 1607,1 |
| RC EMCAPA | -0,034 | -0,236 | -1,313 | -115,1 | -743,7 |
| Erro padrão (Gi): | 0,015 | 0,106 | 0,261 | 11,5 | 132,2 |

** - significativo a de 5% de probabilidade pelo teste

^{ns} - não-significativo.

e, no Apoatã, não foi positiva apenas com relação à transpiração. Os valores positivos de CGC indicam, neste trabalho, que o genótipo estudado teve um desempenho superior aos que tiveram valores negativos. Os porta-

enxertos Conilon M1 e RC EMCAPA influenciaram negativamente as trocas gasosas, em relação às dos pés-francos (Tabela 3).

Com disponibilidade hídrica adequada, os

resultados demonstraram maior eficiência dos genótipos M. Novo e Apoatã como porta-enxertos, com destaque para M. Novo, que, como visto nas comparações entre médias, proporcionou aumentos em *A*, *AF* e *SR* nas combinações com Catuaí 15 e H514. Neste estudo realizado em cultivo hidropônico, com o método circulante de fornecimento da solução nutritiva, a enxertia de genótipos de *C. arabica* em porta-enxerto da mesma espécie foi mais eficiente que em porta-enxertos de *C. canephora*.

Em qualquer caso, faz-se necessária a avaliação das trocas gasosas das combinações enxerto/porta-enxerto em campo, onde a disponibilidade hídrica, a temperatura e a irradiância são fortes, o que pode alterar profundamente o funcionamento do aparelho fotossintético, com reflexos diretos sobre a produção.

A adaptação do modelo de análise dialélica para avaliar a CGC do porta-enxerto pareceu mostrar-se eficiente, indicando que esse procedimento estatístico pode ser de grande utilidade em programas de pesquisa visando à seleção de variedades porta-enxertos.

CONCLUSÃO

Dentre os porta-enxertos estudados, o Mundo Novo IAC 376-4 demonstrou ser o mais promissor, proporcionando efeitos positivos na assimilação de CO₂, enquanto a variedade Oeiras MG 6851 e o híbrido H 419-10-3-1-5 apresentaram bom desempenho quando cultivados como pés-francos, não sendo beneficiados pela enxertia. Neste trabalho em cultivo hidropônico, a enxertia de genótipos de *C. arabica* em porta-enxerto da mesma espécie foi mais eficiente que em porta-enxertos de *C. canephora*.

REFERÊNCIAS

- Bohm W (1979) Methods of studying root systems. New York, Spring-Verlag. 188p.
- Clark RB (1975) Characterization of phosphatase of intact maize roots. Journal of Agricultural Food Chemistry 23:458-460.
- Cruz, CD (2001) Programa Genes: versão Windows: aplicativo computacional em genética e estatística. Viçosa, UFV. [CDROM].
- Da Matta FM (2003) Drought as a multidimensional stress affecting photosynthesis in tropical tree crops. In: Hemantaranjan, A. (Ed.), Advances in Plant Physiology. Scientific Publishers, Jodhpur, p. 227-265.
- Da Matta FM (2004) Ecophysiological constraints on the production of shaded and unshaded coffee: a review. Field Crops Research 86:99-114.
- Da Matta FM, Maestri, M, Mosquim PR & Barros, RS (1997) Photosynthesis in coffee (*Coffea arabica* and *C. canephora*) as affected by winter and summer conditions. Plant Science 128:43-50.
- Da Matta FM & Rena AB (2001) Tolerância do café a seca. In: Zambolin, L. (Ed). Tecnologia de produção de café com qualidade. Viçosa, UFV. p.65-90.
- Fahl JJ, Carelli MLC, Menezes HC, Gallo PB & Trivelin PCO (2001) Gas exchange, growth, yield and beverage quality of *Coffea arabica* cultivars grafted on to *C. canephora* and *C. congensis*. Experimental Agriculture 37:241-252.
- Gonçalves CAA (1996) Comportamento da cultivar Folha de Figo (*Vitis tabrusca* L.) sobre diferentes porta-enxertos de videira. Tese de mestrado. Lavras, Universidade Federal de Lavras. 45p.
- Hartmann HT & Kester DE (1990) Propagación de plantas: principios y practicas. México, Continental. 760p.
- Martinez HEP (2002) O uso do cultivo hidropônico de plantas em pesquisa. Viçosa, UFV. 61p.
- Matiello JB (1998) Café Conilon: Como Plantar, Tratar, Colher, Preparar e Vender. Rio de Janeiro, MM Produções Gráficas. 162p.
- Moraes MV & Franco CM (1973) Método expedito para enxertia em café. Rio de Janeiro, Instituto Brasileiro do Café. 8p.
- Raghuramulu Y & Purushothan K (1987) Root-stock trials in coffee: I. Studies on success in grafting and scion influence on growth of plants in some graft combinations. Journal of Coffee Research 17:8-15.
- Ramos LCS & Lima MMA (1980) Avaliação da superfície relativa do sistema radicular do cafeeiro. Bragantia 39(1):1-5.
- Rena AB & Da Matta FM (2002) O sistema radicular do cafeeiro: estrutura e ecofisiologia. In: Zambolim, L. (Ed.), O Estado da Arte de Tecnologias na Produção de Café. Viçosa, UFV. p.11-83.
- Tennant D (1975) A test of a modified line intersect method of estimating root length. Journal of Ecology 63:995-1001, 1975

Aceito para publicação em 27/10/2005