

# DESENVOLVIMENTO INICIAL DE *Coffea arabica* L. RUSTIFICADO EM CONDIÇÕES DE CAMPO

Paula NOVAES<sup>1</sup>; Carlos Henrique Britto Assis PRADO<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de São Carlos, Departamento de Botânica, Laboratório de Fisiologia Vegetal. Via Washington Luis, Km 235, 13565-905, São Carlos-SP, Brazil.; \*autor para correspondência, fone +55 16 33518385, Fax +55 16 33518308, E-mail: prado\_chba@yahoo.com.br

## Resumo:

O objetivo deste trabalho foi verificar se a prévia rustificação por ciclos de rega de *Coffea arabica* (cultivares Mundo-Novo e Obatã) apresentou um desenvolvimento menos impedido em relação às plantas controle (sem prévia rustificação) em períodos de reduzida e alta disponibilidade hídrica sob condições de campo. Foram acompanhadas as medidas de biometria (altura, diâmetro da base do caule, número de ramos, nós e folhas, área foliar) e de biomassa (folhas, caules, raízes, aérea, total e razão biomassa aérea e subterrânea). Melhor desempenho dos cafeeiros rustificados foi demonstrado por significativos ( $p < 0,05$ ) maiores valores de biomassa, biometria e massa específica foliar tanto nos indivíduos rustificados de Mundo-Novo como nos de Obatã, principalmente após o início do período de reduzida disponibilidade hídrica (a partir de 270 dias em condições de campo). A rustificação antes do plantio é ainda uma prática simples, de custo quase nulo e eficiente para a aumentar a tolerância ao estresse hídrico em condições de campo.

Palavras chave: Biometria, Biomassa, *Coffea arabica*, Desenvolvimento inicial, Disponibilidade hídrica, Rustificação

## Abstract:

The aim of this work was to investigate whether previous watering cycles hardening of Mundo-Novo and Obatã cultivars of *Coffea arabica* grafted over *C. canephora* lead to significantly higher development in relation to control plants (without hardening) in periods of high and reduced water availability under field conditions. Better development of hardening coffee was shown by significantly ( $p < 0.05$ ) higher biometric and biomass values in Mundo-Novo and Obatã, mainly after the first period of low water availability (after 270 days in field conditions). Hardening before field plantation is a simple practice, with almost zero cost and efficient in increasing the water stress tolerance in field conditions.

Key-words: Biometric, Biomass, *Coffea arabica*, Hardening, Initial development, water availability

## Introdução

Maior desenvolvimento de raízes, minimização da desidratação pelo fechamento estomático e redução da área foliar são mecanismos comuns de *Coffea arabica* e *C. canephora* em condições de reduzida disponibilidade hídrica. Exemplos de *Coffea arabica* e *Coffea canephora* apresentam diminuição da assimilação líquida de carbono (Ronquim et al. 2006), diminuição do crescimento vegetativo e do menor acúmulo de biomassa (Da Matta et al 2003) sob estresse hídrico. Clones de *C. canephora* tolerantes ao déficit hídrico tem apresentado maior sistema radicular (Pinheiro et al 2004, 2005), área foliar, e condutância estomática (Da Matta et al, 2003), produtividade de grãos e sobrevivência (Ferrão et al, 2000).

Por meio da rustificação as plantas jovens de cafeeiros devem ser capazes de manter a autotrofia sob estresses mais severos e alcançar o estágio adulto mais cedo com um desenvolvimento menos interrompido. Novaes & Prado (não publicado) descreveram a rustificação de plantas jovens de *Coffea arabica* enxertadas sobre *C. canephora* com ciclos de suspensão da rega até taxas de fotossíntese líquida nulas ou valor de potencial hídrico foliar próximo de -2.0 MPa. Estes autores observaram que a rustificação condicionou alteração do padrão de trocas gasosas foliares (condutância estomática, transpiração, fotossíntese líquida e eficiência no uso da água) logo após dois ciclos de rega.

Se cafeeiros rustificados apresentam padrão de trocas gasosas significativamente alterados nossa hipótese é que a rustificação sob ciclos de rega deve conferir aos indivíduos de *Coffea arabica* balanços hídricos e de carbono também diferenciados durante o desenvolvimento inicial após a rustificação. O objetivo deste trabalho foi verificar se durante o desenvolvimento inicial sob condições de campo indivíduos de *Coffea arabica* enxertados sobre *C. canephora* (cultivares Mundo-Novo e Obatã) apresentaram maiores valores de biomassa e de biometria em relação às plantas controle (livre de ciclos de rega) em períodos de reduzida e de alta disponibilidade hídrica.

## Materiais e Métodos

### Condições climáticas

O clima da região, utilizando a classificação de Köppen, é do tipo Cwa, tropical, com inverno seco e verão quente e úmido, distinguindo-se duas estações características: a seca (nos meses de março a setembro) e a chuvosa (de outubro a fevereiro). A temperatura anual média é de 21° C e a precipitação anual 1520 mm (Tolentino, 1967). As plantas controle e rustificadas estavam sob alta disponibilidade hídrica de 0-270 e de 420-540 dias em condições de campo (Figura 1). Alta disponibilidade hídrica foi caracterizada por temperaturas mensais mínimas acima de 13 °C e máximas acima de 27 °C; a precipitação mensal nestes períodos foi entre 50 e 470 mm e regas foram realizadas nas semanas mais secas. Reduzida disponibilidade hídrica ocorreu de 270-420 dias em condições de campo, com temperaturas mínimas entre 11 e 17 °C, máximas entre 24 e 28 °C, com precipitação menores que 100 mm (Figura 1). No período de reduzida disponibilidade hídrica as regas não foram realizadas.

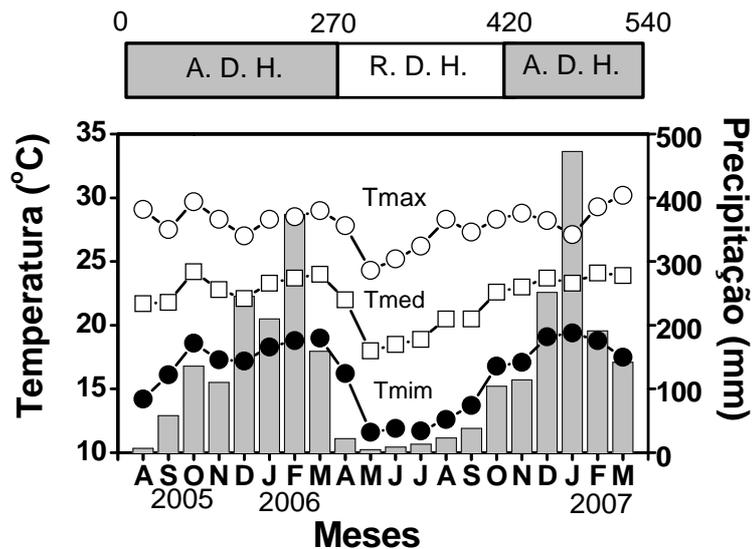


Figura 1. Médias mensais dos valores de temperatura máxima (Tmax), média (Tmed), e mínima (Tmin) e precipitação total (colunas) durante o crescimento de *Coffea arabica* em condições de campo. As barras horizontais acima indicam os períodos de alta disponibilidade hídrica (ADH) e reduzida (RDH) durante o desenvolvimento sob condições de campo. Os números sobre a barra indicam os dias após o plantio em condições de campo.

#### Material vegetal e condições de crescimento em campo

Foram utilizados cultivares de Mundo-Novo e Obatã de *Coffea arabica* L. (Rubiaceae) enxertados sobre *Coffea canephora* L. (Rubiaceae) crescendo em tubetes de 125 ml. Após a interrupção da rega, o medidor portátil *Infra Red Gas Analyser* (LCA-4) foi utilizado para o acompanhamento diário dos valores de fotossíntese líquida (A) pela manhã, até que os valores de A fossem próximos de zero. Sob A praticamente nula foram medidos os valores do potencial hídrico foliar ( $\Psi$ ) por meio de uma bomba de pressão (modelo 3000, Santa Barbara soil moisture, USA) e as plantas foram novamente irrigadas, completando um ciclo de rega. Os procedimentos de ciclo de rega foram repetidos até que os valores de  $\Psi$  não mais diminuíssem ao final de cada ciclo ou se tornaram próximos de -2,0 MPa, quando a rustificação foi considerada completa (Novaes & Prado, dados não publicados). Os exemplares controle permaneceram irrigados diariamente. Após a rustificação (em agosto de 2005) foram escolhidos 50 exemplares rustificados e 50 exemplares controle de cada cultivar. Os indivíduos rustificados e controle de Mundo-Novo e Obatã foram plantados com espaçamento de 50 cm em quatro canteiros (50 exemplares por canteiro) no jardim experimental do Departamento de Botânica da Universidade Federal de São Carlos. Os canteiros (1,5 x 1,5 m) foram preparados com um mês de antecedência do plantio com latossolo estercoado na proporção de 4:1 (solo:estercos de origem animal, v/v) e calagem com calcário dolomítico na proporção de 0,5 g por kg de solo a fim de corrigir o valor de pH para próximo de 6,0. Outros procedimentos de calagem na mesma proporção foram realizados após 150, 240 e 420 dias do plantio. A adubação química por cobertura foi realizada após 165, 255 e 435 dias em condições de campo.

#### Massa específica foliar

As medidas de massa específica foliar (MEF) nas plantas controle e rustificadas de cada cultivar foram realizadas sob alta disponibilidade hídrica (0 e 540 dias em condições de campo) e reduzida (300 dias em condições de campo). Para a obtenção do valor médio de MEF foi utilizada 1 folha completamente expandida e sadia, destacada em 10 plantas rustificadas e em 10 plantas controle. De cada uma destas folhas foi retirado um disco foliar, com 6,1 mm de diâmetro. Os discos secos em estufa sob 60 ° e pesados individualmente em balança analítica. Cada valor de massa de disco foliar foi dividido pelo valor de sua área. A média dos valores encontrados representou a massa específica foliar (MEF), g m<sup>-2</sup> em cada tratamento de cada cultivar.

#### Biomassa

Para os valores de biomassa foram utilizadas 10 plantas rustificadas e 10 controle de cada cultivar em cada período em condições de campo. A determinação da biomassa ocorreu sob alta disponibilidade hídrica (0, 150 e 210 dias em condições de campo) e reduzida (300, 420 e 540 dias em condições de campo). As plantas foram divididas em folhas, caules e raízes. Cada parte foi seca separadamente em estufa sob 60 °C (até massa constante) e pesadas individualmente. A soma das biomassas de folhas e caule representaram a biomassa aérea de cada planta. A soma da biomassa de folhas, caule e raízes representaram a biomassa total de cada planta. Foi calculada a razão biomassa aérea pela subterrânea (raízes) em cada planta. A partir dos 10 valores de cada parâmetro de biomassa foram obtidas as médias e o erro padrão da média de cada tratamento de cada cultivar em cada período de coleta.

### Medidas biométricas

As medidas biométricas de número de folhas, ramos e nós, altura e diâmetro da base do caule foram realizadas sob alta disponibilidade hídrica (120, 150, 180, 210, 240, 480 e 540 dias em condições de campo) e reduzida (270, 300, 330, 360, 390 e 420 dias em condições de campo). Foram utilizadas em cada período de medição 5 plantas rustificadas e 5 plantas controle de cada cultivar. De cada uma destas plantas foram registrados o número de folhas, nós e ramos. Para as medidas de diâmetro da base do caule foi utilizado um paquímetro. Para as medidas de altura das plantas a partir do solo até a inserção da gema apical do ramo ortotrópico foi utilizada uma régua de 1,0 m. As medidas de área foliar foram realizadas em 5 plantas rustificadas e 5 plantas controle de cada cultivar em alta disponibilidade hídrica (150 e 540 dias em condições de campo) e reduzida (300 dias em condições de campo). Para as medidas de área foliar total todas as folhas de cada planta foram destacadas e escaneadas. A área foliar total foi estimada pelo programa Image-Pro (Media Cybernetics version 4.0, EUA). A razão de área foliar foi calculada por meio da divisão dos valores de biomassa de total (g) por área foliar (m<sup>2</sup>). A partir dos 5 valores de cada parâmetro (número de folhas, nós e ramos, diâmetro da base do caule, altura, área foliar total e razão de área foliar) foram obtidas as médias e o erro padrão da média em cada período de coleta em cada tratamento de cada cultivar.

### Análises estatísticas

Como os valores médios de MEF, biomassa e biometria não apresentaram distribuição normal, foi realizada uma análise de variância não-paramétrica (Kruskal-Wallis), considerando diferença significativa entre as médias quando  $p < 0,05$ . Os valores da razão de área foliar apresentaram normalidade em sua distribuição e, portanto, foram analisados por Anova de um parâmetro, considerando significativa a diferença das médias onde os valores de  $p$  real foram menores que os de  $p$  calculado.

## Resultados e Discussão

Após o início do período de reduzida disponibilidade hídrica (após 270 dias em condições de campo), os exemplares rustificados de ambos os cultivares apresentaram medidas significativamente maiores de biometria (altura, número de ramos, nós e folhas, e diâmetro da base do caule) e biomassa (biomassa de folhas, caules, aérea, subterrânea) (Figuras 2 e 3). Segundo Novaes e Prado (dados não publicados), a rustificação de *Coffea arabica* condicionou alteração de suas trocas gasosas, demonstradas por valores de condutância estomática 15 vezes menores, reduções da transpiração e aumento na eficiência no uso da água. A alteração do padrão de trocas gasosa pode ter resultado em modificações morfológicas e fisiológicas afim de sofrer os efeitos do estresse hídrico em menor grau. Exemplares de *C. canephora* tolerantes ou sensíveis ao déficit hídrico foram submetidos a suspensão da rega em casa de vegetação, até que os valores de potencial hídrico foliar antes do amanhecer fosse igual a -3,0 MPa (Pinheiro *et al.* 2005). As plantas tolerantes ao estresse hídrico apresentaram sistema radicular mais regularmente distribuído e 58% mais profundos, o que pode ter proporcionado maior acesso ao conteúdo de água no solo e uma condição hídrica mais favorável que o clone sensível (Pinheiro *et al.* 2004, 2005). Maior biomassa de raízes observada nos tratamentos rustificados pode ter levado a maior absorção de água. Conforme observado por Bañon *et al.* (2006) em *Nerium oleander* submetidas ao estresse hídrico, maior densidade de raízes presumem maior acúmulo de reservas que favorecem o ajuste osmótico radicular e possibilitam maior absorção de água. Begg (1990) sugere que o crescimento das raízes é favorecido principalmente durante o período de alta disponibilidade hídrica que sucede o de reduzida disponibilidade, provavelmente devido à alocação de assimilados da parte aérea para as raízes. Deste modo, as maiores diferenças entre os valores de biometria, biomassa e área foliar das plantas rustificadas em relação as controle no segundo período de alta disponibilidade hídrica podem ter resultado no melhor desenvolvimento vegetativo, adquirido durante o período de reduzida disponibilidade hídrica.

Como as plantas rustificadas apresentaram melhor desenvolvimento, poderão também apresentar maior assimilação de carbono por planta e, portanto, poderá haver maior produtividade em grãos. Clones de *Coffea canephora* tolerantes ou sensíveis ao déficit hídrico apresentam boa produtividade de grãos quando irrigados, mas após 24 meses em condições de campo, ocorreu diminuição da sobrevivência e menor produtividade nos clones sensíveis (Ferrão *et al.* 2000). Da Matta *et al.* (2003 b) descrevem que a maior produtividade em grãos nos clones tolerantes em relação aos sensíveis ao déficit hídrico em *Coffea canephora* esteve associada à manutenção da área foliar, maiores valores de potencial hídrico foliar e valores reduzidos de condutância estomática (Da Matta *et al.* 2003 b).

## Conclusões

A prática de rustificação por ciclos de rega antes do plantio foi eficiente em melhorar o desenvolvimento em condições de campo. Isto foi demonstrado por maiores valores de biomassa, biometria e área foliar significativamente maiores nas plantas de *Coffea arabica* rustificadas, principalmente após o primeiro período de reduzida disponibilidade hídrica. Esta prática de rustificação deve ser adotada nos cultivares Obatã e Mundo Novo, pois o custo é reduzido e o resultado sobre o desenvolvimento vegetativo inicial sob condições de campo são altamente favoráveis para o balanço de carbono de curto prazo (maiores valores de biomassa e biometria) e potencial (maior área foliar).

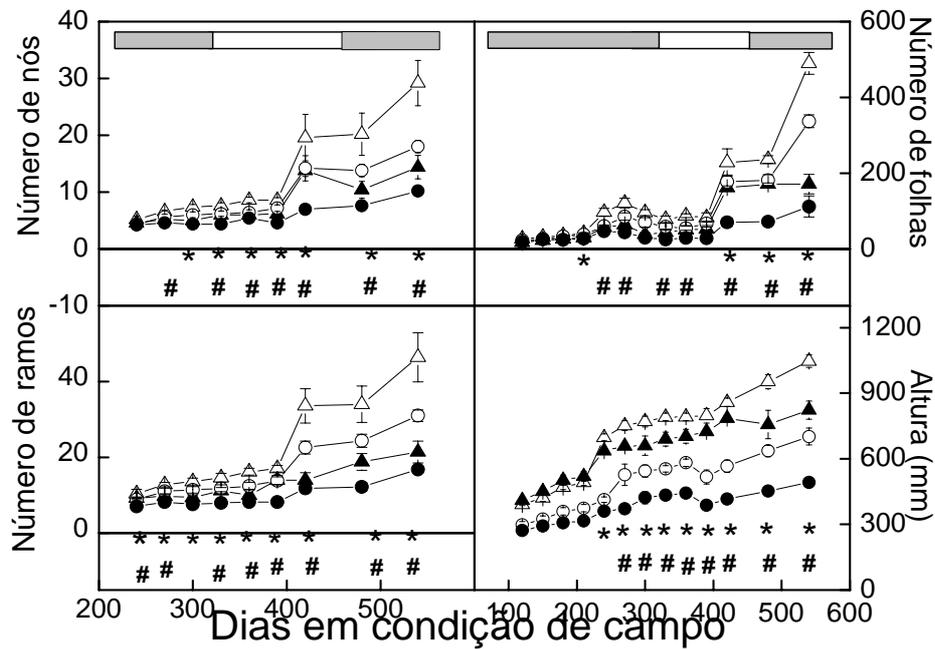


Figura 2. Valores médios (símbolos, n = 5) e erro padrão da média (barras conectadas aos símbolos) do número de nós, folhas e ramos e da altura dos cultivares Mundo-Novo e Obatã de *Coffea arabica* L. enxertado sobre *Coffea canephora*, rustificados por ciclos de rega ou sob tratamento controle (rega permanente) em campo. Os símbolos  $\Delta$  e  $\blacktriangle$  indicam os indivíduos rustificados e controle de Mundo-Novo, respectivamente. Os símbolos  $\circ$  e  $\bullet$  indicam os indivíduos rustificados e controle de Obatã, respectivamente. Símbolos \* e # indicam diferenças significativas ( $p < 0.05$ ) entre indivíduos rustificados e controle de Mundo-Novo e Obatã, respectivamente. As barras horizontais no topo da figura indicam os períodos de disponibilidade hídrica alta (cinza) e reduzida (branco).

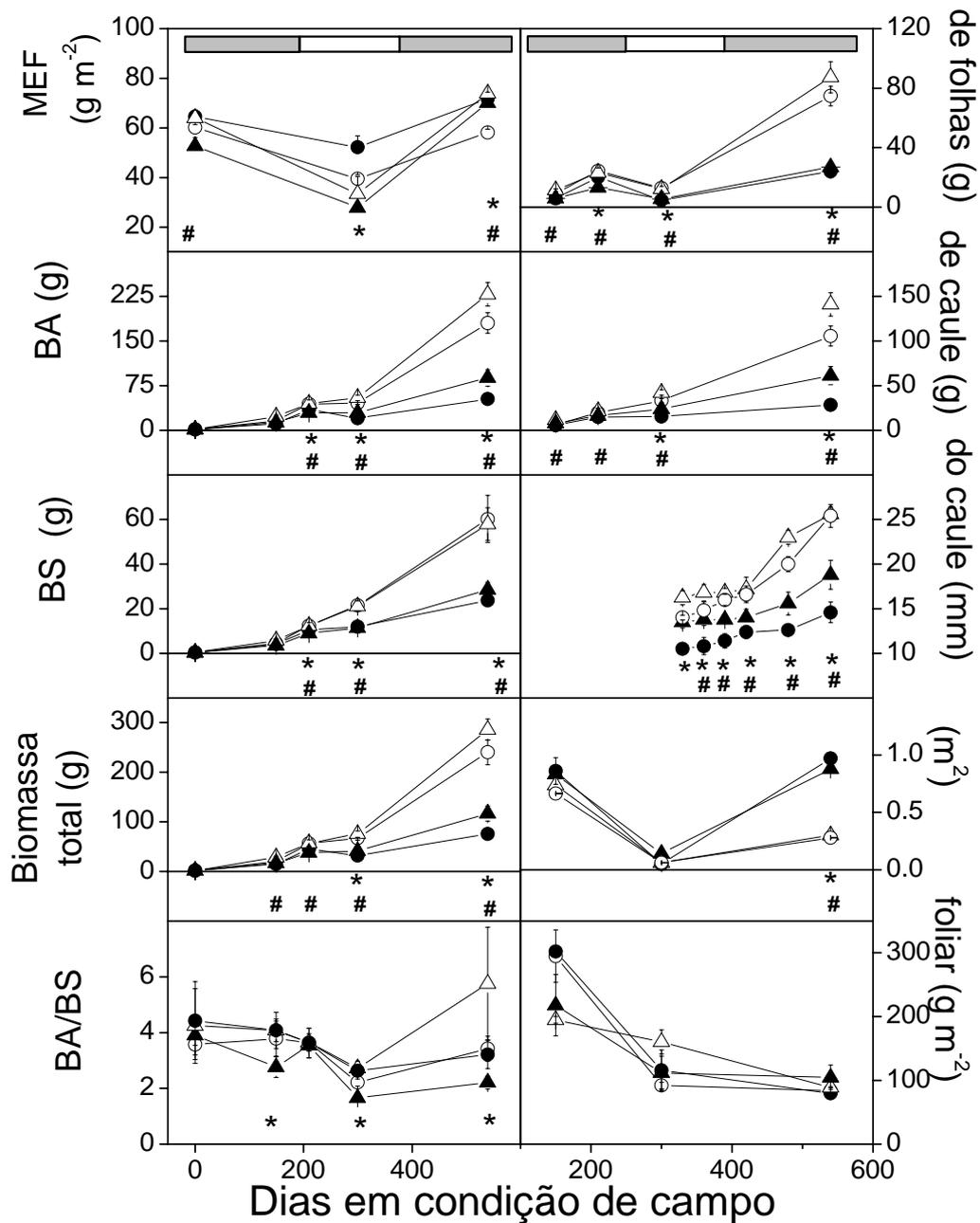


Figure 3. Valores médios (símbolos,  $n = 10$ ) e erro padrão da média (barras conectadas aos símbolos) do peso seco e área foliar em *Coffea arabica* L. enxertado sobre *Coffea canephora*, rustificados por ciclos de rega ou sob tratamento controle (rega permanente) em campo. Painéis à esquerda: massa específica foliar (MEF), biomassa da biomassa aérea (BA) e de subterrânea (BS), biomassa total e razão biomassa aérea (BA) e subterrânea (BS), do plantio à 390 dias após o plantio. Painéis à direita: biomassa de folhas e de caule, diâmetro da base do caule, área foliar e razão de área foliar, de 270 a 430 dias de idade. Os símbolos  $\Delta$  e  $\blacktriangle$  indicam os indivíduos rustificados e controle de Mundo-Novo, respectivamente. Os símbolos  $\circ$  e  $\bullet$  indicam os indivíduos rustificados e controle de Obatã, respectivamente. Símbolos \* e # indicam diferenças significativas ( $p < 0.05$ ) entre indivíduos rustificados e controle de Mundo-Novo e Obatã, respectivamente. As barras horizontais no topo da figura indicam os períodos de disponibilidade hídrica alta (cinza) e reduzida (branco).

## Referências Bibliográficas

- Begg JE, Morphological adaptations of leaves to water stress. In: Turner C, Kramer PJ, editors. Adaptation of plants to water and high temperature stress. New York, Wiley; 1990.
- Bañon S, Ocoa J, Franco JA, Alarcón JJ, Sánchez-Blanco MJ. Hardening in oleander seedlings by deficit irrigation and low air humidity. *Environmental and Experimental Botany*, 56: 36-43. 2006
- Da Matta FM. Drought as a multidimensional stress affecting photosynthesis in tropical tree crops. In: A. Hemantaranjan (Ed.). *Advances in Plant Physiology*, vol 05. Scientific Publish, Jodhpur, 65-100, 2003a.
- Da Matta, F.M., Chaves, A.R.M., Pinheiro, H.A., Ducatti, C., Loureiro, M.E.: Drought tolerance of two field-grown clones of *Coffea canephora*. - *Plant Sci*, 164: 111-117, 2003 b.
- Fahl, J.I., Carelli, M.L.C., Gallo, P.B., Da Costa, W.M., Novo, M.C.S.S.: [*Coffea arabica* grafted over *C. canephora* and *C. congensis* progenies on growth, mineral nutrition and production] - *Bragantia*, 57: 297-12, 1998. [In Portuguese.]
- Fahl, J.I., Carelli, M.L.C., Menezes, H.C., Gallo, P.B., Trevelin, P.C.O.: Gas exchange, growth, yield and beverage quality of *Coffea arabica* cultivars grafted on to *C. canephora* and *congensis*. - *Expl Agric*, 37: 241-252, 2001.
- Ferrão RG, Fonseca AFA, Ferrão, MAG, Santos LP. Avaliação de clones elites de café Conilon em condições de estresse hídrico no estado do Espírito Santo. In: I Simpósio de Pesquisa dos Cafês do Brasil. vol 4. Brasília: EMBRAPA, 402-404, 2000.
- Fundação Pro Café. <http://www.fundacaoprocafe.com.br/html/variedades.html> accessed in 13 Dec 2006
- Kramer PJ, Boyer JS. Water relations of plants and soils. San Diego: Academic Press, 1995.
- Pinheiro, H.A., Da Matta, F.M., Chaves, A.R.M., Fontes, E.P.B., Loureiro, M.E. Drought tolerance in relation to protection against oxidative stress in clones of *Coffea canephora* subjected to long-term drought. - *Plant Sci*. 167: 1307-1314, 2004.
- Pinheiro, H.A., DaMatta, F.M., Chaves, A.R., Loureiro, M.E., Ducatti, C.: Drought tolerance is associated with rooting depth and stomatal control of water use in clones of *Coffea arabica*. - *Annals Bot*, 96: 101-108, 2005.
- Ronquim, J.C., Prado, C.H.B.A., Novaes, P., Fahl, J.I., Ronquim, C.C.: Carbon gain in *Coffea arabica* L. during clear and cloudy days in wet season - *Expl Agric*, 42: 147-164, 2006.
- Sánchez-Blanco M, Ferrández T, Navarro A, Bañon S & Alarcón JJ. Effects of irrigation and air humidity preconditioning on water relations, growth and survival of *Rosmarinus officinalis* plant during and after transplanting. *Journal of Plant Physiology*, 161: 1133-1142, 2004.