

RELAÇÕES HÍDRICAS E TROCAS GASOSAS EM DUAS PROGÊNIES DE CAFÉ SUBMETIDAS A DÉFICIT HÍDRICO MODERADO

Paulo C. DIAS¹ E-mail: diaspc1@yahoo.com.br, Wagner L. ARAÚJO¹, Karine D. BATISTA², Marcelo F. POMPELLI³, Gustavo A. B. K. de MORAES² e Fábio M. DaMATTa⁴

¹Mestrando em Fisiologia Vegetal, UFV, ²Graduando em Agronomia, UFV, ³Doutorando em Fisiologia Vegetal, UFV, ⁴Prof. Adjunto do Dep. do Biologia Vegetal., UFV

Resumo

Este trabalho objetivou estudar o efeito do déficit hídrico moderado nas relações hídricas e nas trocas gasosas de duas progênies de café (Catucaí 785-15 e Siriema, respectivamente sensível e tolerante à seca). O experimento foi conduzido em casa de vegetação, cultivando-se as plantas em vasos de 12 dm³. As plantas receberam 100% da água evapotranspirada por 90 dias; após, um lote continuou sendo irrigado dessa maneira, enquanto noutro lote a irrigação foi reduzida para 50%, 40% e 30% da água evapotranspirada pelas plantas-controle, a intervalos de 20 dias. A progênie Siriema apresentou maior potencial hídrico de antemanhã que Catucaí, sob déficit hídrico, indicando que o estresse foi mais severo na última. O déficit hídrico reduziu a taxa fotossintética, a condutância estomática e a taxa transpiratória, não ocorrendo, contudo, alterações entre progênies. A redução da taxa fotossintética foi associada a limitações estomáticas da fotossíntese. A condutância hidráulica e a condutância hidráulica específica decresceram semelhantemente em resposta ao déficit hídrico, em ambas progênies. O teor relativo de água decresceu nas plantas sob déficit hídrico, sem diferença entre progênies. Catucaí apresentou menor área foliar específica e maior massa seca por área, fato que pode ser atribuído ao maior número de camadas de parênquimas palissádico e lacunoso ou, também, devido a menos espaços intercelulares, mas a deficiência hídrica não alterou esses parâmetros dentro das progênies.

Palavras-chave: Relações hídricas, trocas gasosas, déficit hídrico, *Coffea*.

WATER RELATIONS AND LEAF GAS EXCHANGE IN TWO COFFEE PROGENIES SUBMITTED TO MODERATE DROUGHT STRESS

Abstract

This work aimed to study the effect of a moderate, slowly imposed drought stress, on water relations and gas exchange of two coffee progenies (Catucaí 785-15, drought sensitive; and Siriema, drought tolerant). Plants were grown in 12 dm³ pots, under greenhouse conditions. They received 100% transpired water during 90 days. Afterwards, one group continued being irrigated in that manner, whereas the other group was droughted by decreasing irrigation by 50%, 40% and 30% of transpired water, at 20 days intervals. Siriema showed larger predawn water potentials than Catucaí, indicating that drought stress was more pronounced in the latter. Drought brought about decreases in net photosynthesis, stomatal conductance and transpiration rate; no changes in these parameters were found between progenies, however. Reduction of net photosynthesis was linked to stomatal limitations. Hydraulic conductance and specific hydraulic conductance decreased similarly in both progenies in response to drought stress. Relative water content declined in drought-stressed plants, with no clear distinction between progenies in this regard. Catucaí had smaller specific leaf area and larger dry mass per leaf area, which could be attributed to a greater number of layers of palisade and spongy parenchyma and/or less intercellular spaces, though watering treatments did not alter those parameters in either progenie.

Keywords: Water relations, gas exchanges, drought stress, *Coffea*.

Introdução

Dentre cerca de 100 espécies do gênero *Coffea*, apenas duas, *C. arabica* L. (café arábica) e *C. canephora* Pierre ex Froehner (café robusta), apresentam importância econômica no mercado mundial. O café é a mais importante “commodity” do comércio mundial de produtos agropecuários, representando uma importante fonte de renda para vários países da América Latina, África e Ásia (DaMatta, 2004). O agronegócio mundial do café engloba anualmente mais de 90 bilhões de dólares, envolvendo, para isso, cerca de 500 milhões de pessoas, da produção ao consumo final (Newscafeicultura, 2004).

O estudo das relações hídricas no cafeeiro é de grande interesse, uma vez que pequena redução na disponibilidade hídrica pode reduzir substancialmente o crescimento e, conseqüentemente, a produção (DaMatta e Rena, 2002). A redução da transpiração, via fechamento eficiente dos estômatos, reduz consideravelmente a perda de água pelas plantas, sendo considerado um mecanismo importante de tolerância à seca (Monneveux e Belhassen, 1997). Porém, ao mesmo tempo que restringe a perda de água, a redução da condutância estomática (g_s) dificulta o influxo de CO₂ para o cloroplasto (Monneveux e Belhassen, 1997), reduzindo, dessa forma, a fotossíntese. Em café arábica, o fechamento estomático tem sido considerado como o indicador primário de déficit hídrico, de modo que a alta sensibilidade de g_s restringiria a fotossíntese, mas permitiria, por mais tempo, a manutenção do *status* hídrico da planta, com reflexos óbvios sobre sua

sobrevivência após longos períodos de estiagem (DaMatta e Rena, 2001).

Variações morfológicas e anatômicas em plantas de café têm sido pouco estudadas, e informações básicas referentes a aspectos fisiológicos relacionados a tais variações, especialmente condições de estresse hídrico, podem ser bastante úteis na compreensão dos mecanismos envolvidos na tolerância diferencial existente no gênero *Coffea*, comumente observada em condições de campo. As variações na estrutura das folhas estão relacionadas, em grande parte, com o habitat, representando uma importante resposta plástica das plantas às condições ambientes, especialmente a disponibilidade hídrica. Por exemplo, em folhas de plantas xerófitas, há uma baixa razão superfície/volume (Richardson e Berlyn, 2002), resultado da mudança no número e dimensão das células do mesófilo (Chartzoulakis et al., 2000), que se apresentam menores, reduzindo os espaços intercelulares (Mediavilla et al., 2001).

O objetivo deste trabalho foi estudar o efeito do déficit hídrico moderado nas relações hídricas e nas trocas gasosas de duas progênies de café, com tolerância contrastante ao déficit hídrico.

Material e Métodos

Este trabalho foi realizado em casa de vegetação, em Viçosa (20°45'S, 650 m altitude), Minas Gerais. Foram utilizadas duas progênies de café, sendo uma considerada sensível (Catucaí 785-15) e outra, tolerante à seca (Siriema). Catucaí é originário do cruzamento natural entre *C. arabica* cv. Catucaí e o híbrido Icatu, oriundo do cruzamento entre *C. arabica* e *C. canephora*. Siriema originou-se de uma população derivada do cruzamento entre *C. arabica* cv. Mundo Novo e *C. racemosa*.

Mudas das duas progênies, com quatro pares de folhas, foram plantadas e cultivadas em vasos contendo 12 dm³ de substrato, constituído de solo, esterco de curral curado e areia (3:1:1, v/v/v). A mistura foi adubada e teve o pH corrigido, de acordo com análise de solo e recomendações técnicas para a cultura (Ribeiro, 1999). Após o pegamento das mudas, aproximadamente aos 90 dias após o transplante das mesmas e, a intervalos de 20 dias, foram feitas adubações nitrogenadas em cobertura, aplicando-se 0,6 g de N por vaso, na forma de sulfato de amônio. Até a aplicação dos tratamentos, as plantas foram irrigadas periodicamente, procurando-se manter a umidade do solo próxima à capacidade de campo.

Ao aplicarem-se os tratamentos, as plantas foram uniformizadas quanto à área foliar. Para isso, todas as folhas de todas as plantas tiveram seu maior comprimento e maior largura mensurados, com vistas à obtenção de sua área foliar, conforme Barros (1972). Em outubro de 2004, as plantas das duas progênies foram submetidas a regimes hídricos diferenciais. Um grupo de plantas foi irrigado diariamente, recebendo 100% da água evapotranspirada (plantas-controle), enquanto o segundo grupo recebeu apenas 50, 40, e 30% da água evapotranspirada (plantas sob déficit hídrico) para cada período de 20 dias, respectivamente. A quantidade de água evapotranspirada foi determinada por gravimetria. Todas as avaliações descritas na seqüência foram realizadas em folhas do terceiro ou quarto par de folhas de ramos plagiotrópicos.

O potencial hídrico das plantas foi medido na antemanhã (Ψ_{am}) e ao meio-dia (Ψ_{md}), utilizando-se de uma bomba de pressão tipo Scholander.

A condutância estomática (g_s), e as taxas de assimilação líquida de carbono (A) e de transpiração (E), foram estimadas, respectivamente, às 07:00-08:00h e às 11:00-12:00h, utilizando-se de um analisador de gás a infravermelho (LI-6400 Portable Photosynthesis System, LI-COR, Nebraska, EUA). A condutância hidráulica foi expressa pela razão entre a transpiração total (da antemanhã ao meio-dia) e a diferença de potencial hídrico, observada nesse período. Essas avaliações foram realizadas nos três dias subseqüentes à última irrigação, sendo apresentada, porém, a média das três avaliações, exceto a relação entre fotossíntese e condutância estomática, em que foram utilizados todos os dados dos dois horários.

Para o estudo de modificações morfológicas das folhas, determinou-se a área foliar específica e a densidade do tecido foliar, expressa pela razão entre massa seca e massa fresca. Foram ainda estimados vários índices associados às relações hídricas: teor relativo de água, suculência e o teor de água na saturação, conforme Bacelar et al. (2004). Na análise da superfície foliar, foi utilizado o método de impressão da epiderme com cola instantânea (Super Bonder[®]), seguido da contagem dos estômatos e das células epidérmicas em microscópio de câmara clara, sendo determinadas a densidade e a freqüência estomática.

Os experimentos foram instalados e analisados segundo o delineamento inteiramente casualizado, com cinco repetições, num esquema fatorial 2 X 2 (dois cultivares e dois regimes hídricos). A coleta dos dados de trocas gasosas foi realizada em blocos, porém esses parâmetros foram analisados segundo o delineamento inteiramente casualizado. Cada unidade experimental foi composta por uma planta por vaso. As médias dos tratamentos foram comparadas entre si pelo teste de Newman-Keuls, a 5% de probabilidade, utilizando-se do Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas da UFV (SAEG-UFV, 1997).

Resultados e Discussão

O déficit hídrico promoveu uma redução do potencial hídrico na antemanhã (Ψ_{am}) e ao meio-dia (Ψ_{md}) nas duas progênies, particularmente em Catucaí (Tabela 1). Isso evidencia que o déficit hídrico foi mais severo nessa progênie, uma vez que Ψ_{am} pode ser considerado um indicativo do *status* hídrico do solo tal qual a planta o percebe. Apesar do Ψ_{am} ter sido maior em Siriema, a diferença de potencial hídrico da antemanhã ao meio-dia ($\Delta\Psi_w$) foi similar entre as progênies, independente do regime hídrico (Tabela 1). Ademais, $\Delta\Psi_w$ foi maior nas plantas sob déficit, devido, provavelmente, à disponibilidade reduzida de água no solo, que impediu que a absorção acompanhasse a transpiração, acarretando decréscimos no *status* hídrico das plantas.

Não houve diferenças entre as taxas de fotossíntese líquida (A), de condutância estomática (g_s) e de transpiração

(*E*) entre progênies nos dois horários avaliados, mas o déficit hídrico causou decréscimos nos valores desses parâmetros (Tabela 1). A redução observada em *A* foi causada, provavelmente, por limitações estomáticas à fotossíntese, uma vez que aquele parâmetro decresceu com a queda de g_s , nas duas progênies (Figura 1). Como resultado da redução proporcional de *A* e *E* com o déficit hídrico, e pelo fato de esses parâmetros não terem diferido entre progênies, a eficiência do uso da água instantânea (*A/E*) não foi afetada, mantendo-se constante entre progênies e regimes hídricos (Tabela 1). Mesmo Siriema tendo apresentado um Ψ_{am} maior que Catucaí nas plantas sob déficit, g_s foi similar entre essas plantas, podendo inferir-se que Siriema apresentou melhor balanço hídrico que Catucaí.

Tabela 1 – Taxa de assimilação líquida de CO₂ (*A*), condutância estomática (g_s), taxa de transpiração (*E*), eficiência do uso da água instantânea (*A/E*), às 7:00-8:00h e às 11:00-12:00h, potencial hídrico na antemanhã (Ψ_{am}) e ao meio-dia (Ψ_{md}), e diferença de potencial hídrico da antemanhã ao meio-dia ($\Delta\Psi_w$) em duas progênies de café submetidas a déficit hídrico moderado. Letras minúsculas comparam os regimes hídricos dentro de cada progênie, e letras maiúsculas comparam as progênies dentro de cada regime hídrico

Horário	Siriema		Catucaí	
	Controle	Déficit	Controle	Déficit
<i>A</i> ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)	7,3 aA	5,1 bA	6,9 aA	4,6 bA
g_s ($\text{mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)	103 aA	61 bA	97 aA	44 bA
<i>E</i> ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)	1,39 aA	0,94 bA	1,36 aA	0,72 bA
<i>A/E</i> (mmol mol^{-1})	5,36 aA	5,59 aA	5,39 aA	5,93 aA
<i>A</i> ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)	6,2 aA	2,7 bA	5,6 aA	2,5 bA
g_s ($\text{mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)	83 aA	30 bA	80 aA	26 bA
<i>E</i> ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)	2,25 aA	0,98 bA	2,24 aA	0,86 bA
<i>A/E</i> (mmol mol^{-1})	2,83 aA	2,75 aA	2,52 aA	2,96 aA
Ψ_{am} (MPa)	-0,10 aA	-0,65 bA	-0,17 aA	-1,43 bB
Ψ_{md} (MPa)	-0,73 aA	-1,85 bA	-0,80 aA	-2,49 bB
$\Delta\Psi_w$ (MPa)	0,63 aA	1,19 aA	0,64 bA	1,07 aA

A condutância hidráulica (K_h) foi maior nas plantas-controle da progênie Siriema, ocorrendo o oposto com a condutância hidráulica específica (K_s), que foi superior nas plantas-controle de Catucaí; sob déficit hídrico, esses parâmetros não diferiram entre progênies (Figura 2). Ademais, o déficit hídrico também promoveu a redução de K_h e K_s em relação às das plantas-controle de cada progênie (Figura 2), fato que acarretou maior $\Delta\Psi_w$ observado nas plantas sob déficit, devido, provavelmente, ao descompasso entre absorção e a perda de água pela transpiração. A progênie Siriema teve maior área foliar em relação a Catucaí (dado não mostrado), o que pode explicar maior K_h observada nas plantas-controle de Siriema, devido a maior superfície transpirante. Devido ao mesmo motivo, K_s foi menor nesse mesmo tratamento, pois K_s é igual a K_h dividido pela área foliar. A redução de K_h e K_s observada em ambas as progênies, em resposta ao déficit hídrico, foi resultado da menor *E*, menor g_s e, também, devido ao grande $\Delta\Psi_w$ observado (Tabela 1). Um menor movimento de água através da planta implica em menor absorção de água e, assim, na manutenção de água no solo por um período maior, embora tenha como consequência a queda do Ψ_w . A condução de água através da planta representa um compromisso entre a condução eficiente de água, permitindo a manutenção do *status* hídrico da planta, e uma segurança contra o bloqueio causado pela cavitação (Zimmermann, 1980, citado por Blake e Li, 2003).

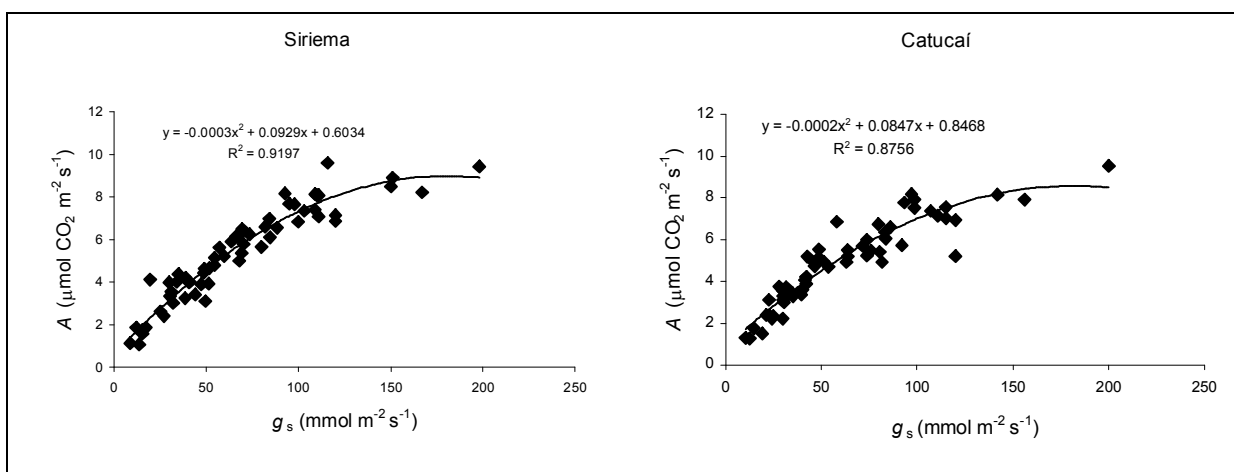


Figura 1 – Variação da taxa fotossintética (*A*) em função da variação da condutância estomática (g_s) em duas progênies de café

O déficit hídrico provocou uma pequena, mas significativa redução do teor relativo de água (TRA), mas não houve diferença entre progênies (Tabela 2). Folhas de café mantêm um elevado teor relativo de água em condições de deficiência

hídrica, fato que tem sido atribuído a um eficiente controle estomático (Gross e Phan-Nguyen, 1987). A área foliar específica (AFE) foi menor e a massa seca por área (MS/ÁREA) foi maior em Catucaí, em ambos regimes hídricos, mas não houve diferença entre regimes hídricos (Tabela 2). Menor AFE pode ser resultado de maior número de camadas de parênquimas palissádico e lacunoso ou, também, devido ao maior adensamento celular. Siriema apresentou maior suculência que Catucaí, não havendo, porém, efeito do regime hídrico nesse parâmetro; o conteúdo de água na saturação (H₂O SAT) só foi menor nas plantas com deficiência hídrica de Catucaí (Tabela 2). A densidade do tecido foliar (DTF) foi superior, sob deficiência hídrica, na progênie Catucaí (Tabela 2). Essas respostas podem ser resultado de alterações no espaçamento intercelular, ou, também, devido à presença de folhas mais espessas, uma vez que folhas mais espessas contêm maior quantidade de água por área (Bussotti et al., 2002); porém, isso não foi comprovado pela análise da superfície foliar.

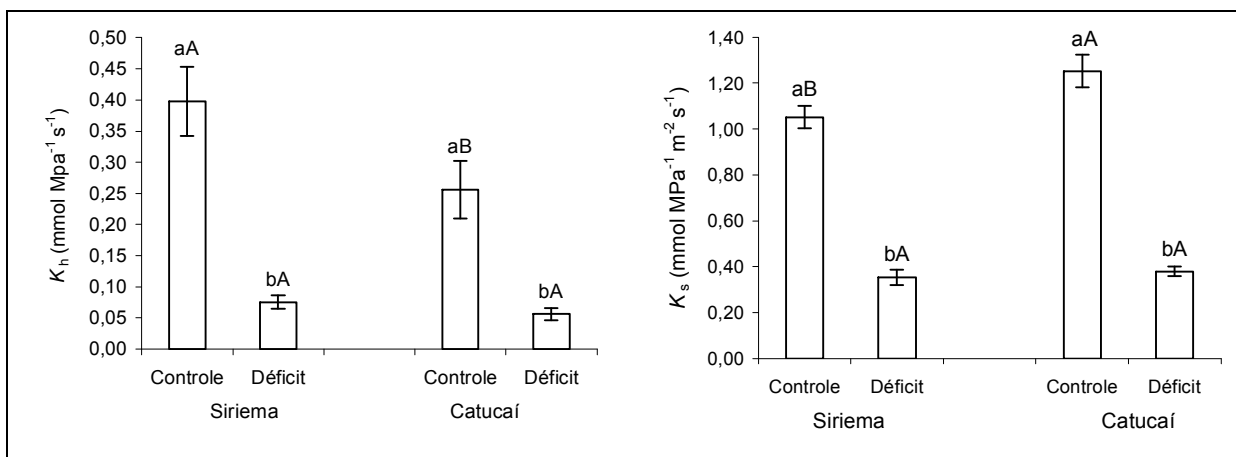


Figura 2 – Condutância hidráulica (K_h) e condutância hidráulica específica (K_s) em duas progênies de café submetidas a déficit hídrico moderado. Estatística conforme Tabela 1

Tabela 2 – Teor relativo de água (TRA), suculência, conteúdo de água na saturação (H₂O SAT), área foliar específica (AFE), massa seca por área (MS/ÁREA), densidade do tecido foliar (DTF), densidade (DE) e frequência estomática (FE) em duas progênies de café submetidas ao déficit hídrico moderado. Estatística conforme Tabela 1

	Siriema		Catucaí	
	Controle	Déficit	Controle	Déficit
TRA (%)	97,12 aA	93,8 bA	97,5 aA	92,8 bA
Suculência (mg H ₂ O.cm ⁻²)	17,53 aA	17,63 aA	16,03 aB	15,99 aB
H ₂ O SAT (mg H ₂ O.g ⁻¹ MS)	2,74 aA	2,72 aA	2,62 aA	2,41 aB
AFE (cm ² .g ⁻¹ MS)	164,2 aA	163,6 aA	143,7 aB	141,0 aB
MS/ÁREA (mg.cm ⁻²)	6,14 aB	6,18 aB	7,01 aA	7,12 aA
DTF (mg MS.g ⁻¹ MF)	272 aA	282 aB	282 bA	311 aA
DE (estômatos.mm ⁻²)	192 aA	180 aA	164 aA	149 aA
FE (estômatos.total células ⁻¹)	0,204 aA	0,160 bA	0,170 aB	0,157 aA

Conclusões

Sob déficit hídrico, apesar de Siriema ter apresentado maior Ψ_{am} que Catucaí, evidenciando uma estratégia de conservação de água, a fotossíntese decresceu, largamente em função de limitações estomáticas, de modo similar nas duas progênies. As reduções semelhantes de K_h e K_s , em resposta ao déficit hídrico, podem traduzir-se em manutenção do *status* hídrico do solo por mais tempo; isso poderia ser uma vantagem para plantas com sistemas radiculares mais profundos. Em todo caso, os parâmetros avaliados, na condição deste experimento, não permitiram discriminar, satisfatoriamente, as duas progênies estudadas em termos de tolerância diferencial à seca.

Referências Bibliográficas

- BACELAR EA, CORREIA CM, MOUTINHO-PEREIRA JM, GONÇALVES BC, LOPES JI, TORRES-PEREIRA JMG. 2004. Sclerophylly and leaf anatomical traits of five field-grown olive cultivars growing under drought conditions. *Tree Physiol.*, 24, 233-239.
- BARROS RS. 1972. *Influência dos fatores climáticos sobre a periodicidade de crescimento vegetativo do café* (Coffea arabica L.). Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, Tese (Mestrado em Fisiologia Vegetal). 52 p.

- BUSSOTI F, BETTINI D, GROSSONI P, MANSUINO S, NIBBI R, SODA C, TANI C. 2002. Structural and functional traits of *Quercus ilex* in response to water availability. *Environ. Exp. Bot.*, 47, 11-23.
- BLAKE TJ, LI J. 2003. Hydraulic adjustment in jack pine and black spruce seedlings under controlled cycles of dehydration and rehydration. *Physiol. Plant.*, 117, 532-539.
- CHARTZOULAKIS K, BOSABALIDIS AM, PATAKAS A, VEMMOS S. 2000. Effects of water stress on water relations, gas exchange and leaf structure of olive tree. *Acta Hort.*, 537, 241-247.
- DaMATTa FM. 2004. Exploring drought tolerance in coffee: a physiological approach with some insights for plant breeding. *Braz. J. Plant Physiol.*, 16, 1- 6.
- DaMATTa FM, RENA AB. 2001. Tolerância do café à seca. In: ZAMBOLIN L (Ed.), *Tecnologias de produção de café com qualidade*, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, pp. 65-100.
- DaMATTa FM, RENA AB. 2002. Relações hídricas no cafeeiro. In: ENCARNAÇÃO RO, AFONSO Jr PC, RUFINO JLS (Eds.), *I Simpósio de pesquisa dos cafés do Brasil: Palestras*, EMBRAPA, Brasília, pp. 9-44.
- GROSS K, PHAN-NGUYEN T. 1987. Pressure-volume analysis on shoot of *Picea abies* and leaves of *Coffea liberica* at various temperatures. *Physiol. Plant.*, 70, 189-195.
- MEDIAVILLA S, ESCUDERO A, HEILMEIER H. 2001. Internal leaf anatomy and photosynthetic resource-use efficiency: interspecific and intraspecific comparisons. *Tree Physiol.*, 21, 251-259.
- MONNEVEUX P, BELHASSEN E. 1997. The diversity of drought adaptation in the wide. In: BELHASSEN E, (Ed.), *Drought tolerance in higher plants: genetical, physiological and molecular biological analysis*. Dordrecht, Kluwer, pp. 07-14.
- NEWSCAFEICULTURA. 2004. *Números do agronegócio mundial do café*. Disponível em: < http://www.newscafeicultura.com.br/news_cafeicultura/one_news.asp?IDNews=3389>. Acesso em 02 de setembro de 2004.
- RIBEIRO AC. 1999. Recomendação de calagem e adubação de substratos para mudas, covas e canteiros. In: RIBEIRO CA, GUIMARÃES PTE, ALVAREZ V VH (Eds.), *Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais (5ª aproximação)*. Viçosa, UFV. pp. 263-263.
- RICHARDSON A, BERLYN G. 2002. Changes in foliar spectral reflectance and chlorophyll fluorescence of four temperate species following branch cutting. *Tree Physiol.*, 22, 449-506.
- SISTEMA DE ANÁLISES ESTATÍSTICAS E GENÉTICAS – SAEG. 1997. versão 7.1. Viçosa, MG, Fundação Arthur Bernades.
- VASELLATI V, OESTERHELD M, MEDAN D, LORETI J. 2001. Effects of flooding and on the anatomy of *Paspalum dilatatum*. *Ann. Bot.*, 88, 355-360.