

## **ARBORIZAÇÃO (*Hevea brasiliensis*): ALTERNATIVA PARA AUMENTAR A EFICIÊNCIA DO USO DA ÁGUA EM CULTIVOS DE *Coffea canephora*<sup>1</sup>**

Paulo Cezar Cavatte<sup>2</sup>, Ângela Ten Caten<sup>2</sup>, Ricardo Wolfgramm<sup>2</sup>, Cláudio Pagotto Ronchi<sup>3</sup>, Fábio Murilo DaMatta<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Trabalho financiado pelo Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do Café – CBP&D/Café, com o apoio do Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper).

<sup>2</sup> Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Biologia Vegetal, Viçosa-MG, [paulo.cavatte@ufv.br](mailto:paulo.cavatte@ufv.br)

<sup>3</sup> Universidade Federal de Viçosa, Campus Rio Paranaíba, Rio Paranaíba-MG, [claudiopagotto@ufv.br](mailto:claudiopagotto@ufv.br)

**RESUMO:** Neste trabalho, contrastaram-se dois clones de café conilon (109A e 120) para explorarem-se suas respostas fisiológicas à disponibilidade de luz e, assim, examinar a plasticidade do café conilon às variações de irradiância. O experimento foi conduzido em uma lavoura com fileiras de seringueira plantadas perpendicularmente às fileiras do café, no sentido norte-sul, e o café, no sentido leste-oeste. As posições avaliadas foram: oeste, meio e leste da linha de café. Sugere-se que o sombreamento, na medida em que pode contribuir para um status hídrico mais favorável, pode ser uma alternativa promissora para reduzir a quantidade de água usada na irrigação, ou para aumentar a eficiência do uso da água em lavouras de café conilon.

**Palavras-chave:** café, irrigação, potencial hídrico

## **SHADING (*Hevea brasiliensis*): ALTERNATIVE TO INCREASE THE WATER-USE EFFICIENCY OF *Coffea canephora* STANDS**

**ABSTRACT:** In this study, two clones of robusta coffee (109A e 120) were compared in order to explore their physiological responses to light, and to examine their plasticities to varying irradiance. The experiment was conducted in the fields with rows of rubber trees (north-south orientation) planted perpendicularly to the coffee rows (east-west orientation). The evaluations were carried out in the east, middle and west of the coffee hedgerows. It is proposed that shading, as it can contribute to a better plant water status, may be a promising alternative to reduce the amount of water employed in irrigation systems or, alternatively, to increase the water-use efficiency of robusta coffee stands.

**Key words:** coffee, irrigation, water potential

### **INTRODUÇÃO**

Nativo de regiões tropicais da África, tanto o café arábica como o robusta evoluíram como espécies lenhosas de sub-bosque. As primeiras plantações de café arábica foram, portanto, conduzidas sob sombreamento, por meio de consórcio com árvores de maior porte, com a finalidade de simular o habitat natural da cultura. Em muitas situações, entretanto, cafezais a pleno sol podem produzir mais que aqueles sombreados (Beer et al., 1998). Como consequência, o sombreamento foi abandonado como uma prática cultural regular em muitas regiões do mundo.

A principal região produtora de café conilon no Brasil se concentra no norte do Espírito Santo. Em boa parte dessa região, há expressivo déficit hídrico anual que, aliado à distribuição irregular de chuvas, promove um período seco, que se estende por aproximadamente cinco meses, coincidindo com a estação fria (Siag, 2006). É comum, também, a ocorrência de veranicos associada a temperaturas que se aproximam de 40°C. Ademais, os solos da região são rasos, de texturas predominantemente de média a arenosa, com baixa fertilidade natural, e apresentam baixa capacidade de retenção da água. Essas condições, aliadas à ocorrência de ventos fortes e à elevada taxa evapotranspiratória, impõem à cafeicultura do norte capixaba a necessidade de utilização da irrigação, o que contribui para a elevação do custo de produção do café (DaMatta et al., 2007). Esses fatores, somados às freqüentes oscilações do preço do café e à pressão da sociedade por uma cafeicultura mais sustentável, têm redirecionado a visão do cafeicultor quanto à condução de sua lavoura, principalmente para os aspectos relacionados à utilização de espécies perenes que possam ser consorciadas com o café, visando-se ao aumento da rentabilidade por área cultivada e à minimização dos efeitos adversos do clima sobre a lavoura. Nesse contexto, na região de plantio de café conilon no norte do Espírito Santo, o cultivo consorciado tem-se tornado uma prática cada vez mais comum (DaMatta et al., 2007). Registre-se que o café é uma mercadoria bastante vulnerável às flutuações de preço no mercado internacional e, seguramente, a diversificação é uma estratégia para manter ou melhorar o equilíbrio econômico da propriedade.

As variações da temperatura do ar e da umidade relativa e, portanto, do déficit de pressão de vapor, estão intimamente associadas à flutuação diária da radiação solar. Porém, em cafezais sombreados, pode ocorrer decréscimo substancial no déficit de pressão de vapor (DPV) entre a copa e a atmosfera e, em última análise, na transpiração. Nessa condição, o gradiente absoluto de pressão de vapor entre os espaços internos da folha e o ar adjacente diminui e a transpiração passa a depender muito mais da resistência do ar, e não da resistência estomática (DaMatta e Rena, 2001). Assim, o influxo de CO<sub>2</sub> para a fotossíntese, na medida em que o estômato permanece mais aberto, não é acompanhado direta e efetivamente por perda de vapor d'água, em face de a contribuição da resistência do ar sobrepujar-se àquela da

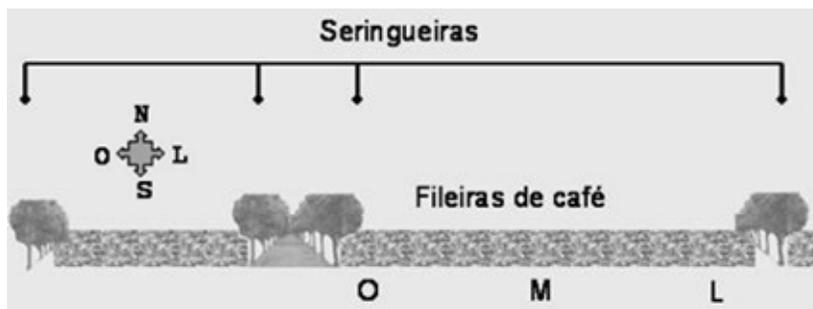
resistência do estômato. Isso deve contribuir para otimizar a utilização da água pela planta (maior eficiência do uso da água). Por outro lado, em cafezais cultivados a pleno sol, na medida em que o dia avança, a transpiração, a princípio, aumenta, em resposta a aumentos discretos no DPV. Todavia, incrementos adicionais no DPV, como ocorre principalmente à tarde, geram decréscimos na transpiração, em face da alta sensibilidade do estômato do café à redução de umidade relativa. Como consequência, o influxo de CO<sub>2</sub> para os cloroplastos diminui e as taxas de fotossíntese decrescem sobremodo e, assim, reduz-se a utilização fotoquímica da irradiância incidente (DaMatta et al., 2007).

O sombreamento, ao reduzir a irradiância incidente sobre o cafezal, e ao permitir maiores condutâncias estomáticas, em decorrência do menor DPV entre a folha e a atmosfera (DaMatta, 2004), deve afetar sobremodo processos fisiológicos como as relações hídricas e as trocas gasosas. Sugere-se, portanto, que o desempenho fotossintético de clones de café conilon mais sensíveis à seca possam ser maximizados numa extensão superior à dos clones mais tolerantes àqueles estresses, quando cultivados sob sombreamento.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em uma lavoura de café (*Coffea canephora* Pierre var. *kouillou*), composta por 34 clones, consorciada com seringueira (*Hevea brasiliensis* cvs. RRIM 600 e FX 3864). O consórcio foi implantado em 1999, na Fazenda Experimental do Incaper, em Sooretama, ES, em solo do tipo Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico coeso. Os cafeeiros foram plantados no espaçamento de 2,5 x 1,0 m, em linhas no sentido leste-oeste. A seringueira foi plantada em linhas duplas perpendiculares às fileiras do café, portanto no sentido norte-sul, com o espaçamento entre plantas de 2,5 m, porém com diferentes espaçamentos entre linhas duplas (20, 30 e 40 m), visando proporcionar diferentes níveis (ou gradientes) de sombreamento ao cafeeiro. Portanto, a cada 20, 30 ou 40 m, todas as linhas de café são interrompidas pelas fileiras duplas de seringueira, que as “cortam” perpendicularmente. A lavoura foi mantida sem irrigação e os tratos culturais gerais (capinas, podas, adubação etc.) foram realizados segundo recomendações agronômicas normais para as culturas.

O experimento propriamente dito foi realizado com apenas dois clones, sendo um **sensível (109A)** e outro **tolerante (120)** ao déficit hídrico, utilizando-se de plantas situadas em três diferentes posições relativas às fileiras de seringueira espaçadas de 40 m (Figura 1). É importante ressaltar que, como o sol “caminha” no sentido leste-oeste, perpendicularmente às fileiras de seringueira, que têm atualmente 7,0 m de altura, a sombra sobre a lavoura também migra ao longo do dia. Portanto, as posições consideradas para avaliações foram: **posição oeste (O)**: plantas de café que recebiam sol pela manhã e sombra à tarde (localizadas na extremidade esquerda (oeste) da fileira de café, próximo à linha de seringueira da esquerda); **posição mediana (M)**: plantas de café a pleno sol (localizadas no meio da parcela de 40 m, distantes 20 m das fileiras de seringueira); **posição leste (L)**: plantas de café que recebiam sombra pela manhã e sol à tarde (localizadas na extremidade direita (leste) da fileira de café, próximo à linha de seringueira da direita) (Figura 1).



**Figura 1:** Representação da lavoura de café conilon consorciada com seringueira. A seringueira foi plantada perpendicularmente às fileiras do café, portanto no sentido norte-sul, e o café, no sentido leste-oeste. As posições de avaliações foram: oeste (O), meio (M) e leste (L) da linha de café.

As avaliações e amostragens foram feitas em março de 2008, em dias parcialmente nublados. Nessa época, as temperaturas do ar mínima e máxima foram, respectivamente, 25°C e 33°C. Houve precipitação abundante nos dias precedentes à época de avaliação. Todas as medições e amostragens foram realizadas em folhas do terceiro ou quarto par a partir do ápice de ramos plagiotrópicos do terço superior das plantas. Avaliaram-se os seguintes parâmetros:

**Parâmetros agrometeorológicos:** Ao longo do período de avaliações das trocas gasosas, foram tomadas as temperaturas da folha, por meio de um analisador de gás a infravermelho (IRGA) portátil (LCpro+, ADC, Hoddesdon, Reino Unido), e do ar (bulbos seco e úmido), por meio de psicrômetros instalados no campo experimental, entre as plantas, para se calcular o DPV entre a folha e a atmosfera ( $\delta e$ ), utilizando-se das fórmulas descritas em Landsberg (1986).

**Ângulo foliar:** Nos mesmos horários das avaliações das trocas gasosas, seis folhas por planta, em cada tratamento, foram amostradas para a medição do ângulo de inclinação foliar em relação ao horizonte ( $= 0^\circ$ ), utilizando-se de um angulômetro.

**Condutância estomática:** A condutância estomática ( $g_s$ ) foi medida em sistema aberto, sob temperatura ambiente e luz

artificial, com o IRGA já mencionado, em três horários do dia (08:00, 12:00 e 16:00 h). Baseados em avaliações preliminares, os tecidos foliares foram expostos à irradiância artificial correspondente àquela naturalmente interceptada pela folha: cerca de 1500  $\mu\text{mol}$  fótons  $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$  ao meio-dia, e cerca de 500 ou 150  $\mu\text{mol}$  fótons  $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , respectivamente, nas faces que recebiam radiação solar direta ou radiação difusa (sombra), às 8:00 e 16:00h.

**Potencial hídrico foliar:** O potencial hídrico foliar foi determinado com uma bomba de pressão tipo Scholander na antemanhã e nos mesmos horários das avaliações das trocas gasosas.

**Análise estatística:** O experimento foi instalado e analisado sob o delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2 x 3 (dois clones e três posições em relação à fileira de plantas de seringueira), com seis repetições. Cada unidade experimental foi composta por uma planta de café. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, e as médias 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), versão 8.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

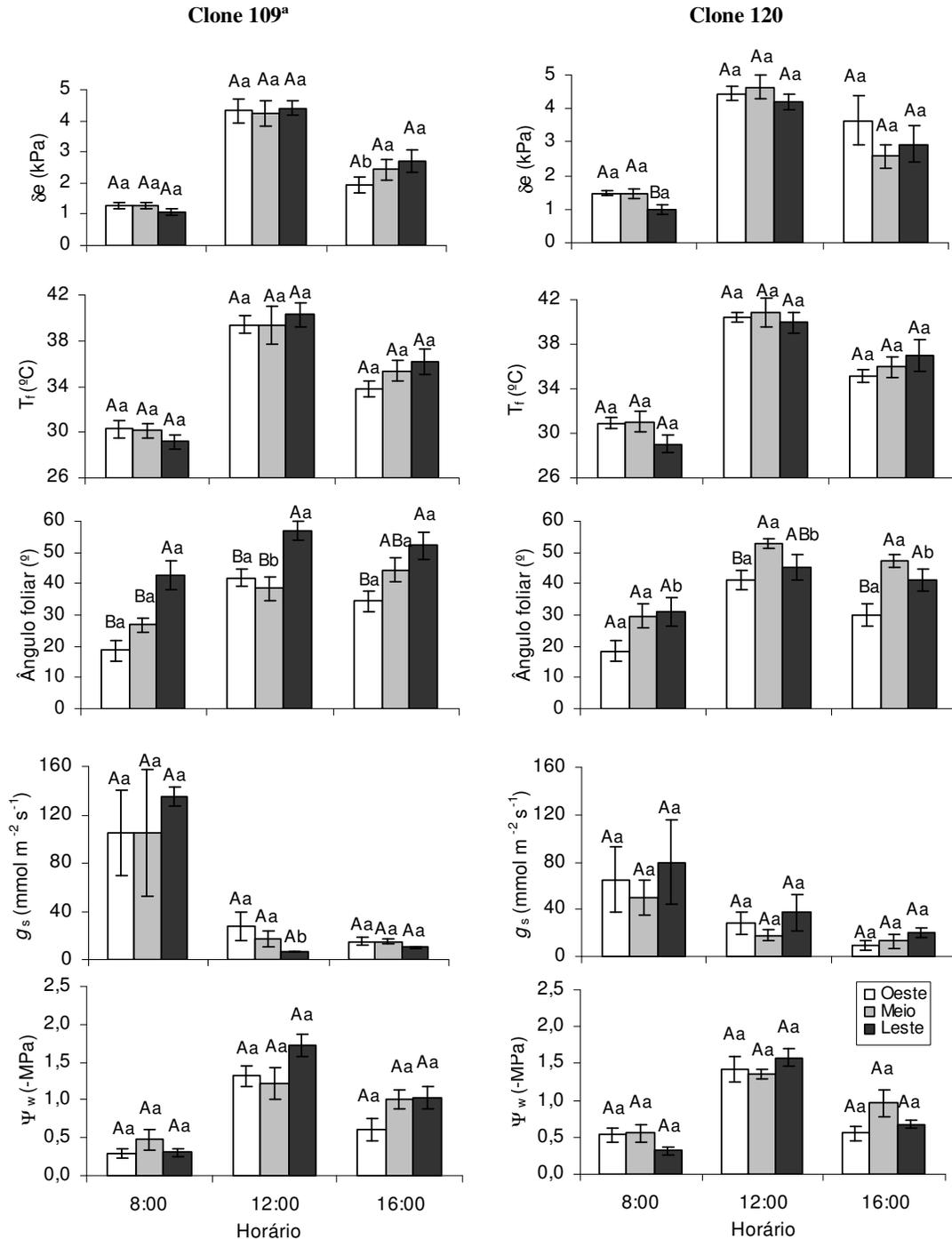
Independentemente dos tratamentos, as plantas de ambos os clones, apresentaram hidratação adequada, a julgar-se pelos valores elevados de potencial hídrico de antemanhã ( $\Psi_{\text{am}}$ ), que foram sempre superiores a -0,02 MPa (dados não mostrados). Com o aumento do  $\delta e$  e da temperatura foliar ( $T_f$ ) (Figura 2), às 12:00 h, as plantas apresentaram déficit hídrico moderado, com potencial hídrico ( $\Psi_w$ ) em torno de -1,5 MPa (Figura 2). Às 16:00 h,  $\delta e$  e  $T_f$  diminuíram em relação aos seus respectivos valores obtidos às 12:00 h e, em paralelo,  $\Psi_w$  tendeu a aumentar. Cumpre ressaltar que as plantas sombreadas, às 16:00 h, apresentaram uma tendência de maiores valores de  $\Psi_w$  em relação ao das plantas a pleno sol (Figura 2). Estes resultados parecem ilustrar que a arborização do cafeeiro pode ser viável, especialmente em regiões sujeitas a alta demanda evaporativa da atmosfera ou a secas prolongadas, na medida em que diminui as perdas de água pela transpiração excessiva, o que concorre para melhorar a economia hídrica da planta. Ressalte-se, ainda, que, a exemplo do cafeeiro arábico (Barros et al., 1997; Fanjul et al., 1985; Tausend et al., 2000), o café conilon também responde fortemente às variações da demanda evaporativa da atmosfera, via decréscimos substanciais em  $g_s$ , na medida em que o ar se torna mais seco, conforme se verifica na Figura 3, em que  $g_s$  decresce curvilinearmente com o aumento de  $\delta e$ . Com efeito, quando  $\delta e$  foi maior que 2 kPa,  $g_s$  foi muito baixa, de modo a limitar grandemente a transpiração nos clones avaliados. Cumpre ressaltar que Pinheiro et al. (2005), avaliando os clones 109A e 120, em casa de vegetação, observaram maior sensibilidade estomática do clone 120 a  $\delta e$ , enquanto no clone 109A  $g_s$  não respondeu às variações em  $\delta e$ . Possivelmente, plantas no campo, onde a condutância da camada limítrofe é bem maior que em casa de vegetação, tendam a ter maior sensibilidade estomática à demanda evaporativa da atmosfera, de modo a controlar mais eficientemente a transpiração. Além disso, o clone 109A, com copa mais aberta que a do clone 120, deve ter uma condutância da camada limítrofe presumivelmente maior que a do 120; assim, para um dado valor de  $g_s$ , a transpiração no primeiro seria maior. Essas evidências (indiretas, ressalte-se) poderiam, pelo menos em parte, explicar as diferenças das respostas de  $g_s$  a  $\delta e$  ao compararem-se os presentes resultados com os de Pinheiro et al. (2005).

Ambos os clones apresentaram variações na inclinação foliar ao longo do dia, cujos ângulos tenderam a ser máximos às 12:00 h (Figura 2). Estes resultados diferem dos observados por Chaves (2005) e Dias (2006), que não verificaram variações diurnas do ângulo foliar em plantas de café arábica cultivadas em condições de campo. Porém, aqueles autores observaram maiores ângulos de inclinação das folhas em plantas expostas a maiores irradiâncias que em plantas sob algum grau de sombreamento. Registre-se que menor interceptação da radiação solar, na medida em que o ângulo foliar aumenta, só ocorre nas horas em que a elevação solar é maior. Com efeito, nas plantas localizadas na posição oeste da linha de café, que recebiam irradiância direta às 8:00 h (porém obliquamente), os menores ângulos de inclinação foliar devem concorrer para reduzir a interceptação da radiação solar. Em todo o caso, o aumento da inclinação foliar, especialmente ao meio-dia, deve resultar em redução na interceptação do excesso de luz por unidade de área, concorrendo também para reduzir o sobreaquecimento da folha (Falster e Westoby, 2003; Jiang et al., 2006).

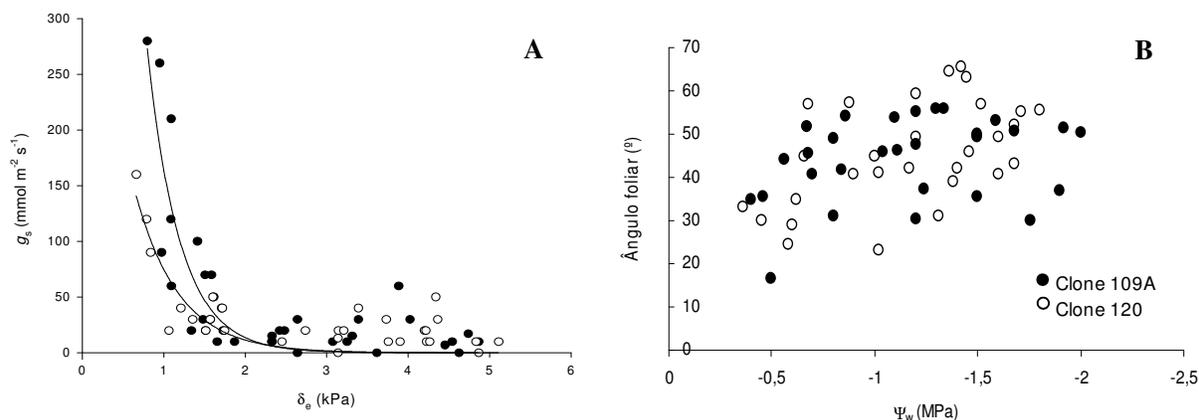
Em café, folhas sob déficit hídrico (com murcha aparente) e, pois, com baixo  $\Psi_w$ , usualmente exibem ângulos de inclinação próximos a 90°. Portanto, variações diurnas no ângulo foliar poderiam ser decorrentes de variações em  $\Psi_w$ , particularmente porque, às 12:00 h, quando as plantas tinham menor  $\Psi_w$ , exibiram maior ângulo de inclinação foliar (Figura 2). Não obstante, às 16:00 h, o aumento de  $\Psi_w$  não foi acompanhado de variações significativas na inclinação foliar. Além disso, não foi observada qualquer correlação entre ângulo foliar e  $\Psi_w$  em ambos os clones (Figura 3). Estes dados sugerem que, em plantas de café conilon, variações diurnas no ângulo podem ocorrer independentemente do status hídrico foliar.

## CONCLUSÕES

O café conilon, a exemplo do café arábica, exibe uma forte sensibilidade estomática à demanda evaporativa da atmosfera. Além disso, a alteração do ângulo de inclinação foliar, independentemente de variações do status hídrico, poderá assumir papel de destaque na fotoproteção das plantas. Por fim, o sombreamento, na medida em que pode contribuir para um *status* hídrico mais favorável, pode ser uma alternativa promissora para reduzir a quantidade de água usada na irrigação, ou para aumentar a eficiência do uso da água em lavouras de café conilon.



**Figura 2:** Curso diurno do déficit de pressão de vapor entre a folha e a atmosfera ( $\delta e$ ), da temperatura foliar ( $T_f$ ), ângulo de inclinação foliar e do potencial hídrico ( $\Psi_w$ ) em dois clones de *Coffea canephora*, 109A e 120, em diferentes posições em relação aos renques de seringueira: plantas localizadas na extremidade esquerda (oeste) da fileira de café (colunas brancas); plantas de café a pleno sol, entre os renques de seringueira (colunas cinzas) e plantas localizadas na extremidade direita (leste) da fileira de café (colunas negras). Letras maiúsculas distintas indicam diferenças significativas entre posições dentro de cada clone e horário de avaliação; letras minúsculas indicam diferenças significativas entre clones dentro de cada posição e horário ( $P \leq 0,05$ ; teste de Newman-Keuls). As barras indicam o erro-padrão da média ( $n = 6$ ).



**Figura 3:** Relação entre condutância estomática ( $g_s$ ) e déficit de pressão de vapor entre a folha e a atmosfera ( $\delta_e$ ) (A) (Modelo:  $Y = a \cdot e^{-bx}$ . Clone 109A;  $a = 1988,2920$ ;  $b = 2,4924$ ;  $R^2_a = 0,7546$ . Clone 120;  $a = 488,9080$ ;  $b = 1,8783$ ;  $R^2_a = 0,6249$ ) e entre ângulo foliar e potencial hídrico ( $\Psi_w$ ) (B) em dois clones de *Coffea canephora*, 109A e 120, em diferentes posições em relação aos renques de seringueira

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARROS, R.S.; MOTA, J.W.S.; DaMATTA, F.M.; MAESTRI, M. Decline of vegetative growth in *Coffea arabica* L. in relation to leaf temperature, water potential and stomatal conductance. **Field Crops Research**, 54: 65-72, 1997.
- BEER, J.; MUSCHLER, R.; KASS, D.; SOMARRIBA, E. Shade management in coffee and cacao plantations. **Agroforestry Systems**, 38: 139-164, 1998.
- CHAVES, A.R.M. **Fotossíntese e mecanismos de proteção contra estresse fotooxidativo em *Coffea arabica* L., cultivado em condições de campo sob dois níveis de irradiância**. 2005. 36p. Tese (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2005.
- DaMATTA, F.M. Fisiologia do cafeeiro em sistemas arborizados. In: MATSUMOTO S.N. (Ed.). **Arborização de Cafezais no Brasil**. UESB, Vitória da Conquista, pp. 23-41, 2004.
- DaMATTA, F.M.; RENA, A.B. Tolerância do café à seca. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). **Tecnologias de Produção de Café com Qualidade**. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, pp. 65-100, 2001.
- DaMATTA, F.M.; RONCHI, C.P.; SALES, E.F.; ARAÚJO, J.B.S. O café conilon em sistemas agroflorestais. In: FERRÃO, R.G.; FONSECA, A.F.A.; FERRÃO, M.A.G.; BRAGANÇA, S.M. (Org.). **Café Conilon**. Incaper, Vitória, 2007.
- DIAS, P.C. **Variação espacial da fotossíntese e de mecanismos de fotoproteção no cafeeiro (*Coffea arabica* L.)**. 2006. 34p. Tese (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2006.
- FALSTER, D.S.; WESTOBY, M. Leaf size and angle vary widely across species: what consequences for light interception? **New Phytologist**, 158: 509-525, 2003.
- FANJUL, L.; ARREOLA-R., R; MENDEZ-C., M.P. Stomatal responses to environmental variables in shade and sun grown coffee plants in México. **Experimental Agriculture**, 21:249-258, 1985.
- JIANG, C.-D.; GAO, H.-Y.; ZOU, Q.; JIANG, G.-M.; LI, L.-H. Leaf orientation, photorespiration and xanthophyll cycle protect young soybean leaves against high irradiance in field. **Environmental and Experimental Botany**, 55: 87-96, 2006.
- LANDSBERG, J.J. **Physiological Ecology of Forest Production**. Academic Press, Orlando, 1986. 198p.
- PINHEIRO, H.A.; DaMATTA, F.M.; CHAVES, A.R.M.; LOUREIRO, M.E.; DUCATTI, C. Drought tolerance is associated with rooting depth and stomatal control of water use in clones of *Coffea canephora*. **Annals of Botany**, 96: 101-108, 2005.
- SISTEMA DE INFORMAÇÕES AGROMETEOROLÓGICAS - SIAG**. Dados médios da série histórica da estação meteorológica localizada no município de Linhares-ES. On line. 2006. Disponível em [http://www.incaper.es.gov.br/clima/linhares\\_sh.htm](http://www.incaper.es.gov.br/clima/linhares_sh.htm). Acesso em 07 agosto 2006.

**SISTEMA PARA ANÁLISES ESTATÍSTICAS E GENÉTICAS - SAEG.** Versão 8.0. Fundação Arthur Bernardes, Viçosa, 1997.

TAUSEND, P.C.; MEINZER, F.C.; GOLDSTEIN, G. Control of transpiration in three coffee cultivars: the role of hydraulic and crown architecture. **Trees: Structure and Function**, 14:181-190, 2000.