

EFICIÊNCIA DO USO DA ÁGUA E CARACTERÍSTICAS ANATÔMICAS DE CLONES DE *Coffea canephora* CULTIVADOS NO CERRADO¹

Elisângela Aparecida da Silva²; Milene Alves de Figueiredo Carvalho³; Mariana Thereza Rodrigues Viana⁴; Antonio Fernando Guerra⁵; Gustavo Costa Rodrigues⁶; Adriano Delly Veiga⁷; Maria Clara dos Santos Tavares⁸

¹Trabalho financiado pelo Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do Café – Consórcio Pesquisa Café

²Pesquisadora, DSc, Universidade Federal de Lavras, Programa de Pós-graduação em Agronomia (Fitotecnia), Departamento de Agricultura, Lavras, Minas Gerais, Brasil, agroelis@yahoo.com.br.

³Pesquisadora, DSc, Embrapa Café, Brasília-DF, milene.carvalho@embrapa.br.

⁴Engenheira Agrônoma, DSc, marianatr@gmail.com.

⁵Pesquisador, PhD, Embrapa Cerrados, Brasília-DF, guerra@cpac.embrapa.br.

⁶Pesquisador, Ms, Embrapa Informática, Campinas-SP, gustavo@cnptia.embrapa.br.

⁷Pesquisador, DSc, Embrapa Cerrados; Planaltina-DF, adriano.veiga@embrapa.br.

⁸Graduanda em Agronomia, Universidade Federal de Lavras, mariaclara.stavares@yahoo.com.

RESUMO: O cultivo do cafeeiro em regiões como o Cerrado é possível devido ao manejo de irrigação com suspensão hídrica no período de pré-florescimento, visando a uniformização da florada e consequentemente safras mais uniformes e com qualidade. Objetivou-se analisar a eficiência do uso da água e características anatômicas em clones de *Coffea canephora* em condições irrigadas no Cerrado. O experimento foi conduzido na região do Cerrado do Planalto Central para a avaliação de sete clones de *C. canephora* (1, 3, 7, 8, 11, 12 e 13), no ano de 2016. As plantas passaram por um período de suspensão da irrigação de 56 dias, para a uniformização da florada; e as avaliações foram realizadas antes do período de suspensão da irrigação (APSI), no final do período de suspensão da irrigação (FPSI), dois dias após o retorno da irrigação (2dARI) e três meses após o retorno da irrigação (3mARI). Foram avaliadas a eficiência do uso da água (EUA - $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mmol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$), potencial hídrico foliar (ψ_w - MPa), espessura da cutícula (Cut - μm) e relação entre o diâmetro polar e equatorial de estômato (DP/DE). Dentre os clones avaliados, 3 e 8 mostraram-se como potenciais para se adaptar às mudanças impostas pela variação na disponibilidade hídrica, mantendo um bom potencial hídrico no período de estresse, com maior EUA após o retorno da irrigação, possivelmente pela maior relação entre o diâmetro polar e equatorial de estômato. O clone 1 apresentou a maior variação na EUA entre os períodos avaliados, menor potencial hídrico no final do período de suspensão da irrigação, porém maior espessura de cutícula, o que possivelmente permitiu que esse clone se destacasse no agrupamento de médias superior em EUA, em todos os períodos. Os clones 1, 3 e 8 apresentaram características que indicam adaptação ao sistema de manejo hídrico com suspensão da irrigação. Conclui-se que a eficiência do uso da água, bem como as características anatômicas espessura de cutícula e relação diâmetro polar e equatorial dos estômatos são potenciais variáveis de serem utilizadas para verificar como os clones de *Coffea canephora* se comportam em sistema de irrigação utilizado no Cerrado.

PALAVRAS-CHAVE: suspensão hídrica, manejo de irrigação, Conilon, fisiologia, anatomia.

EFFICIENCY OF WATER USE AND ANATOMIC CHARACTERISTICS OF *Coffea canephora* CLONES CULTIVATED IN THE CERRADO

ABSTRACT: Coffee cultivation in regions such as the Cerrado is possible due to irrigation management with water suspension in the pre-flowering period, aiming at the uniformity of flowering and consequently more uniform and quality crops. The objective of this study was to analyze water use efficiency and anatomical characteristics in *Coffea canephora* clones under irrigated conditions in the Cerrado. The experiment was conducted in the Cerrado region of the Central Plateau to evaluate seven *C. canephora* clones (1, 3, 7, 8, 11, 12 and 13) in 2016. The plants underwent a suspension period. from the irrigation of 56 days, for the uniformity of the flowering; and evaluations were performed before the irrigation suspension period (APSI), at the end of the irrigation suspension period (FPSI), two days after the irrigation return (2dARI) and three months after the irrigation return (3mARI). Water efficiency (EUA - $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mmol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$), leaf water potential (ψ_w - MPa), cuticle thickness (Cut - μm) and relationship between polar and equatorial stomatal diameter (DP/DE) were evaluated. Among the evaluated clones, 3 and 8 proved to be potential to adapt to the changes imposed by the variation in water availability, maintaining a good water potential during the stress period, with higher EUA after irrigation return, possibly due to the greater relationship between polar and equatorial diameter of stoma. Clone 1 presented the largest variation in the EUA between the evaluated periods, lower water potential at the end of the irrigation suspension period, but greater cuticle thickness, which possibly allowed this clone to stand out in the higher average grouping in EUA, in all periods. Clones 1, 3 and 8 showed characteristics that indicate adaptation to the irrigation suspension water management system. It was concluded that the efficiency of water use, as well as the anatomical characteristics of cuticle thickness and relation to the stomata polar and equatorial diameter are potential variables to be used to verify how *Coffea canephora* clones behave in an irrigation system used in the Cerrado.

KEY WORDS: water suspension, irrigation management, Conilon, physiology, anatomy.

INTRODUÇÃO

A cafeicultura no Planalto Central brasileiro, onde predomina o bioma Cerrado, cujas condições climáticas são favoráveis à cultura do cafeeiro, tem se destacado em termos de produtividade e qualidade, através da adoção de tecnologias como genótipos apropriados, uso de irrigação e tratos culturais mecanizados (Fernandes et al., 2012). Com o avanço tecnológico, uma das estratégias para a obtenção de safras uniformes e com qualidade, é o uso da irrigação, visando minimizar os riscos de perda de safras por déficit hídrico. No entanto, o manejo da irrigação na região tem sido proposto com um período de suspensão hídrica, de aproximadamente 60 dias durante o inverno para sincronização da florada e grande rendimento de café no estágio cereja (Guerra et al., 2005). Essa estratégia é respaldada pelo fato que de o déficit hídrico é necessário para a quebra da dormência dos botões florais e que, após o retorno da irrigação, ocorre a antese pelo rápido aumento na turgescência dos botões florais. Considerando que a restrição hídrica é extremamente prejudicial para a cultura cafeeira, os programas de melhoramento genético devem buscar a seleção de clones que se adaptem a essas condições, apresentando capacidade de recuperação após a imposição do estresse hídrico, principalmente em situações onde a suspensão hídrica visa maximização e a otimização do produto via uniformização da florada. Aspectos inerentes à anatomia foliar da planta, bem como suas respostas fisiológicas podem orientar na pré-seleção de materiais superiores para serem conduzidos neste sistema estratégico de cultivo. Neste sentido, objetivou-se analisar a eficiência do uso da água e características anatômicas em clones de *Coffea canephora* em condições irrigadas no Cerrado.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado utilizando-se como material vegetal clones de *Coffea canephora* variedade botânica Conilon do Banco Ativo de Germoplasma da Embrapa Cerrados, localizado em Planaltina-DF, Brasil. O clima da área, de acordo com classificação de Köppen (1948), é do tipo Aw, e altitude de 1000m. A área é plana de Latossolo Vermelho Escuro com textura argilosa e apresentando média anual de precipitação de 1600 mm, com duas estações típicas de períodos chuvosos e de seca, com temperatura média anual de 22°C.

Inicialmente, plantas oriundas de sementes de polinização natural de 48 genitores do Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (Incaper) foram obtidas. No ano de 2008, foram introduzidos 3500 acessos na Embrapa Cerrados que, posteriormente, passaram por seleção baseada no potencial produtivo, vigor, altura e arquitetura de plantas, resultando na seleção de 13 plantas. No ano de 2012 essas plantas foram enraizadas por estaquia de ramos ortotrópicos e as mudas levadas a campo para plantio com 4 pares de folhas. O plantio foi realizado em linhas por material, utilizando um espaçamento de 3,7 x 1,0 m em sistema irrigado por pivô central. Para realização do presente estudo, em 2016, dentre os 13 clones foram selecionados 7 (1, 3, 7, 8, 11, 12 e 13) que se destacaram positivamente nas características de produção, altura e arquitetura da planta nos anos anteriores. Nesse mesmo ano, as plantas passaram por um período de suspensão da irrigação (30 de junho a 25 de agosto) para uniformização da florada. As avaliações foram realizadas antes do período de suspensão da irrigação (APSI), no final do período de suspensão da irrigação (FPSI), dois dias após o retorno da irrigação (2dARI) e três meses após o retorno da irrigação (3mARI). Foram realizadas análises anatômicas e fisiológicas, selecionando-se folhas completamente expandidas, do terceiro ou quarto par, no terço médio dos ramos plagiotrópicos de seis plantas por clone. Para as análises anatômicas foram realizadas avaliações em três épocas, compreendendo APSI, FPSI e 3mARI. Ressalta-se que as folhas coletadas em APSI foram homólogas às coletadas no FPSI, já que durante o período de suspensão da irrigação (56 dias) não houve formação de novas folhas. Já a avaliação de 3mARI, refere-se a novas folhas formadas após o período de suspensão da irrigação. Para as análises fisiológicas, além dos períodos supracitados foi realizada avaliação 2dARI a fim de verificar como ocorre a recuperação das plantas logo após a reidratação. Para avaliação das trocas gasosas, utilizou-se um sistema de análise de gases por infravermelho (IRGA LICOR – 6400XT), sendo a eficiência instantânea do uso da água (EUA - $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mmol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$) calculada utilizando a razão A/E (Silva et al., 2010), onde A corresponde à taxa de assimilação de CO_2 (fotossíntese líquida) e E corresponde à transpiração. Para os estudos anatômicos foram utilizadas seções foliares paradérmicas e transversais. As seções paradérmicas foram obtidas em folhas frescas, recém coletadas, por meio da impressão da epiderme, pelo método impressão com adesivo instantâneo universal (éster de cianoacrilato) e, após a captura e processamento das imagens, foi determinada a relação entre o diâmetro polar e equatorial de estômato (DP/DE) (Castro et al., 2009). Já para as seções transversais, o fragmento das folhas foi fixado e conservado em etanol 70% (v v⁻¹), desidratados em série etílica, incluído em metacrilato e seccionado com 8 μm de espessura, com o auxílio de um micrótomo rotativo. As seções obtidas foram coradas com azul de toluidina e as lâminas foram montadas utilizando Entelan[®] como meio de montagem. Após a captura e processamento das imagens foi determinada a espessura da cutícula, em micrômetros. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Skott-Knott a 5% de probabilidade, utilizando o aplicativo computacional em genética e estatística Programa Genes (Cruz, 2008).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A eficiência instantânea do uso da água (EUA), quando as plantas estavam sob a mesma condição de irrigação (APSI), foi superior para os clones 1 e 7. Após os 56 dias de suspensão da irrigação (FPSI), com exceção do clone 13, os demais mantiveram valores semelhantes de EUA entre si. No entanto, ao se considerar a EUA após 3 meses do retorno da irrigação (3mARI), os clones 1, 3, 7 e 8 apresentaram maiores valores (Tabela 1). Esta informação nos permite inferir que estes materiais podem ser interessantes em termos de recuperação após o estresse, principalmente os clones 3 e 8 que, apesar de não apresentarem os maiores valores de EUA antes da suspensão (APSI), mostraram-se capazes de obter valores superiores para esta característica no período de 3mARI, quando as condições ambientais, tais como temperatura do ar e radiação solar, estão em aumento gradual devido a sazonalidade anual, sendo estes fatores exógenos que afetam o movimento de abertura e fechamento estomático, e a transpiração.

Tabela 1. Eficiência do uso da água (EUA) de clones de *Coffea canephora* em diferentes períodos de manejo da irrigação.

Clone	EUA - $\mu\text{mol CO}_2 \text{ mmol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$			
	APSI	FPSI	2dARI	3mARI
1	7,04 Aa	5,78 Ba	3,53 Da	4,66 Ca
3	5,50 Ab	5,56 Aa	2,53 Ca	4,22 Ba
7	6,04 Aa	5,94 Aa	2,75 Ca	4,11 Ba
8	4,21 Bb	5,51 Aa	2,51 Ca	3,98 Ba
11	5,05 Ab	5,13 Aa	2,90 Ba	3,32 Bb
12	4,67 Ab	5,30 Aa	2,30 Ba	3,02 Bb
13	4,65 Ab	3,72 Ab	2,03 Ba	2,93 Bb
CV (%)	21,09	20,84	19,22	17,82
Média	5,31	5,28	2,65	3,75

Legenda: antes do período de suspensão da irrigação (APSI), final do período de suspensão da irrigação (FPSI), dois dias após o retorno da irrigação (2dARI) e três meses após o retorno da irrigação (3mARI). *Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas na linha e minúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste de Skott-Knott a 5% de probabilidade. Letras maiúsculas comparam as épocas para cada clone e letras minúsculas comparam os clones dentro de cada época.

É importante ressaltar que, após os 3 meses do retorno da irrigação, os clones apresentaram os mesmos valores de potencial hídrico nas folhas na antemanhã (média de -0,20 MPa) (dados não mostrados), comportamento que reforça a importância da característica anatômica das folhas, tal como a relação DP/DE (Tabela 2), afetando características relacionadas à taxa de assimilação de CO_2 e a transpiração das folhas, que fornecem as informações de eficiência instantânea do uso da água.

Tabela 2. Espessura da cutícula (Cut - μm) e relação entre diâmetro polar e equatorial de estômatos (DP/DE) em folhas de *Coffea canephora* em diferentes períodos de manejo da irrigação.

Clone	Cut (μm)			DP/DE		
	APSI	FPSI	3mARI	APSI	FPSI	3mARI
1	3,04 Aa	3,41 Aa	3,20 Aa	1,22 Bb	1,59 Aa	1,70 Ab
3	2,79 Aa	2,88 Ab	2,78 Ab	1,63 Ba	1,72 Ba	1,86 Aa
7	2,86 Ba	3,18 Aa	2,78 Bb	1,77 Aa	1,72 Aa	1,84 Aa
8	2,82 Aa	3,10 Aa	2,90 Ab	1,75 Aa	1,66 Aa	1,80 Aa
11	2,74 Ba	3,16 Aa	2,79 Bb	1,80 Aa	1,66 Ba	1,60 Bb
12	2,82 Aa	3,01 Ab	2,82 Ab	1,76 Aa	1,59 Aa	1,69 Ab
13	2,76 Aa	2,83 Ab	2,58 Ab	1,77 Aa	1,80 Aa	1,78 Aa
CV (%)	8,55	11,04	8,02	7,06	7,57	10,45
Média	2,83	3,08	2,84	1,67	1,68	1,75

Legenda: antes do período de suspensão da irrigação (APSI), final do período de suspensão da irrigação (FPSI) e três meses após o retorno da irrigação (3mARI). *Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas na linha e minúsculas na coluna não diferem entre si pelo teste de Skott-Knott a 5% de probabilidade. Letras maiúsculas comparam as épocas para cada clone e letras minúsculas comparam os clones dentro de cada época.

A eficiência do uso da água corresponde à quantidade de carbono fixado durante a fotossíntese para cada molécula de água perdida durante este processo, sendo assim, o controle de abertura e fechamento estomático é importante para evitar a perda excessiva de água na transpiração, permitindo a utilização do CO_2 acumulado nas câmaras subestomáticas e reduzindo a perda de água em condições de déficit hídrico (Taiz et al., 2017).

O clone 1 foi o que apresentou a maior variação de EUA entre os períodos de avaliação considerados (Tabela 1). Tal variação demonstra que esse clone é bastante sensível a essa característica durante a condução do sistema de manejo hídrico para uniformização da florada. Para este clone, em relação à espessura da cutícula (Tabela 2), não foram observadas diferenças entre os períodos de avaliação considerados, sendo que, para todas as avaliações valores

superiores de espessura de cutícula foram observados para este clone, o que parece ser característica inerente do mesmo, independente da disponibilidade hídrica.

Em condições de estresse hídrico, a espessura da cutícula pode assumir papel importante em mecanismos de defesa da planta em relação a este tipo de estresse, visto que, devido à sua natureza lipídica elevada (Castro et al., 2009) pode diminuir a perda de água excessiva por transpiração e aumentar a eficiência do uso da água (Baliza et al., 2012; Batista et al., 2010; Souza et al., 2010). A emissão de novas folhas após 3 meses do retorno da irrigação mantendo o clone 1 com maior espessura de cutícula em relação aos demais (Tabela 2), nos permite inferir que este clone, apesar da maior variação na EUA entre os períodos analisados, apresenta características anatômicas que podem auxiliar na sua adaptação às condições de restrição hídrica.

A maior EUA observada 3 meses após o retorno da irrigação (3mARI – Tabela 1) para os clones 3, 7 e 8 pode ser explicada pelas características anatômicas dos estômatos (Tabela 2), visto que o formato dos mesmos está diretamente relacionado com a funcionalidade estomática. Esta característica, que relaciona o diâmetro polar com o diâmetro equatorial dos estômatos, é de suma importância quando se considera as trocas gasosas nas plantas, visto que, quanto mais elipsoide for a forma do estômato, menor será a perda de água por transpiração (Batista et al., 2010; Grisi et al., 2008; Souza et al., 2010).

A fotossíntese é normalmente limitada pela disponibilidade de água e de CO₂ (ambos interligados) devido ao controle feito pelo complexo estomático. A eficiência do uso da água em plantas está diretamente relacionada com o funcionamento do aparato estomático, visto que corresponde à razão entre a quantidade de CO₂ assimilada e a quantidade de água transpirada pela planta. No caso de plantas C3, como é o cafeeiro, a resistência estomática faz com que ocorra decréscimo na taxa fotossintética devido ao elevado ponto de compensação de CO₂ para este grupo de plantas (Taiz et al., 2017).

Ao se considerar o potencial hídrico foliar (ψ_w), nos períodos 2dARI e 3mARI, não foram observadas diferenças entre os clones, sendo de -0,69 e -0,20 MPa, respectivamente (dados não mostrados). No entanto, após passar pelo período de 56 dias de suspensão da irrigação (FPSI, média geral de -1,97 MPa), os clones tiveram respostas diferentes quanto a essa característica (Figura 1). Os clones 1 e 12 apresentaram os menores valores de potencial hídrico (-3,15 e -2,64 MPa, respectivamente); enquanto os clones 3, 11 e 13 apresentaram os maiores valores (-1,53; -1,53 e -1,25 MPa, respectivamente). Sabe-se que as trocas gasosas estão intimamente relacionadas com o potencial hídrico das folhas, o que pode ser considerado um indicador de estresse sob condições de falta de água. No entanto, apesar do baixo potencial hídrico dos clones 1 e 12, estes apresentaram semelhança quanto à EUA quando comparados aos clones 3 e 11 (maiores valores de ψ_w). Isso sugere que outra característica possa estar envolvida aos baixos valores de potencial hídrico observados.

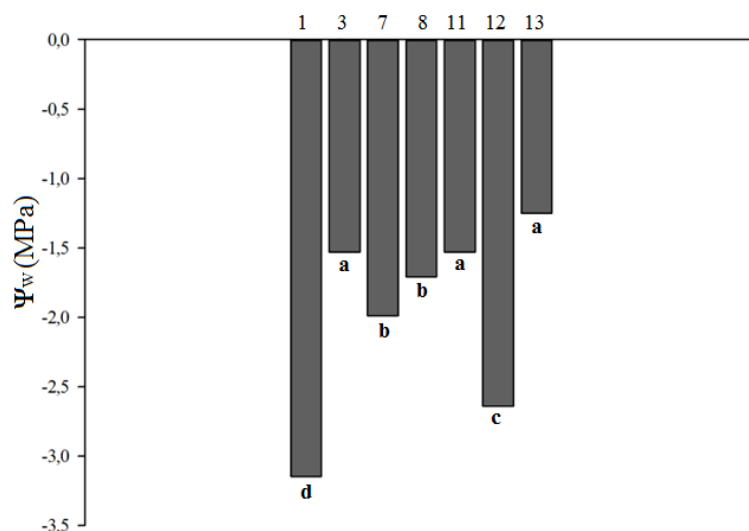


Figura 1. Potencial hídrico foliar (ψ_w) de *Coffea canephora* aos 56 dias após a suspensão da irrigação.

CONCLUSÃO

A eficiência do uso da água, bem como as características anatômicas espessura de cutícula e relação diâmetro polar e equatorial dos estômatos são potenciais variáveis de serem utilizadas para verificar como os clones de *Coffea canephora* se comportam em sistema de irrigação utilizado no Cerrado.

AGRADECIMENTOS

Consórcio Pesquisa Café, INCT Café, CAPES, CNPq, UFLA/Inovacafé.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BALIZA, D. P. et al. Trocas gasosas e características estruturais adaptativas de cafeeiros cultivados em diferentes níveis de radiação. **Coffee Science**, Lavras, v. 7, n. 3, p. 250-258, set./dez. 2012.
- BATISTA, L. A. et al. Anatomia foliar e potencial hídrico na tolerância de cultivares de café ao estresse hídrico. **Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 41, n. 3, p. 475-481, jul./set. 2010.
- CASTRO, E. M.; PEREIRA, F. J.; PAIVA, R. **Histologia Vegetal: Estrutura e Função de Órgãos Vegetativos**. Lavras: UFLA, 2009. 234p.
- CRUZ, C.D. **Programa Genes: aplicativo computacional em genética estatística**. Viçosa, MG: UFV. Software, 2008.
- FERNANDES, A. L. T.; PARTELLI, F. L.; BONOMO, R.; GOLYNSKI, A. A moderna cafeicultura dos cerrados brasileiros. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 42, n. 2, p. 231-240, abri./jun. 2012.
- GRISI, F. A. et al. Avaliações anatômicas foliares em mudas de café ‘Catuaí’ e ‘Siriema’ submetidas ao estresse hídrico. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 6, p. 1730-1736, nov./dez. 2008.
- GUERRA, A. F.; ROCHA, O. C.; RODRIGUES, G. C. Manejo do cafeeiro irrigado no Cerrado com estresse hídrico controlado. **ITEM, Irrigação e Tecnologia Moderna**, Brasília, DF, n. 65/66, p. 42-45, 2005.
- SILVA, V. A. et al. Resposta fisiológica de clone de café Conilon sensível à deficiência hídrica enxertado em porta-enxerto tolerante. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 5, p. 457-464, maio 2010.
- SOUZA, T. C. et al. Leaf plasticity in successive selection cycles of ‘Saracura’ maize in response to soil flooding. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 1, p. 16-24, jan. 2010.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 858p.