

## **COFFEA RACEMOSA E GENÓTIPOS DE CAFÉ ARÁBICA COM GENES DE COFFEA RACEMOSA, C. LIBERICA E C. CANEPHORA SUBMETIDOS AO DÉFICIT HÍDRICO<sup>1</sup>**

Getúlio Takashi Nagashima<sup>2</sup>; Carolina Maria Gaspar de Oliveira<sup>3</sup>; Gustavo Hiroshi Sera<sup>4</sup>; Tumoru Sera<sup>5</sup>; Maria Isabel Florentino Ferreira<sup>6</sup>; Juliandra Rodrigues Rosisca<sup>7</sup>; Fábio Juliano de Castro Santana<sup>8</sup>; Leandro Miorim Rocha<sup>9</sup>; Altamara Viviane de Souza Satori<sup>10</sup>

<sup>1</sup> Trabalho financiado pelo Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do Café – Consórcio Pesquisa Café

<sup>2</sup> Pesquisador, DSc, IAPAR, Londrina-PR, gtnagashima@iapar.br

<sup>3</sup> Pesquisador, DSc, IAPAR, Londrina-PR, carolina@iapar.br

<sup>4</sup> Pesquisador, DSc, IAPAR, Londrina-PR, gustavosera@iapar.br

<sup>5</sup> Pesquisador, DSc, IAPAR, Londrina-PR, tsera@iapar.br

<sup>6</sup> Analista em Ciência e Tecnologia, BS, IAPAR, Londrina-PR, misabelflorentino@iapar.br

<sup>7</sup> Bolsista, BS, Londrina-PR, juliandrarosisca@gmail.com

<sup>8</sup> Bolsista Consórcio Pesquisa Café, Estudante de Agronomia, fabiojulianocs@hotmail.com

<sup>9</sup> Bolsista Consórcio Pesquisa Café, Estudante de Agronomia, leandro\_miorim@hotmail.com

<sup>10</sup> Bolsista, Estudante de Agronomia, Londrina-PR, maravyvyanne@gmail.com

**RESUMO:** Foi realizado experimento em condições de casa de vegetação, utilizando vasos com capacidade de 40 L cobertos com sacos de polipropileno para eliminar a evaporação da água, com a finalidade de avaliar características fisiológicas e morfológicas do cafeeiro, sob condições de déficit hídrico. Foram avaliados cinco genótipos, sendo: ‘Catuaí Vermelho IAC 81’, *Coffea racemosa*, H0104-11-1, ‘IPR 100’ e ‘IPR 103’. Os efeitos do déficit hídrico na fisiologia da planta foram mensurados através da fixação líquida do carbono, da transpiração, da diferença da temperatura foliar em relação a do ambiente. Estas variáveis foram avaliadas no tempo zero, nas plantas estressadas hidricamente (potencial total da água > -3,5 MPa) e nas plantas recuperadas após o retorno da rega. Avaliou-se também o peso específico foliar, o período dispendido para que as plantas atingissem o ponto de déficit hídrico em função da área foliar estimada, o crescimento relativo das plantas e o número médio de folhas, além da concentração de aminoácido prolina. Os resultados indicam que as trocas gasosas entre as cultivares não apresentam diferenças significativas independentemente do estado hídrico. O maior crescimento relativo durante o período foi de *C. racemosa* e a cultivar IPR 100 teve melhor recuperação pós déficit hídrico. Ambos genótipos apresentaram maior nível de prolina endógeno quando em déficit hídrico.

**PALAVRAS-CHAVE:** prolina, fotossíntese, análise de crescimento, seca, cultivares.

## **COFFEA RACEMOSA AND COFFEE ARABICA GENOTYPES WITH GENES OF COFFEA RACEMOSA, C. LIBERICA AND C. CANEPHORA SUBJECTED TO WATER DEFICIT**

**ABSTRACT:** It was conducted the experiment in greenhouse conditions with plastic pots with 40 L capacity covered with polypropylene bags to eliminate water evaporation, in order to evaluate physiological and morphological characteristics of the coffee, under drought conditions. It were evaluated five genotypes: ‘Catuaí Vermelho (IAC 81)’, *Coffea racemosa*, H0104-11-1, ‘IPR 100’ and ‘IPR 103’. The effects of drought on plant physiology were measured by net carbon sequestration, transpiration, and the leaf temperature difference to the environment. These variables were evaluated at time zero, in water stressed plants (total water potential > -3.5 MPa) and on the recovered plants after the return of irrigation. Were also observed leaf specific weight, the period spent for the plants reach the drought point based on the estimated leaf area, the plant growth and the average number of leaves, and proline concentration. The results indicate that gas exchange between the genotypes did not differ significantly regardless of the water status. The highest relative growth during the period was *C. racemosa* and the cultivar IPR 100 had better post drought recovery. At water stress both genotypes showed higher levels of endogenous proline.

**KEYWORDS:** proline, photosynthesis, growth analysis, drought, cultivars.

### **INTRODUÇÃO**

Em decorrência do desenvolvimento industrial verificado nos últimos 120 anos, a queima de combustíveis fósseis (carvão mineral, derivados de petróleo e gás natural) ocasionou um aumento na concentração de gases denominados gases de efeito estufa, principalmente o CO<sub>2</sub>, o que tem aumentado a temperatura média e ocasionando longos períodos de estiagem ou má distribuição de chuvas (eventos climáticos mais extremos).

As plantas cultivadas, notadamente as de ciclo perene, são expostas a diversos estresses abióticos, entre eles o déficit hídrico e segundo DaMatta e Ramalho (2006) a seca é considerada o principal estresse ambiental que afeta o desenvolvimento e a produtividade do cafeeiro (RAMOS et al., 2007).

Em condições de reduzida disponibilidade de água, as células ou tecidos vegetais apresentam mudanças metabólicas devido ao fechamento estomático o que ocasiona redução da fixação do carbono e da transpiração (FOURNIER, 1988; MULLET e WHITSETT, 1996).

A tolerância ao déficit hídrico vem sendo estudado nos últimos anos para identificar genótipos com capacidade de crescimento e produção por meio de mecanismos de sobrevivência. Cafeeiros da espécie *C. racemosa* (MEDINA-FILHO et al., 1977), alguns clones de *C. canephora* var. *Conilon* (MARRACCINI et al., 2012), além de cafeeiros da série BA-10, portadores de genes de *C. liberica* (MAZZAFERA & CARVALHO, 1986), foram identificadas como sendo tolerantes à seca. A cultivar IAPAR 59, portadora de genes do *C. canephora* do Híbrido de Timor 832/2, também foi identificada como sendo tolerante à seca (FREIRE et al., 2013), assim como a cultivar Siriema 842, que é um cafeeiro arábico com genes de *C. racemosa*, que possui maior resistência á seca (CARVALHO et al., 2008; GRISI et al., 2008). Os programas de melhoramento genético do mundo transferiram genes das espécies *C. racemosa*, *C. liberica* e *C. canephora* para o *C. arabica*. Portanto, é possível identificar fontes de tolerância à seca em vários genótipos de café arábica portadores de genes dessas três espécies.

Dessa forma, o presente trabalho objetivou-se avaliar as características fisiológicas e morfológicas do cafeeiro de diferentes genótipos, sob condições de déficit hídrico.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, durante o período de verão de 2013 à primavera de 2014. Foram utilizados vasos com capacidade de 40 L completados com uma parte de areia lavada, 13 partes de solo, 1 parte de adubo orgânico (esterco de curral), 150 g de KCl e 150 g de calcário dolomítico e com uma planta no estágio de formação de ramos plagiotrópicos. Os genótipos utilizados foram indicados pela área de melhoramento do IAPAR: H0104-11-1, *C. racemosa*, 'IPR 100', 'IPR 103' e 'Catuaí Vermelho IAC 81' (testemunha sensível). 'IPR 100', 'IPR 103' e 'H0104-11-1' são cafeeiros arábicos portadores de genes de *C. liberica*, *C. canephora* e *C. racemosa*, respectivamente. As mudas foram transplantadas no dia 01 de novembro de 2013, apresentando 4 a 6 pares de folhas e mantidas sob regas diárias até o dia 14 de maio de 2014, ocasião em que iniciaram a restrição hídrica, para tanto os vasos foram cobertos com plástico, evitando a evaporação de água do solo, de forma que a única forma de eliminação de água pelo sistema fosse a transpiração das folhas. O experimento foi encerrado no dia 02 de setembro de 2014, percorridos 110 dias após o início do corte de água. A temperatura variou de 5 a 38 °C durante o período experimental. Para a determinação do potencial de água total da folha foi utilizado Bomba de Pressão Scholander, utilizando uma das folhas do segundo par a partir do ápice do ramo produtivo da região mediana da planta.

A fotossíntese líquida, a transpiração e a temperatura foliar e do ambiente foram obtidas com o determinador LC-pro SD da ADC-Bioscientific Ltd., com exposição das folhas a luz artificial (869  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ). O peso específico foliar obtido através de disco foliar com uma área de 3,14  $\text{cm}^2$  que foi desidratada em estufa com ar forçado até obtenção da massa constante.

Para estimar a foliar, foi contado o número de folhas por planta e mensurados o comprimento e a largura máxima e determinada a área por meio da equação  $y = 0,6976x$  para folhas de *C. racemosa* ( $R^2 = 0,9206$ ) e  $y = 0,6799x$  para os outros cafeeiros com lâmina foliar maior ( $R^2 = 0,9818$ ).

Na análise do crescimento relativo, foi definido um ramo plagiotrópico, onde foram mensuradas o comprimento e largura máxima das folhas antes da interrupção da irrigação e ao final do experimento e aplicadas as equações citadas anteriormente, para obter a estimativa do crescimento da área foliar. A determinação da prolina foi efetuada baseando-se em Bates (1973).

Utilizou-se o delineamento em blocos ao acaso com três repetições e parcelas de uma planta por vaso, e a comparação de médias foi realizada por Tukey a 5% de probabilidade.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A fotossíntese líquida não demonstrou diferença entre os genótipos nas diferentes condições hídricas (Tabela 1). Nas obtidas no tempo zero (sem déficit hídrico) apresentaram valores médios de 7,23  $\mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , apesar da temperatura baixa, que chegou a 7,4 °C ao amanhecer, na semana de avaliação. Em condições de déficit hídrico, com potencial total da água nas folhas superior a -3,5 MPa, houve uma redução acentuada, de aproximadamente 43%, sem apresentar diferenças significativas entre os genótipos.

Tabela 1. Valores médios de fotossíntese líquida em diferentes genótipos de café antes (tempo zero), durante ( $\Psi > 3,5$  MPa) e após o estresse hídrico (plantas recuperadas).

Genótipos	Fotossíntese líquida ( $\mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )		
	Tempo zero	Estresse hídrico ( $\Psi > 3,5$ MPa)	Plantas Recuperadas
T1 – ‘Catuaí Vermelho IAC 81’	7,33 a*	3,16 a	6,93 a
T2 – <i>C. racemosa</i>	7,10 a	3,00 a	5,84 a
T3 – H0104-11-1	8,20 a	3,10 a	8,00 a
T4 – ‘IPR 100’	6,73 a	3,20 a	8,93 a
T5 – ‘IPR 103’	6,80 a	3,10 a	7,00 a
Médias	7,23	3,11	7,34
C.V. (%)	14,95	12,96	21,57

\*Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferenciam entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Após atingir a condição de déficit hídrico ( $\Psi_{\text{água}} > -3,5$  Mpa), as plantas foram irrigadas novamente e determinada a fixação líquida de  $\text{CO}_2$ , denominadas de recuperadas. Dentre os genótipos na condição de plantas recuperadas, destacou-se ‘IPR 100’ que atingiu valor de fotossíntese líquida de  $8,93 \mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ . Esse valor acima da média ocorreu provavelmente devido aumento do aminoácido prolina observado para ‘IPR100’ (Figura 2).

A transpiração medida durante os períodos tempo zero e estressadas (com déficit hídrico) não apresentou diferença estatística entre os genótipos avaliados (Tabela 2). Nas plantas recuperadas, ‘IPR 100’ apresentou valor maior de transpiração, sem diferir das demais, com exceção da *C. racemosa* que apresentou menor transpiração.

Tabela 2. Valores médios de transpiração em diferentes genótipos de café antes (tempo zero), durante ( $\Psi > 3,5$  MPa) e após o estresse hídrico (plantas recuperadas).

Genótipos	Transpiração ( $\mu\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )		
	Tempo zero	Estresse hídrico ( $\Psi > 3,5$ MPa)	Plantas Recuperadas
T1 – ‘Catuaí Vermelho IAC 81’	1,27 a*	0,25 a	1,33 ab
T2 – <i>C. racemosa</i>	1,13 a	0,17 a	0,69 b
T3 – H0104-11-1	1,63 a	0,13 a	1,66 ab
T4 – ‘IPR 100’	1,17 a	0,22 a	2,24 a
T5 – ‘IPR 103’	1,17 a	0,24 a	1,48 ab
C.V. (%)	28,69	31,36	34,31

\*Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferenciam entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Com o déficit hídrico, os valores da transpiração e conseqüentemente da taxa de fotossíntese são reduzidos, havendo a elevação da temperatura foliar. Esta elevação da temperatura foliar é uma das maneiras que as plantas dissipam parte da energia que chega a superfície foliar, não utilizada para a fixação do  $\text{CO}_2$  do ambiente e segundo Scott et al. (1981), maiores temperaturas foliares estão relacionados com a diminuição da turgescência da folha, conteúdo de água no solo e potencial da água na folha. Os valores da diferença de temperatura foliar em relação ao ambiente, observadas no presente experimento são bastante elucidativos (Tabela 3). Houve diferença significativa nos genótipos H0104-11-1 e ‘IPR 100’ quando comparados os valores entre plantas estressadas e no tempo zero e as recuperadas.

Tabela 3. Diferença entre temperatura foliar e do ambiente em diferentes genótipos de café antes (tempo zero), durante ( $\Psi > 3,5$  MPa) e após o estresse hídrico (plantas recuperadas).

Genótipos	Diferença entre a temperatura foliar e do ambiente ( $^{\circ}\text{C}$ )*			
	Tempo zero	Estressadas	Recuperadas	C.V. (%)
T1 – ‘Catuaí Vermelho IAC 81’	0,32 a A**	1,00 a A	0,67 a A	13,36
T2 – <i>C. racemosa</i>	0,52 a A	0,83 a A	0,46 a A	5,22
T3 – H0104-11-1	0,68 a B	1,40 a A	0,00 a B	14,28
T4 – ‘IPR 100’	0,18 a B	0,83 a A	-0,20 a B	8,10
T5 – ‘IPR 103’	0,17 a A	0,47 a A	0,07 a A	20,67
C.V. (%)	10,30	16,02	12,73	

\* Valores transformados para comparação de médias  $\sqrt{(x+1)}$ ; \*\* valores reais

Médias com mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Em relação a característica morfológica, os genótipos avaliados não apresentaram diferença no peso específico foliar (Figura 1).

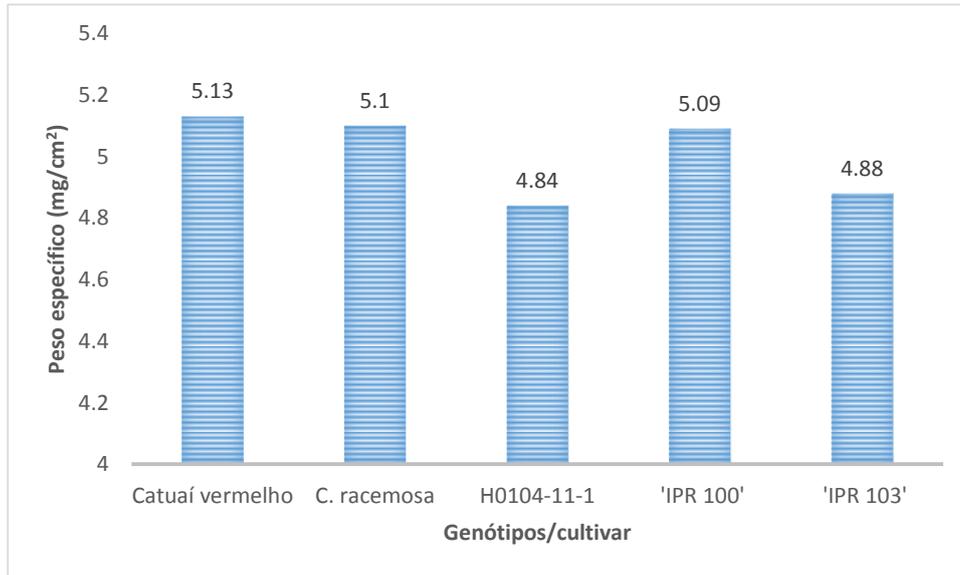


Figura 1. Peso específico foliar ( $\text{mg cm}^{-2}$ ) em diferentes genótipos de cafeeiro (Médias não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade)

No início do experimento, em função de diferentes espécies, a área foliar apresentava diferença. Face a esta diferença na superfície de transpiração, houve diferença no tempo dispendido para chegar a déficit hídrico com potencial de água na folha superior a  $-3,5$  MPa. *C. racemosa* apresentou folhas pequenas e em maior quantidade, com área foliar média estimada de  $731 \text{ cm}^2$  e 183 folhas em média por planta e 103 dias em média para chegar ao déficit hídrico, ao passo que os outros genótipos levaram em média 73 dias (Tabela 4).

Tabela 4. Valores médios de área foliar estimada ( $\text{cm}^2$ ), número de folhas no início da avaliação, tempo médio para entrar em déficit hídrico (potencial  $> -3,5$  MPa) em dias, crescimento relativo (%) e crescimento diário ( $\% \text{ dia}^{-1}$ ) de genótipos de café.

Genótipos	Área foliar estimada	Nº folhas	Tempo para déficit hídrico (dias)	Crescimento relativo	Crescimento diário
T1 – ‘Catuaí Vermelho IAC 81’	3248	40,3	83	114,89	1,38
T2 – <i>C. racemosa</i>	731	183	103	336,10	3,26
T3 – H0104-11-1	4064	67,7	73	171,89	2,35
T4 – ‘IPR 100’	4068	53,3	69	112,91	1,64
T5 – ‘IPR 103’	3073	45,7	69	105,18	1,52

O aumento no teor endógeno de prolina é demonstrativo de ajustamento osmótico, sendo uma das estratégias fisiológicas utilizadas pelas plantas em condições de déficit hídrico e tem sido associado como fator de tolerância a uma condição desfavorável, podendo representar mecanismo regulador de perda de água. A análise de extração de prolina determinada em folhas de plantas sem déficit hídrico mostrou ‘Catuaí Vermelho IAC 81’ com maior valor e em condições de plantas estressadas, a cultivar IPR 100 seguida de *C. racemosa*. Os valores em plantas recuperadas apresentaram-se maiores que nas não estressadas (Figura 2). Trabalhos científicos indicam que a prolina ao invés de estar associada a um mecanismo protetor, pode ser um indicador da severidade do estresse hídrico (VERBRUGGEN e HERMANS, 2008). Sendo assim, o acúmulo deste aminoácido pode ocorrer quando a perda de água na célula ultrapassar um limiar de dano, sendo mais visível em genótipos mais sensíveis ou existe a possibilidade que em alguns genótipos, este aumento possa concorrer para a tolerância ao déficit hídrico, o que parece ser o que aconteceu no presente trabalho.

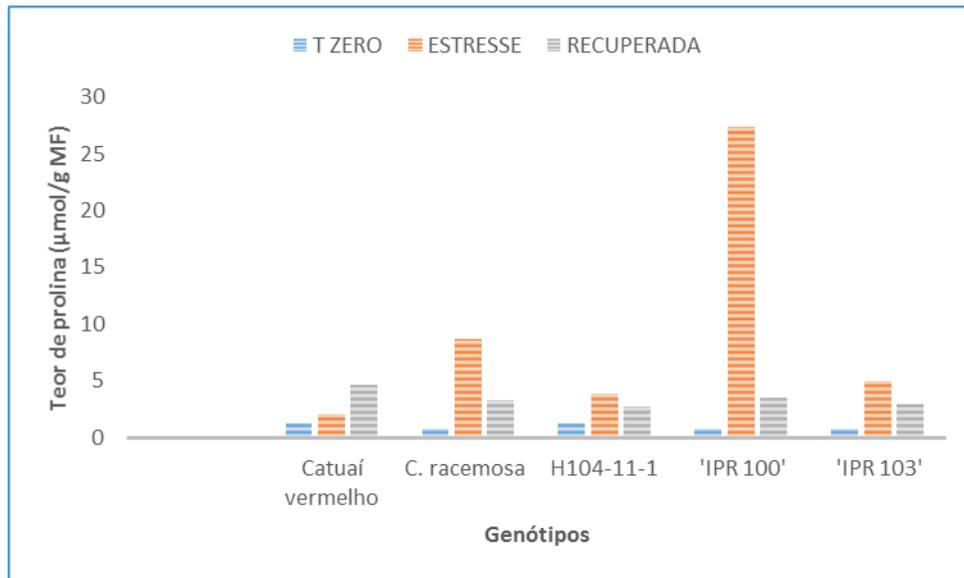


Figura 2. Teor de prolina em folhas de plantas de café no tempo zero (sem restrição hídrica), estressadas (potencial de água de  $> -3,5$  MPa) e recuperadas.

Pelos resultados observados neste estudo foi possível observar que *Coffea racemosa* possui potencial para ser utilizado no melhoramento genético visando transferir a tolerância à seca para cultivares. Isso corrobora com outros estudos em que *C. racemosa* é relatada como sendo tolerante à seca (MEDINA-FILHO et al., 1977). 'IPR 100' é derivada do cruzamento "Catuai" x ("Catuai" x "cafeeiro BA 10") e também se destacou nas análises fisiológicas porque mostrou maior elevação no nível de prolina endógeno, quando em déficit hídrico, apresentou transpiração maior em plantas recuperadas podendo ser uma característica interessante na recuperação após um período sem chuva. Cafeeiros derivados da série BA 10 são cafeeiros arábicos portadores de genes de *C. liberica* e já foram relatados em outro estudo (MAZZAFERA & CARVALHO, 1987) como sendo tolerante à seca e o próprio 'IPR 100' foi mais tolerante ao déficit hídrico em avaliações efetuadas em mudas de café, em condições de casa de vegetação (Carvalho et al., 2013).

H0104-11-1 é um cafeeiro arábica F2RC5 com genes de *C. racemosa*, ou seja, após o primeiro cruzamento entre *C. arabica* e *C. racemosa*, foram retrocruzadas cinco vezes com *C. arabica*, e também pode ser que possua alguma tolerância à seca, pois o crescimento relativo (Tabela 4) foi maior do que os demais genótipos de café arábica, mesmo apresentando área foliar similar. Neste estudo foram utilizadas plantas F3 derivadas dessa progênie F2RC5 e, portanto, H0104-11-1 pode possuir plantas sensíveis segregantes, o que pode ter diminuído a média de algumas variáveis como teor de prolina, crescimento relativo e tempo para atingir o déficit hídrico. Portanto, se forem selecionadas plantas F3 tolerantes dentro dessas progênies é possível que na próxima geração de autofecundação ocorra um aumento nos parâmetros fisiológicos avaliados.

## CONCLUSÕES

Baseados nos resultados verificados, podemos inferir que:

1. O genótipo *Coffea racemosa* apresenta características de crescimento relativo maior, mesmo em condições de déficit hídrico, necessita de mais dias para atingir a condição de déficit hídrico e mostra elevação no nível de prolina, sendo interessante o seu uso em cruzamentos para obtenção de plantas com capacidade de suportar déficit hídrico;
2. A cultivar IPR 100 apresenta maior elevação no nível de prolina endógeno, quando em déficit hídrico, apresentando transpiração maior em plantas recuperadas, podendo ser uma característica interessante na recuperação após um período sem chuva;
3. H0104-11-1 também apresenta um crescimento relativo maior do que os demais genótipos de café arábica, mesmo com área foliar similar.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BATES, L. S.; WALDREN, R. P.; TEARE, I. D. Rapid determination of free proline for water-stressed studies. **Plant and Soil**, v.39, n.1, p. 205-207, 1973.
- CARVALHO, C. H. S. de; FAZUOLI, L. C.; CARVALHO, G. R.; GUERREIRO-FILHO, O.; PEREIRA, A. A.; ALMEIDA, S. R. de; MATIELLO, J. B.; BARTHOLO, G. F.; SERA, T.; MOURA, W. de M.; MENDES, A. N. G.; REZENDE, J. C. de; FONSECA, A. F. A. da; FERRÃO, M. A. G.; FERRÃO, R. G.; NACIF, A. de P.; SILVAROLLA,

- M. B.; BRAGHINI, M. T.; SERA, G. H. Cultivares de café arábica de porte baixo. In: CARVALHO, C. H. S. de (Ed.). *Cultivares de café: origem, características e recomendações*. Brasília: Embrapa Café, 2008. p. 157-226.
- CARVALHO, F. G.; SERA, G. H.; SERA, T.; FONSECA, I. C. de B.; ANDREAZI, E.; MARIUCCI JUNIOR, V.; SHIGUEOKA, L. H.; CHAMLET, D. Reação ao déficit hídrico em mudas de cafeeiros arábica portadores de genes de *Coffea racemos*, *C. canephora* e *C. liberica*. VIII Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil. 2013. Salvador-BA. Disponível em: <[http://www.sapc.embrapa.br/arquivos/consorcio/spcb\\_anais/simposio8/87.pdf](http://www.sapc.embrapa.br/arquivos/consorcio/spcb_anais/simposio8/87.pdf)> Acesso em: 20 mar. 2015.
- DaMATTA, F.M.; RAMALHO, J. D. C. Impacts of drought and temperature stress on coffee physiology and production: a review. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Campos dos Goytacazes, v.18, n.1, p.55-81, 2006.
- FOURNIER, L. A. El cultivo del cafeto (*Coffea arabica* L.) al sol o a la sombra: un enfoque agronomico y ecofisiologico. **Agronomia Costarricense**, v.12, n.1, p.131-146, 1988.
- FREIRE, L.P.; MARRACCINI, P.; RODRIGUES, G.C.; ANDRADE, A.C. Análise da expressão do gene da manose 6 fosfato redutase em cafeeiros submetidos ao déficit hídrico no campo. *Coffee Science* 8:17–23, 2013.
- GRISI, F. A.; ALVES, J. D.; CASTRO, E. M. de; OLIVEIRA, C. de; BIAGIOTTI, G.; MELO, L. A. de. Avaliações anatômicas foliares em mudas de café ‘Catuai’ e ‘Siriema’ submetidas ao estresse hídrico. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 32, n. 6, p. 1730-1736, 2008.
- MARRACCINI, P.; VINECKY, F.; ALVES, G.S.C.; RAMOS, H.J.O.; ELBELT. S.; VIEIRA, N.G.; CARNEIRO, F.A.; SUJII, P.S.; ALEKCEVETCH, J.C.; SILVA, V.A.; DAMATTA, F.M.; FERRÃO, M.A.G.; LEROY, T.; POT, D.; VIEIRA, L.G.E.; SILVA, F.R.; ANDRADE, A.C.E.T. Differentially expressed genes and proteins upon drought acclimation in tolerant and sensitive genotypes of *Coffea canephora*. *Journal of Experimental Botany*, Oxford, v. 63, n. 11, p. 4191-4212, Apr. 2012.
- MAZZAFERA, P.; TEIXEIRA, J. P. J.; PISSOLATO, M. A. B. Análise de prolina visando seleção de cafeeiros (*Coffea arabica*) resistentes à seca. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 13., São Lourenço, 1986. **Resumos**, p.18-19.
- MEDINA-FILHO, H. P.; CARVALHO, A.; MEDINA, D. M. Germoplasma de *Coffea racemosa* e seu potencial no melhoramento do cafeeiro. *Bragantia*, Campinas, 36: XLIII-XLVI, 1977.
- MULLET, J. E.; WHITSSET, M. S. Plant Cellular responses to water deficit. **Plant Growth Regulation**, v.20, p.119-124, 1996.
- RAMOS, H.J.O.; SEIXAS, D.F.; PEREIRA, L.F.P.; CRUZ, L.M.; FUNGARO, M.H.; HUNGRIA, M.; OSAKU, C.; PETZL-ERLER, M.L.; AYUB, R.A.; PERALTA, M.; MARUR, C.J.; SOUZA, E.M.; VIEIRA, L.G.E.; PEDROSA, F.O. Análise proteômica do estresse hídrico em cafeeiro. V Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil. 2007. Águas de Lindóia-SP, Anais. Brasília-DF, Embrapa/Café, CD-rom, 2007.
- SCOTT, H. D.; JUNG, P. K.; FERGUSON, J. A. A comparison of soybeans leaf water potential and leaf temperature under progressive drought. *Agronomy Journal*, n.73, p.574-580, 1981.
- VERBRUGGEN, N.; HERMANS, C. Proline accumulation in plants: a review. **Amino Acids**, v.35, p.753-759, 2008.
- MAZZAFERA, P.; CARVALHO, A. Produção e tolerância à seca de cafeeiros. *Bragantia*, Campinas, 46, n. 2, p. 403-415, 1987.