

REAÇÃO NO ESTÁDIO JUVENIL DE GENÓTIPOS DE *COFFEA ARABICA* DE CAMARÕES SOB ESTRESSE HÍDRICO EM CONDIÇÕES DE CASA DE VEGETAÇÃO¹

Elder Andreazi², Giselly Andrade³, Pierre Charmetant⁴, Tumoru Sera⁵; Cristiane Gonçalves Gardiano²

¹ Financiado pelo Consórcio Pesquisa Café/Embrapa Café- IAPAR-CIRAD (França)

² Bolsista, CBP&D/Embrapa Café, IAPAR, genetica_cafe@iapar.br

³ Bolsista, CNPq-UEL-IAPAR, gaaeterna@yahoo.com.br

⁴ Pesquisador, CIRAD, IAPAR, pierre.charmetant@cirad.fr

⁵ Pesquisador, IAPAR, tsera@iapar.br

RESUMO. O crescente dano da seca tem preocupado o agronegócio café, pois o efeito na produtividade e estabilidade produtiva é muito forte. No início dos anos 60 foram introduzidos 312 acessos de plantações locais e de outros países, em Coleção de Camarões. Desses, 120 acessos foram selecionadas para a adaptação à seca. Uma parte desses acessos foi destinada à EMBRAPA/CENARGEN em Brasília e posteriormente trazidas a Londrina no IAPAR. O objetivo do presente trabalho foi avaliar preliminarmente no estágio juvenil a sua adaptação à seca, antes de serem implantados e avaliados nas condições de campo. Avaliaram-se os acessos conduzidos em sacolas de polietileno de com 30 cm de altura, 15 cm de diâmetro e volume = 1,8 litros preenchidos com substrato comercial aos 20 meses de idade num delineamento experimental inteiramente ao acaso com 2-17 repetições e parcela de uma planta. O experimento foi conduzido dentro da casa de vegetação do Instituto Agrônomo do Paraná em Londrina com suspensão periódica de irrigação e avaliados quanto ao desenvolvimento em tamanho e intensidade de murcha decorrente da deficiência hídrica e a eficiência fotoquímica medido pela relação fluorescência variável e fluorescência máxima (Fv/Fm). O incremento da murcha no decorrer dos dias da avaliação nos acessos Jm01, Ao e Mu10 foram menores mostrando boa adaptação à seca enquanto que Et59 apresentou elevado aumento na murcha à medida que aumentou o período de deficiência hídrica especialmente a partir do 15º dia do início do experimento mostrando menor adaptação à seca. O acesso Mu12 apresentou adaptação intermediária. Os acessos possuem uma boa uniformidade genética geral, mas o acesso Jm01 possui ainda variabilidade genética de boa magnitude para seleção dentro da progênie para melhorar a adaptação à seca enquanto que o acesso Et59 não apresenta variabilidade para seleção. A eficiência fotoquímica não apresentou relação significativa com a murcha provocada neste experimento.

Palavras chave: resistência à seca, melhoramento do cafeeiro, eficiência fotoquímica.

JUVENILE REACTION OF DROUGHT RESISTANT *COFFEA ARABICA* GENOTYPES OF CAMARÕES UNDER WATER STRESS CONDITIONS IN THE GREENHOUSE

ABSTRACT. The increasing drought damage for coffee agribusiness has been new worries because of very strong effect for productivity and production stability. In the early 1960's 312 coffee accessions were introduced from local selections and from other countries, into coffee collections in Cameroon. 120 of them were selected for drought adaptation. Part of these accessions was introduced by EMBRAPA / CENARGEN in Brasilia and then brought to Instituto Agrônomo do Paraná, IAPAR (Londrina-Paraná). The purpose of this research was preliminary evaluation of these accessions for adaptation to drought conditions in young plants before planting on the fields experiment for final evaluation and selection. The accessions were grown in polyethylene bags with 30 cm high, 15 cm diameter and volume = 1.8 liters filled with commercial substrate at 20 months age in a completely randomized design experiment with 2-17 replications and one plant per plot. The experiment was conducted in the greenhouse of IAPAR with periodic suppression of irrigation and evaluated the development in size and for intensity of wilt due to drought and photochemical efficiency measured by the ratio variable fluorescence and maximum fluorescence (Fv / Fm). Cultivars 'Jm01', 'Mu10' and 'Ao' showed good adaptation to drought stress with low level of wilt during the evaluation whereas 'Et 59' presented increasing wilt level during stress period specially from the 15th day of beginning of the experiment showing lower adaptation to drought. Cultivar 'Mu12' had intermediate adaptation. The accessions have a good overall genetic uniformity, but 'Jm01' has good genetic variability magnitude for selection within the progeny to improve adaptation to drought while 'Et59' has not variability for selection. The photochemical efficiency was not related significantly to drought.

Keywords: drought resistance, coffee breeding, photochemical efficiency.

INTRODUÇÃO

A produção mundial e brasileira de café poderia ser bem mais significativa, caso não ocorressem situações de deficiência hídrica (Dias *et al.*, 2005), o qual é um dos fatores ambientais mais importantes para a diminuição da produtividade do cafeeiro, tanto no Brasil quanto em outros países produtores (Ramos *et al.* 2007). Para o desenvolvimento e produção satisfatória, o cafeeiro, como as demais culturas, necessita de água disponível no solo, promovendo assim, o crescimento de ramos, a floração e a expansão e granação dos frutos (Camargo, 1989). Uma

importante parte da área cafeeira no Brasil só é viabilizada pela adoção de sistemas irrigados (Arruda *et al.* 2003; Teodoro *et al.* 2003; Santinato & Fernandes, 2002).

No início dos anos 60 foram introduzidos 312 acessos de plantações locais e de outros países, em coleções dos Camarões. Parte delas foi plantada em ensaios, onde 120 foram selecionadas para a adaptação à seca (Bouharmont, 1995). Uma seleção desses acessos foi destinada à EMBRAPA/CENARGEN em Brasília e posteriormente trazidas à Londrina no IAPAR.

O objetivo do presente trabalho foi o de avaliar a adaptação à seca destes materiais no estádio juvenil na casa de vegetação antes de plantar num ensaio de avaliação agrônômica junto com a adaptação à seca e seus componentes no campo durante os diferentes estádios de desenvolvimento do cafeeiro.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em Londrina-PR na sede do Instituto Agrônômico do Paraná. Os acessos introduzidos de Camarões foram avaliados em casa de vegetação (Tabela 1), todos de porte normais, provenientes de sementes que foram germinadas no CIRAD-França e enviadas para EMBRAPA-CENARGEN em Brasília - DF ficando em período de quarentena até serem trazidas para Londrina em outubro de 2010, já com 20 meses de idade. Os cafeeiros ficaram em observação, adaptadas às condições de campo e irrigadas a capacidade de campo do solo até serem transferidas para experimento de casa de vegetação em 10 de novembro de 2010. O acesso Et59 foi coletado a partir do inquérito IFCC ORSTOM / na Etiópia em 1966. Os outros foram selecionados no ex-Congo Belga, no Burundi e em Ruanda antes de 1960. Em Camarões, todos esses acessos foram indicados como adaptados à seca (Bouharmont, 1995).

Tabela 1. Acessos de *C. arabica* de Camarões introduzidas do Cirad-França em 2010, através da CENARGEN.

Acessos	Nº de Plantas
Ao (Amarelo)	14
Et59	14
Jk3 (Jackson)	2
Jm1 (Jamaica)	14
Mu10 (Mulungu)	17
Mu12 (Mulungu)	13
TOTAL	74

Os tratamentos foram dispostos no delineamento experimental inteiramente ao acaso com 2 até 17 repetições e parcela de uma planta, considerando-se acessos com menos plantas como parcelas perdidas. As plantas estavam em sacos plásticos com 30 cm de altura, 15 cm de diâmetro e volume = 1,8 litros preenchidos com substrato comercial.

Avaliações de murcha dos cafeeiros:

As avaliações visuais de murcha dos cafeeiros foram realizadas diariamente, exceto aos finais de semana. A escala adotada para avaliação da murcha (Medina Filho, 2005 modificado), com notas que variam de 0 até 5 onde: 0 = nenhum sintoma; 1 = algumas folhas com sintomas iniciais de murcha; 2 = parte das folhas semi-pendentes e túrgidas; 3 = todas as folhas pendentes, mas ainda túrgidas; 4 = folhas murchas em transição verde/secas; 5 = todas as folhas secas somente com caule e ramos verdes, conforme Figura 1. O diâmetro de caule foi medido com paquímetro manual e a altura com régua milimétrica.

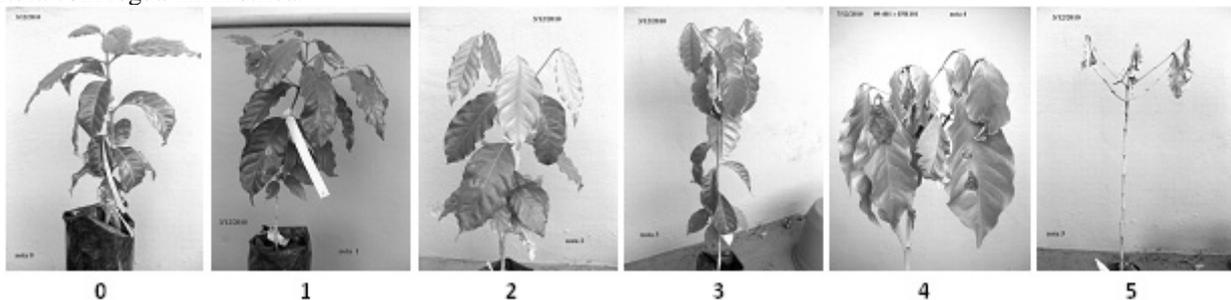


Figura 1. Escala visual de avaliação da murcha de cafeeiros em condições de deficiência hídrica em casa de vegetação.

As avaliações diárias de murcha foram feitas sempre no período da tarde entre 15 e 16 h. Essas plantas foram avaliadas até o dia 23 de dezembro de 2010 (D43). Nos dias D15 e D21 todas as plantas foram irrigadas com 200 ml de água. No dia D27, 25% das plantas dos acessos de Camarões tinham notas superiores a 2, e todas as plantas receberam

água em capacidade de campo (imersão completa). As avaliações de altura e diâmetro de caule foram feitas somente no início do ensaio.

Realizaram-se análise da variância dos dados da murcha comparando-se as médias pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade. Avaliaram-se a variabilidade genética da característica murchamento dentro dos acessos considerando se o menor coeficiente de variação (CV%) dentro dos acessos como devido ao efeito ambiental e, pela subtração do CV% do acesso pelo menor CV% temos o CV% genético máximo do acesso; o CV% foi estimado pelo desvio padrão multiplicado por 100 e dividido pela média da murcha do acesso. Compararam-se graficamente a evolução dos sintomas de murcha nos acessos ao longo do período de avaliação.

Medidas de eficiência fotoquímica

A razão entre fluorescência variável e fluorescência máxima (Fv/Fm), é uma estimativa da eficiência quântica máxima da atividade fotoquímica do fotossistema II (FSII), quando todos os centros de reação do FSII estão abertos (Baker & Rosenqvist, 2004). Essa relação tem sido utilizada freqüentemente para detectar perturbações no sistema fotossintético causada por estresses ambientais e bióticos, visto que a diminuição indica inibição da atividade fotoquímica.

A Fv/Fm foram determinadas por meio de um fluorômetro portátil (Handy-PEA, Hansatech, Norfolk, England). As medições foram feitas nos dias D8, D13 e D43 e, após recuperação em Fevereiro 2011 (D88), em uma das folhas completamente expandidas do terço médio de três plantas de cada acesso, que foram previamente adaptadas a 30 minutos de obscuridade, a fim de promover a abertura de todos os centros de reação do fotossistema II. Após pulso de luz a razão entre a fluorescência variável e máxima (Fv/Fm) foram calculadas automaticamente pelo equipamento.

Os dados foram analisados através do programa estatístico GENES (Cruz, 2006), sendo submetidos à análise de variância considerando as notas como variáveis quantitativas, sendo as médias comparadas e agrupadas pelo teste de Duncan em nível de 5% de probabilidade.

As condições térmico-hídrico foram acompanhadas por termo higrômetro instalado para avaliação diária da temperatura (°C) e umidade relativa do ar (%) durante o período das avaliações (Figuras 2).

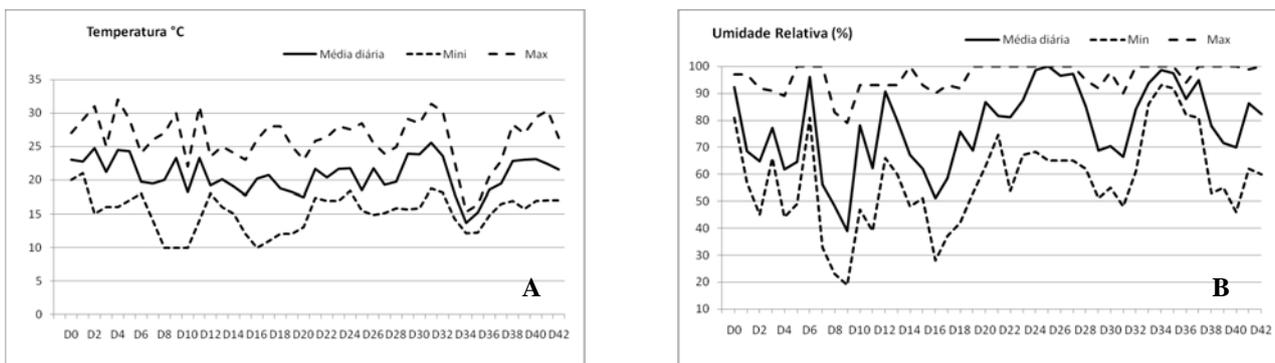


Figura 2: Temperaturas (A) e Umidade relativa (B) máxima, média, e mínima diárias registradas na casa de vegetação no período do experimento.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Murcha devido à deficiência hídrica

A análise de variância indicou que existe diferença significativa entre os acessos quanto à intensidade de murcha decorrente de deficiência hídrica somente no 15º dia, antes da primeira irrigação (200 ml), e não significativa depois dessa data. A altura e o diâmetro do caule não apresentaram significância. Na Tabela 2 estão apresentados as médias de murcha devido à suspensão de irrigação e seus respectivos grupos de médias a que pertencem pelo teste Duncan a 5% e respectivas alturas e diâmetro do caule no início do experimento.

Tabela 2. Notas médias de murcha por acesso de *C. arabica* de Camarões adaptados à seca no 15º dia do ensaio e teste de Duncan, a 5%.

Acessos	Nº de Plantas	Murcha	Grupos (*)	Altura (cm)	Ø caule (cm)
ET59	17	0.36	BC	49.8	0.60
Mu10	17	0.47	BC	41.1	0.54
Jm1	14	0.50	BC	43.4	0.59
Mu12	13	0.77	AB	44.0	0.59
Ao	14	1.00	A	45.5	0.59

(*) Comparações múltiplas (Duncan, 5%)

Charmetant & Rakocevic (2010) demonstraram, associando dados de crescimento antes e depois do período de seca, influência da altura em relação ao estresse hídrico na diferenciação dos genótipos, mas como o tamanho das plantas neste experimento foram iguais, não influenciou nos dados da murcha. Pode-se concluir que Et59, Mu10 e Jm1 são mais adaptadas ao estresse hídrico do que Mu12 e Ao sob condições de casa de vegetação no início do processo de deficiência hídrica.

Comparando-se graficamente no conjunto dos dados do experimento até o 43º dia, independente da significância estatística, observa-se outra tendência. De acordo com a Figura 4, o incremento da murcha no decorrer dos dias da avaliação nos acessos Jm01, Ao e Mu10 foram menores mostrando boa adaptação à seca. O acesso Et59 apresentou elevado aumento na murcha à medida que aumentou o período de deficiência hídrica especialmente a partir do 15º dia do início do experimento mostrando menor adaptação à seca; o acesso Jk03, apesar de ter apenas duas plantas, foi a que apresentou a maior média de murcha. O acesso Mu12 apresentou adaptação intermediária.

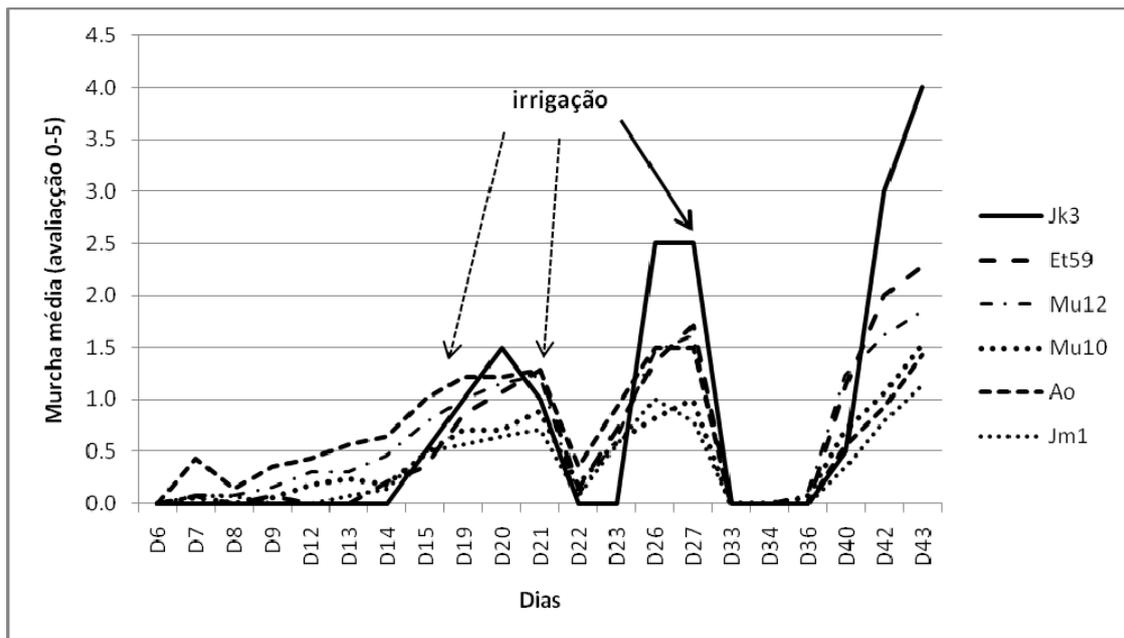


Figura4. Médias de murcha dos acessos de *C. arabica* de Camarões adaptadas à seca durante o período de ensaio.

Os dados da Tabela 3 indicam uma boa uniformidade genética geral, mas o acesso Jm01 possui ainda variabilidade genética de boa magnitude para seleção dentro da progênie para melhorar a adaptação à seca enquanto que o acesso Et59, de pior comportamento médio, não apresenta variabilidade para seleção.

Tabela 3. Variabilidade entre as plantas do acesso (CV%) para altura, diâmetro de caule (no dia 0) e murcha (nos dias 15, 21, 27 e 43) de acessos de *C. arabica* de Camarões introduzidas do Cirad-França em 2010, através da CENARGEN.

Acesso de Camarões	Altura (cm)	CV%	Ø caule (cm)	CV%	D15	CV%	D21	CV%	D27	CV%	D43	CV%
Ao	45.5	13.8	0.6	23.9	1.0	55.5	1.3	64.2	1.5	100.4	1.4	108.8
Et59	49.8	20.1	0.6	20.3	0.4	139.2	1.3	93.7	1.7	89.9	2.3	84.8
Jk03	52.8	8.7	0.7	3.0	0.5	141.4	1.0	141.4	2.5	28.3	4.0	0.0
Jm01	43.4	11.0	0.6	13.4	0.5	103.8	0.7	85.6	0.8	151.2	1.1	132.3
Mu10	41.1	17.1	0.5	21.4	0.5	109.3	0.9	126.0	1.0	132.3	1.5	103.7
Mu12	44.0	16.2	0.6	23.8	0.8	77.9	1.2	100.4	1.6	108.8	1.8	101.0

Atividade fotoquímica (Fv/Fm)

Observa-se que na medição do dia D8 o acesso Mu12 já apresentava maior eficiência da atividade fotoquímica em relação ao acesso Mu 10 (Tabelas 4) e continuou assim no dia D13 o que indica não haver relação entre a murcha e a atividade fotoquímica porque Ao e Mu12 foram estatisticamente melhores nos sintomas de murcha e o pior acesso foi Et59. Esta tendência continuou até o 88º dia com pequena variação mesmo que estatisticamente não significativo sendo o acesso Mu10 o pior e o acesso Mu12 a segunda melhor. Enquanto isso, o acesso que mais sofreu com a murcha da deficiência hídrica, Et59 teve boa eficiência fotoquímica desde o início até o fim. Assim, a eficiência fotoquímica nesta pesquisa não apresentou uma boa relação com o dano da deficiência hídrica.

Tabela 4. Eficiência fotoquímica medida pela razão entre fluorescência variável e fluorescência máxima (Fv/Fm) em cinco acessos de *C. arabica* de Camarões sob estresse hídrico na casa de vegetação.

Acessos	D8 (*)	D13 (*)	D43	Média (*)	D88
Mu10	0.780 B (100%)	0.816 B (100%)	0.818(103%)	0.806 B	0.735 (100%)
Ao	0.811 AB(104%)	0.827 AB(101%)	0.830 (105%)	0.823 AB	0.772(105%)
Jm1	0.814 AB(104%)	0.830 AB(102%)	0.794(100%)	0.803 AB	0.762(104%)
Et59	0.813 AB(104%)	0.836 AB(102%)	0.833(105%)	0.831 A	0.755(103%)
Mu12	0.825 A(106%)	0.840 A(103%)	0.830(105%)	0.832 A	0.764 (104%)

(*) Letras iguais em cada data não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de probabilidade.

Bolh ar-Nordenkampf *et al.* (1993) relatam que, quando a planta está com seu aparelho fotossintético intacto, a razão Fv/Fm deve variar entre 0,75 e 0,85 enquanto uma queda nesta razão reflete a presença de dano foto- inibitório nos centros de rea o do PSII. Num ensaio similar Rakosevic *et al.* (2010) encontraram valores menores de Fv/Fm somente a partir de 18 dias de seca. Para esses autores a medida da tolerância   seca usando este parâmetro apresentou resultados similares às demais observa es.

A rela o Fv/Fm em resposta   redu o na disponibilidade hídrica do solo, segundo Lichtenthaler & Mieh  (1997), em geral, decresce rapidamente sempre que o solo seca, como em milho. Por outro lado, Ghannoum *et al.* (2003) não encontraram altera es significativas na rela o Fv/Fm em quatro espécies de gramíneas de ciclo C4, indicando que a capacidade de transporte de elétrons não foi alterada em fun o do estresse hídrico. Assim, para estes cafeeiros  rabsicos e para estas condi es do experimento, não houve dano ao aparato fotossintético.

Esse ensaio permitiu estabelecer diferença significativas na resposta visível ao estresse hídrico nestes acessos de *C. arabica* nestas condi es. Há necessidade de fazer mais medidas e aplicar períodos mais longos de seca para os próximos ensaios. Outras técnicas incluindo destrutivas serão utilizadas nos futuros ensaios para estudar a diversidade de resposta nos recursos genéticos.

CONCLUSÕES

O incremento da murcha no decorrer dos dias da avalia o nos acessos Jm01, Ao e Mu10 foram menores mostrando boa adapta o   seca enquanto que Et59 apresentou elevado aumento na murcha   medida que aumentou o período de deficência hídrica especialmente a partir do 15º dia do início do experimento mostrando menor adapta o   seca. O acesso Mu12 apresentou adapta o intermediária.

Os acessos possuem uma boa uniformidade genética geral, mas o acesso Jm01 possui ainda variabilidade genética de boa magnitude para sele o dentro da progênie para melhorar a adapta o   seca enquanto que o acesso Et59 não apresenta variabilidade para sele o.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARRUDA, F.B.; GRANDE, M.A.; SAKAI, E.; PIRES, R.C. DE M.; CALHEIROS, R. DE O. 2003. **Estimativa da resposta do cafeeiro   irriga o e a ocorrência de deficência hídrica em Campinas, SP.** In: Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil e Workshop Internacional de Café & Saúde, (3. : 2003 : Porto Seguro). Anais. Brasília, DF : Embrapa Café. (447p.), 133-134.
- BAKER, N., ROSENQVIST, E. 2004. **Applications of chlorophyll fluorescence can improve crop production strategies: an examination of future possibilities.** Journal of Experimental Botany, 55: 1607-1621.
- BOLH AR-NORDENKAMPF H.R.,  QUIST G.O. 1993. **Chlorophyll fluorescence as a tool in photosynthesis research.** In: Hall, D.O.; SCURLOCK, J.M.O.; BOLH AR-NORDENKAMPF. H.R.; LEEGOOD, R.C., LONG, S.P. (Ed.). **Photosynthesis and production in a changing environment: a field and laboratory manual.** London: Chapman e Hall., 193-206.
- BOUHARMONT, P. 1995 **La S lection du caf ier *Coffea arabica* au Cameroun.** Relat rio interno CIRAD.

- CAMARGO, A. P. de. 1989. **Necessidades hídricas do cafeeiro**. In: Curso prático internacional de agrometeorologia, 3. ed. Campinas: IAC.,
- CHARMETANT P.; RAKOCEVIC M., 2010. **Morphological response to drought of *Coffea arabica* L.** In: Proceedings of the 22rd International Conference on Coffee Science; ASIC: Bali, Indonesia, **2010**; CDRom.
- CRUZ, C.D. **Programa Genes: Biometria**. Editora UFV. Viçosa (MG). 382p. 2006
- DIAS, P.C.; ARAÚJO, W.L.; DE MORAES, G.; A.B.K.; POMPELLI, M.F.; BATISTA, K.D.; CATEN, Â. T.; VENTRELLA, M.C.; DAMATTA, F.M. 2005. **Crescimento e alocação de biomassa em duas progênies de café submetidas a déficit hídrico moderado**. In: Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil (4. : Londrina, PR : 2005). Anais. Brasília, D.F. : Embrapa - Café, 2005. (1 CD-ROM), 5p.
- GHANNOUM, O.; CONROY, J. P.; DRISCOLL, S. P.; PAUL, M. J.; FOYER, C. H.; LAWLOR, D. W. 2003. **Nonstomatal limitations are responsible for drought-induced photosynthetic inhibition in four C4 grasses**. New Phytologist, 159; 599-608.
- LICHTENTHALER, H. K.; MIEHÉ, J. A. 1997. **Fluorescence imaging as a diagnostic tool for plant stress**. Trends in Plant Science, 2; 316-320.
- MEDINA FILHO, H.P. 2005. **Influência da variabilidade genética de portas-enxerto em copas do café robusta**. In: Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil., Londrina, PR: EMBRAPA.
- RAKOCEVIC, M.; DE SOUZA, F.S.; CHARMETANT, P. 2010. **Ecophysiological differentiation for drought tolerance in *Coffea arabica* (L.) genotypes**. In: Proceedings of the 22rd International Conference on Coffee Science; ASIC: Bali, Indonesia, **2010**; CDRom.
- RAMOS, H.J.O.; CHAVES, D.F.S.; PEREIRA, L.F.P.; CRUZ, L.M.; FUNGARO, M.H.; HUNGRIA, M.; OSAKU, C.; PETZL-ERLER, M.L.; AYUB, R.A.; PERALTA, R.M.; MARUR, C.J.; SOUZA, E.M.; VIEIRA, L.G.E.; PEDROSA, F.O.; REDE PROTEOPAR. **Análise proteômica do estresse hídrico em cafeeiro**. In: **Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil** (5. : Águas de Lindóia, SP : 2007). Anais. Brasília, D.F. : Embrapa - Café, 2007. (1 CD-ROM), 6p.
- SANTINATO, R.; FERNANDES, A. L. T. 2002. **Avanços da tecnologia da irrigação na cultura do café**. In: Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil (1. : 2000 : Poços de Caldas, MG). Palestras. Brasília, DF. Embrapa Café, (374p.), 355-371.
- TEODORO, R.E.F.; MELO, B.de; FERREIRA NETO, J.G.; SEVERINO, G.M.; FERNANDES, D.L.; MARCUZZO, K.V. **Influência da lâmina de irrigação no desenvolvimento e produção do cafeeiro**. In: Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil e Workshop Internacional de Café & Saúde, (3. : 2003 : Porto Seguro). Anais. Brasília, DF : Embrapa Café, 2003. (447p.), p. 139.