

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA  
CURSO DE MESTRADO**

**BIOMASSA E TROCAS GASOSAS DE PLANTAS DE CAFÉ PÉ  
FRANCO E ENXERTADAS SUBMETIDAS A DÉFICIT HÍDRICO**

**DIEGO QUEIROZ DE SOUSA**

**CRUZ DAS ALMAS – BA  
ABRIL 2015**

# **BIOMASSA E TROCAS GASOSAS DE PLANTAS DE CAFÉ PÉ FRANCO E ENXERTADAS SUBMETIDAS A DÉFICIT HÍDRICO**

**DIEGO QUEIROZ DE SOUSA**

Engenheiro Agrônomo

Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, 2013

Dissertação submetida ao Colegiado do curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Engenharia Agrícola, Área de Concentração: Agricultura Irrigada e Recursos Hídricos.

Orientador: Dr. José Fernandes Melo Filho

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA  
MESTRADO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA  
CRUZ DAS ALMAS, BAHIA, 2015

### Dados Internacionais de Catalogação

Sousa, Diego Queiroz de

S725b Biomassa e trocas gasosas de plantas de café pé franco e enxertadas submetidas a déficit hídrico / Diego Queiroz de Sousa. – 2015

51 f.

Orientador: Prof. Dr. José Fernandes Melo Filho  
Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2015.

1. Cofee arabical L. 2. Coffe acanephora Pierre. 3. Estresse hídrico. 4. Trocas gasosas de plantas. I. Melo Filho, José Fernandes. II. Título.

CDD 633.73

## DECLARAÇÃO

Eu, **Diego Queiroz de Sousa**, declaro para os devidos fins que sou o único responsável por toda e qualquer informação, citação, revisão e análises apresentadas no presente documento. Ao tempo que isento o Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola (PPGEA), da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, de quaisquer responsabilidades decorrentes de eventual má fé acadêmica e profissional, incluindo falta de ética, plágio e manipulação não autorizada de dados. Declaro-me ainda sujeito à impugnação de meu título pelo PPGEA caso verificada, a qualquer tempo, falta de decoro acadêmico.

Cruz das Almas – BA, 25 de Abril de 2015.

---

Diego Queiroz de Sousa

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS, AMBIENTAIS E BIOLÓGICAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**COMISSÃO EXAMINADORA DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO DO DISCENTE  
DIEGO QUEIROZ DE SOUSA**

---

Prof. Dr. José Fernandes de Melo Filho  
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia-UFRB  
(Orientador)

---

Prof. Dr. Rogério Ferreira Ribas  
Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB

---

Dr. Maurício Antônio Coelho Filho  
Embrapa Mandioca e Fruticultura Tropical

Dissertação homologada pelo colegiado de Curso de Mestrado em Engenharia Agrícola em .....

Conferindo o Grau de Mestre em Engenharia Agrícola em .....

*À Sociedade!*  
**OFEREÇO**

*Aos meus pais, Dilma Viana de Sousa Queiroz e Antônio Queiroz Amaral e a  
minha querida esposa, Marília da Silva Monção*  
**DEDICO**

## AGRADECIMENTOS

À Deus, pelo simples fato de permitir experimentar a dúvida das escolhas, satisfação das realizações, pelo amor e paciência;

Ao Meu orientador, prof. Dr. José Fernandes Melo Filho, pela amizade, compreensão e ensinamentos;

Ao prof. Dr. Manoel Teixeira de Castro Neto pela confiança, amizade, conselhos, incentivo e colaboração para a realização das atividades de pesquisa;

Ao prof. Dr. Paulo Araquém Ramos Cairo pelas sugestões para a realização das atividades de pesquisa;

Ao prof. Dr. Alisson Jadavi pela confiança, incentivo e ajuda no decorrer do curso;

Aos demais professores do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da UFRB, por terem contribuído com a minha formação durante mais esta etapa profissional;

Aos funcionários do NEAS, em especial ao amigo Edilson Bastos (Boi) os quais fazem os nossos dias de trabalho mais suaves e satisfatórios;

Aos amigos de pós-graduação, em especial, Lenilson Wisner, Nilson Ítalo, Marina Aparecida, Mariana Lays, Denize Sampaio, Leandra Oliveira, Emerson Passelle, Mairton Gomes, Tatyana Keyty, Frascicleiton Freires e Adaiton Conceição.

À Magali, amiga que sempre esteve disposta a realizar as tarefas necessárias para que as atividades de pesquisas fossem realizadas da melhor forma;

À fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (Fapesb), pela concessão da bolsa de estudo;

À coordenação do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, por viabilizar a realização deste curso;

Enfim, agradeço àqueles que estiveram envolvidos de forma direta ou indireta de mais esta etapa pessoal e profissional.

## SUMÁRIO

	Página
RESUMO	
ABSTRACT	
INTRODUÇÃO.....	1
<b>Capítulo 1</b>	
EFEITO DO DÉFICIT HÍDRICO NA BIOMASSA DE PLANTAS DE CAFÉ PÉ FRANCO E ENXERTADAS .....	11
<b>Capítulo 2</b>	
TROCAS GASOSAS EM PLANTAS DE CAFÉ PÉ FRANCO E ENXERTADAS, SUBMETIDAS A DÉFICIT HÍDRICO .....	30
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	56



## **BIOMASSA E TROCAS GASOSAS DE PLANTAS DE CAFÉ PÉ FRANCO E ENXERTADAS SUBMETIDAS A DÉFICIT HÍDRICO**

Autor: Diego Queiroz de Sousa

Orientador: Prof. Dr. José Fernandes Melo Filho

**RESUMO:** Objetivou-se com o presente trabalho, estudar os efeitos do déficit hídrico sobre a biomassa e trocas gasosas de plantas de cafeeiro provenientes de mudas pé franco e enxertadas. O experimento foi conduzido entre agosto e setembro de 2014, em casa de vegetação, na área experimental da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB, em Cruz das Almas – BA. Adotou-se um delineamento de blocos casualizados, em que plantas da cultivar Catuaí Vermelho IAC 144, pé franco e enxertadas sobre o porta-enxerto Aipoatã IAC 2258, foram mantidas em condições hídricas contrastante, irrigadas e não irrigadas, compreendendo um esquema fatorial 2 x 2, com seis repetições. Ao término do período experimental foram mensurados os valores de biomassa seca da parte aérea, biomassa seca de raiz, biomassa seca total, relação entre biomassa seca de raiz parte aérea, área foliar, relação entre biomassa seca de raiz área foliar. Aos 0, 5, 10,15 e 18 dias após a imposição dos tratamentos hídricos foram realizadas avaliações de potencial hídrico foliar e trocas gasosas (condutância estomática, transpiração, assimilação de CO<sub>2</sub>) e calculadas as variáveis eficiência intrínseca de uso de água e eficiência instantânea de carboxilação. Os resultados apurados permitiram as seguintes conclusões: o déficit hídrico causou redução no crescimento inicial de plantas pé franco; déficit hídrico de até 18 dias não provocou redução do crescimento inicial de plantas enxertadas; o déficit hídrico causou redução das trocas gasosas tanto em plantas pé franco quanto enxertadas, entretanto, o intervalo entre a interrupção da irrigação e diminuições significativas das trocas gasosas e do potencial hídrico foi maior nas plantas enxertadas, indicando que o uso do porta-enxerto Aipoatã IAC 2258 proporcionou aumento na tolerância ao déficit hídrico.

**Palavras-chave:** *Coffea arabica* L., *Coffea canephora* Pierre, estresse hídrico, enxertia.

# BIOMASS AND GAS EXCHANGE IN COFFEE PLANTS, FOOT AND FRANCO GRAFTED, UNDER CONDITIONS OF WATER DEFICIT

Author: Diego Queiroz de Sousa

Adviser: Prof. Dr. José Fernandes Melo Filho

**ABSTRACT:** The objective of this work was to study the effects of water stress on the biomass and gas exchange in coffee plant ungrafted and grafted. The experiment was carried out between August and September 2014, in a greenhouse in experimental area of the Federal University Reconcavo of Bahia - FURB in Cruz das Almas - BA. Adopted a randomized block design, in which Catuaí Vermelho IAC 144, ungrafted and grafted onto rootstock Apoatã IAC 2258, they were kept in contrasting water conditions, irrigated and rainfed, comprising a 2 x 2 factorial with six replications. At the end of the experiment were measured the dry weight values of shoot, root dry weight, total dry biomass ratio of the dry biomass of shoots root, leaf area, ratio of dry weight of leaf area root. At 0, 5, 10, 15 and 18 days after institution of water treatments were carried out assessments of leaf water potential and gas exchange (stomatal conductance, transpiration, CO<sub>2</sub> assimilation) and calculated the intrinsic efficiency of water use and variables carboxylation instantaneous efficiency. The results allowed the following conclusions: the drought caused a reduction in the initial growth of Franco standing plants; water deficit of up to 18 days did not cause reduction of the initial growth of grafted plants; the water deficit caused reduction of gas exchange, both outspoken foot as grafted plants, however, the interval between discontinuation of irrigation and significant decreases in gas exchange and water potential was higher in grafted plants, indicating that the use of holder grafts Apoatã IAC 2258 provided an increase in drought tolerance.

**Keywords:** *Coffea arabica* L., *Coffea canephora* Pierre, water stress, grafting.

## INTRODUÇÃO GERAL

O café é uma planta perene, de clima tropical, pertence à família das rubiáceas e ao gênero *Coffea*, do qual se destacam as espécies *Coffea arabica* L. e *Coffea canephora* Pierre, conhecidas como café arábica e conilon, respectivamente. Assim como acontece com a produção mundial, o café arábica responde por mais de 70% da produção brasileira (SOUZA et al., 2003; CONAB, 2014).

No Brasil, o café é um produto tradicional de grande importância econômica. No desenvolvimento socioeconômico, a cafeicultura destaca-se pela geração de emprego nas diferentes etapas do processo produtivo (TEMÓTEO, 2012). Neste contexto, o Brasil é maior produtor e exportador mundial de café e colheu, na safra 2014, mais de 45,3 milhões de sacas beneficiadas, sendo 32,3 milhões de café arábica e 13,0 milhões de conilon (CONAB, 2014). Segundo projeções o volume de produção, consumo interno e exportações brasileiras, devem crescer a taxas de 4,4%, 3,5% e 1,7%, respectivamente, nos próximos 10 anos (MAPA, 2014).

Estudos realizados no primeiro semestre de 2014 revelaram que o café representou 5,9% de todas as exportações do agronegócio brasileiro, gerando um faturamento de R\$ 2,9 bilhões para o setor. No período, o Brasil exportou mais de 994 mil toneladas de café para o mundo, especialmente para a Alemanha, os Estados Unidos, a Itália e o Japão, maiores consumidores do café brasileiro (MAPA, 2014).

O Estado da Bahia destaca-se como o quinto maior produtor nacional de café, sendo responsável por aproximadamente 4,23 % da produção nacional, com uma área cultivada de 138.213 hectares e produtividade média de 15,5 sacas/ha, inferior e correspondente a 62,7% da média nacional, de 24,8 sacas/ha (CONAB, 2014).

A manutenção e evolução dos índices de produção da cultura do cafeeiro encontra-se em risco devido às mudanças nas condições ambientais, em especial àquelas ligadas ao ciclo hidrológico (NASCIMENTO, 2009), cuja principal consequência será a exposição das lavouras à seca, principal fator limitante à produção do café devido à diminuição da disponibilidade de água no solo e consequente absorção de nutrientes pelas plantas (NOGUEIRA et al., 2001).

Os efeitos do déficit hídrico no crescimento, desenvolvimento e produção do cafeeiro são proporcionais ao tempo e intensidade de submissão da planta a esta situação, implicando em menor produção líquida (DAMATTA & RAMALHO, 2006). Por outro lado, deve-se ressaltar que a intensidade dos efeitos depende também da própria planta (SANT'ANNA, 2009). Segundo Turner (1986), a maioria das espécies vegetais possuem adaptações à restrição hídrica, existindo três respostas básicas das plantas ao estresse hídrico: escape, observado em culturas que terminam seu ciclo antes que o déficit se torne severo; retardo da desidratação, quando a planta economiza água reduzindo suas perdas através da transpiração, principalmente pelo fechamento estomático; tolerância à seca, quando a planta mantém seu metabolismo, mesmo com a redução do potencial hídrico através do acúmulo de solutos, proteínas e da capacidade antioxidante (TARDIEU, 2005).

As respostas das plantas à limitação hídrica podem variar de acordo a espécie, estado fenológico, cultivar, tempo de exposição, fatores edáficos, intensidade do déficit hídrico, entre outros. Desse modo a planta pode apresentar várias alterações morfológicas, fisiológicas, bioquímicas ou minerais (LISAR et al., 2012). Para o cafeeiro, pequenas reduções na disponibilidade de água podem diminuir substancialmente o crescimento da planta, ainda que sinais de murcha ou outros característicos do estresse hídrico não sejam observados. No entanto, quando a intensidade do déficit é muito elevada, o cafeeiro apresenta murcha, desfolha, secamento dos ramos, morte de raízes, deficiência nutricional, entre outros sinais (DAMATTA & RENA, 2002).

De acordo com Larcher (2006), todo processo vital é afetado pela falta de água prontamente disponível para as plantas. Inicialmente há perda de turgor celular, seguido da redução do crescimento, acrescido de limitações no metabolismo de aminoácidos e proteínas com reflexo na divisão celular. As alterações hormonais afetam o funcionamento estomático, reduz as trocas de

dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), antecipa o processo reprodutivo e acelera o início da senescência. Adicionalmente, baixos valores de potencial hídrico afetam negativamente o processo fotossintético, tanto por prejuízo causado ao transporte de elétrons e à fosforilação acíclica, como pelo fechamento dos estômatos.

Em resposta a essas alterações, para evitar a perda excessiva de água, ocorrem mudanças como o fechamento dos estômatos, frequentemente apontado como o indicador primário do déficit hídrico no cafeeiro (DAMATTA & RENA, 2002). Esse mecanismo é fundamental para ao cafeeiro, pois permite melhor assimilação em condições hídricas e nutricionais ideais e, em condições de deficiência hídrica, garante a sua sobrevivência. No entanto, a redução do fluxo de vapor e transpiração, a depender da intensidade e duração, se traduz em diminuição do crescimento, desenvolvimento e produção (MATIELLO & DANTAS, 1987).

Sob condição de déficit hídrico o cafeeiro reduz sua abertura estomática para diminuir as perdas de vapor de água, entretanto, essa estratégia passa a limitar a entrada de  $\text{CO}_2$  e conseqüentemente a taxa fotossintética (DAMATTA & RAMALHO, 2006). Considerando o interesse agrônômico no café, a queda na taxa de fotossíntese é indesejada, pois limita produção de biomassa, levando a diminuição da produção dos grãos. Portanto, neste contexto é importante considerar o quanto a planta consegue manter sua taxa fotossintética ao mesmo tempo em que diminui suas perdas evaporativas (NASCIMENTO, 2009).

Basicamente, os processos que fazem parte da atividade fotossintética podem ser classificados como difusivos, fotoquímicos e bioquímicos (SHARKEY, 1985). O primeiro diz respeito ao fluxo de  $\text{CO}_2$  entre a atmosfera e o mesófilo foliar, sendo regulado pela abertura estomática. Por outro lado, as reações fotoquímicas envolvem a absorção de energia radiante, oxidação da água e liberação de oxigênio ( $\text{O}_2$ ), com posterior produção de moléculas ricas em energia (Adenina trifosfato, *ATP*) e com poder redutor (nicotinamida adenina dinucleotídeo de pirina fosfato, *NADPH*). As moléculas de *ATP* e *NADPH* serão utilizadas nas reações bioquímicas que fixam o  $\text{CO}_2$ , onde a enzima ribulose-1,5-bifosfato carboxilase/oxigenase (Rubisco) tem papel fundamental (FARQUHAR & SHARKEY, 1982; WALKER, 1992). A influência do ambiente no metabolismo ocorrerá com a alteração em pelo menos um desses processos, podendo afetar a fotossíntese como um todo.

Várias características morfológicas, fisiológicas e bioquímicas possuem correlação, seja em maior ou menor grau, com os possíveis mecanismos da tolerância à seca em cafeeiro. Notadamente, o principal componente de adaptação à seca entre os cafés arábica e robusta parece ser comportamental, relacionados às taxas de uso de água e eficiência de extração de água do solo (MEINZER et al., 1990; DAMATTA & RAMALHO, 2006).

O crescimento e o desenvolvimento das plantas envolvem uma complexa relação entre parte aérea e sistema radicial. Kramer & Boyer (1995) atribuíram à parte aérea da planta o papel de contribuir como fonte primordial de todos os compostos orgânicos, e às raízes, a fonte primordial de todos os nutrientes e água, além de alguns reguladores de crescimentos indispensáveis ao desenvolvimento da planta, indicando uma íntima interdependência entre as parte aérea e o sistema radicial.

A razão da biomassa de raízes para a parte aérea parece ser governada por um balanço funcional entre a absorção de água pelas raízes e fotossíntese pela parte aérea. De modo que o crescimento da parte aérea será mantido até que a absorção de água pelas raízes torne-se limitante. Com a redução da expansão foliar, o consumo de carbono e energia é reduzido, e uma proporção maior de assimilados vegetais pode ser redistribuída para o sistema radicial (TAIZ & ZEIGER, 2009). À medida que o déficit vai se instalando, as raízes tendem a crescer em direção a maiores profundidades no solo em busca de água para atender as demandas fisiológicas da planta (DAMATTA & RAMALHO, 2006; NASCIMENTO, 2009). Plantas com esse comportamento tendem a manter os seus potenciais hídricos foliares elevados sob condições de déficit hídrico (SLAYTER, 1967), sendo considerada uma característica adaptativa para a sobrevivência da cultura (SAUSEN, 2007).

Quando exposto à condições adversas, o cafeeiro apresenta desempenho abaixo do seu potencial. Em condições de déficit hídrico, plantas com sistema radicular mais desenvolvido, e que apresentam maior capacidade de explorar o solo, conseguem melhores desempenhos (DAMATTA & RAMALHO, 2006). A influência do sistema radicular no desenvolvimento das plantas e tolerância a estresses ambientais tem sido verificadas utilizando a técnica da enxertia. Trata-se de uma técnica de propagação assexuada em que duas partes de tecido vegetal são colocadas em contato, de tal maneira que se unam através da

regeneração dos tecidos, e se desenvolvam, originando uma nova planta (SILVA, 2007).

A enxertia é uma técnica bastante difundida na cafeicultura, como forma de viabilizar seu cultivo em área sujeitas a limitações bióticas e abióticas (MIRANDA et al., 2011). Inicialmente essa técnica surgiu para viabilizar o cultivo em área infestadas por nematoides, pela substituição do sistema radicial de cultivares de *C. arabica* L. pelo sistema radicial de cultivares *C. canephora* (DIAS et al., 2009b), visando o aproveitamento do sistema radicial mais desenvolvido de *C. canephora* para a obtenção de alta produtividade, elevado vigor das plantas, maior tamanho de frutos, melhor qualidade da bebida e adaptação a áreas com baixa precipitação (TOMAZ et al., 2006).

A escolha do porta-enxerto é essencial para o sucesso da técnica. Afonsi et al. (2005) testaram diversas cultivares e concluíram que a cultivar Apoatã IAC 2258 possui características favoráveis que a habilitam para ser utilizada como porta-enxerto em *C. arabica*, sendo por isso a cultivar comumente utilizada quando se executa a técnica da enxertia em cafeeiros (DIAS et al., 2013; MIRANDA et al., 2011; DIAS et al., 2008).

Resultados divergentes têm sido verificados quanto à utilização da técnica na cafeicultura em condições isentas de nematóides. Fahl et al. (1998) observaram melhor desenvolvimento em altura das plantas e diâmetro de copa e maior absorção para alguns nutrientes em plantas enxertadas. Verificam-se também maiores taxas de trocas gasosas em plantas enxertadas em comparação a plantas pé franco (FAHL et al., 2001). No entanto, outros pesquisadores observaram maior diâmetro de caule, altura de plantas, área foliar e biomassa seca em plantas pé franco (TOMAZ et al., 2005; DIAS et al., 2008; DIAS et al., 2009a; PAIVA et al., 2012; DIAS et al., 2013). Diante desta contradição, Dias et al. (2008) sugerem a realização de novos estudos para melhor elucidar os efeitos da enxertia no desenvolvimento e no desempenho do cafeeiro. Adicionalmente, Tomaz et al. (2006) destacam a importância da condução de experimentos sob condições de limitação hídrica em sistemas sujeitos à seca. Em condições de déficit hídrico a interação entre porta-enxerto e copa pode se tornar mais significativa, o que pode influenciar no grau de tolerância à seca da cultivar copa (CARBONEAU et al., 1985; SOUZA et al., 2001). Neste sentido, o uso de mudas enxertadas pode ser mais vantajoso do que cultivares de alto potencial, as quais



necessitam de condições ambientais melhoradas para expressar seu rendimento (DAMATTA, 2004).

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AFONSI, E. L.; FAHL, J. I.; CARELLI, M. L. C.; FAZUOLI, L. C. Crescimento, fotossíntese e composição mineral em genótipos de *Coffea* com potencial para utilização como porta-enxerto. **Bragantia**, Campinas, v.64, n.1, p.1-13, 2005.

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO – Acessória de Gestão Estratégica. **Projeções do Agronegócio: Brasil 2012/2013 a 2022**. Brasília, 2013.

CARBONEAU, A. The early selection of grapevine rootstocks for resistance to drought conditions. **American Journal of Enology and Viticulture**, v.36, p.195-198, 1985.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Estudo de prospecção de mercado**. Brasília – DF, 2012. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira: café**. Brasília, v.1, n.3, 2014.

DAMATTA, F. M. Exploring drought tolerance in coffee: a physiological approach with some insights for plant breeding. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Viçosa, v.16, n.1, p.1-6. 2004.

DAMATTA, F. M.; RENA, A. B. **Relações hídricas do cafeeiro**. 2002. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, v.1, 2000, Poços de Caldas. Palestra. Brasília: Embrapa Café, 2002.

DAMATTA, F. M.; RAMALHO, J. D. C. Impacts of drought and temperature stress on coffee physiology and production: a review. **Brazilian Journal Plant Physiology**, Londrina, v.18, n.1, p.55-81, 2006.

DIAS, F. P.; CARVALHO, A. M.; MENDES, A. N. G.; VALLONE, H. S.; CARVALHO, G. R. Produção de cafeeiros *Coffea arabica* L. pés francos, auto-enxertados e enxertados em Aipoatã 2258. **Ciência & Agrotecnologia**, Lavras, v.33, n.2, p.484-487, 2009a.

DIAS, F. P.; CARVALHO, A. M.; MENDES, A. N. G.; VALLONE, H. S.; FERREIRA, A. D.; REZENDE, J. C. Desenvolvimento de mudas de cultivares de café arábica enxertadas sobre Aipoatã 2258. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.34, n.1, p.29-36, 2013.

DIAS, F. P.; MENDES, A. N. G.; VALLONE, H. S.; CARVALHO, A. M.; CARVALHO, S. P. Desenvolvimento de cafeeiro enxertado 'Aipoatã 2258' cultivados em recipientes de 250 litros. **Ciência & Agrotecnologia**, Lavras, v.32, n.2, p.385-390, 2008.

DIAS, F. P.; CASTRO, D. M.; MENDES, A. N. G.; VALLONE, H. S.; CARVALHO, A. M.; CARVALHO, G. R. Estudo anatômico de cafeeiros enxertados. **Ciência & Agrotecnologia**, Lavras, v.33, n.3, p.735-742, 2009b.

FAHL, J. I.; CARRELI, M. L. C.; GALLO, P. B.; COSTA, W. M.; NOVO, M. DOC. DES. S. Enxertia de *Coffea arabica* sobre progênies de *Coffea canephora* e de *C. congensis* no crescimento, nutrição mineral e produção. **Bragantia**, Campinas, v.57, n.2, p.297-312, 1998.

FAHL, J. I.; CARELLI, M. L. C.; MENEZES, H. C.; GALLO, P. B.; TRIVELIN, P. C. O. Gas exchange, growth, yield and beverage quality of *Coffea arabica* cultivars grafted on to *C. canephora* and *C. congensis*. **Experimental Agriculture**, Cambridge, v.37, n.2, p.241-252. 2001.

FARQUHAR, G. D.; SHARKEY, T. D. Stomatal conductance and photosynthesis. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, v.33, p.317-345, 1982.

KRAMER, P. J.; BOYER, J. S. Evolution and agriculture. In: KRAMER, P.J.; BOYER, J. S. **Water relations of plants and soils**. San Diego: Academic, 1995. p.377-404.

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal**. Tradução: Prado, C. H. B. A. São Carlos: Ed. Rima, 2006.

LISAR, S. Y. S.; MOTAFAKKERAZAD, R.; HOSSAIN M. M.; RAHMAN, I. M. M. **Water stress in plants: Causes, effects and responses, water stress**. InTech. 15p. 2012.

MATIELLO, J. B.; DANTAS, F. S. Desenvolvimento do cafeeiro e seu sistema radicular, com e sem irrigação, em Brejão, PE. In: Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, Campinas, SP. **Anais... MAA/PROCAFÉ**, 1987. p.165-166.

MEINZER, F. C.; GRANTZ, D. A.; GOLDSTEIN, G.; SALIENDRA, N. Z. Leaf water relations and maintenance of gas Exchange in coffee cultivars grown in drying soil. **Plant Physiology**, Rockville, v.94, n.4, p.1781-1787, 1990.

MIRANDA, W. L.; GUIMARÃES, R. J.; MAGALHÃES, P. B.; COLOMBO, A.; OLIVEIRA, P. M. Desenvolvimento vegetativo de plantas de café arábica enxertadas sobre café robusta e submetidas à reposição hídrica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.46, n.12, p.1618-1624, 2011.

NASCIMETNO, H. H. C. **Caracterização ecofisiológica de mudas de jatobá (*mymenaea courbaril* L.) submetidas a déficit hídrico**. 2009. 86p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais), Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife – PE, 2009.

NOGUEIRA, R. J. M. C.; MORAES, J. A. P. V.; BURITY, H. A. Alterações na resistência à difusão de vapor das folhas e relações hídricas em aceroleira submetidas a déficit de água. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Londrina, v.13, n.1, p.75-87, 2001.

PAIVA, R. F.; MENDES, A. N. G; CARVALHO, G. R.; REZENDE, J. C. Comportamento de cultivares de cafeeiros *C. arabica* L. enxertados sobre a cultivar 'Apoatã 2258' (*Coffea canephora*). **Ciência Rural**, Santa Maria, v.42, n.7, p.1155-1560, 2012.

SANT'ANNA, H. L. S. **Aspectos fisiológicos de variedades de citros submetidas à deficiência hídrica progressiva**. 2009. 84p. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias - Fitotecnia) - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas – BA, 2009.

SAUSEN, T. L. **Respostas fisiológicas de *Ricinus communis* à redução da disponibilidade hídrica no solo**. 2007. 87p. Dissertação (Mestrado Fisiologia Vegetal) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

SHARKEY, T. D. Photosynthesis in intact leaves of C3 plants: physics, physiology and rate limitations. **Botanical Review**, New York; v.51, n.1, p.53-105, 1985.

SILVA, V. A. **Caracterização fisiológica da tolerância à seca em *Coffea canephora*: contribuição relativa do sistema radicular e da parte aérea**. 2007. 57p. Tese (Doutorado em Fisiologia Vegetal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG, 2007.

SLAYTER, R. O. **Plant water relationships**. London. Academic Press. p.366. 1967.

SOUZA, F. F.; SANTOS, J. C. F.; COSTA, J. N. M.; SANTOS, M. M. **Características das principais variedades de café cultivadas em Rondônia**. Documentos 93 da Embrapa Rondônia. Porto Velho, Rondônia, 2003. 23p.

SOUZA, C. R.; SOARES, A. M.; REGINA, M. A. Trocas gasosas de mudas de videira, obtidas por dois porta-enxertos, submetidas à deficiência hídrica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, p.1221-1230, 2001.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

TARDIEU, F. Plant tolerance to water deficit: physical limits and possibilities for progress. **Comptes Rendus Geoscience**, Paris, v.337, n.1-2, p. 57-67, 2005.

TEMÓTEO, A. S. **Cultivares de café conilon (*Coffea canephora*) sob estresse salino-hídrico**. 2012. 120p. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) - Universidade Estadual Paulista “Júlio De Mesquita Filho”, Botucatu - SP, 2012.

TOMAZ, M. A.; SAKIYAMA, N. S.; DAMATTA, F. M.; MARTINEZ, H. E. P.; CRUZ, C. D.; PEREIRA, A. A. Efeito do porta-enxerto nas trocas gasosas, área e superfície de raiz de mudas de *Coffea arabica* L. **Revista Ceres**, Viçosa, v.53, n.306, p.237-242, 2006.

TOMAZ, M. A.; SAKIYAMA, N. S.; MARTINEZ, H. E. P.; CRUZ, C. D.; PEREIRA, A. A.; FREITAS, R. S de. Porta-enxertos afetando o desenvolvimento de mudas de *Coffea arabica* L.. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.35, n.3, p.570-2575, 2005.

TURNER, N. C. Adaptation to water deficits. A changing perspective. **Australian Journal of Plant Physiology**. Melbourne, v.13, n.1, p.175-190, 1986.

WALKER, D. A. Tansley Review n. 36 Excited Leaves. **New Phytologist**, Oxford, v.121, n.3, p.325-345, 1992.

# **CAPÍTULO 1**

## **EFEITO DO DÉFICIT HÍDRICO NA BIOMASSA DE PLANTAS DE CAFÉ PÉ FRANCO E ENXERTADAS<sup>1</sup>**

---

<sup>1</sup> Artigo a ser ajustado para submissão ao Comitê Técnico do periódico científico: Revista Irriga

## **EFEITO DO DÉFICIT HÍDRICO NA BIOMASSA DE PLANTAS DE CAFÉ PÉ FRANCO E ENXERTADAS**

Autor: Diego Queiroz de Sousa

Orientador: Prof. Dr. José Fernandes Melo Filho

**RESUMO:** Com o objetivo de avaliar os efeitos do déficit hídrico nos parâmetros de crescimento de plantas de cafeeiros Catuaí, pé franco e enxertadas, conduziu-se um experimento em casa de vegetação na área experimental da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB, em Cruz das Almas - BA, no período de agosto a setembro de 2014. Adotou-se o delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2 x 2, com seis repetições. Os tratamentos compreenderam dois tipos de plantas, Catuaí Vermelho IAC 144, pé franco e enxertada sobre o porta-enxerto Apatã IAC 2258, e dois regimes hídricos, com e sem irrigação. Aos 18 dias após a imposição dos tratamentos hídricos, avaliaram-se as seguintes variáveis: massa seca da parte aérea; massa seca de raiz; massa seca total; relação entre massa seca de raiz parte aérea; área foliar; relação entre massa seca de raiz área foliar; potencial hídrico foliar. Os resultados obtidos permitiram concluir que o déficit hídrico causou redução da biomassa na biomassa das plantas pé franco e enxertadas. No entanto, com a suspensão da irrigação foi observado valores mais elevados da massa seca de raiz e potencial hídrico foliar nas plantas enxertadas.

**Palavras-chave:** *Coffea arabica*, *Coffea canephora*, estresse hídrico, enxertia.

## **EFFECT OF WATER DEFICIT ON INITIAL GROWTH OF FOOT FRANCO COFFEE PLANTS AND GRAFTED**

Author: Diego Queiroz de Sousa

Adviser: Prof. Dr. José Fernandes Melo Filho

**ABSTRACT:** In order to assess the effects of drought on growth parameters of Catuaí coffee plants, frank and grafted foot, they conducted an experiment in a greenhouse at the experimental area of the Federal University of Bahia Reconcavo - UFRB in Cruz das Almas - BA, from August to September 2014. It was adopted a completely randomized design, factorial 2 x 2, with six replications. Treatments consisted of two types of plants, Catuaí Vermelho IAC 144, ungrafted and grafted in Apatã IAC 2258 rootstock, and two water regimes, with and without irrigation. 18 days after the imposition of water treatments, the following variables were evaluated: dry matter of shoot; root dry weight; total dry matter; relationship between dry matter root shoots; leaf area; relationship between dry weight of leaf area root; leaf water potential. The results showed that the drought caused a reduction of standing biomass and biomass blunt grafted. However, with withdrawal of irrigation was observed values higher dry matter of root and leaf water potential grafted plants.

**Key-words:** *Coffea arabica* L., *Coffea canephora* Pierre, water stress, grafting.



## INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor e exportador mundial de café e o estado da Bahia destaca-se como o quinto maior produtor nacional. Na safra de 2014 foram produzidas no Estado 2,3 milhões de sacas beneficiadas (CONAB, 2014). A produção brasileira poderia ser mais significativa caso as condições hídricas fossem mais favoráveis, visto o grande número de lavouras localizadas em regiões sujeitas a déficit hídrico e conduzidas em condição de sequeiro (DARDENGO et al., 2009).

Dentre os vários fatores limitantes da produção do cafeeiro o déficit hídrico ocupa posição de destaque, uma vez que, além de afetar as relações hídricas alterando o metabolismo, é um dos fenômenos mais frequentes e o fator que mais interfere no desenvolvimento e produção (DAMATTA & RAMALHO, 2006; NOGUEIRA et al., 2001).

Quando a demanda evaporativa é elevada, naturalmente as plantas experimentam certo nível de déficit hídrico, que ocorrendo em um período curto não provocará prejuízo às mesmas (DARDENGO et al., 2009). No cafeeiro, os efeitos do déficit hídrico no desenvolvimento e produção são proporcionais ao tempo e intensidade da restrição, refletindo em menor produção líquida (BRAGANÇA et al., 2005; DA MATTA & RAMALHO, 2006).

Pequenas reduções na disponibilidade de água podem diminuir substancialmente o crescimento do cafeeiro, ainda que sinais de murcha ou outros característicos do estresse hídrico não sejam observados (DAMATTA & RENA, 2002). Com a instalação do déficit hídrico, observa-se redução do crescimento, redução da área foliar, maior crescimento do sistema radicular, redução do turgor, valores mais negativos no potencial hídrico, murcha e enrolamento das folhas e fechamento estomático (XOCONOSTLE-CAZARES et al., 2010; BASTOS et al., 2011).

Em resposta ao déficit hídrico, plantas mais tolerantes direcionam maior percentual de fotoassimilados para as raízes (LARCHER, 2006; RONCHI & DAMATTA, 2007). O maior desenvolvimento do sistema radicial permite as plantas explorarem maior volume de solo, em extensão e principalmente em profundidade, conferindo às mesmas a capacidade de tolerar um maior período de déficit hídrico (COELHO FILHO et al., 2011).

Notadamente, o principal componente de adaptação à seca entre os cafés, arábica e robusta, parece ser comportamental, relacionado às taxas de uso de água e eficiência de extração de água no solo (MEINZER et al., 1990; DAMATTA & RAMALHO, 2006). Neste sentido, a técnica da enxertia tem sido difundida na cafeicultura como forma de viabilizar seu cultivo em áreas que apresentam limitações bióticas e abióticas ao bom desenvolvimento do sistema radicial (MIRANDA et al., 2011). Visto que o uso de porta-enxertos de *Coffea canephora* Pierre, pode contribuir para o aumento da tolerância ao déficit hídrico de copas de *C. arabica* L. (FAHL et al., 2001).

Dentre as cultivares utilizadas como porta-enxerto, destaca-se a Apoatã IAC 2258, por apresentar potencial satisfatório quando enxertada (AFONSI et al., 2005). Neste sentido, diversas pesquisas têm sido realizadas para testar o seu desempenho (FAHL et al., 1998; FAHL et al., 2001; DIAS et al., 2008; DIAS et al., 2009; SILVA et al., 2010; MIRANDA et al., 2011; DIAS et al., 2013), contudo, os resultados observados por estes pesquisadores são divergentes e, em sua grande maioria, foram conduzidos sem limitação hídrica. Tomaz et al. (2006), observaram a necessidade de conduzir pesquisas em que as condições hídricas fossem limitantes. Visto que, quando submetida ao déficit hídrico, a interação entre porta-enxerto e copa pode se tornar mais significativa, o que pode influenciar no grau de tolerância à seca da cultivar copa (SOUZA et al., 2001; CARBONEAU et al., 1985).

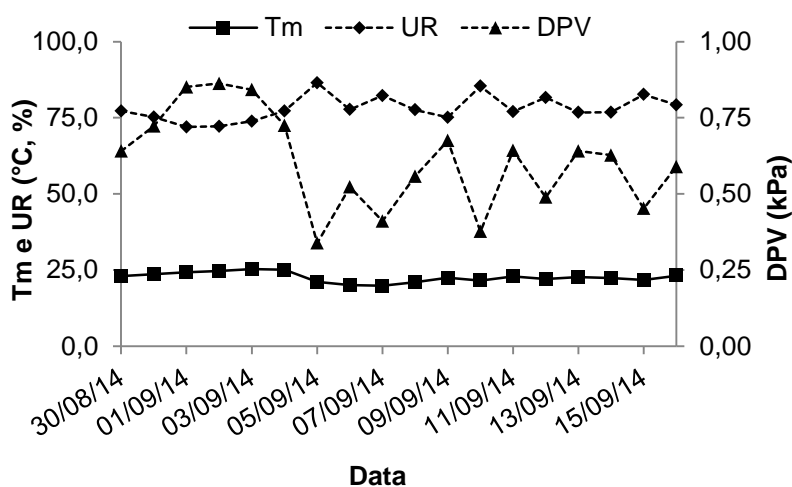
Deste modo, o objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos do déficit hídrico na biomassa de plantas de café arábica, pé franco e enxertadas sobre o porta-enxerto Apoatã.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação na área experimental da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB, em Cruz das Almas - BA, com coordenadas geográficas 12°39' S e 39°05' W e altitude de 220 m, no período de 30 de agosto a 16 de setembro de 2014. O clima da região é classificado como tropical quente e úmido (Aw a Am), com precipitação média anual de 1.297 mm, temperatura média anual de 23,6°C e umidade relativa do ar média de 81% (ALMEIDA, 1991).

A casa de vegetação utilizada foi do tipo arco com pé direito de 2,2 metros munida de cobertura plástica de espessura de 100 micras e laterais protegidas por malha com capacidade de reter 50% da luminosidade.

As condições ambientais no interior da casa de vegetação foram monitoradas com o auxílio um termohigrômetro programado para obter leituras a cada 30 minutos. O déficit de pressão de vapor d'água foi calculado conforme Vainello & Alves (1991). Cujos valores médios diários estão representados na Figura 1.

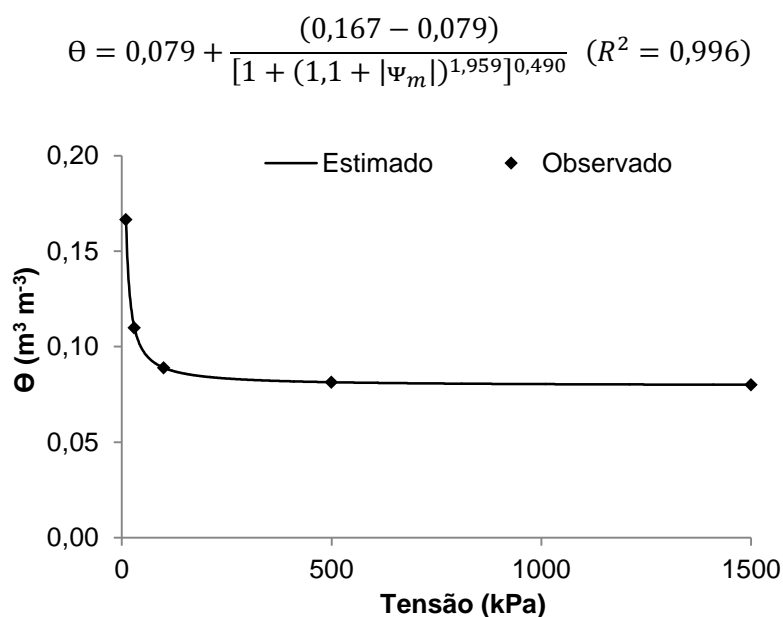


**Figura 1.** Valores médios de temperatura do ar (Tar), umidade relativa do ar (UR%) e déficit de pressão de vapor d'água (DVP) no interior da casa de vegetação no período experimental.

As mudas de café foram adquiridas na Cooperativa Agropecuária Mista de Adamantina - CAMDA, localizada do município de Adamantina – SP, produzidas em tubetes de 100 mL e comercializadas com idade entre cinco e seis meses. No

momento do transplântio as mudas apresentavam entre 0,15 e 0,20 m e cinco pares de folhas, as quais foram transplântadas em vasos de polietileno com diâmetro de 0,335 m e altura de 0,36 m e capacidade de 20,3 litros, perfurados e providos de um sistema de drenagem em sua parte inferior com uma camada de brita de espessura igual a 0,02 m sob uma manta de poliéster.

Para o preenchimento dos vasos utilizou-se material proveniente do horizonte A de um Latossolo Amarelo Distrófico com textura Franco arenosa, com  $760 \text{ g kg}^{-1}$  de areia total,  $60 \text{ g kg}^{-1}$  de silte,  $180 \text{ g kg}^{-1}$  de argila, densidade de  $1,55 \text{ kg dm}^{-3}$ , umidade correspondente a capacidade de campo  $0,167 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  equivalente a tensão de 10 kPa e a umidade correspondente ao ponto de murcha permanente de  $0,079 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  à tensão equivalente a 1.500 kPa, cuja curva característica de retenção de água na faixa correspondente à capacidade de campo e ponto de murcha permanente ajustada ao modelo de van Genuchten, encontra-se na figura 2.



**Figura 2.** Curva de retenção de água do substrato e modelo de van Genuchten ajustado para o solo utilizado no experimento.

A adubação foi realizada com base nos resultados da análise de fertilidade do solo (Tabela 1) e de acordo recomendações de Guimarães et al. (1999). Os

tratos culturais constituíram na aplicação preventiva de fungicida, inseticida e utilização da calagem para a elevação da saturação de bases do solo para 75%.

**Tabela 1.** Características químicas do material de solo utilizado como substrato para o cultivo das plantas durante o experimento

pH	P <sup>(1)</sup>	K <sup>+/1</sup>	Ca <sup>2+(2)</sup>	Mg <sup>2+(2)</sup>	Al <sup>3+(2)</sup>	SB	T	V
H <sub>2</sub> O	mg dm <sup>-3</sup>		cmol dm <sup>-3</sup>					%
5,2	6,0	0,08	0,8	1,0	0,2	1,9	4,1	46,0

(2) - Extrator Mehlich - 1; (2) - Extrator KCl 1mol L<sup>-1</sup>

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2 x 2, com seis repetições. Os tratamentos compreenderam plantas da cultivar Catuai Vermelho IAC 144, pé franco e enxertada sobre a cultivar Apatã IAC 2258 e dois regimes hídricos, com e sem irrigação.

O período de aclimação foi de 120 dias, intervalo entre o transplante e aplicação dos tratamentos hídricos. Após este período a umidade dos substratos foi monitorada na profundidade de 0,15 m, pela técnica de reflectometria no domínio do tempo (TDR), cujas leituras foram realizadas com sondas acopladas a um módulo eletrônico TDR 100 (Campbell Scientific). A relação entre a umidade volumétrica ( $\Theta$ ) e a constante dielétrica aparente ( $K_a$ ) foi ajustada conforme o seguinte modelo (equação 1).

$$\Theta = 2 \times 10^{-5} K_a^3 - 0,001022 K_a^2 + 0,0275 K_a - 0,127708, R^2 = 0,98 \quad (1)$$

De posse dos valores de umidade presente nos vasos no momento da leitura e daquelas correspondentes à capacidade de campo e ainda, considerando, o volume de solo presente no vaso, calculou-se o volume de água necessário para reposição para as plantas irrigadas, conforme equação. 2.

$$VLI = (\Theta_{cc} - \Theta_{atual}) \times V_{solo} \quad (2)$$

em que:

VLI – volume líquido de irrigação, L vaso<sup>-1</sup>;

$\Theta_{cc}$  - umidade volumétrica do solo na capacidade de pote, m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup>;

$\Theta_{atual}$  - umidade volumétrica atual do solo, m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup>;

$V_{\text{solo}}$  - volume de solo presente no vaso,  $\text{m}^3$ .

O encerramento do experimento foi determinado pela presença de murcha das folhas em todas as plantas de um dos tratamentos não irrigado independente da condição do outro tratamento do mesmo regime hídrico. Neste momento determinou-se o potencial hídrico foliar ( $\Psi_{\text{am}}$ ), utilizando-se uma câmara de pressão (Soil moisture Equipamet, Model 3005. California, USA), seguindo a técnica descrita por Schoulander et al. (1965) em folhas totalmente expandidas e madura localizada no terço médio nas plantas.

A biomassa das plantas foi quantificada através da massa seca da parte aérea (MSPA), massa seca de raiz (MSR), massa seca total (MST) e relação entre a massa seca de raiz parte aérea (R/PA), obtidas após a colheita e separação e secagem em estufa de circulação forçada de ar à temperatura de 65 °C até atingir massa constante.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância ao nível de significância de 5%. Os parâmetros influenciados pelo tipo de planta e pelos regimes hídricos e os seus desdobramentos foram comparados pelo teste F, e as médias de umidade do substrato foram comparada pelo teste Tukey, ao nível de significância de 5%. As análises foram realizadas com o uso aplicativo computacional Sisvar (FERREIRA, 2011).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verificou-se efeito significativo do fator tipo de planta sobre a massa seca de parte aérea (MSPA), massa seca total (MST) e área foliar (AF) (Tabela 2). A MSPA e MST também foram influenciadas pelo regime hídrico. Efeito substancial da interação entre os fatores tipo de planta e regime hídrico foi verificado nos parâmetros massa seca de raiz (MSR), relação da massa seca de raiz parte aérea (R/PA) e potencial hídrico foliar ( $\Psi_{\text{am}}$ ).

Comparando-se os valores da MSPA e MST entre os tipos de plantas verifica-se média de 17,43% e 16,62% superiores nas plantas pé franco em relação as plantas enxertadas. No que diz respeito aos efeitos do déficit hídrico sobre estes mesmos parâmetros, verifica-se que a suspensão da irrigação

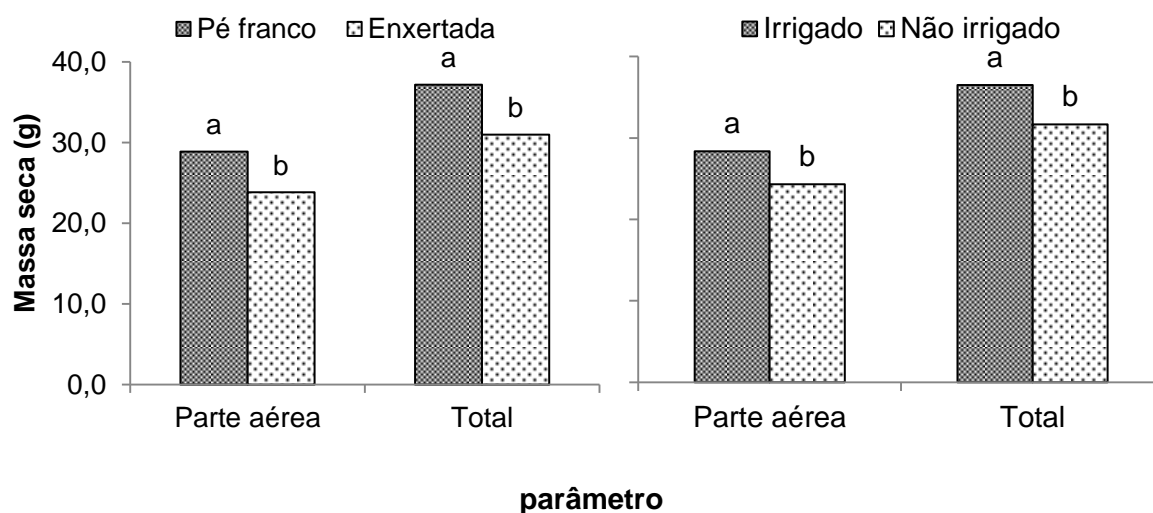
provocou a redução de 14,42% da MSPA e 13,30% MST (Figura 3). Resultados semelhantes também foram verificados por Oliveira et al. (2004).

**Tabela 2.** Síntese da análise de variância para atributos de crescimento inicial e potencial hídrico em plantas de café Catuai pé franco e enxertadas sobre Apoatã, sob dois regimes hídricos

Variável	Quadrado Médio				CV (%)
	FV		P x RH	Resíduo	
	Tipo de plantas (P)	Regime hídrico (RH)			
GL	1	1	1	20	-
MSPA	152,0067**	98,8204**	15,6493	11,6818	12,97
MSR	7,9005	3,8640	11,5232*	2,5563	20,64
MST	229,2162**	141,7662*	54,0300	22,4360	13,89
R/PA	0,0011	0,0024	0,0096*	0,0016	13,86
$\Psi_{am}$	575,2604**	1433,7604**	555,8437**	28,3437	62,79

**BSPA** - biomassa seca da parte aérea; **BSR** - biomassa seca de raiz; **BST** - biomassa seca total; **BR/PA** - relação biomassa seca de raiz parte aérea; **AF** - área foliar; **BR/AF** - biomassa seca de raiz área foliar;  $\Psi_{am}$  - potencial hídrico foliar

\*\* e \* - significativo pelo teste F a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente.



**Figura 3.** Massa seca de parte aérea e massa seca total de plantas de café pé franco e enxertadas (a) e plantas de café irrigadas e não irrigadas (b).

Inferindo-se sobre os efeitos da suspensão da irrigação na BSR, verificou-se diferença significativa nos dois tipos de plantas, porém contrastantes. Para as

plantas pé franco o déficit hídrico resultou em redução de 23,35% (Tabela 3). Contrariamente, observou-se para plantas enxertadas acréscimo significativo de 8,57%. Desta forma, a diferença significativa deste parâmetro entre as plantas irrigadas não foi mantida com a suspensão da irrigação. Estes resultados parecem indicar que quando submetidas ao déficit hídrico, plantas enxertadas podem direcionar, de forma mais efetiva, parte de seus metabólicos para o melhor desenvolvimento do seu sistema radicial, na tentativa de explorar melhor volume de solo (SAUSEN, 2007; NASCIMENTO, 2009). Esse mecanismo é influenciado pelo controle hormonal da planta, no qual o ácido abscísico exerce papel primordial (TAIZ & ZEIGER, 2009).

Quando se compara a relação entre biomassa seca de raiz parte aérea, observa-se diferença significativa apenas quando as plantas foram submetidas ao déficit hídrico, verificando-se médias superiores em 17,86% nas plantas enxertadas (Tabela 4). As plantas pé franco não tiveram este parâmetro influenciado pela suspensão da irrigação. Contrariamente, nas plantas enxertadas foi observado o acréscimo de 6,67% para este parâmetro. Esta relação exerce importante papel na manutenção das relações hídricas das plantas. Desde que a condutividade hidráulica não limite o transporte da água para a parte aérea, quanto maior esta relação, maior será a capacidade do sistema radicial em transportar água para a copa da planta em dias de elevada demanda atmosférica e, em condições de sequeiro, maior será a capacidade de tolerar os períodos de déficit (COELHO FILHO et al., 2011).

**Tabela 3.** Massa seca de raízes (BSR) e relação massa seca raiz parte aérea (Br/Pa) em plantas de café Catuaí pé franco e enxertadas sobre Apoatã, sob dois regimes hídricos

Planta	MSR		R/PA	
	Irrigado	Não irrigado	Irrigado	Não irrigado
	g			
<b>Pé franco</b>	9,42Aa	7,23Ba	0,30Aa	0,28Ab
<b>Enxertada</b>	6,88Bb	7,47Aa	0,27Ba	0,33Aa

Médias seguidas de letras iguais, maiúsculas na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste F ( $p < 0,05$ ).



Os valores de  $\psi_{am}$  observados nas plantas pé-franco e enxertadas, quando irrigadas não diferiram significativamente. No entanto, essa variável foi estatisticamente diferente quando observada para as plantas sob déficit hídrico. Ao final do experimento, após 18 dias da suspensão da irrigação nas plantas pé-franco, o  $\psi_{am}$  foi de -2,59 MPa, enquanto nas plantas enxertadas, o valor médio observado foi de -0,65 MPa (Tabela 4).

**Tabela 4.** Potencial hídrico foliar ao amanhecer ( $\psi_{am}$ ) em plantas de café Catuaí pé franco e enxertadas sobre Apoatã, sob dois regimes hídricos

Planta	$\psi_{am}$	
	Irrigado	Não irrigado
	MPa	
<b>Pé franco</b>	-0,06aA	-2,59bB
<b>Enxertada</b>	-0,06aA	-0,45aA

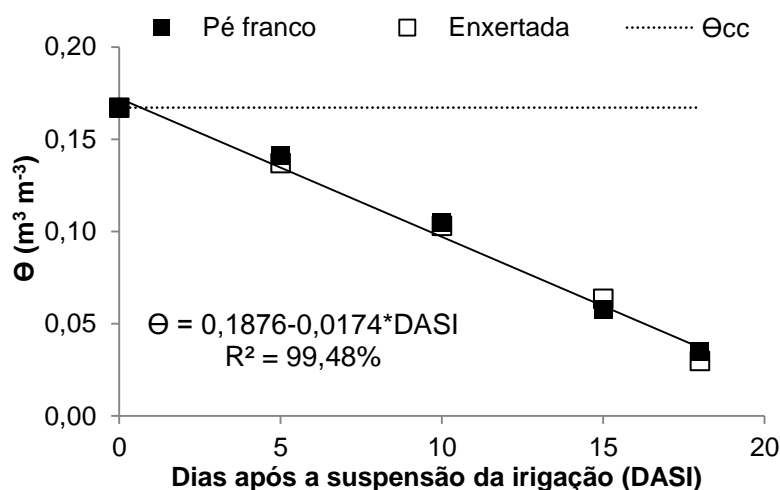
Médias seguidas de letras iguais, maiúsculas na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste F ( $p < 0,05$ ).

De acordo Silva et al. (2010), a enxertia de materiais sensíveis à seca em porta-enxertos tolerantes contribui para o aumento da tolerância à seca. Esses mesmos autores verificaram que materiais sensíveis quando enxertados sobre tolerantes atingiram  $\psi_{am}$  de -3,0 MPa 25 dias após a imposição do déficit hídrico, tempo bem superior (18 dias) àquele demandado pelo material sensível.

O menor declínio do  $\psi_{am}$  observado nas plantas enxertadas sob déficit hídrico, parece estar associado a presença do sistema radicial do Apoatã. Conforme apresentado, nas plantas enxertadas foi verificada maior MSR e R/PA (Tabela 3). Adicionalmente, conforme observaram Afonsi et al. (2005), a cultivar Apoatã possui maior quantidade de raízes secundária, em relação a Catuaí Vermelho IAC 144, nas camadas de 0,1 a 0,2 m e 0,5 a 0,6 m de profundidade. Possibilitando assim às plantas enxertadas a manutenção de potenciais hídricos mais elevados em função de sua maior eficiência em explorar o perfil do solo.

É importante registrar que durante a condução do estudo a umidade do solo foi rigorosamente monitorada e os resultados obtidos indicaram que não houve diferença no conteúdo de água disponível às plantas pé franco e enxertadas no regime hídrico não irrigado (Figura 4). Outro registro importante refere-se ao

período de restrição, considerando-se que o cafeeiro apresenta sensibilidade à falta de água quando sua disponibilidade alcança valores inferiores a 50% da capacidade campo (FIGUEIREDO, 2010). Pode-se também afirmar que as plantas passaram 12 dias sob esta condição. Nesta condição as plantas pé franco apresentaram murcha das folhas enquanto as plantas enxertadas mantiveram suas folhas com turgidez semelhantes às plantas irrigadas (Figura 5a e 5b).



**Figura 4.** Variação de armazenamento de água no substrato de café plantas pé franco e enxertadas não irrigados.



**PF-I:** pé franco irrigado; **PF-NI:** pé franco não irrigado; **ENX-I:** enxertada irrigada; **ENX-NI:** enxertada não irrigada.

**Figura 5.** Plantas de café Catuai, pé franco e enxertadas, sob dois regimes hídricos (a) e sob déficit hídrico(b).

Conforme verificado por outros autores (DIAS et al., 2013; DIAS et al., 2008) quando a disponibilidade de água não é fator limitante, plantas pé franco

apresentam melhor desenvolvimento em relação a plantas enxertadas. Embora os resultados obtidos neste estudo não tenham indicado o melhor comportamento das plantas enxertadas após a suspensão da irrigação em relação às plantas pé franco, cabe salientar que foi aplicado um único evento de restrição hídrica e que a condução de ensaios com um número maior de eventos ou mesmo pela aplicação de outras metodologias possam indicar resultados diferentes dos indicados neste estudo. Outra importante observação refere-se às condições de cultivos, visto que as plantas foram mantidas em vasos e que nesta condição, geralmente, antecipam suas respostas ao déficit hídrico, por não terem tempo suficiente para manifestar em totalidade seus mecanismos de tolerância à seca (PIMENTEL, 2004).

## CONCLUSÃO

O déficit hídrico causou redução da biomassa na biomassa das plantas pé franco e enxertadas. No entanto, com a suspensão da irrigação foi observado valores mais elevados da massa seca de raiz e potencial hídrico nas plantas enxertadas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AFONSI, E. L.; FAHL, J. I.; CARELLI, M. L. C.; FAZUOLI, L. C. Crescimento, fotossíntese e composição mineral em genótipos de *Coffea* com potencial para utilização como porta-enxerto. **Bragantia**, Campinas, v. 64, n. 1, p. 1-13, 2005.

ALMEIDA, O. A. **Balanço hídrico dos “tabuleiros” da região de Cruz das Almas**. Cruz das Almas: EMBRAPA - CNPMF, 1991. 3p. (EMBRAPA – CNPMF. Comunicado Técnico, 18).

BASTOS, E. A.; NASCIMENTO, S. P.; SILVA, E. M.; FREIRE FILHO, F. R.; GOMIDE, R. L. Identification of cowpea genotypes for drought tolerance. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.42, n.1, p.100-107, 2011.

BRAGANÇA, S. M. **Crescimento e acúmulo de nutrientes pelo cafeeiro conilon (*Coffea canephora* Pierre)**. 2005. 99 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2005.

CARBONEAU, A. The early selection of grapevine rootstocks for resistance to drought conditions. **American Journal of Enology and Viticulture**, v.36, p.195-198, 1985.

COELHO FILHO, M. A.; BASSOI, L. H.; ANGELOCCI, L. R.; COELHO, E. F.; PEREIRA, F. A. C. Relação solo-planta-atmosfera. In: SOUZA, V. F.; MAROUELLI, W. A.; COELHO, E. F.; PINTO, J. M.; COELHO FILHO, M. A. **Irrigação e fertirrigação em frutíferas e hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2011. p.27-90.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Estudo de prospecção de mercado**. Brasília – DF, 2012. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira: café**. Brasília, v.1, n.3, 2014.

DAMATTA, F. M.; RAMALHO, J. D. C. Impacts of drought and temperature stress on coffee physiology and production: a review. **Brazilian Journal Plant Physiology**, Londrina, v.18, n.1, p.55-81, 2006.

DAMATTA, F. M.; RENA, A. B. **Relações hídricas do cafeeiro**. 2002. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, v.1, 2000, Poços de Caldas. Palestra. Brasília: Embrapa Café, 2002.

DARDENGO, M. C. J.; REIS, E. F.; PASSOS, R. R. Influência da disponibilidade hídrica no crescimento inicial do cafeeiro conilon. **Bioscience Journal**. Uberlândia, MG, v.25, n.6, p.1-14, 2009.

DIAS, F. P.; CARVALHO, A. M.; MENDES, A. N. G.; VALLONE, H. S.; CARVALHO, G. R. Produção de cafeeiros *Coffea arabica* L. pés francos, auto-

enxertados e enxertados em Apoatã 2258. **Ciência & Agrotecnologia**, Lavras, v.33, n.2, p.484-487, 2009.

DIAS, F. P.; CARVALHO, A. M.; MENDES, A. N. G.; VALLONE, H. S.; FERREIRA, A. D.; REZENDE, J. C. Desenvolvimento de mudas de cultivares de café arábica enxertadas sobre Apoatã 2258. Semina: **Ciências agrárias**, Londrina, v. 34, n. 1, p. 29-36, 2013.

DIAS, F. P.; MENDES, A. N. G.; VALLONE, H. S.; CARVALHO, A. M.; CARVALHO, S. P. Desenvolvimento de cafeeiro enxertado 'Apoatã 2258' cultivados em recipientes de 250 litros. **Ciência & Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 2, p. 385-390, 2008.

FAHL, J. I.; CARRELI, M. L. C.; GALLO, P. B.; COSTA, W. M.; NOVO, M. DOC. DES. S. Enxertia de *Coffea arabica* sobre progênies de *Coffea canephora* e de *C. congensis* no crescimento, nutrição mineral e produção. **Bragantia**, Campinas, v.57, n.2, p.297-312, 1998.

FAHL, J. I.; CARELLI, M. L. C.; MENEZES, H. C.; GALLO, P. B.; TRIVELIN, P. C. O. Gas exchange, growth, yield and beverage quality of *Coffea arabica* cultivars grafted on to *C. canephora* and *C. congensis*. **Experimental Agriculture**, Cambridge, v. 37, p. 241-252, 2001.

FERREIRA, D. F. Sisvar: A computer statistical analysis system. **Ciência & Agrotecnologia**, Lavras, v.35, n.6, p.1039-1042, 2011.

FIGUEIREDO, W. S. C. **Evapotranspiração e efeito do déficit hídrico na floração do cafeeiro arábica**. 2010. 108 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010.

GUIMARÃES, P. T. G.; GARCIA, A. W. R.; ALVEREZ VENEGAS, V. H.; PREZOTTI, L. C.; VIANA, A. S.; MIGUEL, A. E.; MALAVOLTA, E.; CORRÊA, J. B.; LOPES, A. S.; NOGUEIRA, F. D.; MONTEIRO, A. V. C. Cafeeiro. In: Ribeiro, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ VENEGAS, V. H. (Ed). **Recomendações**

**para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação.** Viçosa: CFSEMG. 1999. p. 289-302.

LARCHER, W. **Ecofisiologia Vegetal.** Tradução: Prado, C. H. B. A. São Carlos: Ed. Rima, 2006.

MEINZER, F. C.; GRANTZ, D. A.; GOLDSTEIN, G.; SALIENDRA, N. Z. Leaf water relations and maintenance of gas Exchange in coffee cultivars grown in drying soil. **Plant Physiology**, Rockville, v.94, n.4, p.1781-1787, 1990.

MIRANDA, W. L.; GUIMARÃES, R. J.; MAGALHÃES, P. B.; COLOMBO, A.; OLIVEIRA, P. M. Desenvolvimento vegetativo de plantas de café arábica enxertadas sobre café robusta e submetidas à reposição hídrica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.46, n.12, p.1618-1624, 2011.

NASCIMETNO, H. H. C. **Caracterização ecofisiológica de mudas de jatobá (*Mimnaea courbaril* L.) submetidas a déficit hídrico.** 2009. 86 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais), Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife – PE, 2009.

NOGUEIRA, R. J. M. C.; MORAES, J. A. P. V.; BURITY, H. A. Alterações na resistência à difusão de vapor das folhas e relações hídricas em aceroleira submetidas a déficit de água. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Londrina, v.13, n.1, p.75-87, 2001.

OLIVEIRA, A. L.; GUIMARÃES, R. J.; SOUZA, C. A. S.; CARVALHO, J. A.; MENDES, A. N. G.; GUIMARÃES, R. S. Desenvolvimento de cafeeiros (*Coffea arabica* L.) enxertados submetidos à diferentes níveis de reposição de água. **Ciência & Agrotecnologia**, Lavras, v 28, n.6, p.1291-1298, 2004.

PIMENTEL, C. **A relação da planta com a água.** Seropédica, Rio de Janeiro. EDUR. 2004.

RONCHI, C. P.; DAMATTA, F. M. Aspectos fisiológicos do Café Conilon. In: FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A. **Café Conilon**. Vitória, ES: Incaper, 2007, p. 95-119.

SAUSEN, T. L. **Respostas fisiológicas de *Ricinus communis* à redução da disponibilidade hídrica no solo**. 2007. 87 f. Dissertação (Mestrado Fisiologia Vegetal)- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

SCHOLANDER, P. F.; HAMMEL, H. T.; BRADSTREET, E. D.;HEMMINGEN, A. E. Sap pressure in vascular plants. **Science**, Washington, v.148, n.3668, p.339-346, 1965.

SILVA, V. A.; ANTUNES, W. C.; GUIMARÃES, B. L. S.; PAIVA, R. M. C.; SILVA, V. F.; FERRÃO, M. A. G.; DA MATTA, F. M.; LOUREIRO, M. E. 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, 2010.

SOUZA, C. R.; SOARES, A. M.; REGINA, M. A. Trocas gasosas de mudas de videira, obtidas por dois porta-enxertos, submetidas à deficiência hídrica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, n.10, p.1221-1230, 2001.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

TOMAZ, M. A.; SAKIYAMA, N. S.; DA MATTA, F. M.; MARTINEZ, H. E. P.; CRUZ, C. D.; PEREIRA, A. A. Efeito do porta-enxerto nas trocas gasosas, área e superfície de raiz de mudas de *Coffea arabica* L. **Revista Ceres**, Viçosa, v.53, n.306, p.237-242, 2006.

VIANELLO, R. L.; ALVES, A. R. **Meteorologia Básicas e Aplicações**. Viçosa, MG: Imprensa Universitária, 433 – 434p. 1991.

XOCONOSTLE-CAZARES, B.; RAMIREZ-ORTEGA, F. A.; FLORES-ELENES, L.; RUIZ-MEDRANO, R. Drought tolerance in crop plants. **American Journal of Plant Physiology**, Amsterdam, v.5, n.5, p.241-256, 2010.



## **CAPÍTULO 2**

### **TROCAS GASOSAS EM PLANTAS DE CAFÉ PÉ FRANCO E ENXERTADAS SUBMETIDAS A DÉFICIT HÍDRICO<sup>2</sup>**

---

<sup>2</sup> Artigo a ser ajustado para submissão ao Comitê Técnico do periódico científico: Revista de Engenharia agrícola e Ambiental.

## TROCAS GASOSAS EM PLANTAS DE CAFÉ PÉ FRANCO E ENXERTADAS, SUBMETIDAS A DÉFICIT HÍDRICO

Autor: Diego Queiroz de Sousa

Orientador: Prof. Dr. José Fernandes Melo Filho

**RESUMO:** Objetivou-se com o presente trabalho estudar os efeitos do déficit hídrico sobre as trocas gasosas de plantas de cafeeiro pé franco e enxertado. O experimento foi conduzido em casa de vegetação entre agosto e setembro de 2014, nas instalações da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB, em Cruz das Almas - BA, em que plantas provenientes de mudas da cultivar Catuaí Vermelho IAC 144, pé franco e enxertadas sobre o porta-enxerto Aipoatã IAC 2258, foram mantidas em condições hídricas contrastante, irrigadas e não irrigadas e aos 0, 5, 10, 15 e 18 dias após a imposição dos tratamentos hídricos foram monitoradas as trocas gasosas e o potencial hídrico foliar das plantas. Concluiu-se que o déficit hídrico causou redução das trocas gasosas tanto em plantas pé franco quanto enxertadas, entretanto, além da manutenção de valores de potencial hídrico foliar mais elevados as plantas enxertadas apresentaram maiores taxas de assimilação de CO<sub>2</sub> e eficiência de carboxilação.

**Palavras-chave:** *Coffea arabica* L., *Coffea canephora* Pierre, estresse hídrico, enxertia, transpiração.

# **GAS EXCHANGE IN COFFEE CATUAÍ FOOT AND FRANCO GRAFTED SUBMITTED TO WATER DEFICIT**

Author: Diego Queiroz de Sousa

Adviser: Prof. Dr. José Fernandes Melo Filho

**ABSTRACT:** The objective of this work was to study the effects of water stress on gas exchange in plants of coffee ungrafted and grafted. The experiment was conducted in a greenhouse from August to September 2014, in Federal University of Bahia Recôncavo, in Cruz das Almas - BA, in which plants from seedlings of the cultivar Catuaí Vermelho IAC 144, frank and foot grafted onto rootstocks Apoatã IAC 2258, they were kept in contrasting water conditions, irrigated and rainfed and 0, 5, 10, 15 and 18 days after the introduction of water treatments were monitored gas exchange and leaf water potential of plants. It was concluded that drought caused reduction of gas exchange, both outspoken foot as grafted plants, however, beyond the maintenance of water potential the grafted plants leaf higher values had higher CO<sub>2</sub> assimilation rates and carboxylation efficiency.

**Keywords:** *Coffea arabica* L., *Coffea canephora* Pierre, water stress, grafting, transpiration

## INTRODUÇÃO

O Brasil é maior o produtor e exportador mundial de café, estima-se que na safra 2014, foram colhidas mais de 45,14 milhões de sacas beneficiadas (CONAB, 2014). Apesar do destaque na produção, existe um grande contraste na produtividade das lavouras do longo do território nacional. Neste sentido, dentre os vários fatores limitantes da produção do cafeeiro, o déficit hídrico ocupa posição de destaque, uma vez que além de afetar as relações hídricas, alterando o metabolismo das plantas, é um dos fenômenos mais frequentes e o fator que mais interfere no desenvolvimento e produção agrícola (NOGUEIRA et al., 2001; DAMATTA & RAMALHO, 2006).

Os efeitos do déficit hídrico sobre as plantas podem variar de acordo a espécie, estado fenológico, cultivar, tempo de exposição, fatores edáficos, intensidade do déficit hídrico, entre outros. De modo que a planta pode apresentar várias alterações morfológicas, fisiológicas, bioquímicas ou minerais (LARCHER, 2006; LISAR et al., 2012).

No cafeeiro, os efeitos do déficit hídrico no desenvolvimento e produção são proporcionais ao tempo e intensidade da restrição (DAMATTA & RAMALHO, 2006). Quando o déficit hídrico ocorre em períodos curtos não provoca prejuízos significativos à planta cafeeira (DARDENGO, 2009). No entanto, quando a intensidade do déficit é muito elevada, o cafeeiro apresenta murcha, desfolha, secamento dos ramos, morte de raízes, deficiência nutricional, entre outros sinais (DAMATTA & RENA, 2002), resultando em menor produção líquida (DAMATTA & RAMALHO, 2006).

Em resposta a essas alterações, para evitar a perda excessiva de água, ocorrem mudanças como o fechamento dos estômatos, frequentemente apontado como o indicador primário do déficit hídrico no cafeeiro (DAMATTA & RENA, 2002). Esse mecanismo é fundamental ao cafeeiro, pois permite melhor assimilação de CO<sub>2</sub> em condições hídricas e nutricionais ideais e, em condições hídrica limitantes, garante a sua sobrevivência. Entretanto, essa estratégia passa

a limitar a entrada de CO<sub>2</sub> e conseqüentemente a taxa fotossintética (TAIZ & ZEIGER, 2009). Considerando o interesse agrônômico, quedas na taxa de fotossíntese são indesejáveis, pois limitam a produção de biomassa, levando a diminuição da produção dos grãos (MATIELLO & DANTAS, 1987). Neste contexto, é importante considerar o quanto a planta consegue manter suas taxas fotossintéticas ao mesmo tempo em que diminui suas perdas evaporativas de água (NASCIMENTO, 2009).

Quando cultivado em condições hídricas adversas o cafeeiro apresenta desempenho abaixo do seu potencial (PINHEIRO et al., 2005; DAMATTA & RAMALHO, 2006). Contudo, em condições de déficit hídrico, plantas com sistema radicular mais desenvolvido, e que apresentam maior capacidade de explorar o solo, conseguem melhores desempenhos. Segundo Da Matta & Ramalho (2006), os principais mecanismos de tolerância diferencial das plantas à seca são governados pela eficiência na extração da água do solo e pelas taxas de uso de água. Neste sentido, a enxertia tem sido difundida na cafeicultura, como forma de viabilizar seu cultivo em área sujeitas a limitações bióticas e abióticas (MIRANDA et al., 2011). Trata-se de uma técnica de propagação assexuada em que duas partes de tecido vegetal são colocadas em contato, de tal maneira que se unam através da regeneração dos tecidos, e se desenvolva, originando uma nova planta (SILVA, 2007).

A escolha do porta-enxerto é essencial para o sucesso da enxertia. Afonsi et al. (2005), testaram diversas cultivares e concluíram que a cultivar Apatã IAC 2258 possui características favoráveis que a habilitam para ser utilizada como porta-enxerto em *Coffea arabica* L.. Diversas pesquisas têm sido realizadas para testar o seu desempenho como porta-enxerto (FAHL et al., 1998; FAHL et al., 2001; DIAS et al., 2008; DIAS et al., 2009ab; SILVA et al., 2010; MIRANDA et al., 2011; DIAS et al., 2013), contudo, os resultados observados por estes pesquisadores são divergentes e, em sua grande maioria, foram conduzidos sem limitação hídrica. Tomaz et al. (2006), observaram a necessidade de conduzir pesquisas em que as condições hídricas fossem limitantes. Visto que, quando submetida ao déficit hídrico, a interação entre porta-enxerto e copa pode se tornar mais significativa, o que pode influenciar no grau de tolerância à seca da cultivar copa (CARBONEAU et al., 1985; SOUZA et al., 2001).

Diante do exposto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar os efeitos do déficit hídrico sobre as trocas gasosas de plantas de cafeeiro pé franco e enxertadas.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação na área experimental da Universidade Federal do Recôncavo da Bahia - UFRB, em Cruz das Almas - BA, com coordenadas geográficas 12°39' S e 39°05' W e altitude de 220 m, no período de 30 de agosto a 16 de setembro de 2014. O clima da região é classificado como tropical quente e úmido (Aw a Am), com precipitação média anual de 1.297 mm, temperatura média anual de 23,6°C e umidade relativa do ar média de 81% (ALMEIDA, 1991).

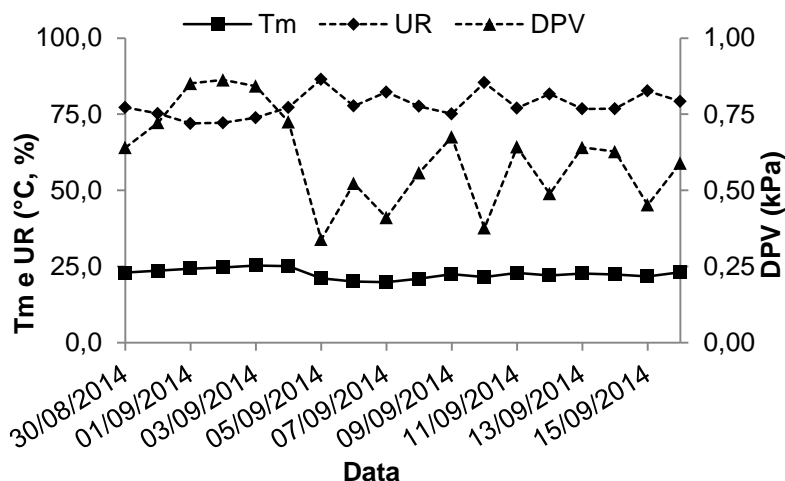
A casa de vegetação utilizada foi do tipo arco com pé direito de 2,2 metros munida de cobertura plástica de espessura de 100 micras e laterais protegidas por malha com capacidade de reter 50% da luminosidade.

As condições ambientais no interior da casa de vegetação foram monitoradas com o auxílio um termohigrômetro programado para obter leituras a cada 30 minutos. O déficit de pressão de vapor d'água foi calculado conforme Vainello & Alves (1991). Cujos valores referentes aos horários das avaliações e médios diários estão representados na Tabela 1 e Figura 1, respectivamente.

**Tabela 1.** Condições ambientais no interior da casa de vegetação entre 07:30 e 10:30 hs

Variável	Dias após imposição a suspensão da irrigação				
	1	5	10	15	18
	Médias				
Temperatura - °C	24,12	26,57	23,25	23,21	24,77
UR - %	74,71	66,79	69,12	78,80	73,75
DPV - kPa	0,815	1,189	0,925	0,655	0,83

UR - umidade relativa do ar; DPV - déficit de pressão de vapor d'água.

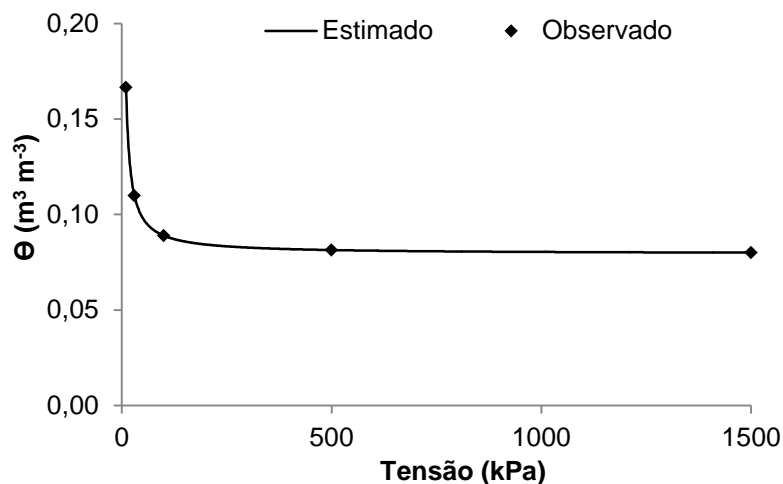


**Figura 1.** Valores médios de temperatura do ar (Tar), umidade relativa do ar (UR%) e déficit de pressão de vapor d'água (DVP) no interior da casa de vegetação no período experimental.

As mudas de café foram adquiridas na Cooperativa Agropecuária Mista de Adamantina - CAMDA, localizada do município de Adamantina – SP, produzidas em tubetes de 100 mL e comercializadas com idade entre cinco e seis meses. No momento do transplântio as mudas apresentavam entre 0,15 e 0,20 m e cinco pares de folhas, as quais foram transplantadas em vasos de polietileno com diâmetro de 0,335 m e altura de 0,36 m e capacidade de 20,3 litros, perfurados e providos de um sistema de drenagem em sua parte inferior com uma camada de brita de espessura igual a 0,02 m sob uma manta de poliéster.

Para o preenchimento dos vasos utilizou-se material proveniente do horizonte A de um Latossolo Amarelo Distrófico com textura Franco arenosa, com  $760 \text{ g kg}^{-1}$  de areia total,  $60 \text{ g kg}^{-1}$  de silte,  $180 \text{ g kg}^{-1}$  de argila, densidade de  $1,55 \text{ kg dm}^{-3}$ , umidade correspondente a capacidade de campo  $0,167 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  equivalente a tensão de 10 kPa e a umidade correspondente ao ponto de murcha permanente de  $0,079 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$  à tensão equivalente a 1.500 kPa, cuja curva característica de retenção de água na faixa correspondente à capacidade de campo e ponto de murcha permanente ajustada ao modelo de van Genuchten, encontra-se na figura 2.

$$\theta = 0,079 + \frac{(0,167 - 0,079)}{[1 + (1,1 + |\Psi_m|)^{1,959}]^{0,490}} \quad (R^2 = 0,996)$$



**Figura 2.** Curva de retenção de água do substrato e modelo de van Genuchten ajustado para o solo utilizado no experimento.

A adubação foi realizada com base nos resultados da análise de fertilidade do solo (Tabela 1) e de acordo recomendações de Guimarães et al. (1999). Os tratos culturais constituíram na aplicação preventiva de fungicida, inseticida e utilização da calagem para a elevação da saturação de bases do solo para 75%.

**Tabela 2.** Características químicas do solo utilizado como substrato para o cultivo das plantas durante o experimento

pH	P <sup>(1)</sup>	K <sup>+/1</sup>	Ca <sup>2+(2)</sup>	Mg <sup>2+(2)</sup>	Al <sup>3+(2)</sup>	SB	T	V
H <sub>2</sub> O	mg dm <sup>-3</sup>			cmol dm <sup>-3</sup>				%
5,2	6,0	0,08	0,8	1,0	0,2	1,9	4,1	46,0

(2) - Extrator Mehlich - 1; (2) - Extrator KCl 1mol L<sup>-1</sup>

O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados e os tratamentos incluíram dois tipos de plantas, pé franco da cultivar Catuai Vermelho IAC 144 e enxertada sobre a cultivar Apatã IAC 2258 e dois regimes hídricos, com e sem irrigação, compreendendo um esquema fatorial 2 x 2 e seis repetições, avaliadas aos 0, 5, 10, 15 e 18 dias após a imposição dos tratamentos hídricos.

O período de aclimação foi de 120 dias, intervalo entre o transplante a a aplicação dos tratamentos hídricos as plantas tiveram o substrato mantido com a



umidade próxima da capacidade de campo. A umidade do substrato foi monitorada à 0,15 m de profundidade através de sondas, pela técnica de reflectometria no domínio do tempo (TDR), cujas leituras foram realizadas em módulo eletrônico TDR 100 (Campbell Scientific). A relação entre a umidade volumétrica ( $\Theta$ ) e a constante dielétrica aparente ( $K_a$ ) foi ajustada conforme o seguinte modelo (equação 1).

$$\Theta = 2 \times 10^{-5} K_a^3 - 0,001022 K_a^2 + 0,0275 K_a - 0,127708, R^2 = 0,98 \quad (1)$$

De posse dos valores de umidade presente nos vasos no momento da leitura e daquelas correspondentes à capacidade de campo, calculou-se o volume de água necessário para reposição para as plantas irrigadas, conforme equação 2.

$$VLI = (\Theta_{cc} - \Theta_{atual}) \times V_{solo} \quad (2)$$

em que:

VLI – volume líquido de irrigação, L vaso<sup>-1</sup>;

$\Theta_{cc}$  - umidade volumétrica do solo na capacidade de pote, m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup>;

$\Theta_{atual}$  - umidade volumétrica atual do solo, m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup>;

$V_{solo}$  - volume de solo presente no vaso, m<sup>3</sup>.

O encerramento do experimento foi determinado pela presença de murcha das folhas em todas as plantas de um dos tratamentos não irrigado independente da condição do outro tratamento do mesmo regime hídrico.

O potencial hídrico foliar na antemã foi determinado entre a 5:00 e 6:00h, em folhas totalmente expandidas localizadas no terço médio da planta utilizando uma câmara de pressão (Soil moisture Equipamet, Model 3005. California, USA) conforme metodologia descrita por Scholander et al., (1965).

As avaliações das trocas gasosas foram realizadas em folhas totalmente expandidas e sadias localizadas no terço médio das plantas com o auxílio de um analisador infravermelho de gases portátil (LICOR 6400, LI-COR, USA) entre as 7:30 e 10:30h, com luz saturante artificial de 1.100  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  e concentração de CO<sub>2</sub> ambiente através das seguintes variáveis fisiológicas: concentração interna de CO<sub>2</sub> ( $C_i$ ), condutância estomática ( $g_s$ ), transpiração ( $E$ ) e assimilação de CO<sub>2</sub>

(A). Calculou-se a eficiência intrínseca de uso de água ( $EiUA$ ), através da razão entre  $A$  e  $g_s$  e eficiência instantânea de carboxilação, através da razão entre  $A$  e  $C_i$ . Os valores médios foram calculados a partir de três leituras por planta por observação, cujos valores foram obtidos após ser verificada a diminuição da dispersão entre os valores estimados pelo equipamento.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (anava) ao nível de significância de 5%. As variáveis influenciadas pelo tipo de planta e pelos regimes hídricos foram comparadas pelo teste F, e quando influenciadas pela época de avaliação foram comparadas pelo teste Tukey. Os dados de umidade do substrato foram submetidos anava e estudo de regressão. As análises foram realizadas com o uso aplicativo computacional Sisvar (Ferreira 2011).

## RESULTADO E DISCUSSÃO

Não foram observadas diferenças significativas nos parâmetros avaliados até o 5º dia após a aplicação dos tratamentos hídricos (Tabelas 3 e 4). Aos 10 dias após a suspensão da irrigação foi observado efeito significativo do fator regime hídrico sobre potencial hídrico foliar (Tabela 5). Nas avaliações seguintes, aos 15 e 18 dias, este parâmetro foi influenciado substancialmente pela interação entre os fatores estudados (Tabelas 6 e 7).

No que se refere as trocas gasosas, diferenças significativas foram observadas a partir do 15º dias após a suspensão da irrigação, quando foi verificado efeito da interação entre os fatores tipo de planta e regime hídrico sobre eficiência de carboxilação ( $A/C_i$ ), e influência significativa do fator tipo de planta sobre a assimilação interna de  $CO_2$  ( $A$ ) e do regime hídrico sobre os parâmetros  $A$ , transpiração ( $E$ ), condutância estomática ( $g_s$ ), concentração interna de  $CO_2$  ( $C_i$ ) e eficiência instantânea de uso de água ( $EiUA$ ) (Tabela 6). A exceção da  $A$ , influenciada pela interação entre os fatores estudados e  $E$ , afetada pelo tipo de planta, os resultados observados no 18º dia após a aplicação dos tratamentos hídrico são iguais àqueles indicados aos 15 dias (Tabela 7).

A manutenção do suprimento de água nas plantas não irrigadas foi mantida até o 10º dias após a suspensão da irrigação. A partir do 15º dia, com o avanço progressivo do esgotamento de água no solo, foi observada a redução substancial

**Tabela 3.** Síntese da análise de variância para os parâmetro de trocas gasosas e potencial hídrico em plantas de café Catuai pé franco e enxertadas sobre Apatã no início da aplicação dos tratamentos hídricos

FV	Quadrado médio							
	GL	$\psi_{am}$	<i>Ci</i>	<i>A</i>	<i>E</i>	<i>gs</i>	<i>EiUA</i>	<i>A/Ci</i>
<b>Bloco</b>	2	-	5099,828**	9,536	0,611	0,043	216,859	6,00E-06
<b>Tipo de planta (P)</b>	1	-	168,010	0,119	0,021	0,01	182,66	7,70E-09
<b>Regime hídrico (RH)</b>	1	-	742,594	9,542	0,480	0,058	444,837	6,60E-05
<b>P x RH</b>	1	-	559,057	5,270	0,014	0,016	54,948	2,10E-05
<b>Resíduo</b>	18	-	434,078	16,527	0,390	0,035	133,897	1,48E-04
<b>CV (%)</b>		-	6,13	33,96	31,35	50,58	30,77	34,56
<b>Média geral</b>		-	339,8	11,97	1,99	0,37	37,61	0,03

**CV** – coeficiente de variação; **GL** – grau de liberdade;  **$\psi_{am}$**  – potencial hídrico foliar; ***E*** – transpiração; ***gs*** – condutância estomática; ***EiUA*** – eficiência intrínseca de uso de água; ***A/Ci*** – eficiência instantânea de carboxilação

\*\* e \* - significativo pelo teste F a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente.

**Tabela 4.** Síntese da análise de variância para os parâmetro de trocas gasosas e potencial hídrico em plantas de café Catuai pé franco e enxertadas sobre Apoatã 5 dias após a aplicação dos tratamentos hídricos

FV	Quadrado médio							
	GL	$\psi_{am}$	$Ci$	$A$	$E$	$gs$	EiUA	$A/Ci$
<b>Bloco</b>	2	0,021	1290,536**	6,761	1,323**	0,011	229,109	1,25E-04
<b>Tipo de planta (P)</b>	1	0,013	59,640	1,247	0,009	0,024	233,884	5,00E-06
<b>Regime hídrico (RH)</b>	1	0,023	38,760	1,143	0,932*	0,014	175,14	1,40E-05
<b>P x RH</b>	1	0,005	26,390	4,515	0,001	0,007	102,495	4,80E-05
<b>Resíduo</b>		0,007	457,165	4,106	0,177	0,010	87,843	3,20E-05
<b>CV (%)</b>		14,39	6,41	17,19	16,25	26,76	28,01	15,97
<b>Média geral</b>		0,57	333,53	11,78	2,59	0,38	33,46	0,03

**CV** – coeficiente de variação; **GL** – grau de liberdade;  $\psi_{am}$  – potencial hídrico foliar; **E** – transpiração; **gs** – condutância estomática; **EiUA** – eficiência intrínseca de uso de água; **A/Ci** – eficiência instantânea de carboxilação

\*\* e \* - significativo pelo teste F a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente.

**Tabela 5.** Síntese da análise de variância para os parâmetro de trocas gasosas e potencial hídrico em plantas de café Catuai pé franco e enxertadas sobre Apoatã 10 dias após a aplicação dos tratamentos hídricos

FV	Quadrado médio							
	GL	$\psi_{am}$	$Ci$	$A$	$E$	$gs$	EiUA	$A/Ci$
<b>Bloco</b>	2	0,031	4081,977**	24,856	0,985*	0,068	776,746	2,92E-4*
<b>Tipo de planta (P)</b>	1	0,094	2,0417	8,457	0,301	3,38E-04	66,923	8,30E-05
<b>Regime hídrico (RH)</b>	1	3,010*	603,338	5,691	9,10E-05	0,002	72,886	7,10E-05
<b>P x RH</b>	1	0,010	179,671	0,342	0,042	3,38E-04	204,782	6,41E-08
<b>Resíduo</b>	18	0,193	407,987	8,615	0,254	0,035	257,177	7,00E-05
<b>CV (%)</b>		22,69	6,11	31,68	37,9	70,37	35,81	29,75
<b>Média geral</b>		1,94	330,76	9,26	1,33	0,26	44,78	0,03

**CV** – coeficiente de variação; **GL** – grau de liberdade;  $\psi_{am}$  – potencial hídrico foliar; **E** – transpiração; **gs** – condutância estomática; **EiUA** – eficiência intrínseca de uso de água; **A/Ci** – eficiência instantânea de carboxilação

\*\* e \* - significativo pelo teste F a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente.

**Tabela 6.** Síntese da análise de variância para os parâmetro de trocas gasosas e potencial hídrico em plantas de café Catuai pé franco e enxertadas sobre Apoatã 15 dias após a aplicação dos tratamentos hídricos

FV	Quadrado médio							
	GL	$\Psi_{am}$	$Ci$	$A$	$E$	$gs$	EiUA	$A/Ci$
<b>Bloco</b>	2	7,073	3816,680**	7,623	0,125	0,062**	1114,199*	3,00E-06
<b>Tipo de planta (P)</b>	1	20,167	88,167	28,886*	0,932	0,020	208,906	3,1E-04*
<b>Regime hídrico (RH)</b>	1	77,042**	5704,166**	33,299*	1,413*	0,115**	2255,446**	1,26E-04
<b>P x RH</b>	1	22,042*	13,500	17,791	0,706	0,015	61,257	2,26E-4*
<b>Resíduo</b>	18	4,691	286,171	4,305	0,247	0,009	117,902	5,10E-05
<b>CV (%)</b>		70,24	5,78	19,54	20,56	39,4	20,7	19,74
<b>Média geral</b>		3,08	292,92	10,62	2,42	0,24	52,46	0,04

**CV** – coeficiente de variação; **GL** – grau de liberdade;  $\Psi_{am}$  – potencial hídrico foliar; **E** – transpiração; **gs** – condutância estomática; **EiUA** – eficiência intrínseca de uso de água; **A/Ci** – eficiência instantânea de carboxilação

\*\* e \* - significativo pelo teste F a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente.

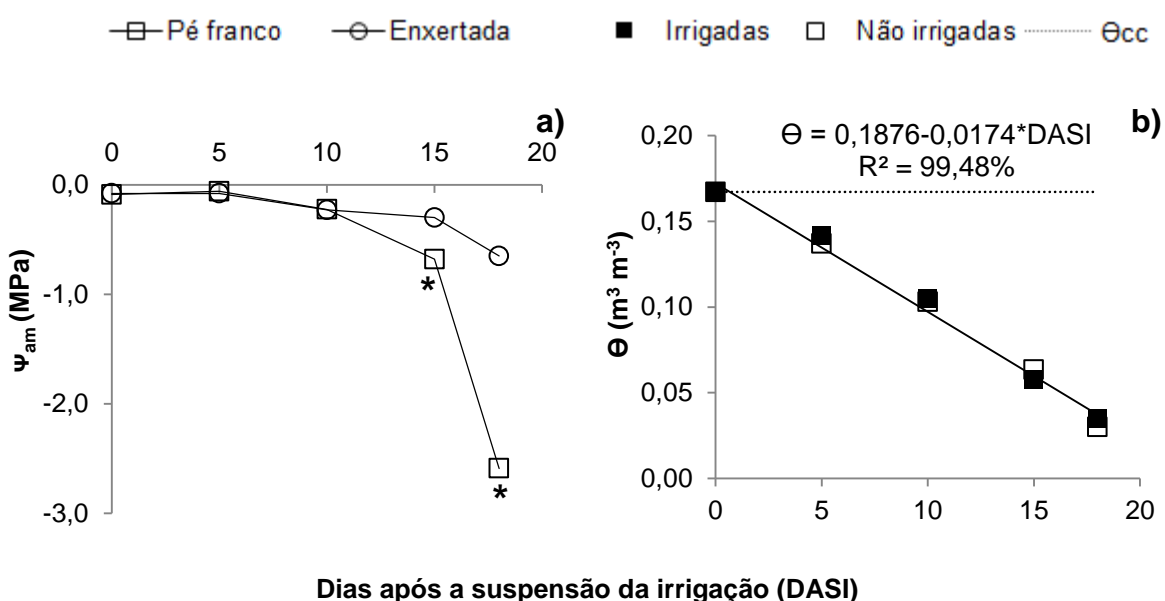
**Tabela 7.** Síntese da análise de variância para os parâmetro de trocas gasosas e potencial hídrico em plantas de café Catuai pé franco e enxertadas sobre Apoatã 18 dias após a aplicação dos tratamentos hídricos

FV	Quadrado médio							
	GL	$\psi_{am}$	$Ci$	$A$	$E$	$gs$	EiUA	$A/Ci$
<b>Bloco</b>	2	47,573	8778,869*	0,871	0,771	0,043	293,301	7,60E-05
<b>Tipo de planta (P)</b>	1	575,260**	2,344	37,060*	1,389*	0,074	45,952	3,10E-04
<b>Regime hídrico (RH)</b>	1	1433,760**	16898,195*	241,152**	10,123**	0,747**	7184,678*	1,19E-3**
<b>P x RH</b>	1	555,844**	768,779	33,002*	0,546	0,016	806,521	4,31E-4*
<b>Resíduo</b>		26,207	2405,971	4,921	0,256	0,047	243,563	7,90E-05
<b>CV (%)</b>		60,37	16,05	25,48	32,77	85,45	29,24	30,80
<b>Média geral</b>		8,48	305,62	8,71	1,54	0,26	53,37	0,03

**CV** – coeficiente de variação; **GL** – grau de liberdade;  $\psi_{am}$  – potencial hídrico foliar;  **$Ci$**  - concentração interna de CO<sub>2</sub>;  **$A$**  – assimilação interna de CO<sub>2</sub>;  **$E$**  – transpiração;  **$gs$**  – condutância estomática; **EiUA** – eficiência intrínseca de uso de água;  **$A/Ci$**  – eficiência instantânea de carboxilação

\*\* e \* - significativo pelo teste F a 1% e 5% de probabilidade, respectivamente.

do potencial hídrico foliar nas plantas pé franco, cujos valores foram -0,68 e -2,59 MPa aos 15 e 18 após a aplicação dos tratamentos hídricos, respectivamente (Figura 3a). Neste mesmo período, embora tenha sido observada determinada tendência à diminuição nos valores de potencial hídrico foliar das plantas enxertadas, não foi verificada diferença significativa entre plantas irrigadas e não irrigadas. Concomitante, foi monitorado o conteúdo de água no solo, verificando-se umidade volumétrica de 0,0603 e 0,0378  $\text{m}^3 \text{m}^{-3}$ , aos 15 e 18 dias, respectivamente, podendo-se afirmar que nestes períodos a tensão de água no solo foi inferior a 1.500 kPa ( $0,079 \text{m}^3 \text{m}^{-3}$ ) (Figura 3b).



\* Diferença significativa pelo teste F ( $p < 0,05$ )

**Figura 3.** Potencial hídrico foliar em plantas de café, pé franco e enxertado, submetido a déficit hídrico (a) e conteúdo de água no substrato de planta de café pé franco e enxertadas (b).

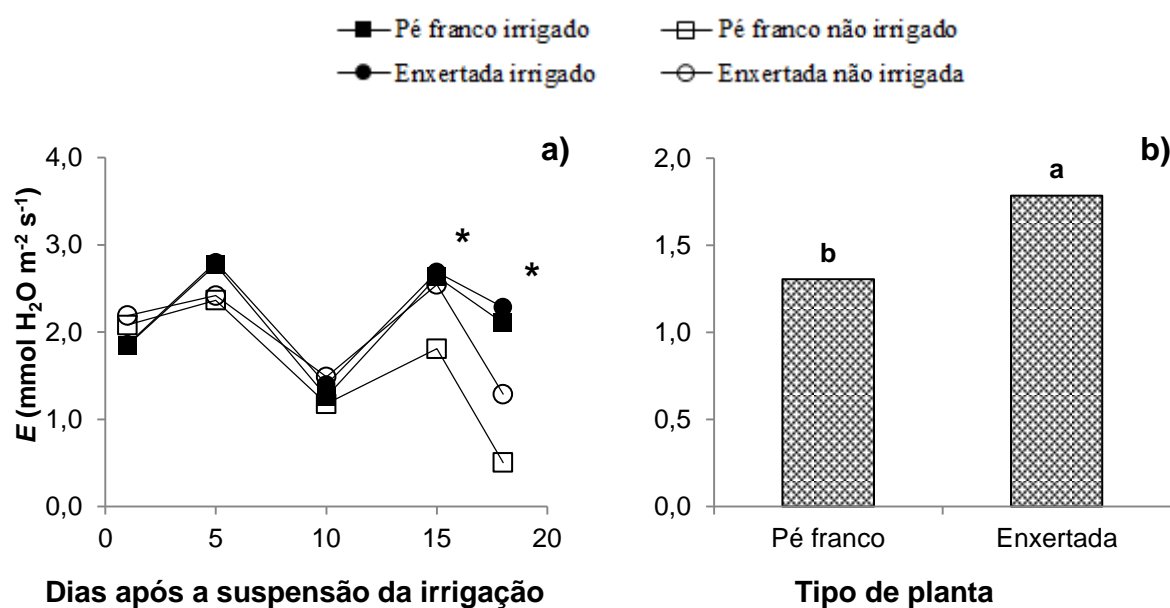
A manutenção do potencial hídrico foliar mais elevado nas plantas enxertadas pode estar relacionado às características do porta-enxerto. Em condições hídricas semelhantes, Fahl et al. (2001), observaram que o uso do porta-enxerto Apoatã IAC 2258 proporcionou o aumento na eficiência na absorção de água em café arábica. Adicionalmente, Afonsi et al. (2005), observaram maior presença de raízes secundárias nas camadas de 0,1 a 0,2 m na cultivar Apoatã



em relação a cultivares Catuaí, podendo-se atribuir a esta condição o melhor desempenho planta enxertada.

De acordo Silva et al. (2010), a enxertia de materiais sensíveis à seca em porta-enxertos tolerantes pode contribuir para o aumento da tolerância à seca. Esses mesmos autores verificaram que materiais sensíveis quando enxertados sobre o tolerante atingiram  $\psi_{am}$  de -3,0 MPa 25 dias após a imposição do déficit hídrico, tempo bem superior (18 dias) àquele demandado pelo material sensível.

Com a instalação da condição de déficit hídrico, embora os valores de potencial hídrico observados nas plantas enxertadas fossem superiores em relação as plantas pé franco, ambos os tipos de planta sofreram reduções substanciais nas suas taxas transpiratórias a partir do 15º dias após a suspensão da irrigação (Figura 4a).



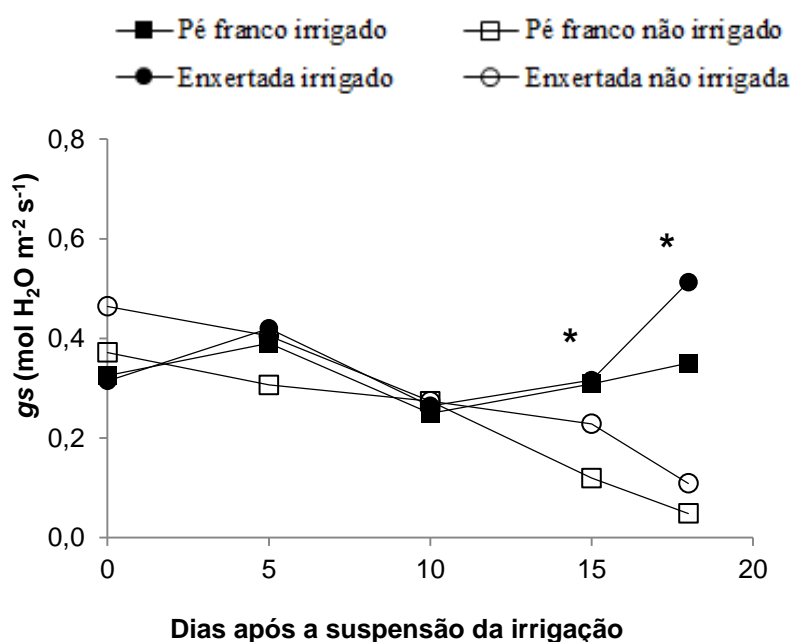
- Diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre os regimes hídricos (\*):
- Média seguida da mesma letra não diferem entre si ao nível de significância de 5%

**Figura 4.** Transpiração ( $E$ ) em plantas de café, pé franco e enxertadas, sob dois regimes hídricos (a) e aos 18 dias após a suspensão da irrigação (b).

Os resultados observados neste estudo diverjam daqueles apresentados por Fahl et al. (2001), os quais estudando o comportamento de plantas Catuaí, pé franco e enxertadas sobre Apoatã, cultivadas em condições de campo e expostas ao déficit hídrico observaram maiores taxas de transpiração em plantas enxertadas. No entanto, na avaliação realizada aos 18 dias após a aplicação dos

tratamentos as taxas transpiratórias foram 36,92% superiores nas plantas enxertadas (Figura 4b). Embora não significativos para a interação dos fatores estudados, os valores obtidos nas plantas enxertadas não irrigadas contribuíram para este resultado.

Inferindo-se sobre as diferenças na transpiração, comparou-se o comportamento da condutância estomática, verificando-se redução substancial a partir do 15 dias após a suspensão da irrigação nos dois tipos de planta (Figura 5). Nas plantas pé franco o fechamento estomático pode estar relacionado à desidratação das células-guarda, em função da redução da umidade do solo, conforme indicaram (DAMATTA & RENA, 2002; MAGALHÃES FILHO et al., 2008), enquanto que nas plantas pé franco esse mecanismo parece indicar o melhor controle estomático, visto que os valores de potencial hídrico observados não atingiram valores tido na literatura como críticos (DAMATTA & RENA, 2002).



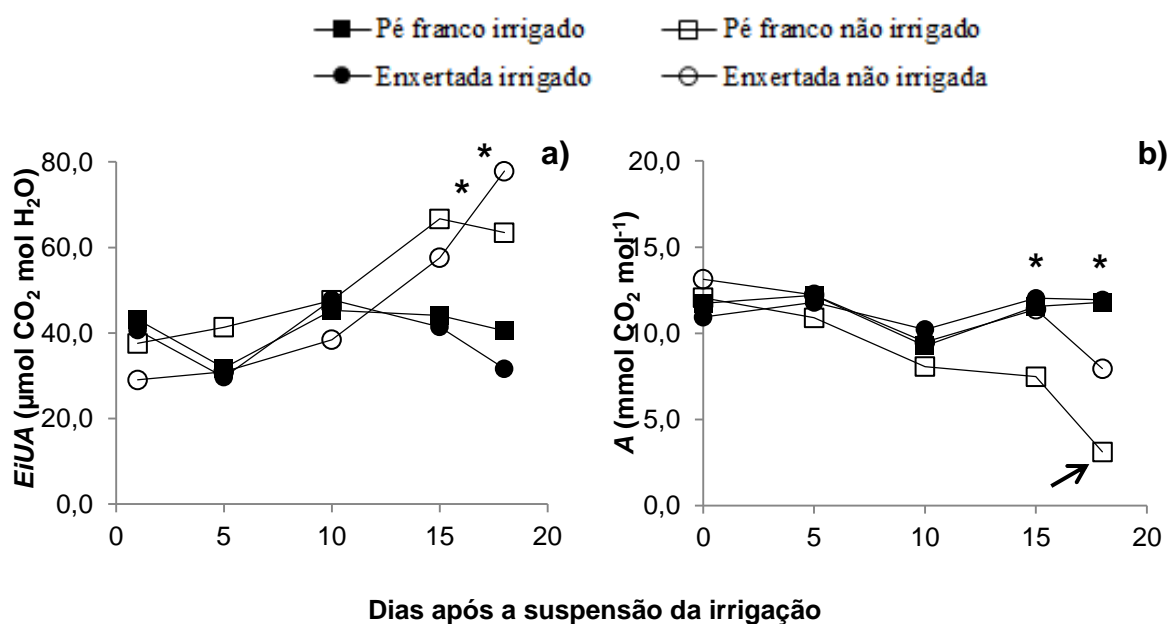
Diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre os regimes hídricos (\*)

**Figura 5.** Condutância estomáticas ( $g_s$ ) em plantas de café, pé franco e enxertadas, sob dois regimes hídricos.

No cafeeiro, o fechamento dos estômatos diminui as perdas de água por meio da restrição das taxas transpiratórias, no entanto, esse mecanismo também ocasiona diminuições na assimilação de  $CO_2$  (DAMATTA & RENA, 2002). Neste sentido, quantificou-se o efeito do déficit hídrico sobre a razão entre a assimilação

de  $\text{CO}_2$  e a condutância estomática, através da eficiência intrínseca de uso de água ( $EiUA$ ), constatando-se diferenças significativas a partir do 15º após a suspensão da irrigação para os dois tipos de planta (Figura 6a). Embora não tenha sido detectada qualquer diferença neste parâmetro entre as plantas no regime não irrigado, destaca-se que aos 15 dias após a suspensão da irrigação os valores da assimilação interna de  $\text{CO}_2$  diferiram entre regimes, com superioridade para as plantas irrigadas, também foi observada diferença neste mesmo período para o tipo de planta, com médias superiores para as plantas enxertadas (Figura 6b).

Embora neste estudo não tenha sido observado qualquer interferência sobre estes parâmetros, os resultados de assimilação de  $\text{CO}_2$  e condutância estomática apresentados por verificou-se no estudo de Silva et al. (2010) que o uso de porta enxerto tolerante em material sensível à seca possibilitou incremento substancial na  $EiUA$  da cultivar copa. Segundo Lauteri et al. (1997) este parâmetro tem implicação direta no grau de tolerância das plantas em relação ao déficit hídrico.



Diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre os regimes hídricos (\*) e entre o tipo de plantas pé franco e enxertadas no regime não irrigada (seta)

**Figura 6.** Transpiração ( $E$ ) e condutância estomáticas ( $gs$ ) em plantas de café, pé franco e enxertadas, sob dois regimes hídricos.

Ainda sobre a assimilação interna de  $\text{CO}_2$ , aos 18 dias após a aplicação dos tratamentos, no que se refere ao efeito do regime hídrico, verificou-se que os

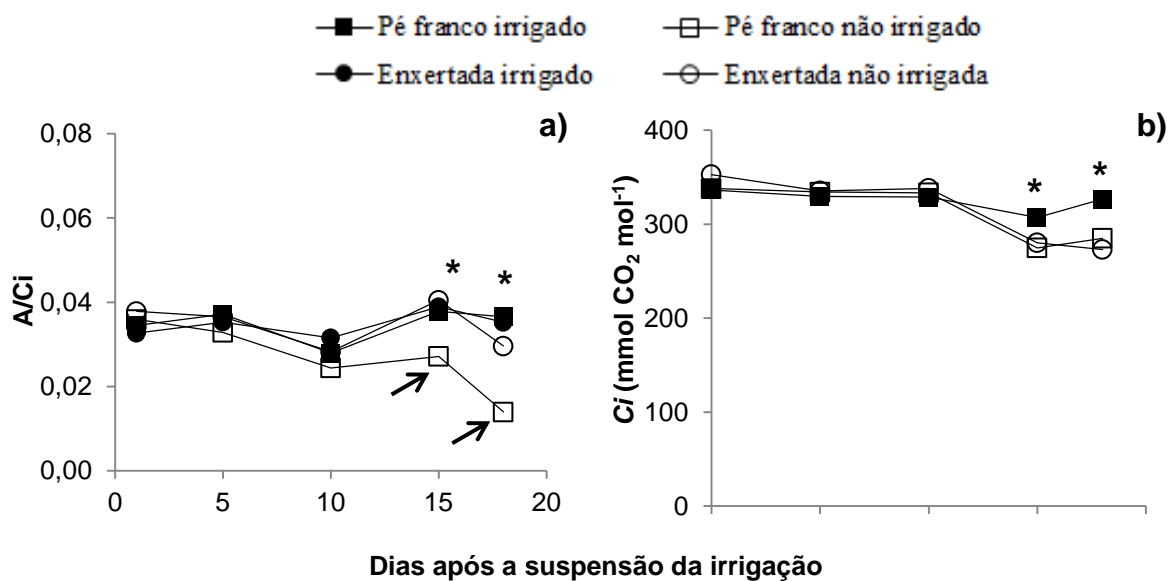
dois tipos de plantas sofreram redução substancial com a suspensão da irrigação. No entanto, as plantas pé franco foram mais sensíveis, visto que nesta condição hídrica as plantas enxertadas apresentaram valores de assimilação interna de CO<sub>2</sub> superiores às plantas pé franco (Tabela 8).

**Tabela 8.** Assimilação interna de CO<sub>2</sub> em plantas de café Catuaí pé franco e enxertadas sobre Apoatã, sob dois regimes hídricos

Planta	Assimilação interna de CO <sub>2</sub>	
	Irrigado	Não irrigado
	<i>mmol CO<sub>2</sub> mol<sup>-1</sup></i>	
<b>Pé franco</b>	11,80aA	3,12bB
<b>Enxertada</b>	11,94aA	7,95aB

Médias seguidas de letras iguais, maiúsculas na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste F ( $p < 0,05$ ).

Os efeitos do déficit hídrico sobre as atividades fotossintéticas das plantas também foram inferidas por meio da eficiência de carboxilação. Observou-se nas plantas pé franco reduções significativas de 28,31 e 61,78% aos 15 e 18 dias após a suspensão da irrigação, respectivamente (figura 7a). Essa variável possui estreita relação com a concentração interna de CO<sub>2</sub> e com a taxa de assimilação de dióxido de carbono, e à medida que o déficit hídrico torna-se mais severo, verifica-se na planta, dentre outras alterações, a diminuição da atividade da enzima ribulose-1,5-bifosfato carboxilase/oxigenase (Rubisco) (MACHADO et al., 2005). Visto que os resultados obtidos indicaram redução na concentração interna de dióxido de carbono nos dois tipos de planta após o período de 15 dias sem irrigação (Figura 7b), a ausência de diferença significativa para esta variável nas plantas enxertadas, indica que a suspensão da irrigação por 18 dias não afetou a velocidade com que o CO<sub>2</sub> fixado é processado, possivelmente por não ter afetado de forma substancial a atividade da Rubisco. Esses resultados parecem ser condizentes com a aparência visual das plantas aos 18 dias após a suspensão da irrigação (Figuras 8ab) e provavelmente a grau de hidratação dos tecidos nas plantas pé franco tenha afetado a atividade enzimática da Rubisco.



Diferença significativa ( $p < 0,05$ ) entre os regimes hídricos (\*) e entre o tipo de plantas pé franco e enxertadas no regime não irrigada (seta)

**Figura 7.** Eficiência intrínseca de uso de água (EiUA) e eficiência instantânea de carboxilação ( $A/C_i$ ) em plantas de café, pé franco e enxertadas, sob dois regimes hídricos



**PF-I:** pé franco irrigado; **PF-NI:** pé franco não irrigado; **ENX-I:** enxertada irrigada; **ENX-NI:** enxertada não irrigada.

**Figura 8.** Plantas de café Catuai, pé franco e enxertadas, sob dois regimes hídricos (a) e não irrigadas (b).

Os resultados obtidos neste estudo parecem indicar que plantas provenientes de mudas de Catuai Vermelho IAC 144, enxertadas sobre o porta-enxerto Apoatã IAC 2258 têm a capacidade de manter maiores taxas de trocas

gasosas quando expostas a condições de déficit hídrico em relação as plantas pé franco. No entanto, vale destacar que nas condições em que foi conduzido o experimento as plantas não manifestem, em sua totalidade, os mecanismos de tolerância à seca (KRAMER & BOYER, 1995; PIMENTEL, 2004) e que a utilização de outras estratégias de déficit hídrico, além da condução de ensaios a nível de campo possam contribuir para a obtenção de resultados mais conclusivos.

## CONCLUSÃO

O déficit hídrico causou redução das trocas gasosas tanto nas plantas pé franco quanto enxertadas, entretanto, além da manutenção de valores de potencial hídrico foliar mais elevados as plantas enxertadas apresentaram maiores taxas de assimilação de CO<sub>2</sub> e eficiência de carboxilação.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AFONSI, E. L.; FAHL, J. I.; CARELLI, M. L. C.; FAZUOLI, L. C. Crescimento, fotossíntese e composição mineral em genótipos de *Coffea* com potencial para utilização como porta-enxerto. **Bragantia**, Campinas, v.64, n.1, p.1-13, 2005.

ALMEIDA, O. A. **Balanço hídrico dos “tabuleiros” da região de Cruz das Almas**. Cruz das Almas: EMBRAPA - CNPMF, 1991. 3p. (EMBRAPA – CNPMF. Comunicado Técnico, 18).

CARBONEAU, A. The early selection of grapevine rootstocks for resistance to drought conditions. **American Journal of Enology and Viticulture**, v.36, p.195-198, 1985.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Estudo de prospecção de mercado**. Brasília – DF, 2012. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira: café**. Brasília, v.1, n.3, 2014.

DAMATTA, F. M.; RAMALHO, J. D. C. Impacts of drought and temperature stress on coffee physiology and production: a review. **Brazilian Journal Plant Physiology**, Londrina. v.18, n.1, p.55-81, 2006.

DAMATTA, F. M.; RENA, A. B. **Relações hídricas do cafeeiro**. 2002. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, v.1, 2000, Poços de Caldas. Palestra . Brasília: Embrapa Café, 2002.

DARDENGO, M. C. J. D.; REIS E. F.; PASSOS, R. R. Influência da disponibilidade hídrica no crescimento inicial do cafeeiro Conilon. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.25, n.6, p.1-14, 2009.

DIAS, F. P.; CARVALHO, A. M.; MENDES, A. N. G.; VALLONE, H. S.; CARVALHO, G. R. Produção de cafeeiros *Coffea arabica* L. pés francos, auto-enxertados e enxertados em Apoatã 2258. **Ciência & Agrotecnologia**, Lavras, v.33, n.2, p.484-487, 2009a.

DIAS, F. P.; CARVALHO, A. M.; MENDES, A. N. G.; VALLONE, H. S.; FERREIRA, A. D.; REZENDE, J. C. Desenvolvimento de mudas de cultivares de café arábica enxertadas sobre Apoatã 2258. Semina: **Ciências agrárias**, Londrina, v.34, n.1, p.29-36, 2013.

DIAS, F. P.; MENDES, A. N. G.; VALLONE, H. S.; CARVALHO, A. M.; CARVALHO, S. P. Desenvolvimento de cafeeiro enxertado 'Apoatã 2258' cultivados em recipientes de 250 litros. **Ciência & Agrotecnologia**, Lavras, v.32, n.2, p.385-390, 2008.

DIAS, F. P.; CASTRO, D. M.; MENDES, A. N. G.; VALLONE, H. S.; CARVALHO, A. M.; CARVALHO, G. R. Estudo anatômico de cafeeiros enxertados. **Ciência & Agrotecnologia**, Lavras, v.33, n.3, p.735-742, 2009b.

FAHL, J. I., CARRELI, M. L. C., GALLO, P. B., DA COSTA, W. M., NOVO, M. DOC. DES. S. Enxertia de *Coffea arabica* sobre progênies de *Coffea canephora* e

de *C. congensis* no crescimento, nutrição mineral e produção. **Bragantia**, Campinas, v.57, n.2, p.297-312, 1998.

FAHL, J. I.; CARELLI, M. L. C.; MENEZES, H. C.; GALLO, P. B.; TRIVELIN, P. C. O. Gas exchange, growth, yield and beverage quality of *Coffea arabica* cultivars grafted on to *C. canephora* and *C. congensis*. **Experimental Agriculture**, Cambridge, v.37, n.2, p.241-252. 2001.

FERREIRA, D. F. Sisvar: A computer statistical analysis system. **Ciência & Agrotecnologia**, Lavras, v.35, n.6, p.1039-1042, 2011.

GUIMARÃES, P. T. G.; GARCIA, A. W. R.; ALVEREZ VENEGAS, V. H.; PREZOTTI, L. C.; VIANA, A. S.; MIGUEL, A. E.; MALAVOLTA, E.; CORRÊA, J. B.; LOPES, A. S.; NOGUEIRA, F. D.; MONTEIRO, A. V. C. Cafeeiro. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ VENEGAS, V. H. (Ed). **Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa: CFSEMG. 1999. p. 289-302.

KRAMER, P. J.; BOYER, J. S. **Water relations of plants and soils**. Academic Press, New York, 1995. 495 p.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. Tradução: Prado, C. H. B. A. São Carlos: Ed. Rima, 2006.

LAUTERI, M.; SCARTAZZA, A.; GUIDO, M. C.; BRUGNOLI, E. Genetic variation in photosynthetic capacity, carbon isotope discrimination and mesophyll conductance in provenances of *Castanea sativa* adapted to different environments. **Functional Ecology**. v.11, n.6, p.675–683, 1997.

LISAR, S. Y. S.; MOTAFAKKERAZAD, R.; HOSSAIN M. M. & RAHMAN, I. M. M. **Water Stress in Plants: Causes, Effects and Responses, Water Stress**. InTech. 15p. 2012.



MACHADO, E.C.; SCHMIDT, P.T.; MEDINA, C.L.; RIBEIRO, R.V. Respostas da fotossíntese de três espécies de citros a fatores ambientais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.40, p.1161-1170, 2005.

MAGALHÃES FILHO, J. R.; AMARAL, L. R.; MACHADO, D. F. S. P.; MEDINA, C. L.; MACHADO, E. C. Deficiência hídrica, trocas gasosas e crescimento de raízes em laranjeiras 'valência' sobre dois porta enxerto. **Bragantia**, Campinas, SP, v.67, n.1, p.75-82, 2008.

MATIELLO, J.B.; DANTAS, F.S. Desenvolvimento do cafeeiro e seu sistema radicular, com e sem irrigação, em Brejão, PE. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, Campinas, SP. **Anais...** MAA/PROCAFÉ, 1987. p.165-166.

MIRANDA, W. L.; GUIMARÃES, R. J.; MAGALHÃES, P. B.; COLOMBO, A.; OLIVEIRA, P. M. Desenvolvimento vegetativo de plantas de café arábica enxertadas sobre café robusta e submetidas à reposição hídrica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.46, n.12, p.1618-1624, 2011.

NASCIMETNO, H. H. C. **Caracterização ecofisiológica de mudas de jatobá (*Mimnaea courbaril* L.) submetidas a déficit hídrico**. 2009. 86 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais), Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife – PE, 2009.

NOGUEIRA, R. J. M. C.; MORAES, J. A. P. V.; BURITY, H. A. Alterações na resistência à difusão de vapor das folhas e relações hídricas em aceroleira submetidas a déficit de água. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Londrina, v.13, n.1, p.75-87, 2001.

PIMENTEL, C. **A relação da planta com a água**. Seropédica, Rio de Janeiro. EDUR. 2004.

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**, Oxford, v. 96, n.1, p.101-108, 2005.

SCHOLANDER, P. F.; HAMMEL, H. T.; BRADSTREET, E. D.; HEMMINGEN, A. E. Sap pressure in vascular plants. **Science**, Washington, v.148, n.3668, p.339-346, 1965.

SILVA, V. A. **Caracterização fisiológica da tolerância à seca em Coffea canephora: contribuição relativa do sistema radicular e da parte aérea**. 2007. 57 p. Tese (Doutorado em Fisiologia Vegetal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG, 2007.

SILVA, V. A.; ANTUNES, W. C.; GUIMARÃES, B. L. S.; PAIVA, R. M. C.; SILVA, V. F.; FERRÃO, M. A. G.; DA MATTA, F. M.; LOUREIRO, M. E. 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, 2010.

SOUZA, C. R.; SOARES, A. M.; REGINA, M. A. Trocas gasosas de mudas de videira, obtidas por dois porta-enxertos, submetidas à deficiência hídrica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, n.10, p.1221-1230, 2001.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

TOMAZ, M. A.; SAKIYAMA, N. S.; DAMATTA, F. M.; MARTINEZ, H. E. P.; CRUZ, C. D.; PEREIRA, A. A. Efeito do porta-enxerto nas trocas gasosas, área e superfície de raiz de mudas de *Coffea arabica* L. **Revista Ceres**, Viçosa, v.53, n.306, p.237-242, 2006.

VIANELLO, R. L.; ALVES, A. R. **Meteorologia Básicas e Aplicações**. Viçosa, MG: Imprensa Universitária, 433-434p. 1991.

## **COSIDERAÇÕES FINAIS**

Embora os resultados obtidos indiquem que mudas da variedade Catuaí Vermelho IAC 144 enxertadas sobre o porta-enxerto Apatã IAC 2258 possam contribuir para a formação de lavouras mais estáveis quando as mesmas estão sujeitas a seca, é necessário ressaltar que além das condições de cultivo, nas quais as plantas geralmente não manifestam em totalidade os mecanismos de tolerância à seca, as plantas foram mantidas em condições de baixa disponibilidade hídrica por um único ciclo. Neste sentido a realização de novos estudos pode consolidar ou obter resultados contrários aos obtidos no presente trabalho.

Mesmo que os resultados obtidos não possam ser extrapolados para condições de campo, espera-se que sejam fonte de motivação para a condução de novos estudos. Neste sentido, existe uma infinidade de possibilidades, seja referente a aplicação o déficit hídrico em diferentes fases fenológicas da cultura, ou pela forma de aplicação do déficit hídrico e, por que não pela aplicação de métodos de irrigação com déficit controlado. Em especial, resultados mais confiantes seriam obtidos caso os estudos fossem conduzidos em condição de campo.