

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E ENGENHARIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRODUÇÃO
VEGETAL**

SEBASTIÃO VINÍCIUS BATISTA BRINATE

**CRESCIMENTO, FOTOSÍNTESE E NUTRIÇÃO DE
GENÓTIPOS DE *Coffea canephora* ENXERTADOS EM
PORTA-ENXERTOS TOLERANTES A ESTRESSES**

**ALEGRE
2018**

SEBASTIÃO VINÍCIUS BATISTA BRINATE

**CRESCIMENTO, FOTOSSÍNTESE E NUTRIÇÃO DE
GENÓTIPOS DE *Coffea canephora* ENXERTADOS EM
PORTA-ENXERTOS TOLERANTES A ESTRESSES**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para a obtenção do título de *Doctor Scientiae* em Produção Vegetal, na área de concentração de Fitotecnia.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Antonio Tomaz

ALEGRE

2018

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)
(Biblioteca Setorial Sul, Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)
Bibliotecária: Lizzie de Almeida Chaves – CRB-6 ES-000871/O

B858c Brinate, Sebastião Vinícius Batista, 1988-
Crescimento, fotossíntese e nutrição de genótipos de *Coffea canephora* enxertados em porta-enxertos tolerantes a estresses / Sebastião Vinícius Batista Brinate. – 2018.
75 f. : il.

Orientador: Marcelo Antonio Tomaz.

Coorientadores: Paulo Cezar Cavatte ; José Francisco Teixeira do Amaral.

Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias e Engenharias.

1. Café conilon. 2. Propagação. 3. Enxertia. I. Tomaz, Marcelo Antonio. II. Cavatte, Paulo Cezar. III. Amaral, José Francisco Teixeira do. IV. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências Agrárias e Engenharias. V. Título.

CDU: 63

SEBASTIÃO VINÍCIUS BATISTA BRINATE

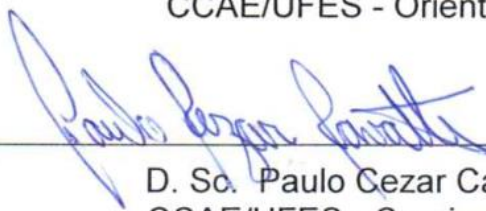
**CRESCIMENTO, FOTOSSÍNTESE E NUTRIÇÃO DE
GENÓTIPOS DE *Coffea canephora* ENXERTADOS EM
PORTA-ENXERTOS TOLERANTES A ESTRESSES**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para a obtenção do título de *Doctor Scientiae* em Produção Vegetal, na área de concentração em Fitotecnia.

Aprovada em 27 de fevereiro de 2018.



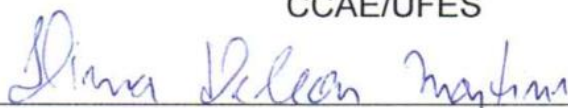
D. Sc. Marcelo Antonio Tomaz
CCAUE/UFES - Orientador



D. Sc. Paulo Cezar Cavatte
CCAUE/UFES - Coorientador



D. Sc. Edvaldo Fialho dos Reis
CCAUE/UFES



D. Sc. Lima Deleon Martins
UFES

Dedico esta Tese aos meus pais, Sebastião Brinate Torres e Ana Maria Batista Brinate, que desde cedo me ensinaram a importância da educação na formação de um ser humano, sempre prestaram suporte, apoio e incentivo às minhas decisões e souberam valorizar as minhas escolhas.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelas realizações e momentos vividos de felicidade, que iluminam e me dão força para seguir a minha caminhada, e pelos momentos de dificuldade que me moldam a cada instante, para ser um ser humano mais digno a exemplo de Cristo;

Aos meus pais, Sebastião e Ana Maria, por todo o amor, carinho, fé, incentivo e confiança depositados. Ao meu irmão (Igor), pela amizade, apoio, compreensão e companheirismo;

A minha família, primos, tios e, principalmente, Vó Adeil e Vó Maura, pelas orações, carinho, apoio, em todos os momentos que precisei; vocês são a base de tudo!

Ao professor Marcelo Antonio Tomaz pela amizade, companheirismo, paciência, apoio, incentivo e dedicação em todos esses anos de orientação;

Aos amigos Lima Deleon Martins, Wagner Nunes e Tafarél Colodetti, pela amizade, companheirismo, todo apoio e amparo no desenvolvimento desse trabalho e de todos os outros desenvolvidos em minha formação, obrigado por se tornarem minha família!

Aos professores José Francisco Teixeira do Amaral e Paulo Cezar Cavatte, pelas dicas, sugestões e orientações;

Ao professor Edvaldo Fialho dos Reis, pela disponibilidade, dicas e sugestões valiosas;

A Gisele pelo apoio e compreensão, além da ajuda nas avaliações;

A Sara, Marcos Paulo, Abel, Paula Mauri, Marjorie, Lucas, Ariany, Higor, Weslen “Capenga”, por tornarem meus dias de Alegre mais alegres;

Ao Daniel, Adan, Márcio, pela amizade, força e companheirismo na condução dos trabalhos;

Ao Givanildo, Tio Pelé e Fernando pela força que deram na produção das mudas e montagem do experimento;

Ao amigo Abraão Verdin e ao INCAPER pelo fornecimento dos materiais de *Coffea canephora*;

Aos professores do curso de Pós-Graduação em Produção Vegetal, pelos ensinamentos transmitidos;

Ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo, pela oportunidade de estudo;

A CAPES, pela bolsa concedida;

A todos que, de forma direta ou indireta, contribuíram para a realização deste trabalho, o meu humilde e sincero agradecimento.

Muito obrigado a todos vocês!

“Seja você quem for, seja qual for a posição social que você tenha na vida, a mais alta ou a mais baixa, tenha sempre como meta muita força, muita determinação e sempre faça tudo com muito amor e com muita fé em Deus, que um dia você chega lá. De alguma maneira você chega lá.”

Ayrton Senna

BIOGRAFIA

Sebastião Vinícius Batista Brinate, filho de Sebastião Brinate Torres e Ana Maria Batista Brinate, nasceu em 04 de novembro de 1988, em Carangola, Estado de Minas Gerais. Coursou o ensino fundamental, entre 1996 a 1999, na Escola Estadual Sebastião Brinati, em Caparaó, MG. Coursou o ensino médio, entre 2000 a 2006, na Escola Estadual Professor “Francisco Lentz”, em Caparaó, MG. Em fevereiro de 2007, ingressou no curso de Engenharia Agrônômica pela Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), no Centro de Ciências Agrárias (CCA-UFES) em Alegre, ES, graduando-se em fevereiro de 2012. Em Março de 2012, iniciou o Curso de Mestrado no Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal (CCA-UFES), com a dissertação defendida em fevereiro de 2014. Em março de 2014 iniciou o Curso de doutorado no Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal (CCA-UFES), tendo defendido tese em fevereiro de 2018.

RESUMO

O sucesso da atividade cafeeira é consequente do manejo de implantação da lavoura, sendo assim, de grande importância nesse processo, a utilização de plantas produtivas e tolerantes a possíveis estresses. Diante disso, o presente trabalho teve como objetivo identificar e estudar o crescimento, fotossíntese e nutrição de combinações de enxertia entre genótipos de *Coffea canephora*, como estratégia para aumentar a eficiência no uso da água e de nitrogênio. Para isso, no primeiro capítulo foi realizado um estudo do efeito da enxertia no desenvolvimento inicial das combinações entre os materiais 02 e LB1 como enxerto, 14 e Robusta Tropical como porta-enxertos, assim como os pés-francos. A enxertia em si, interferiu no desenvolvimento inicial da maioria das variáveis analisadas, porém, observou boa afinidade entre os genótipos 02 e LB1 enxertados sobre o Robusta Tropical, apresentando semelhanças no desenvolvimento inicial aos seus respectivos pés-francos. No segundo capítulo, foi estudado o desenvolvimento inicial e eficiência nutricional das combinações de enxertia entre os genótipos 02 e LB1 sobre o 14 e Robusta Tropical. Os resultados demonstraram que de modo geral, a combinação 02/RT foi a que apresentou maior acúmulo de biomassa no desenvolvimento inicial, nas duas condições de fornecimento de nitrogênio. Tanto no suprimento ideal quanto no déficit, a combinação LB1/14 foi a que apresentou maior eficiência de absorção de N, e o 02/RT a maior eficiência de utilização. No terceiro capítulo, estudou-se o desenvolvimento inicial e eficiência de uso da água, das combinações de enxertia entre os genótipos 02 e LB1 sobre o 14 e Robusta Tropical, sob disponibilidade adequada e deficitária de água, em ambiente controlado. A combinação 02/RT foi a que apresentou melhor desenvolvimento inicial sob condição adequada de fornecimento de água e o 02/14 para a condição de déficit. As combinações LB1/14 e LB1/RT no controle apresentaram maior eficiência intrínseca e eficiência instantânea de uso da água, já em déficit, o LB1/14 apresentou maior eficiência intrínseca e instantânea de uso da água.

Palavras-chave: enxerto, propagação vegetativa, desenvolvimento, eficiência nutricional, estresse hídrico.

ABSTRACT

The success of the coffee activity is a consequence of the management of crop implantation, being, of great importance in the process, a use of productive and tolerant plants and situations of stress that lead to an accommodation of these plants. Therefore, the present work had as objective to identify and to study combinations of *Coffea canephora* propagated by grafting, as strategy to increase the efficiency without water and nitrogen use. For this, in the first chapter was carried out a study of the effect of the grafting on the initial development of the combinations between materials 02 and LB1 as graft, 14 and Robusta Tropical as rootstock, as well as the free feet. The grafting itself interfered with the initial development of most of the analyzed variables, however, as combinations of clone 02 and LB1 on the Tropical Robusta demonstrated greater affinity, presenting achievements without initial development to its free feet. In the second chapter, the initial development and nutritional efficiency of the grafting combinations between the LB1, 14 and Robusta Tropical materials with the free foot of clone LB1 were studied, and between materials 02, 14 and Robusta Tropical with the free foot Make clone 02. The results demonstrate that in general, a combination of clone 02 grafted on Tropical Robusta for a better volume of biomass in the initial development, under both conditions of nitrogen supply. Both in the ideal and non-deficit, a combination of the clone LB1 grafted on clone 14 for a greater difficulty of N absorption, and the clone 02 engrafted on the Tropical Robusta, a greater efficiency of use. In the third chapter, we study the initial development and efficiency of water use, of grafting combinations of *C. canephora* under adequate and deficient water situation, in a controlled environment. The 02/RT combination was the one with the best initial development under adequate water supply conditions and the 02/14 for the deficit condition. The LB1/14 and LB1/RT combinations in the control showed higher intrinsic efficiency and instant efficiency of water use, while in deficit, LB1/14 presented higher intrinsic and instantaneous water use efficiency.

Keywords: grafting, vegetative propagation, development, nutritional efficiency, water stress.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Identificação dos materiais de <i>Coffea canephora</i> utilizados	25
Tabela 2. Atributos químicos do Latossolo Vermelho amarelo distrófico, antes da instalação do experimento	26
Tabela 3. Valores médios de altura (ALT), número de folhas (NF), área foliar (AF) e volume de raiz (VR), no desenvolvimento inicial de <i>Coffea canephora</i> não enxertados (pé-franco) e enxertados	29
Tabela 4. Valores médios de matéria seca (g) de raiz (MSR), caule (MSC), folhas (MSF) e total (MST), no desenvolvimento inicial de <i>Coffea canephora</i> não enxertados (pé-franco) e enxertados	30
Tabela 5. Valores médios de assimilação líquida de carbono (A), condutância estomática (gs), concentração subestomática de CO ₂ (Ci) e taxa de transpiração (E), no desenvolvimento inicial de <i>Coffea canephora</i> não enxertados (pé-franco) e enxertados	31
Tabela 6. Identificação dos materiais de <i>Coffea canephora</i> utilizados	41
Tabela 7. Atributos químicos do Latossolo Vermelho amarelo distrófico, antes da instalação do experimento	42
Tabela 8. Valores médios de matéria seca de raiz (MSR), matéria seca de caule (MSC), matéria seca de folhas (MSF) e matéria seca total (MST), no crescimento inicial de combinações de enxertos de <i>Coffea canephora</i> , sob condição normal e deficitária de fornecimento de nitrogênio	45
Tabela 9. Valores médios de conteúdo de nitrogênio na raiz (CNR), caule (CNC), folhas (CNF) e total (CNT), no crescimento inicial de combinações de enxertos de <i>Coffea canephora</i> , sob condição normal e deficitária de fornecimento de nitrogênio	45
Tabela 10. Valores médios de assimilação líquida de carbono (A), condutância estomática (gs), concentração subestomática de CO ₂ (Ci) e taxa de transpiração (E), no crescimento inicial de combinações de enxertos de <i>Coffea canephora</i> , sob condição normal e deficitária de fornecimento de nitrogênio	47
Tabela 11. Valores médios de eficiência de absorção (EAN), translocação (ETN) e utilização de nitrogênio (EUN), no crescimento inicial de	

combinações de enxertos de <i>Coffea canephora</i> , sob condição normal e deficitária de fornecimento de nitrogênio.....	50
Tabela 12. Identificação dos materiais de <i>Coffea canephora</i> utilizados	61
Tabela 13. Atributos químicos do Latossolo Vermelho amarelo distrófico, antes da instalação do experimento	62
Tabela 14. Caracterização físico-hídrica do solo utilizado	63
Tabela 15. Valores médios de número de folhas, área foliar e volume de raiz, no desenvolvimento inicial de combinações de enxertos de <i>Coffea canephora</i> sob condição normal e de déficit hídrico.....	65
Tabela 16. Valores médios de matéria seca de raiz (MSR), matéria seca de parte aérea (MSPA) e matéria seca total (MST), no desenvolvimento inicial de combinações de enxertos de <i>Coffea canephora</i> , sob condição normal e de déficit hídrico.....	66
Tabela 17. Valores médios de trocas gasosas, assimilação líquida de carbono (<i>A</i>), condutância estomática (<i>g_s</i>), concentração subestomática de CO ₂ (<i>C_i</i>) e taxa de transpiração (<i>E</i>), no desenvolvimento inicial de combinações de enxertos de <i>Coffea canephora</i> , sob condição normal e de déficit hídrico.....	68
Tabela 18. Valores médios de eficiência intrínseca de uso da água (EIUA) e eficiência instantânea de uso da água (EUA) no desenvolvimento inicial de combinações de enxertos de <i>Coffea canephora</i> , sob condição normal e de déficit hídrico.....	69

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Início da produção das mudas clonais (estaqueamento) (a); enxertia por garfagem em fenda cheia (b); final do processo de enxertia, com o isolamento do corte (c); enxertias cobertas com sacos plásticos (d); muda enxertada, transplantada para o vaso (e).....25
- Figura 2.** Combinações de enxertia de *Coffea canephora* sendo conduzidas (a); avaliação de trocas gasosas (b); pesagem da biomassa seca (c).....28

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 – Eficiência de absorção	43
Equação 2 – Eficiência de translocação	43
Equação 3 – Eficiência de utilização	43

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO GERAL	17
REFERÊNCIAS	18
CAPÍTULO 01.....	22
CRESCIMENTO INICIAL DE GENÓTIPOS DE <i>Coffea canephora</i>	
SUBMETIDOS A ENXERTIA.....	22
RESUMO	22
ABSTRACT.....	22
INTRODUÇÃO.....	22
MATERIAL E MÉTODOS.....	24
RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
CONCLUSÕES.....	33
REFERÊNCIAS	33
CAPÍTULO 02.....	38
CRESCIMENTO INICIAL DE ENXERTOS DE <i>Coffea canephora</i>	
SUBMETIDOS AO BAIXO SUPRIMENTO DE NITROGÊNIO.....	38
RESUMO	38
ABSTRACT.....	38
INTRODUÇÃO.....	38
MATERIAL E MÉTODOS.....	40
Caracterização da área experimental.....	40
Delineamento experimental.....	40
Preparo das mudas e enxertia	41
Coleta do solo e montagem do experimento	41
Características avaliadas	43
RESULTADOS E DISCUSSÃO	44
CONCLUSÕES.....	52
REFERÊNCIAS	52
CAPÍTULO 03.....	58
CRESCIMENTO INICIAL DE ENXERTOS DE <i>Coffea canephora</i>	
SUBMETIDOS AO DÉFICIT HÍDRICO	58
RESUMO	58

ABSTRACT.....	58
INTRODUÇÃO.....	58
MATERIAL E MÉTODOS.....	60
Caracterização da área experimental.....	60
Delineamento experimental.....	60
Coleta do solo e montagem do experimento	61
Características avaliadas	63
RESULTADOS E DISCUSSÃO	64
CONCLUSÕES.....	71
REFERÊNCIAS	71
CONCLUSÃO GERAL	75

INTRODUÇÃO GERAL

Apesar de ser o maior produtor mundial de café, o Brasil tem passando nos últimos anos, por períodos de instabilidade climática, com secas prolongadas, ocasionando estresse hídrico e conseqüentemente nutricional ao cafeeiro, interferindo no crescimento e na produtividade.

O déficit hídrico pode afetar diversas características morfofisiológicas das plantas, dependendo da duração e da intensidade, podem ocorrer danos irreversíveis, comprometendo a integridade funcional do cafeeiro (DAMATTA; RAMALHO, 2006).

Já o déficit nutricional pode acontecer principalmente em conseqüência da falta de água para a absorção dos nutrientes ou pelo mau fornecimento desses. Diversas são as respostas e conseqüências fisiológicas, morfológicas e bioquímicas desenvolvidas pelas plantas de cafeeiro, quando submetidas a condições adversas de fertilidade do solo (MARTINS et al., 2013a, 2013b, 2014, COLODETTI et al., 2015; MACHADO et al., 2016; MOURA et al., 2016).

Diante dos danos que o estresse hídrico e nutricional podem causar ao cafeeiro, aliado a preocupações com as variações no clima, má distribuição das chuvas e elevados preços dos fertilizantes, se tornam cada vez mais necessários, estudos que busquem a obtenção de plantas mais eficientes na utilização de água e nutrientes.

Dentre as tecnologias que visam à obtenção de plantas eficientes, destaca-se a enxertia, que consiste na possibilidade de produzir cafeeiros com sistema radicular tolerante a diversas limitações ambientais associada a uma parte aérea com características agrônômicas desejáveis, como vigor e produtividade.

Os primeiros relatos de utilização da enxertia no cafeeiro ocorreram em 1887, na Ilha de Java, onde devido à infestação por nematoides, que estava inviabilizando o cultivo, cafeeiros da espécie *Coffea arabica* L., que produziam cafés de fina qualidade, foram enxertados sobre cafeeiros da espécie *Coffea liberica*, que apresentava um sistema radicular vigoroso e tolerante a essa praga (FERWERDA, 1934; MENDES, 1938; DIAS et al., 2009).

No Brasil, estudos de enxertia foram iniciados em 1936, no Instituto Agrônomo de Campinas, tendo como principal objetivo o aperfeiçoamento das técnicas utilizadas em outros países (MENDES, 1938).

Atualmente, a enxertia é utilizada em regiões onde a cultura do café apresenta limitações bióticas e/ou abióticas, de modo a favorecer o desenvolvimento da cultura. Diversos estudos têm avaliado a influência da enxertia no cafeeiro, obtendo vantagens diversas, principalmente no que se refere ao desenvolvimento vegetativo, à nutrição mineral, à resistência a nematoides, à tolerância ao déficit hídrico e à produtividade (BERTRAND et al., 2001; FAHL et al., 2001; ALFONSI et al., 2003; FERREIRA et al., 2010; SILVA et al., 2010; TOMAZ et al., 2011; TOMAZ et al., 2013; ANDRADE JÚNIOR et al., 2013, CARVALHO et al., 2015).

Como as principais áreas brasileiras de cultivo de café, especificamente de *C. canephora* se caracterizam por frequentes períodos longos sem chuvas, a seca é vista como um gargalo para o cultivo de café nessas regiões (DaMATTA; RAMALHO, 2006; ARAUJO et al., 2011; SILVA et al., 2010; SILVA et al., 2018). Diante disso, é um desafio para a pesquisa, a obtenção de plantas que produzam satisfatoriamente nessas áreas.

Dessa forma, perante o trabalho realizado, será apresentado no primeiro capítulo a influência da enxertia no desenvolvimento inicial de materiais promissores de *C. canephora*; no segundo capítulo foi estudado o desempenho inicial de materiais de *C. canephora* enxertados, em condições contrastantes quanto ao fornecimento de nitrogênio; no terceiro capítulo foi estudado o desempenho inicial de combinações de enxertias quanto ao fornecimento de água.

REFERÊNCIAS

ALFONSI, E.L.; FAHL, J.I.; CARELLI, M.L.C. Estudo fisiológico da parte aérea e do sistema radicular e nutrição mineral de quatro espécies de *Coffea* e um híbrido natural, visando conhecer seus potenciais para utilização como porta-enxertos. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL E WORKSHOP INTERNACIONAL DE CAFÉ & SAÚDE, 3, 2003, Porto Seguro. **Anais...** Brasília: Embrapa Café, 2003. p. 68.

ANDRADE JÚNIOR; ALEXANDRE, R. S.; SCHMILDT, E. R.; PARTELLI, F. L.; FERRÃO, M. A. G.; MAURI, A. L. Comparison between grafting and cutting as vegetative propagation methods for conilon coffee plants. **Acta Scientiarum**. Maringá, v. 35, n. 4, p. 461-469, 2013.

ARAUJO, G.L.; REIS, E.F. dos; MORAES, W.B.; GARCIA, G. de O.; NAZÁRIO, A. A. Influência do déficit hídrico no desenvolvimento inicial de duas cultivares de café conilon. **Irriga**, v.16, p.115-124, 2011.

BERTRAND, B.; ETIENNE, H.; ESKES, A. Growth, production, and bean quality of *Coffea arabica* affected by interspecific grafting: consequences for rootstock breeding. **Hortscience**, v.36, n.2, p.269-273, 2001.

CARVALHO, J. P. F.; CARVALHO, G. R., FERREIRA, A. D.; REZENDE, J. C.; DIAS, R. E. B. A.; CARVALHO, A. M. Dinâmica de macronutrientes em genótipos de *Coffea canephora* com potencial para utilização como porta-enxerto. **Coffee Science**, Lavras, v. 10, n. 2, p. 176-183, 2015.

COLODETTI, T. V.; RODRIGUES, W. N.; MARTINS, L. D.; BRINATE, S. V. B.; TOMAZ, M. A.; AMARAL, J. F. T. Nitrogen availability modulating the growth of improved genotypes of *Coffea canephora*. **African Journal of Agricultural Research**, v.10, p.3150-3156, 2015.

DaMATTA, F. M.; RAMALHO, J. D. C. Impacts of drought and temperature stress on coffee physiology and production: a review. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, 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 Apoatã IAC 2258. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, n. 2, p. 484-487, 2009.

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

FERREIRA, A. D.; CARVALHO, A. M. C.; MENDES, A. N. G.; CARVALHO, G. R.; BOTELHO, C. E.; CARVALHO, J. G. Absorção, translocação e eficiência no uso dos

macronutrientes em cafeeiros (*Coffea arabica* L.) enxertados em Apoatã IAC 2258 (*Coffea canephora*). **Interciência**, v. 35, n. 11, p. 818-822, 2010.

FERWERDA, F. P. The vegetative propagation of coffe. **Empire Journal of Experimental Agricultura**, v.2, p. 189-199, 1934.

MARTINS L. D.; TOMAZ, M. A.; AMARAL, J. F. T.; BRAGANCA, S. M.; MARTINEZ, H. E. P.; REIS, E. F.; RODRIGUES, W. N. Nutritional efficiency in clones of conilon coffee for phosphorus. **Journal of Agricultural Science**, v.5, p.130-140, 2013a.

MARTINS, L. D.; TOMAZ, M. A.; AMARAL, J. F. T.; CHRISTO, L. F.; RODRIGUES W. N.; COLODETTI, T. V.; BRINATE, S. V. B. Alterações morfológicas em clones de cafeeiro conilon submetidos a níveis de fósforo. **Scientia Plena**, v.9, p.1-11, 2013b.

MARTINS, L. D.; TOMAZ, M. A.; LIDON, F. J. C.; DaMATTA F. M.; RAMALHO, J. D. C. Combined effects of elevated [CO₂] and high temperature on leaf mineral balance in *Coffea* spp. plants. **Climatic Change**, v.126, p.1-11, 2014.

MENDES, J. E. T. **A enxertia do cafeeiro I**. Campinas: Instituto Agrônômico de Campinas, 1938. 18 p. (Boletim Técnico, 39).

MOURA, W. M.; SOARES, Y. J. B.; AMARAL JUNIOR, A. T. ; GRAVINA, G. A.; BARILI, L. D.; VIEIRA, H. D. . Biometric analysis of arabica coffee grown in low potassium nutrient solution under greenhouse conditions. **Genetics and Molecular Research**, v. 15, p. 1-10, 2016.

SILVA, V. A.; ANTUNES, W. C.; GUIMARÃES, B. L. S.; PAIVA, R. M. C.; SILVA, V. F.; FERRÃO, M. A. G.; DaMATTA, F. M.; LOUREIRO, M. E. Resposta fisiológica de clone de café Conilon sensível à deficiência hídrica enxertado em porta-enxerto tolerante. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 5, p.457-464, 2010.

SILVA, V. A.; PRADO, F. M.; ANTUNES, W. C.; PAIVA, R. M. C.; FERRAO, M. A. G.; ANDRADE, A. C.; MASCIO, P.; LOUREIRO, M. E.; DAMATTA, F. M.; ALMEIDA, A. M. Reciprocal grafting between clones with contrasting drought tolerance suggests a key role of abscisic acid in coffee acclimation to drought stress. **Plant Growth Regulation**, v.84, p.1-9, 2018.

RAMALHO, J.D.C. **Potencial da enxertia na mitigação de estresses nutricionais, temperatura e déficit hídrico do cafeeiro**. In TOMAZ, M. A.; AMARAL, J. F. T. do;

OLIVEIRA, F. L. de; COELHO, R. I. (Org.) Tópicos especiais em produção vegetal IV. 1. ed. Alegre, ES: CAUFES, 2013. 694 p.

TOMAZ, M. A.; SAKIYAMA N.S.; MARTINEZ, H. E. P.; MARTINS, L. D.; FREITAS, R. S.; PEREIRA A. P. Porta-enxertos afetando o crescimento e a produção de plantas de *Coffea arabica* L. **Revista de Ciências Agrárias (Lisboa)**, v. 34, p. 229-237, 2011.

CAPÍTULO 01

CRESCIMENTO INICIAL DE GENÓTIPOS DE *Coffea canephora* SUBMETIDOS A ENXERTIA

RESUMO

Maior produtor e exportador de café, o Brasil vem enfrentando alguns desafios produtivos, como redução do consumo energético e a má distribuição de chuvas, carecendo o estudo de plantas mais eficientes quanto à utilização de nutriente e água. Objetivou-se com esse trabalho, estudar o efeito da enxertia no desenvolvimento inicial de genótipos de *Coffea canephora*. Com delineamento inteiramente casualizado, em casa de vegetação, foram testadas as combinações entre os genótipos LB1 como enxerto, 14 e Robusta Tropical como porta-enxerto, assim como o autoenxerto e o pé-franco do LB1; o 02 como enxerto, 14 e Robusta Tropical como porta-enxerto, assim como o autoenxerto e o pé-franco do 02. Foi avaliado o crescimento, acúmulo de matéria seca e trocas gasosas. A enxertia interferiu no desenvolvimento inicial das plantas de *C. canephora*, porém, as combinações de enxertia entre o os materiais LB1 e Robusta Tropical, 02 e Robusta Tropical demonstraram maior compatibilidade, apresentando aos 180 dias, semelhanças aos seus respectivos pé-francos.

ABSTRACT

As a major producer and exporter of coffee, Brazil has been experiencing production challenges, such as reducing energy consumption with fertilizers and poor rainfall distribution, thus improving the efficiency of nutrient and water use. The objective of this work was to study the effect of grafting on the initial development of combinations between *Coffea canephora* genotypes. With a completely randomized design, in greenhouse, combinations between the LB1 genotypes as the graft, 14 and the Tropical Robusta as a scion graft were tested, as well as the autograft and the free foot of the LB1; the 02 as a graft, 14 and Robusta Tropical as rootstock, as well as the autograft and the free foot of 02. Growth, accumulation of dry matter and gas exchange were determined. However, the grafting combinations between the LB1 and Robusta Tropical, 02 and Robusta Tropical materials showed a higher affinity, presenting at 180 days, similarities with their free feet.

INTRODUÇÃO

Considerado um dos produtos agrícolas mais comercializados no mundo, o café está presente em mais de 80 países, envolvendo aproximadamente 25 milhões de pessoas na atividade, na América Latina, África e Ásia (ICO, 2013). Neste cenário, o Brasil se destaca como maior produtor e exportador, sendo o estado de

Minas Gerais o maior produtor de *Coffea arabica* e o Espírito Santo de *C. canephora* (CONAB, 2018).

No estado do Espírito Santo, a cafeicultura é uma atividade de grande importância, presente em mais de 80% de seus municípios (PEZZOPANE et al., 2010). Porém, nos últimos anos, o Estado tem passado por instabilidades climáticas, com períodos prolongados de seca, ocasionando sérios problemas no crescimento das plantas e quedas de produção, o que têm gerado impactos econômicos e sociais.

O café conilon, mesmo com sua rusticidade e boa adaptação às condições edafoclimáticas do Espírito Santo, apresenta elevado grau de estresse em regiões mais secas, influenciando significativamente o crescimento inicial das mudas, bem como na produtividade e na qualidade do café (FERRÃO et al., 2017).

Como forma a possibilitar o cultivo em condições ambientais limitantes existe uma série de mecanismos fisiológicos, morfológicos e bioquímicos expressados pelas plantas de café quando submetidas a essas situações, o que tem despertado o interesse de estudos de combinações de enxertia, como forma de promover a expressão de mecanismos desejáveis nas plantas de café (TOMAZ et al., 2011; FERREIRA et al., 2014).

A enxertia é uma técnica que poderá contribuir para o cultivo em áreas limitantes, onde o porta-enxerto poderá conferir à planta maior profundidade do sistema radicular no perfil do solo, o que permitirá explorar maior volume de solo, podendo por sua vez, maximizar o potencial genético de produção em situações de estresse (GOMES et al., 2007).

O conhecimento dos efeitos do processo de enxertia, em que o porta-enxerto possa aumentar a adaptabilidade da planta enxertada, constitui-se de uma ferramenta eficiente para melhorar o crescimento e a produtividade (BENINCASA, 2003).

Dessa forma, objetivou-se nesse trabalho, estudar em casa de vegetação, o efeito da enxertia no crescimento inicial de genótipos promissores de *C. canephora*.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da área experimental

O experimento foi desenvolvido no município de Caparaó – MG (20°32'13.40"S; 41°53'20.69"O; 810m), em casa de vegetação, sendo esta uma estufa coberta com filme plástico transparente, com lanternim para ocorrer a troca de ar, disposta no sentido de deslocamento do sol, de forma que a temperatura média obtida no local foi de 30°C.

Delineamento experimental

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos quando utilizado o genótipo 02 como enxerto, e como porta-enxerto os genótipos 14 e Robusta Tropical (02 pé-franco, 02/02, 02/14, 02/RT); quatro tratamentos quando utilizado o genótipo LB1 como enxerto, e como porta-enxerto os genótipos 14 e Robusta Tropical (LB1 pé-franco, LB1/LB1, LB1/14, LB1/RT). Cada parcela experimental foi constituída por uma planta, com quatro repetições.

A escolha dos materiais de *C. canephora* utilizados partiu do estudo das características de cada um, de forma a se obter dois materiais com atributos desejáveis de parte aérea, como elevada produtividade e vigor, sendo assim escolhidos os clones 02 (mais plantado dentre os materiais clonais e responsivo a adubação) e LB1 (mais plantado atualmente) e dois com características desejáveis de sistema radicular, como rusticidade e tolerância a seca, como a variedade Robusta Tropical e o clone 14 (Tabela 1). A semeadura do Robusta Tropical, bem como a propagação dos clones por estaquia, foram realizadas em sacos de polietileno 11 x 22 cm (Figura 1), contendo substrato adequado para a produção de mudas (FERRÃO et al., 2012).

A enxertia foi realizada por garfagem em fenda cheia (Figura 1), conforme realizado por Silva et al. (2010) e Andrade Júnior et al. (2013), quando as mudas, tanto as clonais quanto as propagadas por semente estavam com dois pares de folhas.

Tabela 1. Identificação dos materiais de *Coffea canephora* utilizados

Material	Cultivar disponibilizada	Característica
02	Vitória - Incaper 8142	Produtividade elevada ⁽¹⁾
LB1	Jequitibá – Incaper 8122	Produtividade elevada ⁽¹⁾
14	Robustão Capixaba – Encaper 8141	Tolerante a seca ^{(1) (2)} Propagação vegetativa
RT	Robusta Tropical - Encapa 8151	Tolerante a seca ⁽¹⁾ Propagação seminal

⁽¹⁾Ferrão et al. (2017); ⁽²⁾Silva et al. (2013).

Preparo das mudas para enxertia

Após a enxertia, as plantas foram cobertas com sacos plásticos (por 20 dias), de forma a manter a umidade da folha próximo de 100%, e mantidas em viveiro coberto com sombrite de malha 50%, com irrigação intermitente, até a aclimação, para posterior transplântio.



Figura 1. Início da produção das mudas clonais (estaqueamento) (a); enxertia por garfagem em fenda cheia (b); final do processo de enxertia, com o isolamento do corte (c); enxertias cobertas com sacos plásticos (d); muda enxertada, transplantada para o vaso (e).

Coleta do solo e montagem do experimento

O solo foi previamente selecionado (Tabela 2), coletado à profundidade de 10-20 cm, seco à sombra, homogeneizado em peneira de malha 2,0 mm, separado em amostras de volume de 10 dm³ e acondicionado em vasos plásticos com capacidade para 14 dm³. A correção da acidez do solo foi realizada de acordo com os critérios recomendados para o cultivo do cafeeiro conilon (PREZOTTI et al., 2007).

Tabela 2. Atributos químicos do Latossolo Vermelho amarelo distrófico, antes da instalação do experimento

Atributos	Valores
pH (H ₂ O) ¹	5,25
P (mg/dm ³) ²	0,52
K (mg/dm ³) ³	64,00
Ca (cmol _d /dm ³) ⁴	0,48
Mg (cmol _c /dm ³) ⁴	0,35
Al (cmol _c /dm ³) ⁵	0,45
H + Al (cmol _c /dm ³) ⁶	4,21
SB (cmol _c /dm ³)	1,00
CTC (t) (cmol/dm ³)	1,45
CTC (T) (cmol/dm ³)	5,21
V (%)	19,23
m (%)	31,00
Areia (%) ⁷	46,00
Silte (%) ⁷	9,00
Argila (%) ⁷	45,00

¹pH em água (relação 1:2,5); ²Extraído por Mehlich⁻¹ e determinado por colorimetria; ³Extraído por Mehlich⁻¹ e determinado por fotometria de chama; ⁴Extraído com cloreto de potássio 1 mol L⁻¹ e determinado por titulometria; ⁵Extraído com cloreto de potássio 1 mol L⁻¹ e determinado por espectrofotômetro de absorção atômica; ⁶Extraído com acetato de cálcio 0,5 mol L⁻¹, pH 7,0 e determinado por titulação; ⁷Método da Pipeta (Agitação Lenta); (EMBRAPA, 1997).

As quantidades de nutrientes fornecidas foram calculadas de acordo com metodologia proposta por Novais et al. (1991), aplicados via solo, através de solução de sais (pro analyse). A adubação com P e K foi realizada em dose única no ato do transplântio, incorporado ao substrato. A adubação com N foi realizada em 4 aplicações em cobertura, iniciando 15 dias após o transplântio, com intervalo de 30 dias entre aplicações. Os micronutrientes foram fornecidos via foliar, com duas aplicações conforme recomendado por Verdin Filho et al. (2013).

Para a realização da irrigação, foi necessário determinar o peso de cada parcela experimental na capacidade de campo, sendo o peso na capacidade de campo inicial. Após o plantio, todos os vasos foram saturados com água e deixados em drenagem livre até atingirem a umidade na capacidade de campo, conforme realizado por Rodrigues et al. (2015).

Após a determinação do peso na capacidade de campo inicial, foi calculada a lâmina de irrigação. Para o cálculo dos pesos dos vasos, foi utilizado o software FerCADS (v1.0) (COLODETTI et al, 2015). Ao final da tarde de todos os dias, foi realizado o monitoramento do peso dos vasos, de modo a reaproximar a umidade do solo, diariamente, em nível de 80% de água disponível.

Características avaliadas

Aos 180 dias após o transplântio (Figura 1a), foi avaliado o número de folhas (NF); altura de planta – medida com o auxílio de uma régua graduada (cm); volume de raízes (VR) - obtido após a lavagem direta do substrato com água, imergindo as raízes em água dentro de uma proveta graduada (mL); área foliar (cm²) (AF) – determinada de acordo com a metodologia proposta por Barros et al. (1973) e aprimorada para o café conilon por Brinate et al. (2015).

Para avaliação da produção de biomassa, os materiais foram secos em estufa de circulação forçada a 60 °C até atingir peso constante e, pesados em balança analítica de precisão (SHIMADZU AUW-220D; precisão: 0.001g) (Figura 2), onde foram determinadas a matéria seca de folhas (MSF), matéria seca do caule (MSC), matéria seca de raiz (MSR) e matéria seca total (MST), obtida da soma de MSF, MSC e MSR, todas expressas em gramas.

Variáveis fisiológicas

Aos 180 dias, foram avaliadas as trocas gasosas (Figura 2), com o auxílio de um avaliador de gás por infravermelho (Licor 6400XT, Nebraska, EUA) na condição de 450 ppm de CO² e 1000 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ de irradiância. As avaliações foram realizadas durante o período da manhã, entre 8:00 e 11:00 horas, em folhas completamente expandidas do terceiro ou quarto par, em duas folhas, e os parâmetros foram expressos como a média da avaliação da parcela experimental.

Os parâmetros de trocas gasosas avaliados foram: assimilação líquida de carbono (A), expressa em $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$; condutância estomática (g_s), expressa em

$\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$; taxa de transpiração (E), expressa em $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ e concentração subestomática de CO_2 (C_i), expressa em $\mu\text{mol mol}^{-1}$.



Figura 2. Combinações de enxertia de *Coffea canephora* sendo conduzidas (a); avaliação de trocas gasosas (b); pesagem da biomassa seca (c).

Análise dos dados

Os dados foram submetidos à análise de variância e na presença de diferenças significativas, foi realizada a comparação das médias dos tratamentos, em relação ao pé-franco, através do teste de Dunnett em 5% de probabilidade, utilizando-se o programa de análise estatística SISVAR (FERREIRA, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Todos os tratamentos apresentaram em seus autoenxertos (LB1/LB1, 02/02), diferença do pé-franco, com médias inferiores a este (Tabela 3). Dessa forma, verifica-se que o ato da enxertia interferiu no crescimento inicial.

O genótipo LB1 quando enxertado sobre o 14, teve seu crescimento diferenciado do pé-franco, apresentando menores médias, porém, quando enxertado sobre o Robusta tropical, apresentou número de folhas e área foliar semelhantes ao pé-franco.

Tabela 3. Valores médios de altura (ALT), número de folhas (NF), área foliar (AF) e volume de raiz (VR), no desenvolvimento inicial de *Coffea canephora* não enxertados (pé-franco) e enxertados

	ALT ⁽¹⁾	NF	AF ⁽²⁾	VR ⁽³⁾
LB1 (pé-franco)	32,20	21,00	677,35	30,50
vs LB1/LB1	24,00*	12,00*	433,17*	18,25*
vs LB1/14	19,00*	8,00*	279,99*	10,00*
vs LB1/RT	24,80*	17,00 ^{ns}	628,40 ^{ns}	15,00*
02 (pé-franco)	24,75	26,00	1101,36	44,25
vs 02/02	18,70*	18,00*	723,37*	21,50*
vs 02/14	18,60*	21,00 ^{ns}	453,37*	14,25*
vs 02/RT	24,50 ^{ns}	23,00 ^{ns}	681,17*	23,00*
CV	12,39	22,90	20,84	27,78

* e ^{ns}: Significativos e não-significativos, respectivamente, pelo teste "Dunnet" em 5 % de probabilidade. ⁽¹⁾ cm; ⁽²⁾ cm²; ⁽³⁾ mL.

Para o genótipo 02, quando enxertado sobre o 14, verificou-se diferença para volume de raiz, área foliar e altura, com menores médias, produzindo, porém, número de folhas semelhante ao pé-franco. Quando a enxertia ocorreu sobre o Robusta Tropical, a planta apresentou menor área foliar e volume de raiz, porém, obteve altura e número de folhas semelhante ao seu pé-franco.

Assim, verifica-se que os genótipos LB1 e 02 quando enxertados sobre o Robusta Topical, tiveram inicialmente seu desenvolvimento retardado com o processo de enxertia, porém, com 180 dias foram capazes de se recuperar e apresentar resultados semelhantes aos seus respectivos pés-francos.

Quando os genótipos foram enxertados sobre o genótipo 14, verifica-se que as plantas tiveram seu crescimento inicial prejudicado pelo ato da enxertia e nos 180 dias avaliados, não conseguiram se recuperar.

Analisando o acúmulo de matéria seca no desenvolvimento inicial de *C. canephora* não enxertados (pé-franco) em relação aos enxertados (Tabela 4), verifica-se que os autoenxertos do clone LB1 foram semelhantes no acúmulo de matéria seca de raiz e foliar, e diferentes para matéria seca de caule e total, com médias menores que as do pé-franco.

A combinação de enxertia LB1/14 se diferenciou do pé-franco para todas as variáveis de matéria seca estudadas, com médias inferiores. Já o LB1/RT foi semelhante ao pé-franco em todas as matérias secas estudadas, demonstrando assim, afinidade entre o LB1 e o Robusta Tropical, e que o ato da enxertia entre

esses genótipos possibilitou uma recuperação rápida, de modo a se igualar ao pé-franco, com 180 dias.

Tabela 4. Valores médios de matéria seca (g) de raiz (MSR), caule (MSC), folhas (MSF) e total (MST), no desenvolvimento inicial de *Coffea canephora* não enxertados (pé-franco) e enxertados

	MSR⁽¹⁾	MSC⁽¹⁾	MSF⁽¹⁾	MST⁽¹⁾
LB1 (pé-franco)	7,17	2,86	7,06	17,08
vs LB1/LB1	5,48 ^{ns}	1,51*	4,81 ^{ns}	11,80*
vs LB1/14	3,06*	1,03*	2,30*	6,39*
vs LB1/RT	5,12 ^{ns}	3,12 ^{ns}	7,57 ^{ns}	15,80 ^{ns}
02 (pé-franco)	11,80	3,19	10,73	25,71
vs 02/02	6,02*	1,94*	6,04*	14,00*
vs 02/14	5,63*	2,00*	4,17*	11,79*
vs 02/RT	7,38*	3,80 ^{ns}	8,33 ^{ns}	17,42*
CV	24,53	25,43	19,91	18,37

* e ^{ns}: Significativos e não-significativos, respectivamente, pelo teste “Dunnet” em 5 % de probabilidade.

Estudando o acúmulo de matéria seca para o clone 02, observa-se que o seu autoenxerto, para todas as variáveis de matéria seca estudada, assim como para crescimento, apresentou médias inferiores ao pé-franco, demonstrando assim que o efeito da enxertia retardou o desenvolvimento inicial.

Estudando a tolerância à seca em clones de café conilon contrastantes quanto à sensibilidade ao déficit hídrico, Silva et al. (2010), também verificaram que o processo de enxertia reduziu inicialmente a biomassa total da planta, em relação aos resultados do pé-franco. Porém, na análise dos parâmetros biométricos, não foram verificados sintomas de incompatibilidade entre os clones.

A combinação 02/RT foi semelhante ao pé-franco para o acúmulo de matéria seca de caule e folhas, demonstrando assim, afinidade entre esses dois genótipos, de modo a superar o efeito da enxertia com 180 dias.

Essa afinidade entre os clones 02 e LB1 enxertados sobre o Robusta Tropical pode ser em função de semelhanças anatômicas entre os materiais genéticos, facilitando o processo de cicatrização entre o enxerto e o porta-enxerto; ou em função do padrão de absorção de água e nutrientes, em quantidade e composição semelhantes (ARAUJO et al., 2011; PARTELLI et al., 2014); ou bioquímico, devido à

ausência de substâncias orgânicas, que possam causar interferência no comportamento entre os órgãos vegetais (DIAS et al., 2008).

Avaliando o crescimento de mudas propagadas por enxertia e por estaquia no cafeeiro Conilon (Andrade Junior et al., 2013), é possível notar que clones de *C. canephora* enxertados sobre o Robusta tropical apresentaram superioridade em quase todas as características avaliadas, principalmente quando no enxerto utilizou-se o clone 02, apresentando o maior vigor, concluindo ter esta combinação melhor adaptação às condições adversas do clima e do solo.

A enxertia alterou as trocas gasosas das plantas (Tabela 5), em praticamente todos os tratamentos, apresentando médias diferentes aos respectivos pés-francos. Somente o autoenxerto do clone 02 apresentou semelhança ao pé-franco, para média de assimilação de carbono.

Tabela 5. Valores médios de assimilação líquida de carbono (*A*), condutância estomática (*g_s*), concentração subestomática de CO₂ (*C_i*) e taxa de transpiração (*E*), no desenvolvimento inicial de *Coffea canephora* não enxertados (pé-franco) e enxertados

	<i>A</i> ⁽¹⁾	<i>g_s</i> ⁽²⁾	<i>C_i</i> ⁽³⁾	<i>E</i> ⁽²⁾
LB1 (pé-franco)	11,762	61,566	127,875	1,366
vs LB1/LB1	3,711*	55,725*	321,000*	1,798*
vs LB1/14	9,550*	82,216*	243,416*	2,176*
vs LB1/RT	5,950*	63,929*	282,166*	1,661*
02 (pé-franco)	10,312	65,120	178,666	1,551
vs 02/02	10,293 ^{ns}	89,016*	244,458*	2,308*
vs 02/14	7,556*	111,625*	314,916*	3,922*
vs 02/RT	4,590*	40,325*	250,166*	1,065*
CV	3,20	0,78	3,19	0,76

* e ^{ns}: Significativos e não-significativos, respectivamente, pelo teste “Dunnet” em 5 % de probabilidade. ⁽¹⁾ μmol m² s⁻¹; ⁽²⁾ mmol m² s⁻¹; ⁽³⁾ ppm.

Para o genótipo LB1, todos os enxertos se diferiram do pé-franco, porém, verifica-se que de modo geral, os tratamentos apresentaram menores médias de assimilação de carbono e maiores médias de condutância estomática, concentração subestomática de CO₂ e taxa de transpiração.

O genótipo 02 quando enxertado sobre o 14 apresentou menor média de assimilação de carbono, e assim como o autoenxerto (02/02) maiores médias de

condutância estomática, concentração subestomática de CO₂ e taxa de transpiração, quando comparado ao seu respectivo pé-franco.

Com as diferentes respostas observadas nos tratamentos do genótipo LB1 e o 02/14, acredita-se que a redução da fotossíntese aconteceu em decorrência de alguma limitação bioquímica e não difusiva.

Quando o genótipo 02 foi enxertado sobre o Robusta Tropical, verificou-se menores médias de assimilação de carbono, condutância estomática e taxa de transpiração, e maior concentração subestomática de CO₂ em relação ao seu pé-franco. Desse modo, possivelmente a limitação da fotossíntese foi difusiva, onde o fechamento estomático aumenta a resistência de difusão do CO₂ para o sítio de carboxilação da Rubisco, levando possivelmente a uma redução da taxa fotossintética (DaMATTA; MAESTRI; BARROS, 1997; CAI et al., 2005; SILVA et al., 2006).

As diferentes interações entre copas e porta-enxertos podem resultar em distintos equilíbrios fisiológicos ou graus de afinidade, podendo influenciar no crescimento e na produção do cafeeiro (PAIVA et al., 2012; DIAS et al., 2013).

De modo geral, a enxertia em si, interferiu de forma mais pronunciada nos genótipos de *C. canephora*, no volume de raiz, retardando o desenvolvimento inicial e nas trocas gasosas, ocasionando respostas diferenciadas entre as combinações.

Com 180 dias de cultivo, observou-se que a enxertia interferiu no crescimento das plantas, porém elas conseguiram se recuperar quanto a altura, número de folhas, área foliar e conseqüentemente, no acúmulo de biomassa, onde o fator enxertia parece ter sido diluído com o tempo. Acredita-se que se as plantas fossem cultivadas em vasos maiores e por mais dias, resultados até superiores ao pé-franco poderiam ser verificados para os tratamentos estudados.

Foi observado uma tendência de menor crescimento e ganho de matéria seca quando o porta-enxerto utilizado foi o clone 14. Porém, quando os clones 02 e LB1 foram enxertados sobre o Robusta Tropical, geralmente verifica-se um maior crescimento e desenvolvimento das plantas.

No momento da realização da enxertia, maior dificuldade de união entre o enxerto e porta-enxerto foi verificada para o genótipo 14, devido ao fato de seu caule ser menos lignificado e mais flexível, principalmente quando o enxerto utilizado era o genótipo LB1. Diferentemente, quando se utilizava o Robusta Tropical como porta-

enxerto, maior facilidade de operação da enxertia e união entre as partes era possível, devido ao seu caule ser mais enrijecido.

No estudo de porta-enxertos afetando o desenvolvimento de plantas de *Coffea arabica* L., Tomaz et al. (2005) verificaram que a enxertia em café pode influenciar positiva ou negativamente o desenvolvimento das plantas, quando se comparam diferentes combinações entre enxerto e porta-enxerto com os respectivos pés-francos.

CONCLUSÕES

A enxertia interfere no crescimento inicial de materiais de *C. canephora*. Inicialmente, a utilização da variedade semínifera Robusta Tropical como porta-enxerto para os genótipos LB1 e 02 é capaz de proporcionar, crescimento e acúmulo de biomassa semelhante aos seus respectivos pés-francos, certamente por efeitos de afinidade entre esses genótipos.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE JÚNIOR; ALEXANDRE, R. S.; SCHMILDT, E. R.; PARTELLI, F. L.; FERRÃO, M. A. G.; MAURI, A. L. Comparison between grafting and cutting as vegetative propagation methods for conilon coffee plants. **Acta Scientiarum**. Maringá, v. 35, n. 4, p. 461-469, 2013.
- ARAUJO, G.L.; REIS, E.F. dos; MORAES, W.B.; GARCIA, G. de O.; NAZÁRIO, A. A. Influência do déficit hídrico no desenvolvimento inicial de duas cultivares de café conilon. **Irriga**, v.16, p.115-124, 2011.
- BARROS, R. S.; MAESTRI, M.; VIEIRA, M.; BRAGA-FILHO, L. J. Determinação da área de folhas de café (*Coffea arabica* L. cv. Bourbon Amarelo). **Revista Ceres**, v. 20, n. 107, p. 44-52, 1973.
- BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas**: noções básicas. 2. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2003. 41 p.

BRINATE, S.V.B.; MARTINS, L.D.; RODRIGUES, W.N; COLODETTI, T.V.; AMARAL, J.F.T.; TOMAZ, M.A. Accuracy of linear methods to estimate the leaf area of genotypes of conilon coffee. **African Journal of Agricultural Research**, v.10, n.30, p.2955-2960, 2015.

CAI, Z. Q.; CHEN, Y. J.; GUO, Y. H.; CAO, K. F. Responses of two field-grown coffee species to drought and rehydration. **Photosynthetica**, Prague, v.43, p. 187-193, 2005.

COLODETTI, T. V.; RODRIGUES, W. N.; MARTINS, L. D.; BRINATE, S. V. B.; REIS, E. F.; RODRIGUES, R. R.; PIZETTA, S. C.; TOMAZ, M. A. **FerCADS**: ferramenta para cálculo da água disponível no solo em ambiente controlado (v. 1.0). 2015.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Acompanhamento da safra brasileira: café**. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/18_01_22_11_30_59_cafe_janeiro2018.pdf>. Acesso em: 23 jan. de 2018.

DaMATTA, F. M.; MAESTRI, M.; BARROS, R. S. Photosynthetic performance of two coffee species under drought. **Photosynthetica**, Prague, v. 34, p. 257-264, 1997.

DIAS, P. D.; 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 IAC 2258. **Semina: ciências agrárias**, Londrina, v. 34, n. 1, p. 29-36, 2013.

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 IAC 2258. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, n. 2, p. 484-487, 2009.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – Embrapa. **Manual de métodos de análises de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1997. 212p.

FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F.A.; FERRÃO, M. A. G.; De MUNER, L. H. (Ed.). **Café conilon**. Vitória: INCAPER, 2017. 784p.

- FERRÃO, R. G. et al. **Café conilon**: técnicas de produção com variedades melhoradas. 4. ed. revisada e ampliada. Vitória, ES: Incaper, 2012. (Incaper: Circular Técnica, 03-I), 74 p.
- FERREIRA, D. A.; REZENDE, R. M.; REZENDE, J.C.; CARVALHO, G. R.; CARVALHO, A. M.; PEREIRA, T. M. Crescimento de cafeeiros enxertados cultivados em solução nutritiva. **Coffee Science**, v.9, n.3, p.312-318, 2014.
- FERREIRA, D. F. SISVAR: A computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v.35. p.1039-1042, 2011.
- GOMES, N. M.; LIMA, L. A.; CUSTÓDIO, A. A. Crescimento vegetativo e produtividade do cafeeiro irrigado no sul do Estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 11, p. 564-570, 2007.
- ICO - International Coffee Organization. **Statistics**. Disponível em: <<http://www.ico.org/documents/cy2013-14/wsiteenglish/sc-13-e.htm>> Acesso em 17 ago. 2017.
- NOVAIS, R. F.; NEVES, J. C. L.; BARROS, N. F. Ensaio em ambiente controlado. In: OLIVEIRA, A. J.; GARRIDO, W. E.; ARAÚJO, J. D.; LOURENÇO, S. (coord.). **Métodos de pesquisa em fertilidade do solo**. Brasília: Embrapa SEA, p.189-255, 1991.
- PAIVA, R. F.; MENDES, A. N. G.; CARVALHO, G. R.; REZENDE, J. C.; FERREIRA, A. D.; CARVALHO, A. M. Comportamento de cultivares de cafeeiros *C. arabica* L. enxertados sobre cultivar 'Apoatã IAC 2258' (*Coffea canephora*). **Ciência rural**, Santa Maria, v. 42, n. 7, p. 155-1160, 2012.
- PARTELLI, F.L.; COVRE, A.M.; OLIVEIRA, M.G.; ALEXANDRE, R.S.; VITÓRIA, E.L. da; SILVA, M.B. da. Root system distribution and yield of 'Conilon' coffee propagated by seeds or cuttings. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.49, p.349-355, 2014.
- PEZZOPANE, J. R. M.; CASTRO, F. S.; PEZZOPANE, J. E. M.; BONOMO, R.; SARAIVA, G. S. Zoneamento de risco climático para a cultura do café Conilon no Estado do Espírito Santo. **Revista Ciência Agronômica**, v. 41, n. 03, p. 341-348, 2010.

PREZOTTI, L. C.; GOMES, J. A.; DADALTO, G. G.; OLIVEIRA, J. A. de. **Manual de recomendação de calagem e adubação para o Estado do Espírito Santo: 5ª aproximação**. Vitória: SEEA/INCAPER/CEDAGRO, 2007. 305p.

RODRIGUES, R. R. ; PIZETTA, S. C ; REIS, E. F. ; GARCIA, G. O. Disponibilidade hídrica no solo no desenvolvimento inicial do cafeeiro conilon. **Coffee Science**, v.10, p. 46-55, 2015.

SILVA, A. L. et al. Variability of water balance components in a coffee crop in Brazil. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 63, p. 105-114, 2006.

SILVA, A. L.; ROVERATTI, R.; REICHARDT, K.; BACCHI, O. O. S.; TIMM, L. C.; BRUNO, I. P.; OLIVEIRA, J. C. M.; DOURADO NETO, D. Variability of water balance components in a coffee crop in Brazil. **Scientia Agricola**, v.63, p.105-114, 2006.

SILVA, P. E. M; CAVATTE, P. C.; MORAIS, L. E.; MEDINA, E. F.; DAMATTA, F.M. The functional divergence of biomass partitioning, carbon gain and water use in *Coffea canephora* in response to water supply: implications for breeding aimed at improving drought tolerance. **Environmental and Experimental Botany**, v.87, p.49–57, 2013.

SILVA, V. A.; ANTUNES, W. C.; GUIMARÃES, B. L. S.; PAIVA, R. M. C.; SILVA, V. F.; FERRÃO, M. A. G.; DaMATTA, F. M.; LOUREIRO, M. E. Resposta fisiológica de clone de café Conilon sensível à deficiência hídrica enxertado em porta-enxerto tolerante. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 5, p.457-464, 2010.

TOMAZ, M. A.; MARTINEZ, H. E. P.; RODRIGUES, W. N.; FERRARI, R. B.; PEREIRA, R. B.; ZAMBOLIM, L.; SAKIYAMA, N. S. Eficiência de absorção e utilização de boro, zinco, cobre e manganês em mudas enxertadas de cafeeiro. **Revista Ceres**, v. 58, n.1, p. 108-114, 2011.

TOMAZ, M. A.; MARTINEZ, H. E. P.; SAKIYAMA, N. S.; CRUZ, C. D.; PEREIRA, A. A. Absorção, translocação e utilização de zinco, cobre e manganês por mudas enxertadas de *Coffea arabica*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, p.377-384, 2006.

TOMAZ, M. A.; SAKIYAMA, N. S.; MARTINEZ, H. E. P.; CRUZ, C; PEREIRA, A. A.; FREITAS, R. S. de. Porta-enxertos afetando o desenvolvimento de mudas de *Coffea arabica* L. **Ciência Rural**, v.35, n.6, p.570-575, 2005.

VERDIN FILHO, A. C.; BRINATE, S. V. B.; TOMAZ, M. A.; NOGUEIRA, N. O.; MACHADO, L. S. **Adubação foliar do cafeeiro**. In TOMAZ, M. A.; AMARAL, J. F. T. do; OLIVEIRA, F. L. de; COELHO, R. I. (Org.) Tópicos especiais em produção vegetal IV. 1. ed. Alegre, ES: CAUFES, 2013. 694 p.: il.

CAPÍTULO 02

CRESCIMENTO INICIAL DE ENXERTOS DE *Coffea canephora* SUBMETIDOS AO BAIXO SUPRIMENTO DE NITROGÊNIO

RESUMO

Na busca por uma cafeicultura sustentável, a redução de gastos energéticos com fertilizantes se faz necessária, e a forma de se obter isso sem impactar na produtividade é através da utilização de plantas mais eficientes nutricionalmente. Diante disso, estudou-se o desenvolvimento inicial e eficiência de combinações de enxertia entre genótipos de *C. canephora* (LB1/14, LB1/RT, 02/14 e 02/RT), sob suprimento ideal e deficitário de nitrogênio. Para isso, as combinações foram submetidas a duas doses de N (100% e 20% da recomendação), em um ambiente protegido, em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições, onde se avaliou o desenvolvimento inicial, trocas gasosas e eficiência nutricional quanto ao N. Os resultados demonstraram que de modo geral, a combinação 02/RT foi a que apresentou maior acúmulo de biomassa no crescimento inicial, nas duas condições de fornecimento de N. Tanto no suprimento adequado quanto no déficit, a combinação LB1/14 foi a que apresentou maior eficiência de absorção de N, e o 02/RT a maior eficiência de utilização.

ABSTRACT

In the quest for sustainable coffee cultivation, the reduction of energy costs with fertilizers is necessary, and the way to achieve this without impacting on productivity is through the use of more nutritionally efficient plants. Therefore, the initial development and efficiency of grafting combinations between genotypes of *C. canephora* (LB1 / 14, LB1 / RT, 02/14 and 02/RT), under optimal and deficient nitrogen supply, were studied. For this, the treatments were submitted to two doses of N (100% and 20% of the recommendation) in a completely randomized design with four replications, where initial development, gas exchange and nutritional efficiency were evaluated. The combination of LB1 / 14 and LB1 / 14 was found to be the most efficient in the development of the N supply. The one that presented greater efficiency of absorption of N, and the 02 / RT the greater efficiency of use.

INTRODUÇÃO

Com a expansão da atividade cafeeira, os produtores começaram a utilizar áreas de baixa precipitação pluvial e com solos de baixa fertilidade, que somadas às oscilações climáticas que vêm ocorrendo últimos anos, as plantas vêm passando por estresses hídrico e conseqüentemente, nutricional, principalmente no período de crescimento vegetativo, formação e enchimento de grãos.

O estresse nos períodos de maior exigência da planta em água e nutrientes resulta em menor crescimento e má formação dos grãos, que ficam menores e mais leves, ocasionando quebra na produtividade (CONAB, 2015), além de sérios problemas ao cultivo.

Dos nutrientes essenciais, o que propicia ao cafeeiro maior vulnerabilidade a estresse é o nitrogênio, por ser exigido em maior quantidade de acordo com Malavolta et al. (2002) e Carelli et al. (2006). No cafeeiro conilon, o N é o nutriente de maior acúmulo e conseqüentemente, o de maior exigência, com grande importância para o crescimento e produção da planta (BRAGANÇA et al., 2008; BRAGANÇA et al., 2010; CLEMENTE et al., 2013; COLODETTI et al., 2014; COLODETTI et al., 2015; MACHADO et al., 2016).

O suprimento adequado de nitrogênio é essencial para a formação das estruturas vegetativas: folha, caule e raiz, além de atuar no florescimento e enchimento dos frutos, interferindo diretamente na produtividade (QUINTELA et al., 2011).

Dessa forma, grande importância é dada ao suprimento de nitrogênio às plantas, gerando assim, forte dependência de insumos, elevando os custos de produção além de causar problemas ambientais, quando utilizados de forma inadequada. Para a melhoria deste panorama, programas de melhoramento têm despertado interesse na exploração do potencial adaptativo de genótipos em condições adversas (CARDOSO, 2010).

Como forma de propiciar o desenvolvimento de plantas em áreas limitantes, estudos têm buscado a enxertia como estratégia, de forma a combinar genótipos potenciais, utilizando plantas produtivas enxertadas sobre plantas com sistema radicular mais robusto e resistente.

Diversas combinações enxerto/porta-enxerto têm sido utilizadas com êxito, resultando em vantagens diversas, como elevada produtividade e maior vigor das plantas (FAHL et al., 2001), maior eficiência no aproveitamento de nutrientes (TOMAZ et al., 2004; TOMAZ et al., 2005; ALFONSI et al., 2005; TOMAZ et al., 2009; FERREIRA et al., 2010; TOMAZ et al., 2011), tolerância a nematoides (BERTRAND et al., 2001) e adaptação às condições de estresse hídrico (SILVA et al., 2010; ANDRADE JÚNIOR et al., 2013).

Com isso, observa-se na enxertia, a oportunidade de estudos mais aprofundados, de maneira a possibilitar o aumento do vigor e da eficiência de absorção e de utilização de nitrogênio, em plantas de *C. canephora*.

Objetivou-se estudar o desenvolvimento inicial e a eficiência nutricional de combinações de enxertia entre genótipos de *C. canephora*, diante do suprimento adequado e deficitário de nitrogênio.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da área experimental

O experimento foi desenvolvido no município de Caparaó – MG (20°32'13.40"S; 41°53'20.69"O; 810m), em casa de vegetação, sendo esta uma estufa coberta com filme plástico transparente, com lanternim para ocorrer a troca de ar, disposta no sentido de deslocamento do sol, de forma que a temperatura média obtida no local foi de 30°C.

Delineamento experimental

O experimento foi conduzido em esquema fatorial 2x4, sendo os fatores doses de nitrogênio em dois níveis, 20% e 100% da recomendação de Novais et al. (1991), e enxertia em quatro níveis, sendo eles os clones LB1 e 02 enxertados sobre o Robusta Tropical (LB1/RT e 02/RT) e os clones LB1 e 02 enxertados sobre o clone 14 (LB1/14 e 02/14), seguindo um delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições.

A escolha dos materiais de *C. canephora* utilizados partiu do estudo das características de cada um, de forma a se obter dois materiais com atributos desejáveis da parte aérea, como elevada produtividade e vigor, sendo assim escolhidos os clones 02 (mais plantado dentre os materiais clonais e responsivo à adubação) e LB1 (mais plantado atualmente) e dois com características desejáveis de sistema radicular, como rusticidade e tolerância à seca, como a variedade Robusta Tropical e o clone 14 (Tabela 6).

Tabela 6. Identificação dos materiais de *Coffea canephora* utilizados

Material	Cultivar disponibilizada	Característica
02	Vitória - Incaper 8142	Produtividade elevada ⁽¹⁾
LB1	Jequitibá – Incaper 8122	Produtividade elevada ⁽¹⁾
14	Robustão Capixaba – Encaper 8141	Tolerante a seca ^{(1) (2)} Propagação vegetativa
RT	Robusta Tropical Encapa 8151	Tolerante a seca ⁽¹⁾ Propagação seminal

⁽¹⁾Ferrão et al. (2017); ⁽²⁾Silva et al. (2013).

Preparo das mudas e enxertia

A semeadura do Robusta Tropical, bem como a propagação dos clones por estaquia, foram realizadas em sacos de polietileno 11 x 22 cm, contendo substrato adequado para a produção de mudas (FERRÃO et al., 2012).

A enxertia foi realizada por garfagem em fenda cheia, conforme realizado por Silva et al. (2010) e Andrade Júnior et al. (2013), quando as mudas, tanto as clonais quanto as propagadas por semente estavam com dois pares de folhas.

Após a enxertia, as plantas foram cobertas com sacos plásticos (por 20 dias), de forma a manter a umidade da folha próxima de 100%, e mantidas em viveiro coberto com sombrite de malha 50%, com irrigação intermitente, até a aclimação, para posterior transplântio.

Coleta do solo e montagem do experimento

O solo foi previamente selecionado (Tabela 7) coletado à profundidade de 10-20 cm, de forma a evitar o efeito da matéria orgânica, foi seco à sombra, homogeneizado em peneira de malha 2,0 mm, separado em amostras de volume de 10 dm³ e acondicionado em vasos plásticos com capacidade para 14 dm³. A correção da acidez do solo foi realizada de acordo com os critérios recomendados para o cultivo do cafeeiro conilon (PREZOTTI et al., 2007).

As quantidades de nutrientes fornecidos foram calculadas de acordo com metodologia proposta por Novais et al. (1991), aplicados via solo, através de solução de sais (pro analyse). A adubação com P e K foi realizada em dose única de KH₂PO₄ no ato do transplântio, incorporado ao substrato. A adubação com nitrogênio foi

realizada em 4 aplicações de ureia em cobertura, iniciando aos 30 dias após o transplante, com intervalo de 30 dias entre aplicações.

Tabela 7. Atributos químicos do Latossolo Vermelho amarelo distrófico, antes da instalação do experimento

Atributos	Valores
pH (H ₂ O) ¹	5,25
P (mg/dm ³) ²	0,52
K (mg/dm ³) ³	64,00
Ca (cmol _c /dm ³) ⁴	0,48
Mg (cmol _c /dm ³) ⁴	0,35
Al (cmol _c /dm ³) ⁵	0,45
H + Al (cmol _c /dm ³) ⁶	4,21
SB (cmol _c /dm ³)	1,00
CTC (t) (cmol/dm ³)	1,45
CTC (T) (cmol/dm ³)	5,21
V (%)	19,23
m (%)	31,00
Areia (%) ⁷	46,00
Silte (%) ⁷	9,00
Argila (%) ⁷	45,00

¹pH em água (relação 1:2,5); ²Extraído por Mehlich⁻¹ e determinado por colorimetria; ³Extraído por Mehlich⁻¹ e determinado por fotometria de chama; ⁴Extraído com cloreto de potássio 1 mol L⁻¹ e determinado por titulometria; ⁵Extraído com cloreto de potássio 1 mol L⁻¹ e determinado por espectrofotômetro de absorção atômica; ⁶Extraído com acetato de cálcio 0,5 mol L⁻¹, pH 7,0 e determinado por titulação; ⁷Método da Pipeta (Agitação Lenta); ²Método da Proveta; (EMBRAPA, 1997).

De acordo com os tratamentos, foram fornecidas as doses de N referentes aos níveis de 20% e 100% do recomendado para ambiente controlado (NOVAIS et al., 1991). Os micronutrientes foram fornecidos via foliar, com duas aplicações conforme recomendado por Verdin Filho et al. (2013).

Para a realização da irrigação, foi necessário determinar o peso de cada parcela experimental na capacidade de campo, onde após o plantio, todos os vasos foram saturados com água e deixados em drenagem livre até atingirem a umidade na capacidade de campo, conforme realizado por Rodrigues et al. (2015).

Após a determinação do peso na capacidade de campo inicial, foi calculada a lâmina de irrigação. Para o cálculo dos pesos dos vasos, foi utilizado o software FerCADS (v1.0) (COLODETTI et al, 2015). Ao final da tarde de todos os dias, foi

realizado o monitoramento do peso dos vasos, de modo a reaproximar a umidade do solo, diariamente, em nível de 80% de água disponível.

Características avaliadas

Ao final do experimento (180 dias), as plantas foram cortadas, separadas em raiz, caule e folhas, acondicionadas em sacos de papel, os quais foram secos em estufa de circulação forçada a 60 °C até atingir peso constante e, pesados em balança analítica de precisão (SHIMADZU AUW-220D; precisão: 0.00001g), onde foram determinadas a matéria seca de folhas (MSF), matéria seca do caule (MSC), matéria seca de raiz (MSR), matéria seca da parte aérea (MSPA) obtida pelo somatório de MSF com MSC, matéria seca total (MST) obtida da soma de MSPA com MSR, todas expressas em gramas.

O material vegetal seco foi triturado com o auxílio de um moinho (CIENLAB CE-430; 8 lâminas, 1725 rpm, malha 20 mesh) para obtenção de um pó homogêneo, e analisado quimicamente para determinação do teor de nitrogênio nos tecidos vegetais, de acordo com as metodologias descritas pela Embrapa (1997).

Com a determinação da matéria seca e do conteúdo de nitrogênio na planta, foram calculados os índices abaixo descritos:

Equação 1 – Eficiência de absorção

Eficiência de absorção ($mg\ g^{-1}$) = $\frac{\text{conteúdo de nutriente na planta (mg)}}{\text{massa de matéria seca de raiz (g)}}$, (SWIADER et al., 1994);

Equação 2 – Eficiência de translocação

Eficiência de translocação (%) = $\frac{\text{conteúdo do nutriente na parte aérea (g)}}{\text{conteúdo do nutriente na planta (g)}} * 100$, (LI et al., 1991);

Equação 3 – Eficiência de utilização

Eficiência de utilização ($g^2\ mg^{-1}$) = $\frac{[\text{massa de matéria seca total (g)}]^2}{\text{conteúdo de nutriente na planta (g)}}$, (SIDDIQI; GLASS, 1981);

Aos 180 dias também foram avaliadas as trocas gasosas, com o auxílio de um medidor de gás por infravermelho (Licor 6400XT, Nebraska, EUA) na condição de 450 ppm de CO₂ e 1000 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ de irradiância. As avaliações foram realizadas durante o período da manhã, entre 8:00 e 11:00 horas, em folhas completamente expandidas do terceiro ou quarto par, em lados opostos, e os parâmetros foram expressos como a média da avaliação de todas as folhas da parcela experimental.

Os parâmetros de trocas gasosas avaliados foram: assimilação líquida de carbono (A), expressa em $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$; condutância estomática (g_s), expressa em $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$; taxa de transpiração (E), expressa em $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ e concentração subestomática de CO₂ (C_i), expressa em ppm.

Os dados foram analisados utilizando o programa de análise estatística SISVAR (FERREIRA, 2011), submetendo-os à análise de variância e na presença de diferenças significativas, os mesmos foram estudados através do teste de Tukey, para comparação das médias, em nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve interação significativa entre os fatores enxertia e nitrogênio, através da análise de variância, (significância $p \leq 0,05$) para as combinações de enxertos de *C. canephora*, sob condição normal e deficitária de fornecimento de nitrogênio, em ambiente controlado.

Avaliando as matérias secas das combinações de enxertia (Tabela 8), observa-se que o 02/RT apresentou maior acúmulo de biomassa que os demais, apresentando maiores médias, nas duas doses de N, diferentemente do LB1/14, que apresentou as menores médias, para todas as variáveis estudadas.

A combinação LB1/RT apresentou maior acúmulo de biomassa na dose de 100% em relação à de 20% de N, para MSPA e MST. Os demais tratamentos não apresentaram diferença de matéria seca, entre as doses de 100 e 20% de N. Possivelmente isso ocorreu porque o pouco nutriente fornecido na dose de 20%, pode ter sido suficiente para atender as demandas iniciais da planta, durante os 150 dias sob efeito do tratamento.

Tabela 8. Valores médios de matéria seca de raiz (MSR), matéria seca de caule (MSC), matéria seca de folhas (MSF) e matéria seca total (MST), no crescimento inicial de combinações de enxertos de *Coffea canephora*, sob condição normal e deficitária de fornecimento de nitrogênio

Enxerto	MSR ⁽²⁾		MSPA ⁽²⁾		MST ⁽²⁾	
	100 ⁽¹⁾	20 ⁽¹⁾	100 ⁽¹⁾	20 ⁽¹⁾	100 ⁽¹⁾	20 ⁽¹⁾
LB1/14	3,180 cA	2,950 cA	3,370 dA	3,295 cA	6,320 dA	6,475 cA
LB1/RT	6,073abA	5,120 bA	10,687 bA	6,435 bB	15,807 bA	12,507 bB
02/14	4,735 bA	5,627 bA	6,417 cA	6,375 bA	12,045 cA	11,110 bA
02/RT	7,212 aA	7,382 aA	12,275 aA	11,28 aA	19,657 aA	18,495 aA
CV	13,11		9,52		8,23	

Médias seguidas da mesma letra, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). ⁽¹⁾ Dose de nitrogênio (100 e 20% da recomendação, Novais et al, 1991); ⁽²⁾ g.

Para os conteúdos de nitrogênio nos tecidos das combinações de enxertia analisadas (Tabela 9), verifica-se que no conteúdo da raiz, na dose 100% de N, as combinações LB1/14, 02/14 e 02/RT, se diferiram do LB1/RT, com maiores médias. Na dose de 20% de N, LB1/14, LB1/RT e 02/14 se diferiram do 02/RT, apresentando maiores médias.

Tabela 9. Valores médios de conteúdo de nitrogênio na raiz (CNR), caule (CNC), folhas (CNF) e total (CNT), no crescimento inicial de combinações de enxertos de *Coffea canephora*, sob condição normal e deficitária de fornecimento de nitrogênio

Enxerto	CNR ⁽²⁾		CNC ⁽²⁾		CNF ⁽²⁾		CNT ⁽²⁾	
	100 ⁽¹⁾	20 ⁽¹⁾	100 ⁽¹⁾	20 ⁽¹⁾	100 ⁽¹⁾	20 ⁽¹⁾	100 ⁽¹⁾	20 ⁽¹⁾
LB1/14	1,604 aA	1,475 aA	1,322 aA	1,077 aB	1,742 cB	2,016 aA	4,669 aA	4,570
LB1/RT	1,169 bB	1,454 aA	1,137 bA	1,048 aB	2,265 aA	1,831 bB	4,573 aA	4,335
02/14	1,429 abA	1,347 aA	1,169 bA	1,080 aB	1,931 bcA	1,821 bA	4,531 aA	4,249
02/RT	1,390 abA	1,162 bB	1,173 bA	0,856 bB	2,055 abA	1,358 bB	4,619 aA	3,378
CV	9,89		3,49		7,16		4,41	

Médias seguidas da mesma letra, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). ⁽¹⁾ Dose de nitrogênio (100 e 20% da recomendação, Novais et al, 1991); ⁽²⁾ dag.Kg⁻¹.

Entre as doses, observa-se que na raiz, o 02/RT apresentou maior teor de N quando suprido com a dose ideal (100%). Resultado diferente foi verificado na combinação LB1/RT, que quando suprido com a menor dose de N, apresentou maior teor desse nutriente, quando comparado com a dose 100%.

No caule, quando as combinações foram supridas com a dose 100% de N, a maior média do conteúdo deste nutriente foi da combinação LB1/14, se diferenciando das demais. Já na dose 20%, as maiores médias foram das

combinações LB1/14, LB1/RT e 02/14, se diferenciando da 02/RT. Comparando as doses no conteúdo do caule verifica-se que todas as combinações apresentaram maiores médias quando supridas com a dose de 100% da recomendação de N.

Nas folhas, maiores médias de conteúdo de N foram verificadas nas combinações de enxertia sobre o Robusta Tropical (LB1/RT e 02/RT), quando supridos com a dose ideal de N (100%). Na dose de 20%, a maior média ficou com a combinação LB1/14, se diferenciando das demais. Já quanto às doses de N, comportamentos diferenciados foram verificados, as combinações sobre o Robusta Tropical apresentaram maior conteúdo de N, quando supridos de forma adequada (100% da recomendação), em relação à dose de 20%.

Totalizando o conteúdo de N, verificou-se que para a dose de 100%, não houve diferença entre as combinações de enxertia. Já para a dose de 20% de N, as maiores médias foram das combinações LB1/14, LB1/RT e 02/14, se diferenciando da 02/14. Entre as doses, as combinações 02/14 e 02/RT apresentaram diferença significativa, com maiores médias na dose de 100% de N, em relação à de 20%, as demais combinações não diferiram.

De forma geral, observa-se que as combinações que tiveram o clone 14 como porta-enxerto (LB1/14 e 02/14) nas duas doses de N, apresentaram maior conteúdo acumulado no sistema radicular. As combinações sobre o porta-enxerto Robusta Tropical (LB1/RT e 02/RT), para a dose de 100% de N, apresentaram maior conteúdo deste nutriente nas folhas, em relação aos demais tratamentos. Na raiz, o LB1/RT foi o que apresentou menor conteúdo de N.

Nos tratamentos com déficit de N, verifica-se que o LB1/14, de modo geral, apresentou maior conteúdo desse nutriente na raiz, caule e folhas, contrário do que aconteceu com 02/RT, que apresentou as menores médias. O LB1/RT e 02/14 apresentaram maior conteúdo de N na raiz e caule e menor nas folhas.

Visando estudar o acúmulo de matéria seca e dos nutrientes N, P e K em diferentes materiais genéticos de café conilon, Prezoti e Bragança (2012) verificaram maior acúmulo de matéria seca de raiz para o Robusta Tropical e o clone 02, assim como maior acúmulo de matéria seca de parte aérea. Acredita-se que a afinidade obtida pela combinação 02/RT, permitiu também a maior produção de matéria seca tanto de raiz quanto de parte aérea, neste trabalho.

O clone 14 é propagado de forma assexuadamente, por estaquia, diferentemente do Robusta Tropical, propagado sexuadamente via seminífera, o que

proporciona sistemas radiculares diferentes. Isso está ligado diretamente à absorção de N, uma vez que a quantidade de nitrogênio absorvida varia em função da quantidade de raízes e da taxa de absorção por unidade de peso de raiz (moles NO_3^- ou NH_4^+ $\text{h}^{-1} \text{g}^{-1}$ raiz) (BREDEMEIER; MUNDSTOCK, 2000). Esses autores relatam ainda que o N uma vez absorvido, pode ser assimilado na própria raiz ou ser transportado para as folhas, onde, então, ocorre a sua assimilação.

Dessa forma, pode ser uma característica do clone 14 como porta-enxerto, quando suprido corretamente com N, acumular mais esse nutriente em seu sistema radicular, diferente do Robusta Tropical, que proporciona maior acúmulo de N nas folhas de seus enxertos. Possivelmente, devido a isso, o LB1/14 acumulou mais N nas folhas, na dose 20% em relação à de 100%, o que aconteceu também com o LB1/RT para raiz, que obteve maior conteúdo de N na dose 20%.

Ao analisar as trocas gasosas das plantas estudadas (Tabela 10), pode-se observar que para assimilação líquida de carbono, na dose 100% a combinação LB1/14 se diferiu das demais, apresentando maior média e o 02/RT o que apresentou a menor, para as duas doses. Com exceção do LB1/14, as combinações de enxertia apresentaram diferença entre as doses, com maior média na dose 100%.

Tabela 10. Valores médios de assimilação líquida de carbono (*A*), condutância estomática (*g_s*), concentração subestomática de CO_2 (*C_i*) e taxa de transpiração (*E*), no crescimento inicial de combinações de enxertos de *Coffea canephora*, sob condição normal e deficitária de fornecimento de nitrogênio

Enxerto	<i>A</i> ⁽²⁾		<i>g_s</i> ⁽³⁾		<i>C_i</i> ⁽³⁾		<i>E</i> ⁽³⁾	
	100 ⁽¹⁾	20 ⁽¹⁾	100 ⁽¹⁾	20 ⁽¹⁾	100 ⁽¹⁾	20 ⁽¹⁾	100 ⁽¹⁾	20 ⁽¹⁾
LB1/14	14,711 aA	14,730 aA	0,082 bB	0,119 aA	243,416 cA	222,833 cB	2,176 bB	3,087
LB1/RT	5,950 cA	4,727 bB	0,063 cB	0,067 bA	282,166 bA	318,708 aB	1,661 cB	1,748
02/14	7,556 bA	5,108 bB	0,111 aA	0,043 cB	314,916 aA	244,166 bB	3,922 aA	1,259
02/RT	4,590 dA	2,824 cB	0,040 dA	0,021 dB	250,166 cA	225,666 cB	1,065 dA	0,567
CV	3,46		0,91		3,27		0,65	

Médias seguidas da mesma letra, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). ⁽¹⁾ Dose de nitrogênio (100 e 20% da recomendação, Novais et al, 1991); ⁽²⁾ $\mu\text{mol m}^2 \text{s}^{-1}$; ⁽³⁾ $\text{mmol m}^2 \text{s}^{-1}$; ⁽⁴⁾ ppm.

Para condutância estomática, verificou-se diferença entre as médias, onde maiores valores foram observados para a combinação 02/14 na dose de 100% de N, e para o LB1/14 na dose 20%. As menores médias de condutância estomática foram verificadas na combinação 02/RT, para as duas doses de N. Analisando as doses

para esta variável, as combinações de enxertia 02/14 e 02/RT apresentaram maiores médias nas doses de 100%. Já LB1/14 e LB1/RT se comportaram de forma contrária, apresentando maiores médias nas doses de 20%.

Para a concentração subestomática de CO₂, na dose 100% de N, a combinação 02/14 se diferenciou das demais, apresentando maior média, já na dose 20% a maior média foi do LB1/RT. As combinações 02/RT e LB1/14 tanto na dose de 100% como na de 20% se diferiram apresentando as menores médias. Fazendo uma comparação entre as doses, verifica-se que todas as combinações apresentaram maior média na dose de 100% de N.

Analisando a taxa de transpiração, verifica-se diferença entre as doses, no suprimento adequado de N (100%), maior média foi apresentada pela combinação 02/14 e na dose 20% pela combinação LB1/14. Nas duas doses de N, o 02/RT se diferiu, apresentando menor média entre as combinações. Fazendo uma análise entre as doses, verificou-se que as combinações com o genótipo LB1 como enxerto (LB1/14 e LB1/RT), apresentaram maior taxa de transpiração na menor dose de N, já as combinações com o genótipo 02 como enxerto (02/14 e 02/RT), apresentaram maior taxa de transpiração na dose 100% de N.

As combinações 02/14 e 02/RT apresentaram diferença entre as doses, apresentando maiores médias quando supridas com a dose ideal de N, o que pode estar relacionado a características vinculadas ao clone 02.

O genótipo 02 se destacou em estudos realizados com clones de *C. canephora*, devido à sua eficiência quanto à utilização de N (COLODETTI et al., 2014; MACHADO et al., 2016), sendo recomendado até para cultivos com alto potencial tecnológico, onde, além da eficiência nutricional, sua capacidade de resposta pode ser explorada. Devido a isso, o clone 02 compõe três cultivares clonais recomendadas de café conilon, porém, sempre relacionado à demanda para nutrientes e água (MARTINS et al., 2016).

Com a redução da dose de N (20% da recomendação), observa-se menor A , g_s , C_i e E , acredita-se então que a limitação da fotossíntese foi difusiva, onde o fechamento estomático aumenta a resistência de difusão do CO₂ para o sítio de carboxilação da Rubisco, levando possivelmente a uma redução da taxa fotossintética (DaMATTA; MAESTRI; BARROS, 1997; CAI et al., 2005; SILVA et al., 2006).

As combinações com o genótipo LB1 como enxerto (LB1/14 e LB1/RT), apresentaram menores médias de A e C_i , e maiores de g_s e E , quando supridos com 20% da dose recomendada de N. Dessa forma, acredita-se que a limitação da fotossíntese não foi difusiva, e sim bioquímica.

O aumento da A com o maior suprimento de N também foi verificado por DaMatta et al. (2002), no estudo de plantas de *Coffea canephora* submetidas a variações no suprimento de N em diferentes regimes hídricos. Isso acontece porque, apesar de apresentar baixas taxas fotossintéticas, em relação às demais espécies, o cafeeiro é altamente dependente de N (MALAVOLTA et al., 2002; CARELLI et al., 2006)

A capacidade fotossintética depende do suprimento de nitrogênio, pois este nutriente está grandemente alocado nas proteínas foliares envolvidas no processo fotossintético (EVANS, 1983; EVANS; SEEMANN, 1984; SEEMANN et al., 1987).

Sendo assim, em condições de deficiência desse nutriente, pode haver bloqueio na síntese de citocinina, hormônio responsável pelo crescimento das plantas, o que culmina na redução do tamanho e desenvolvimento das mesmas (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Dessa forma, o suprimento adequado de nitrogênio é essencial para a formação das estruturas vegetativas: folhas, caule e raízes (QUINTELA et al., 2011; TAIZ; ZEIGER, 2013), fato esse que pode ser observado no acúmulo de biomassa total para os clones enxertados sobre o Robusta Tropical (Tabela 8).

Analisando os valores médios de eficiência quanto ao N (Tabela 11), pode-se observar que para a eficiência de absorção de N, houve diferença entre os tratamentos. Verifica-se que o LB1/14 apresentou maiores médias, nas duas doses de N, demonstrando assim ser o mais eficiente na obtenção desse nutriente do solo. Já a combinação 02/RT foi a que apresentou menor eficiência de absorção, com menores valores médios, uma vez que este proporcionou maior acúmulo de massa radicular, para um mesmo CNT que os demais, na dose 100% de N e até para um menor CNT na dose deficitária.

Fazendo um comparativo entre as doses para a variável eficiência de absorção, com exceção da combinação 02/14, os tratamentos LB1/14, LB1/RT e 02/RT apresentaram maior EAN na dose de 100% de N, em relação à dose de 20%.

Tabela 11. Valores médios de eficiência de absorção (EAN), translocação (ETN) e utilização de nitrogênio (EUN), no crescimento inicial de combinações de enxertos de *Coffea canephora*, sob condição normal e deficitária de fornecimento de nitrogênio

Enxerto	EAN ⁽²⁾		ETN ⁽³⁾		EUN ⁽⁴⁾	
	100 ⁽¹⁾	20 ⁽¹⁾	100 ⁽¹⁾	20 ⁽¹⁾	100 ⁽¹⁾	20 ⁽¹⁾
LB1/14	16,259 aA	14,036 aB	65,650 bA	67,704 aA	0,852 dA	0,919 cA
LB1/RT	9,174 bA	7,234 bB	74,780 aA	66,367 aB	5,478 bA	3,623 bB
02/14	8,770 bA	8,814 bA	68,446 bA	68,285 aA	3,241 cA	2,908 bA
02/RT	6,338 bA	4,758 cB	69,901 bA	65,578 aB	8,389 aB	10,166 aA
CV	8,73		3,60		17,94	

Médias seguidas da mesma letra, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). ⁽¹⁾ Dose de nitrogênio (100 e 20% da recomendação, Novais et al, 1991); ⁽²⁾ mg g⁻¹; ⁽³⁾ %; ⁽⁴⁾ g² mg⁻¹.

Analisando a eficiência de translocação de N, verifica-se que para a dose de 100% de N, o LB1/RT se diferiu dos demais, apresentando maior média, uma vez que este apresentou maior CNF, para um CNT semelhante entre os tratamentos. (Tabela 9). Para a dose de 20%, não houve diferença entre os tratamentos.

Diferença entre as doses de N foi verificada para as combinações LB1/RT e 02/RT, apresentando maior ETN na dose de 100% de N, em relação à de 20%, o que foi evidenciado por esses tratamentos terem proporcionado maior conteúdo de N nas folhas. As demais combinações não diferiram entre doses.

Quanto à utilização de N, o tratamento 02/RT se diferiu, demonstrando ser mais eficiente que os demais, apresentando maiores médias de EUN, para as duas doses de N. Isso é verificado devido ao fato de ter acumulado maior MST (Tabela 8) para um CNT (Tabela 9) semelhante entre as combinações, na dose 100% de N. Na dose 20% de N, maior EUN foi observada devido ao 02/RT ter apresentado menor CNT (Tabela 9) e maior acúmulo de matéria seca (Tabela 8), destacando sobre os demais.

De modo geral, a combinação LB1/14 apresentou maior CNR (Tabela 9) e maior EAN (Tabela 11), porém obteve menor EUN, sendo assim ineficiente no aproveitamento do N absorvido, resultando assim em menor acúmulo de matéria seca, tanto de raiz quanto de parte aérea.

Diante dos resultados, verifica-se menor afinidade de enxertia, entre os genótipos LB1 e 14. Acredita-se que isso aconteceu devido à maior dificuldade de união entre o enxerto e porta-enxerto no momento da enxertia, verificada para esses

genótipos, devido a seus caules serem menos lignificados e mais flexíveis, o que dificulta o processo de enxertia por garfagem e conseqüentemente a união entre as partes.

A combinação LB1/RT foi a que apresentou maior sensibilidade de resposta às doses de N. Na dose de 100% ela apresentou menor EAN, porém maior ETN, o que resultou em maior CNF, possibilitando assim um bom acúmulo de matéria seca na parte aérea. Já na dose de 20% de N, apresentou menor EAN, boa ETN, porém a maior parte de seu conteúdo de N ficou na raiz e no caule, com menor produção de matéria seca que o 02/RT.

Das combinações de enxertia, a que teve menor sensibilidade de resposta às doses de N foi o 02/14, apresentando médias semelhantes, na maioria das variáveis analisadas.

Menor EAN e ETN foi observada na combinação 02/RT, porém, esta foi mais eficiente na utilização do N, apresentando maior crescimento que os demais, com maior acúmulo de matéria seca. A obtenção de plantas com sistema radicular mais vigoroso e bem desenvolvido, promove conseqüentemente, maior eficiência na aquisição e utilização de nutrientes e água do solo e, assim, influencia positivamente no crescimento e na produtividade (RAMOS et al., 1982).

Resultados diferenciados quanto à eficiência nutricional em combinações de enxertia foram observados em diversos trabalhos. Objetivando reproduzir condições próximas às encontradas em campo, Tomaz et al. (2009) estudaram a eficiência nutricional quanto à absorção e utilização de N, P e S em plantas de *C. arabica* enxertadas em *C. canephora*, visando conhecer preliminarmente o potencial dos porta-enxertos. Os autores puderam evidenciar que a eficiência nutricional quanto à utilização de N, P e S variou em função da combinação de enxerto e porta-enxerto, assim como observado no presente trabalho para as eficiências de absorção, translocação e utilização do N pelas diferentes combinações de enxerto e porta-enxerto.

Eficiências nutricionais distintas (absorção, transporte e utilização) de N em combinações de enxerto (Catuaí Vermelho IAC 15, Oeiras MG 6851, H 419-10-3-1-5 e H 514-5-5-3) e porta-enxerto (Apoatã LC 2258, Conilon, Emcapa 8141 e Mundo Novo IAC 376/4), foram verificadas no estudo de mudas enxertadas de *C. arabica* em porta-enxertos de *C. canephora* (TOMAZ et al., 2004).

CONCLUSÕES

Independente do suprimento de nitrogênio a combinação 02/RT apresenta maior acúmulo de biomassa que as demais, no desenvolvimento inicial; a combinação LB1/14 apresenta maior eficiência de absorção de nitrogênio; e a 02/RT maior eficiência de utilização de nitrogênio.

REFERÊNCIAS

- ALFONSI, 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**, v. 64, n. 1, p. 1-13, 2005.
- ANDRADE JÚNIOR; ALEXANDRE, R. S.; SCHMILDT, E. R.; PARTELLI, F. L.; FERRÃO, M. A. G.; MAURI, A. L. Comparison between grafting and cutting as vegetative propagation methods for conilon coffee plants. **Acta Scientiarum**, v.35, n.4, p.461-469, 2013.
- BERTRAND, B.; ETIENNE, H.; ESKES, A. Growth, production, and bean quality of *Coffea arabica* affected by interspecific grafting: consequences for rootstock breeding. **Hortscience**, v.36, n.2, p.269-273, 2001.
- BRAGANÇA, S. M.; MARTINEZ, H. E. P.; LEITE, H. G.; SANTOS, L. P.; LANI, J. A.; SEDIYAMA, C. S.; ALVAREZ V., V. H. Acumulação de matéria seca pelo cafeeiro conilon. **Revista Ceres**, v. 57, n. 1, p. 48-52, 2010.
- BRAGANÇA, S. M.; MARTINEZ, H. H. P.; LEITE, H. G.; SANTOS, L. P.; SEDIYAMA, C. S.; ALVAREZ V., V. H.; LANI, J. A. Accumulation of macronutrients for the conilon coffee tree. **Journal of Plant Nutrition**, v. 3, n. 1, p. 103-120, 2008.
- BREDEMEIER, C.; MUNDSTOCK, C. M. Regulation of nitrogen absorption and assimilation in plants. **Ciencia Rural**, Santa Maria, v. 30, p. 365-372, 2000.
- CAI, Z. Q.; CHEN, Y. J.; GUO, Y. H.; CAO, K. F. Responses of two field-grown coffee species to drought and rehydration. **Photosynthetica**, Prague, v. 43, p. 187-193, 2005.

- CARDOSO, P. M. R. Análise biométrica da eficiência nutricional para nitrogênio em café (*Coffea arabica* L.). 2010, 100p. **Dissertação de Mestrado**, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes – RJ, 2010.
- CARELLI, M. L. C.; FAHL, J. I.; RAMALHO, J. D.C. Aspects of nitrogen metabolism in coffee plants. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v.18, p.9-21, 2006.
- CLEMENTE, J. A.; MARTINEZ, H. E. P.; ALVES, L. C.; LARA, M. C. R. Effect of N and K doses in nutritive solution on growth, production and coffee bean size. **Revista Ceres**, v. 60, n. 2, p. 279-285, 2013.
- COLODETTI, T. V.; RODRIGUES, W. N.; MARTINS, L. D.; BRINATE, S. V. B.; REIS, E. F.; RODRIGUES, R. R.; PIZETTA, S. C.; TOMAZ, M. A. **FerCADS**: ferramenta para cálculo da água disponível no solo em ambiente controlado (v. 1.0). 2015a.
- COLODETTI, T. V.; RODRIGUES, W. N.; MARTINS, L. D.; BRINATE, S. V. B.; TOMAZ, M. A.; AMARAL, J. F. T. Nitrogen availability modulating the growth of improved genotypes of *Coffea canephora*. **African Journal of Agricultural Research**, v.10, p.3150-3156, 2015b.
- COLODETTI, T. V.; RODRIGUES, W. N.; MARTINS, L. D.; TOMAZ, M. A. Differential tolerance between genotypes of conilon coffee ('*Coffea canephora*') to low availability of nitrogen in the soil. **Australian Journal of Crop Science**, v.8, n.1, p.1648-1657, 2014.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Acompanhamento da safra brasileira: café**. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_06_10_09_24_57_boletim_cafe_junho_2015.pdf>. Acesso em: 19 jul. de 2015.
- DA MATTA, F. M.; MAESTRI, M.; BARROS, R. S. Photosynthetic performance of two coffee species under drought. **Photosynthetica**, Prague, v. 34, p. 257-264, 1997.
- DaMATTA, F. M.; LOOS, R.A.; SILVA, E. A.; LOUREIRO, M. E.; DUCATTI, C. Effects of soil water deficit and nitrogen nutrition on water relations and photosynthesis of pot-grown *Coffea canephora* Pierre. **Trees**, v.16, n.8, p.555–558, 2002.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – Embrapa. **Manual de métodos de análises de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1997. 212p.

EVANS, J. R. Nitrogen and photosynthesis in the flag leaf of wheat (*Triticum aestivum* L.). **Plant Physiology**, v. 72, p. 297-302, 1983.

EVANS, J. R.; SEEMANN, J. R. Differences between wheat genotypes in specific activity of RuBP carboxilase and the relationship to photosynthesis. **Plant Physiology**, v. 74, p. 759-765, 1984.

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

FERRÃO, R. G. et al. **Café conilon**: técnicas de produção com variedades melhoradas. 4. ed. revisada e ampliada. Vitória, ES: Incaper, 2012. (Incaper: Circular Técnica, 03-I), 74 p.

FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F.A.; FERRÃO, M. A. G.; De MUNER, L. H. (Ed.). **Café conilon**. Vitória: INCAPER, 2017. 784p.

FERREIRA, A. D.; CARVALHO, A. M. C.; MENDES, A. N. G.; CARVALHO, G. R.; BOTELHO, C. E.; CARVALHO, J. G. Absorção, translocação e eficiência no uso dos macronutrientes em cafeeiros (*Coffea arabica* L.) enxertados em Apoatã IAC 2258 (*Coffea canephora*). **Interciência**, v. 35, n. 11, p. 818-822, 2010.

FERREIRA, D. F. SISVAR: A computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**. v.35, 1039-1042, 2011.

LI, B.; MCKEAND, S. E.; ALLEN, H. L. Genetic variation in nitrogen use efficiency of loblolly pine seedlings. **Forest Science**, v.37, n.2, p.613-626, 1991.

MACHADO, L. S.; MARTINS, L. D.; RODRIGUES, W. N.; FERREIRA, D. S.; CÔGO, A. D.; TOMAZ, M. A.; AMARAL, J. F. T. Efficiency and response of conilon coffee genotypes to nitrogen supply. **African Journal of Biotechnology**, v.15, n.35, p. 1892-1898, 2016.

MALAVOLTA, E.; FAVARIN, J. L.; MALAVOLTA, M.; CABRAL, C. P.; HEINRICH, R.; SILVEIRA, J. S. M. Repartição de nutrientes nos ramos, folhas e flores do cafeeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.37, p.1017-1022, 2002.

MARTINS, L. D., et al. Genotypes of conilon coffee can be simultaneously clustered for efficiencies of absorption and utilization of N, P and K. **African journal of agricultural research**, v.11, p.3633-3642, 2016.

NOVAIS, R. F.; NEVES, J. C. L.; BARROS, N. F. Ensaio em ambiente controlado. In: OLIVEIRA, A. J.; GARRIDO, W. E.; ARAÚJO, J. D.; LOURENÇO, S. (coord.). **Métodos de pesquisa em fertilidade do solo**. Brasília: Embrapa SEA, p.189-255, 1991.

PREZOTTI, L. C.; GOMES, J. A.; DADALTO, G. G.; OLIVEIRA, J. A. de. **Manual de recomendação de calagem e adubação para o Estado do Espírito Santo: 5ª aproximação**. Vitória: SEEA/INCAPER/CEDAGRO, 2007. 305p.

QUINTELA, M. P.; SILVA, T. J. A.; BONFIM-SILVA, E. M.; SILVA, E. F. F.; BEBÉ, F. V. Parâmetros produtivos e nutricionais do cafeeiro submetido adubação nitrogenada na região de Garanhuns. **Revista Caatinga**, v. 24, n. 4, p. 74-79, 2011.

RAMOS, L. C. S., LIMA, M. M. A., CARVALHO, A. Crescimento do sistema radicular e da parte aérea em plantas jovens de cafeeiros. **Bragantia**, v.41, n.9, p.91-99, 1982.

RODRIGUES, R. R. ; PIZETTA, S. C ; REIS, E. F. ; GARCIA, G. O. Disponibilidade hídrica no solo no desenvolvimento inicial do cafeeiro conilon. **Coffee Science**, v.10, p. 46-55, 2015.

SEEMANN, J. R.; SHAI EY, T. D.; WANG, J. L.; OSMOND, C. B. Environmental effects on photosynthesis, nitrogen use efficiency, and metabolic pools in leaves of sun and shade plants. **Plant Physiology**, v. 84, p. 796-802, 1987.

SIDDIQI, M. Y.; GLASS, A. D. M. Utilization index: a modified approach to the estimation and comparison of nutrient utilization efficiency in plants. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v.4, n.3, p. 289-302, 1981.

SILVA, A. L. et al. Variability of water balance components in a coffee crop in Brazil. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 63, p. 105-114, 2006.

SILVA, P. E. M; CAVATTE, P. C.; MORAIS, L. E.; MEDINA, E. F.; DAMATTA, F.M. The functional divergence of biomass partitioning, carbon gain and water use in *Coffea canephora* in response to water supply: implications for breeding aimed at improving drought tolerance. **Environmental and Experimental Botany**, v.87, p.49-57, 2013.

SILVA, V. A.; ANTUNES, W. C.; GUIMARÃES, B. L. S.; PAIVA, R. M. C.; SILVA, V. F.; FERRÃO, M. A. G.; DaMATTA, F. M.; LOUREIRO, M. E. Resposta fisiológica de clone de café Conilon sensível à deficiência hídrica enxertado em porta-enxerto tolerante. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 5, p.457-464, 2010.

SWIADER, J.M.; CHYAN, Y. & FREIJI, F.G. Genotypic differences in nitrate uptake and utilization efficiency in pumpkin hybrids. **Journal of Plant Nutrition**, v.17, p.1687-1699, 1994.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5 ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918 p.

TOMAZ, M. A.; MARTINEZ, H. E. P.; CRUZ, C. D.; FREITAS, R. S.; PEREIRA, A. A.; SAKIYAMA, N. S. Eficiência relacionada à absorção e utilização de nitrogênio, fósforo e enxofre, em plantas de cafeeiros enxertadas, cultivadas em vasos. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, n. 4, p. 993-1001, 2009.

TOMAZ, M. A.; MARTINEZ, H. E. P.; SAKIYAMA, N. S.; CRUZ, C. D.; PEREIRA, A. A. Absorção, translocação e utilização de zinco, cobre e manganês por mudas enxertadas de *Coffea arabica*. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, p.377-384, 2006.

TOMAZ, M. A.; SAKIYAMA N.S.; MARTINEZ, H. E. P.; MARTINS, L. D.; FREITAS, R. S.; PEREIRA A. P. Porta-enxertos afetando o crescimento e a produção de plantas de *Coffea arabica* L. **Revista de Ciências Agrárias (Lisboa)**, v. 34, p. 229-237, 2011.

TOMAZ, M. A.; SAKIYAMA, N. S.; MARTINEZ, H. E. P.; CRUZ, C. D.; ZAMBOLIM, L.; PEREIRA, A. A. Comparison of nutritional efficiency among hydroponic grafted young coffee trees for N, P, and k. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 4, p. 92-99, 2004.

TOMAZ, M. A.; SAKIYAMA, N. S.; MARTINEZ, H. E. P.; CRUZ, C; PEREIRA, A. A.; FREITAS, R. S. de. Porta-enxertos afetando o desenvolvimento de mudas de *Coffea arabica* L. **Ciência Rural**, v.35, n.6, p.570-575, 2005.

VERDIN FILHO, A. C.; BRINATE, S. V. B.; TOMAZ, M. A.; NOGUEIRA, N. O.; MACHADO, L. S. **Adubação foliar do cafeeiro**. In TOMAZ, M. A.; AMARAL, J. F. T. do; OLIVEIRA, F. L. de; COELHO, R. I. (Org.) Tópicos especiais em produção vegetal IV. 1. ed. Alegre, ES: CAUFES, 2013. 694 p.: il.

CAPÍTULO 03

CRESCIMENTO INICIAL DE ENXERTOS DE *Coffea canephora* SUBMETIDOS AO DÉFICIT HÍDRICO

RESUMO

A restrição hídrica tem se tornado um dos principais problemas enfrentados nas regiões de cultivo de *C. canephora*, principalmente mediante as oscilações climáticas dos últimos anos. Dessa forma, buscou-se estudar o desenvolvimento inicial e a eficiência de uso da água, de combinações de enxertia entre genótipos de *C. canephora* (LB1/14, LB1/RT, 02/14 e 02/RT), sob disponibilidade adequada e deficitária de água. Para isso, as combinações foram submetidas a duas condições de fornecimento de água, sendo o controle, onde foi fornecido 80% da água disponível e o déficit com fornecimento de 25 % da água disponível, sob delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições. Foi avaliado o desenvolvimento inicial, trocas gasosas e eficiência intrínseca e instantânea de uso da água. A combinação 02/RT foi a que apresentou melhor desenvolvimento inicial sob condição adequada de fornecimento de água e o 02/14 para a condição de déficit. As combinações LB1/14 e LB1/RT no controle apresentaram maior eficiência intrínseca e eficiência instantânea de uso da água, já em déficit, o LB1/14 apresentou maior eficiência intrínseca e instantânea de uso da água.

ABSTRACT

Water restriction has become one of the main problems faced in *C. canephora* growing regions, mainly due to the climatic oscillations of recent years. Thus, we aimed to study the initial development and efficiency of water use, of grafting combinations between genotypes of *C. canephora* (LB1 / 14, LB1 / RT, 02/14 and 02 / RT), under adequate and deficit availability of water. For this, the combinations were submitted to two conditions of water supply, being the control, where 80% of the available water and the deficit (25% of available water) were supplied under a completely randomized design with four replications. Initial development, gas exchange and intrinsic and instantaneous water use efficiency were evaluated. In general, the 02 / RT combination was the one with the best initial development under adequate water supply condition and the 02/14 for the deficit condition. The LB1 / 14 and LB1 / RT combinations in the control showed higher intrinsic efficiency and instant efficiency of water use, while in deficit, LB1 / 14 presented higher intrinsic and instantaneous water use efficiency.

INTRODUÇÃO

O café conilon cultivado no Espírito Santo é o responsável por cerca de 70% da produção nacional dessa espécie, em uma área de 260 mil hectares. (CONAB,

2016). Esse destaque se dá devido à maior parte do estado apresentar condições favoráveis para o cultivo da espécie (PEZZOPANE et al., 2010).

Com boas condições de cultivo e obtenção de elevada produtividade, a atividade cafeeira se expandiu, de modo que os produtores começaram a utilizar áreas marginais, com a ocorrência de elevadas temperaturas, baixa precipitação pluvial ou chuvas mal distribuídas (MARTINS et al., 2017), o que pode ocasionar períodos prolongados de seca e grande insolação, ocasionando deficiência hídrica, principal fator limitante à produção (RONCHI; DaMATTA, 2017).

O déficit hídrico na planta, tendo como consequência a intensa restrição fotossintética, resulta em impactos negativos no metabolismo vegetal, ocasionando a diminuição da produtividade agrícola de várias espécies de importância econômica no mundo (CATTIVELLI et al., 2008), o que justifica estudos voltados para a seleção de materiais e técnicas de cultivo relacionadas à tolerância e/ou resistência ao déficit hídrico. Dessa forma, tem-se buscado cada vez mais compreender o comportamento das plantas em condições de seca, buscando melhorar a produtividade, diante dessa situação (CATTIVELLI et al., 2008). O cafeeiro necessita de água facilmente disponível no solo em seu desenvolvimento inicial, nas fases vegetativas e reprodutivas, para se desenvolver e produzir satisfatoriamente. (SILVA; REIS, 2007).

Como forma a possibilitar o cultivo em condições ambientais limitantes, existe uma série de mecanismos fisiológicos, morfológicos e bioquímicos expressados pelas plantas de café quando submetidas a essas situações, o que tem despertado o interesse de estudos de combinações de enxertia, como forma de promover a expressão de mecanismos desejáveis nas plantas de café (TOMAZ et al., 2011; FERREIRA et al., 2014).

A técnica da enxertia pode possibilitar o cultivo em áreas limitantes, onde o porta-enxerto poderá conferir à planta maior profundidade no perfil do solo, o que permitirá explorar maior volume do mesmo, podendo por sua vez, maximizar o potencial genético de produção em anos com déficit hídrico acentuado (GOMES et al., 2007).

Estudos relacionados com cafeeiros enxertados e submetidos a diferentes níveis de disponibilidade hídrica são relevantes para o avanço do conhecimento em relação ao comportamento destas plantas face às limitações ambientais, permitindo, por exemplo, inferir sobre o comportamento do conjunto em relação à tolerância à seca (TOMAZ et al., 2013).

Resultados obtidos por Silva et al. (2010) sugerem ser a enxertia, com o uso de porta-enxertos tolerantes à seca, uma importante técnica para aumentar a tolerância ao déficit hídrico em café conilon.

O Objetivo deste trabalho foi estudar o desenvolvimento inicial de combinações de enxertia entre genótipos de *C. canephora* sob disponibilidade adequada e deficitária de água, em casa de vegetação.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da área experimental

O experimento foi desenvolvido no município de Caparaó – MG (20°32'13.40"S; 41°53'20.69"O; 810m), em casa de vegetação, sendo esta uma estufa coberta com filme plástico transparente, com lanternim para ocorrer a troca de ar, disposta no sentido de deslocamento do sol, de forma que a temperatura média obtida no local foi de 30°C.

Delineamento experimental

O experimento foi conduzido em esquema fatorial 2x4, sendo os fatores disponibilidade hídrica em dois níveis (adotou-se como condição adequada o nível de 80% de água disponível no solo e 25% para a situação de restrição), e enxertia em quatro níveis, sendo eles os clones LB1 e 02 enxertados sobre o Robusta Tropical (LB1/RT e 02/RT) e os clones LB1 e 02 enxertados sobre o clone 14 (LB1/14 e 02/14), seguindo um delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições.

A escolha dos materiais de *C. canephora* utilizados partiu do estudo das características de cada um, de forma a se obter dois materiais com atributos desejáveis de parte aérea, como elevada produtividade e vigor, sendo assim escolhidos os clones 02 (mais plantado dentre os materiais clonais e responsivo à adubação) e LB1 (mais plantado atualmente) e dois com características desejáveis de sistema radicular, como rusticidade e tolerância à seca, como a variedade Robusta Tropical e o clone 14 (Tabela 12).

Tabela 12. Identificação dos materiais de *Coffea canephora* utilizados

Material	Cultivar disponibilizada	Característica
02	Vitória - Incaper 8142	Produtividade elevada ⁽¹⁾
LB1	Jequitibá – Incaper 8122	Produtividade elevada ⁽¹⁾
14	Robustão Capixaba – Encaper 8141	Tolerante a seca ^{(1) (2)} Propagação vegetativa
RT	Robusta Tropical Encapa 8151	Tolerante a seca ⁽¹⁾ Propagação seminal

⁽¹⁾Ferrão et al. (2017); ⁽²⁾Silva et al. (2013).

Preparo das mudas e enxertia

A semeadura do Robusta Tropical, bem como a propagação dos clones por estaquia, foram realizadas em sacos de polietileno 11 x 22 cm, contendo substrato adequado para a produção de mudas (FERRÃO et al., 2012).

A enxertia foi realizada por garfagem em fenda cheia, conforme realizado por Silva et al. (2010) e Andrade Júnior et al. (2013), quando as mudas, tanto clonais quanto as propagadas por semente, estavam com dois pares de folhas.

Após a enxertia, as plantas foram cobertas com sacos plásticos (por 20 dias), de forma a manter a umidade da folha próxima de 100%, e mantidas em viveiro coberto com sombrite de malha 50%, com irrigação intermitente, até a completa aclimação para posterior transplântio.

Coleta do solo e montagem do experimento

O solo foi previamente selecionado (Tabela 13) coletado à profundidade de 10-20 cm, de forma a evitar o efeito da matéria orgânica, foi seco à sombra, homogeneizado em peneira de malha 2,0 mm, separado em amostras de volume de 10 dm³ e acondicionado em vasos plásticos com capacidade para 14 dm³. A correção da acidez do solo foi realizada de acordo com os critérios recomendados para o cultivo do cafeeiro conilon (PREZOTTI et al., 2007).

As quantidades de nutrientes fornecidos foram calculadas de acordo com metodologia proposta por Novais et al. (1991), aplicados via solo, através de solução de sais (pro analyse). A adubação com P e K foi realizada em dose única de KH₂PO₄ no ato do transplântio, incorporado ao substrato. A adubação com nitrogênio foi

realizada em 4 aplicações de ureia em cobertura, iniciando aos 30 dias após o transplântio, com intervalo de 30 dias entre aplicações. Os micronutrientes foram fornecidos via foliar, com duas aplicações conforme recomendado por Verdin Filho et al. (2013).

Quanto ao fator disponibilidade hídrica, adotou-se como condição adequada o nível de 80% de água disponível no solo e 25% para a situação de restrição, com base na análise nos resultados obtidos por Rodrigues et al. (2015) e Rodrigues et al. (2016). As plantas foram mantidas nessas condições, dos 30 dias após o transplântio até o final do experimento (180 dias).

Tabela 13. Atributos químicos do Latossolo Vermelho amarelo distrófico, antes da instalação do experimento

Atributos	Valores
pH (H ₂ O) ¹	5,25
P (mg/dm ³) ²	0,52
K (mg/dm ³) ³	64,00
Ca (cmol _d /dm ³) ⁴	0,48
Mg (cmol _c /dm ³) ⁴	0,35
Al (cmol _c /dm ³) ⁵	0,45
H + Al (cmol _c /dm ³) ⁶	4,21
SB (cmol _c /dm ³)	1,00
CTC (t) (cmol/dm ³)	1,45
CTC (T) (cmol/dm ³)	5,21
V (%)	19,23
m (%)	31,00
Areia (%) ⁷	46,00
Silte (%) ⁷	9,00
Argila (%) ⁷	45,00

¹pH em água (relação 1:2,5); ²Extraído por Mehlich⁻¹ e determinado por colorimetria; ³Extraído por Mehlich⁻¹ e determinado por fotometria de chama; ⁴Extraído com cloreto de potássio 1 mol L⁻¹ e determinado por titulometria; ⁵Extraído com cloreto de potássio 1 mol L⁻¹ e determinado por espectrofotômetro de absorção atômica; ⁶Extraído com acetato de cálcio 0,5 mol L⁻¹, pH 7,0 e determinado por titulação; ⁷Método da Pipeta (Agitação Lenta); ²Método da Proveta; (EMBRAPA, 1997).

Para a determinação das lâminas de irrigação, foi realizada a análise físico-hídrica do solo. Para isso, foi determinado a umidade do solo na capacidade de campo (CC) na tensão de 0,03 MPa e a umidade do solo no ponto de murcha permanente (PMP) na tensão de 1,5 MPa, bem como a densidade do solo (Tabela 14), de acordo com a metodologia proposta pela Embrapa (1997).

Tabela 14. Caracterização físico-hídrica do solo utilizado

CC ¹	PMP ¹	Ds ¹
28,4	19,1	1,017

¹ %; ² g cm⁻³

Para a realização das irrigações, foi necessário determinar o peso de cada parcela experimental na capacidade de campo. Após o plantio, todos os vasos foram saturados com água e deixados em drenagem livre até atingirem a umidade na capacidade de campo, conforme realizado por Rodrigues et al. (2015).

Após a determinação do peso na capacidade de campo inicial, foi calculada a lâmina de irrigação, foi calculada a lâmina correspondente às águas disponíveis (80 e 25%). Para o cálculo dos pesos dos vasos em cada situação de disponibilidade hídrica, foi utilizado o software FerCADS (v1.0) (COLODETTI et al, 2015).

Ao final da tarde de todos os dias, foi realizado o monitoramento do peso dos vasos, onde era feito a reposição da água para os tratamentos do controle (80% da água disponível), e a avaliação dos tratamentos submetidos ao déficit, pois estes quando atingiam o peso correspondente a 25% da água disponível, era feita a reposição até atingir o peso correspondente a 80% da água disponível. Mensalmente foi realizado o ajuste dos pesos dos vasos, devido ao incremento propiciado pelo crescimento das plantas.

Características avaliadas

Ao final do experimento (180 dias), foi avaliado o número de folhas (NF); área foliar (AF) - determinada (cm²) de acordo com a metodologia proposta por Barros et al. (1973) aprimorada para o café conilon por Brinate et al. (2015); volume de raízes (VR) - obtido após a lavagem direta do substrato com água, imergindo as raízes em água dentro de uma proveta graduada (mL).

As plantas foram cortadas, separadas em raiz, caule e folhas, acondicionadas em sacos de papel, os quais foram secos em estufa de circulação forçada a 60° C até atingir peso constante e, pesados em balança analítica de precisão (SHIMADZU AUW-220D; precisão: 0.001g), onde foram determinadas a matéria seca de folhas (MSF), matéria seca do caule (MSC), matéria seca de raiz (MSR), matéria seca da

parte aérea (MSPA) obtida pelo somatório de MSF com MSC, matéria seca total (MST) obtida da soma de MSPA com MSR, todas expressas em gramas.

Aos 180 dias também foram avaliadas as trocas gasosas, com o auxílio de um medidor de gás por infravermelho (Licor 6400XT, Nebraska, EUA) na condição de 450 ppm de CO₂ e 1000 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ de irradiância. As avaliações foram realizadas durante o período da manhã, entre 8:00 e 11:00 horas, em folhas completamente expandidas do terceiro ou quarto par, em lados opostos, e os parâmetros foram expressos como a média da avaliação de todas as folhas da parcela experimental.

Os parâmetros de trocas gasosas avaliados foram: assimilação líquida de carbono (A), expressa em $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$; condutância estomática (g_s), expressa em $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$; taxa de transpiração (E), expressa em $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ e concentração subestomática de CO₂ (C_i), expressa em ppm.

A eficiência instantânea de uso da água (EUA) foi obtida por meio da relação entre a assimilação de carbono (A) e a taxa de transpiração (E), expressa em $\mu\text{mol mol}^{-1}$. A eficiência intrínseca de uso da água (EIUA) foi obtida por meio da razão entre a assimilação de carbono (A) e a condutância estomática (g_s), expressa em $\mu\text{mol mol}^{-1}$.

Os dados foram analisados utilizando o programa de análise estatística SISVAR (FERREIRA, 2011), submetendo-os à análise de variância e na presença de diferenças significativas, os mesmos foram estudados de acordo com técnicas estatísticas recomendadas, com emprego do teste de Tukey para comparação das médias em nível de 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foi verificada significância ($p \leq 0,05$) para as variáveis estudadas, através da análise de variância, para as combinações de enxertos de *Coffea canephora*, sob condição normal de fornecimento de água e de déficit hídrico.

Estudando o crescimento inicial das combinações de enxertia entre genótipos de *Coffea canephora*, observou-se para número de folhas (Tabela 15), que o tratamento 02/14 apresentou maiores médias tanto no controle quanto no déficit. A combinação 02/RT também apresentou maior média no controle, e o LB1/14 apresentou as menores médias, nas duas condições avaliadas. Entre as lâminas de

água, para a variável NF, verificou-se diferença para as combinações LB1/14, LB1/RT e 02/RT, que apresentaram maiores médias no controle, em relação ao déficit.

Tabela 15. Valores médios de número de folhas, área foliar e volume de raiz, no desenvolvimento inicial de combinações de enxertos de *Coffea canephora* sob condição normal e de déficit hídrico

Enxerto	NF		AF ⁽¹⁾		VR ⁽²⁾	
	Controle	Déficit	Controle	Déficit	Controle	Déficit
LB1/14	8,000 cA	3,500 cB	279,990 cA	117,343 cA	10,000 bA	12,750 bA
LB1/RT	16,650 bA	8,000 bB	628,400 abA	344,861 bB	15,000 bA	9,000 bB
02/14	21,250 aA	24,000 aA	453,370 bcB	657,510 aA	14,250 bA	16,000 aA
02/RT	22,650 aA	11,000 bB	681,170 aA	257,919 bcB	23,000 aA	19,000 aA
CV	20,03		26,31		24,90	

Médias seguidas da mesma letra, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$); ⁽¹⁾ cm²; ⁽²⁾ mL.

Para área foliar, as combinações de enxertia entre os genótipos enxertados sobre o Robusta Tropical (02/RT e LB1/RT) se diferiram e apresentaram maiores médias que os demais tratamentos, no controle. O 02/14 se diferiu e apresentou a maior média do déficit, já o LB1/14 apresentou as menores médias, tanto para o controle quanto para o déficit, em relação aos demais tratamentos. Entre as lâminas, verificou-se resultado diferenciado, onde os genótipos enxertados sobre o Robusta Tropical apresentaram maiores médias de área foliar no tratamento controle. A combinação 02/14 apresentou maior média no tratamento sob déficit hídrico.

Ao analisar o volume de raiz das combinações de enxertos de *C. canephora*, verificou-se que o 02/RT apresentou maior média que os demais tratamentos no controle. Quando submetidas ao déficit hídrico, verificou-se que as combinações que possuem o genótipo 02 como enxerto (02/14 e 02/RT) apresentaram maior volume de raiz. Entre as lâminas, houve diferença somente para a combinação LB1/RT, que apresentou maior média quando submetida ao controle.

De uma maneira geral, observa-se que o 02/14 foi o que apresentou o melhor crescimento no déficit, não se diferenciando do controle para VR e NF, sendo até superior para AF. O 02/RT foi o que apresentou melhor crescimento no controle, com maiores médias. O LB1/RT foi o que apresentou diferença mais pronunciada entre as lâminas de água aplicadas, sendo o mais responsivo, onde para todas as variáveis analisadas, foi superior no controle.

Ao estudar o acúmulo de matéria seca das combinações de enxertos de *C. canephora* (Tabela 16), observou-se diferença entre as combinações para matéria seca de raiz, onde a combinação 02/RT apresentou maior média entre os tratamentos, tanto no controle quanto no déficit hídrico, já o LB1/14 foi o que apresentou a menor média no tratamento controle. O LB1/RT foi o único que apresentou diferença entre as lâminas de água aplicada, obtendo maior média no controle.

Tabela 16. Valores médios de matéria seca de raiz (MSR), matéria seca de parte aérea (MSPA) e matéria seca total (MST), no desenvolvimento inicial de combinações de enxertos de *Coffea canephora*, sob condição normal e de déficit hídrico

Enxerto	MSR ⁽¹⁾		MSPA ⁽¹⁾		MST ⁽¹⁾	
	Controle	Déficit	Controle	Déficit	Controle	Déficit
LB1/14	3,060 cA	2,595 bA	3,330 cA	2,435 cA	6,390 dA	5,030 bA
LB1/RT	5,120 bA	2,370 bB	10,687 aA	4,452 bB	15,807 bA	6,823 bB
02/14	5,627 bA	5,960 aA	6,167 bA	7,810 aA	11,795 cA	13,770 aA
02/RT	7,382 aA	6,915 aA	12,125 aA	6,405 aB	19,509 aA	13,320 aB
CV	21,10		16,98		15,52	

Médias seguidas da mesma letra, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). ⁽¹⁾ g.

Para matéria seca de parte aérea, as maiores médias foram verificadas para 02/RT e LB1/RT no controle, e 02/14 e 02/RT no déficit, já o LB1/14 apresentou as menores médias tanto no controle quanto do déficit. Diferença entre as lâminas de água aplicada foi verificada nos tratamentos dos genótipos enxertados sobre o Robusta Tropical (LB1/RT e 02/RT), que apresentaram maiores médias no controle, os demais, não apresentaram diferença.

Na matéria seca total, o tratamento 02/RT se diferiu, sendo superior aos demais no controle, apresentando maior média, no déficit, o 02/RT e 02/14 foram os que apresentaram as maiores médias. A menor média de MST foi verificada para o tratamento LB1/14, tanto no controle, quanto no déficit. Diferença entre as lâminas de água aplicada foi verificada nos tratamentos dos genótipos enxertados sobre o Robusta Tropical (LB1/RT e 02/RT), onde o controle observou-se maior média que no déficit, diferença essa que não foi verificada para os demais tratamentos.

De forma geral, observou-se que no déficit hídrico, os tratamentos 02/14 e 02/RT foram os que proporcionaram maior acúmulo de matéria seca. No controle, o 02/RT foi o que apresentou maior acúmulo de matéria seca.

Com os resultados observados nas Tabelas 15 e 16, verifica-se que os tratamentos que tiveram o clone 14 como porta-enxerto foram menos sensíveis às diferenças entre as lâminas, apresentando na maioria dos casos, médias semelhantes entre o controle e o déficit hídrico. Já os tratamentos que tiveram o Robusta Tropical com porta-enxerto, foram mais sensíveis às diferentes lâminas de água aplicada, onde na maioria das vezes, as médias do controle foram superiores à média do déficit, sendo assim mais responsivos.

Resultados semelhantes foram observados em plantas de Robusta Tropical, ao estudar a influência da fração de água disponível no solo sobre o desenvolvimento inicial do cafeeiro conilon, trabalhando com diferentes disponibilidades hídricas (RODRIGUES et al., 2015), em que se concluiu que menor desenvolvimento inicial foi verificado quando as plantas foram submetidas a níveis de 30 e 10% da água disponível do solo.

A combinação 02/RT se destacou na produção de VR e MSR, tanto no controle quanto no déficit. Isso pode estar relacionado à característica intrínseca de cada um dos dois materiais enxertados, e à compatibilidade entre eles, uma vez que maior produção de massa seca de raiz foi observada para o Robusta Tropical e o Clone 02, ao estudar o acúmulo de matéria seca e dos nutrientes N, P e K em diferentes materiais genéticos de café conilon (PREZOTTI; BRAGANÇA, 2013), onde os autores consideraram ser essa uma característica importante para avaliação da bienalidade e da resistência à seca.

Características relacionadas às influências do sistema radicular no desenvolvimento das plantas e na tolerância a estresses ambientais, têm se tornado bastante evidentes com o uso da técnica da enxertia (HARTMANN et al., 2002; SILVA et al., 2010).

Avaliando o crescimento de mudas propagadas por enxertia e por estaquia no cafeeiro Conilon, Andrade Junior et al. (2013), verificaram que clones de *C. canephora* enxertados sobre o Robusta tropical apresentaram superioridade em quase todas as características avaliadas, principalmente quando no enxerto utilizou-se o clone 02, apresentando o maior vigor, concluindo ter esta combinação, melhor adaptação às condições adversas de clima e do solo.

Estudando o desenvolvimento inicial de duas cultivares do cafeeiro conilon frente à suspensão total da irrigação (déficit hídrico), simulando um veranico em diferentes momentos, após o plantio, Araujo et al. (2011) verificaram que o Robusta

Tropical submetido ao déficit hídrico, apresentou maiores médias de matéria seca da parte aérea e do sistema radicular, altura da planta, diâmetro do caule e diâmetro da copa que uma cultivar clonal.

No estudo de trocas gasosas das combinações de enxertos de *C. canephora* (Tabela 17), observou-se diferença entre as combinações de enxertia, para a assimilação líquida de carbono. O tratamento LB1/14 apresentou maior média no controle e o LB1/RT no déficit, o 02/RT foi o que apresentou as menores médias.

Tabela 17. Valores médios de trocas gasosas, assimilação líquida de carbono (A), condutância estomática (g_s), concentração subestomática de CO_2 (C_i) e taxa de transpiração (E), no desenvolvimento inicial de combinações de enxertos de *Coffea canephora*, sob condição normal e de déficit hídrico

Enxerto	$A^{(1)}$		$g_s^{(2)}$		$C_i^{(3)}$		$E^{(2)}$	
	Controle	Déficit	Controle	Déficit	Controle	Déficit	Controle	Déficit
LB1/14	14,641 aA	8,262 bB	0,114 bA	0,033 bB	225,125 bA	43,700 cB	2,662 bA	0,841 bB
LB1/RT	11,825 cA	11,033 aB	0,097 cA	0,069 aB	238,583 bA	177,375 aB	1,915 cA	1,412 aB
02/14	13,120 bA	3,309 cB	0,134 aA	0,016 dB	272,708 aA	123,700 bB	3,065 aA	0,462 dB
02/RT	7,207 dA	2,792 cB	0,059 dA	0,019 cB	235,750 bA	198,833 aB	1,677 dA	0,590 cB
CV	3,05		1,15		9,47		1,44	

Médias seguidas da mesma letra, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). ⁽¹⁾ $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$; ⁽²⁾ $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$; ⁽³⁾ ppm.

Para condutância estomática, concentração subestomática de CO_2 e taxa de transpiração, houve diferença entre as combinações de enxertia, o 02/14 apresentou as maiores médias, quando na condição de controle. No déficit, as maiores médias foram verificadas para o LB1/RT, inclusive para A também.

Para todas as variáveis de trocas gasosas estudadas, verificou-se diferença significativa entre as lâminas de água aplicadas, apresentando assim, maiores médias na condição de controle, em relação ao déficit.

Dessa forma, verifica-se que a limitação da fotossíntese foi difusiva. O fechamento estomático é o principal mecanismo de controle das trocas gasosas nas plantas em condições de déficit hídrico (DAMATTA; RAMALHO, 2006).

Uma resposta característica das plantas submetidas à deficiência hídrica é a redução das taxas transpiratórias. Esse processo envolve o fechamento estomático e conseqüentemente, redução da g_s , que contribui para o aumento ou para a manutenção do potencial hídrico dentro de limites que permitam a manutenção do crescimento vegetal (CAVATTE et al., 2012).

A redução da g_s proporciona um menor influxo de CO_2 para o interior dos cloroplastos (TATAGIBA; PEZZOPANE; REIS, 2015), causando reduções nas taxas fotossintéticas e, em última análise, contribuindo para um menor acúmulo de biomassa pela planta (PELOSO et al., 2017).

Determinadas características bioquímicas são importantes para o aumento da tolerância ao estresse hídrico, como a manutenção da capacidade de transporte de fotoassimilados da parte aérea para as raízes, que pode permitir maior crescimento radicular e, dessa forma, maior acesso a horizontes mais profundos do solo, de modo a aumentar a absorção de água. Por sua vez, plantas sensíveis ao déficit hídrico possuem um controle deficiente da transpiração, como estômatos respondendo de forma limitada à redução da disponibilidade de água do solo, e também possuem uma baixa capacidade de absorção de água, pois têm sistemas radiculares mais superficiais (RONCHI; DAMATTA, 2007).

Observando o estudo das médias de eficiência de uso da água (Tabela 18), verifica-se que para a eficiência intrínseca de uso da água, o LB1/14 se diferiu e apresentou maiores médias tanto no controle quanto no déficit, o 02/RT e LB1/RT também apresentaram maiores médias no controle. No déficit as menores médias de eficiência foram dos tratamentos com o Robusta Tropical de porta-enxerto (LB1/RT e 02/RT).

Tabela 18. Valores médios de eficiência intrínseca de uso da água (EIUA) e eficiência instantânea de uso da água (EUA) no desenvolvimento inicial de combinações de enxertos de *Coffea canephora*, sob condição normal e de déficit hídrico

Enxerto	EIUA ⁽¹⁾		EUA ⁽¹⁾	
	Controle	Déficit	Controle	Déficit
LB1/14	127,460 aB	244,772 aA	5,500 aB	9,814 aA
LB1/RT	121,137 aB	159,674 cA	6,174 aB	7,809 bA
02/14	97,828 bB	194,896 bA	4,280 bB	7,139 bA
02/RT	121,588 aB	145,823 cA	4,297 bA	4,768 cA
CV	7,55		6,27	

Médias seguidas da mesma letra, minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). ⁽¹⁾ $\mu\text{mol mol}^{-1}$.

O clone 14 é propagado de forma assexuadamente, por estaquia, diferentemente do Robusta Tropical, propagado sexuadamente via seminífera, o que proporciona sistemas radiculares diferentes e conseqüentemente, comportamento

diferenciado de absorção de água do solo, assim como na eficiência desse processo. Os principais mecanismos fisiológicos de tolerância à seca entre materiais de *C. canephora* são governados pela eficiência de extração da água do solo e pelas taxas de uso da água pelas plantas (DaMATTA et al., 2003; PINHEIRO et al., 2005; DaMATTA; RAMALHO, 2006; SILVA et al., 2010).

Todas as combinações apresentaram diferença entre as lâminas, obtendo maior eficiência intrínseca no déficit em relação ao controle. Isso possivelmente está relacionado à redução da condutância estomática, pois possivelmente o fechamento estomático acarretou em decréscimos, em proporções maiores à transpiração do que à fotossíntese, já que a eficiência instantânea do uso da água aumentou em condições de estresse hídrico. Comportamento semelhante foi verificado por Silva et al. (2010), ao estudar alterações fisiológicas e de tolerância à seca em clones de café Conilon contrastantes quanto à sensibilidade ao déficit hídrico.

No estudo da eficiência instantânea de uso da água, diferença entre os tratamentos foi observada, de forma que para a condição de controle, as combinações que tiveram o genótipo LB1 como enxerto, apresentaram maiores médias, já quando se utilizou o genótipo 02 como enxerto, as médias foram menores. No déficit, o LB1/14 apresentou maior média de eficiência que as demais combinações.

Fato interessante é que apesar de apresentarem menor eficiência instantânea de uso da água, as combinações que tiveram o genótipo 02 como enxerto, apresentaram maior crescimento e acúmulo de matéria seca, principalmente em condição de déficit. Acredita-se que por essas combinações obterem um sistema radicular mais desenvolvido, possibilitou assim maior acesso a horizontes mais profundos do solo, de modo a aumentar a absorção de água (RONCHI; DaMATTA, 2007; SILVA et al., 2010)

Os tratamentos 02/14 e 02/RT em condição de déficit hídrico, apresentaram redução na A , porém redução da g_s e E foi bastante pronunciada. Já o LB1/14 e LB1/RT, na situação de déficit, obtiveram redução da A , porém, em menores proporções, assim como para g_s e E , proporcionando assim, maior eficiência de uso da água.

CONCLUSÕES

A combinação 02/RT apresenta melhor desenvolvimento inicial sob condição adequada de fornecimento de água e 02/14 para a condição de déficit hídrico. Em condições padrões, a combinação LB1/14 e a LB1/RT apresentaram maior EIUA e EUA e em condições de déficit hídrico a LB1/14 apresenta maior EIUA e EUA.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE JÚNIOR, S.; ALEXANDRE, R. S.; SCHMILDT, E. R.; PARTELLI, F. L.; FERRÃO, M. A. G.; MAURI, A. L. Comparison between grafting and cutting as vegetative propagation methods for conilon coffee plants. **Acta Scientiarum**. Maringá, v. 35, n. 4, p. 461-469, 2013.
- ARAUJO, G. L.; REIS, E. F.; MORAIS, W. B.; GARCIA, G. O.; NAZÁRIO, A. A. Influência do déficit hídrico no desenvolvimento inicial de duas cultivares de café conilon. **Irriga**, v.16, p.115-124, 2011.
- BARROS, R. S. *et al.* Determinação da área de folhas de café (*Coffea arabica* L. cv. Bourbon Amarelo). **Revista Ceres**, v. 20, n. 107, p. 44-52, 1973.
- BRINATE, S.V.B.; MARTINS, L.D.; RODRIGUES, W.N; COLODETTI, T.V.; AMARAL, J.F.T.; TOMAZ, M.A. Accuracy of linear methods to estimate the leaf area of genotypes of conilon coffee. **African Journal of Agricultural Research**, v. 10, n.30, p.2955-2960, 2015.
- CATTIVELLI, L.; RIZZA, F.; BADECK, F-W.; MAZZUCOTELLI, E.; MASTRANGELO, A.M.; FRANCA, E.; MARÉ, C.; TONDELLI, A.; STANCA, A.M. Drought tolerance improvement in crop plants: An integrated view from breeding to genomics. **Field Crops Research**, v.105, p.1-14, 2008.
- CAVATTE, P. C.; OLIVEIRA, A. A. G.; MORAIS, L. E.; MARTINS, S. C. V. ; SANGLARD, L. M. V. P.; DaMATTa, F. M. . Could shading reduce the negative impacts of drought on coffee? A morphophysiological analysis. **Physiologia plantarum** (Kobenhavn. 1948), v. 144, p. 111-122, 2012.

COLODETTI, T. V.; RODRIGUES, W. N.; MARTINS, L. D.; BRINATE, S. V. B.; REIS, E. F.; RODRIGUES, R. R.; PIZETTA, S. C.; TOMAZ, M. A. **FerCADS**: ferramenta para cálculo da água disponível no solo em ambiente controlado (v. 1.0). 2015.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Acompanhamento da safra brasileira: café**. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_01_04_11_22_44_boletim_cafe_portugues_-_4o_lev_-_dez.pdf>. Acesso em: 19 ago. de 2017.

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

DaMATTA, F.M.; CHAVES, A.R.M.; PINHEIRO, H.A.; DUCATTI, C.; LOUREIRO, M.E. Drought Tolerance of two field-grown clones of *Coffea canephora*. **Plant Science**, v.164, p.111-117, 2003.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – Embrapa. **Manual de métodos de análises de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1997. 212p.

FERRÃO, R. G. et al. **Café conilon**: técnicas de produção com variedades melhoradas. 4. ed. revisada e ampliada. Vitória, ES: Incaper, 2012. (Incaper: Circular Técnica, 03-I), 74 p.

FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F.A.; FERRÃO, M. A. G.; De MUNER, L. H. (Ed.). **Café conilon**. Vitória: INCAPER, 2017. 784p.

FERREIRA, D. A.; REZENDE, R. M.; REZENDE, J.C.; CARVALHO, G. R.; CARVALHO, A. M.; PEREIRA, T. M. Crescimento de cafeeiros enxertados cultivados em solução nutritiva. **Coffee Science**, v.9, n.3, p.312-318, 2014.

FERREIRA, D. SISVAR: A computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v.35, p.1039-1042, 2011.

GOMES, N. M.; LIMA, L. A.; CUSTÓDIO, A. A. Crescimento vegetativo e produtividade do cafeeiro irrigado no sul do Estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.11, p. 564-570, 2007.

HARTMANN, H. T.; KESTER, D. E.; DAVIES, F. T.; GENEVE, R. L. **Plant propagation: principles and practices**. 7.ed. Upper Sanddle River: Prentice Hall, 2002. 849p.

MARTINS, L. D.; EUGENIO, F. C.; RODRIGUES, W. N.; JESUS JÚNIOR, W. C.; TOMAZ, M. A.; RAMALHO, J. D. C.; SANTOS, A. R. **Climatic vulnerability in robusta coffee – mitigation and adaptation**. Alegre: Caufes, 2017. 52p.

NOVAIS, R. F.; NEVES, J. C. L.; BARROS, N. F. Ensaio em ambiente controlado. In: OLIVEIRA, A. J.; GARRIDO, W. E.; ARAÚJO, J. D.; LOURENÇO, S. (coord.). **Métodos de pesquisa em fertilidade do solo**. Brasília: Embrapa SEA, p.189-255, 1991.

PELOSO, A. F.; TATAGIBA, S. D.; REIS, E. F.; PEZZOPANE, J. E. M.; AMARAL, J. F. T. Limitações fotossintéticas em folhas de cafeeiro arábica promovidas pelo déficit hídrico. **Coffee science**, v.12, p.389, 2017.

PEZZOPANE, J. R. M.; CASTRO, F. S.; PEZZOPANE, J. E. M.; BONOMO, R.; SARAIVA, G. S. Zoneamento de risco climático para a cultura do café Conilon no Estado do Espírito Santo. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 41, n.3, p. 341-348, 2010.

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**, v.96, p.101-108, 2005.

PREZOTTI, L. C.; GOMES, J. A.; DADALTO, G. G.; OLIVEIRA, J. A. de. **Manual de recomendação de calagem e adubação para o Estado do Espírito Santo: 5ª aproximação**. Vitória: SEEA/INCAPER/CEDAGRO, 2007. 305p.

RODRIGUES, R. R. ; PIZETTA, S. C ; REIS, E. F. ; GARCIA, G. O. Disponibilidade hídrica no solo no desenvolvimento inicial do cafeeiro conilon. **Coffee Science**, v.10, p. 46-55, 2015.

RODRIGUES, R. R.; PIZETTA, S. C.; SILVA, N. K. C.; RIBEIRO, W. R.; REIS, E. F. Crescimento inicial do cafeeiro conilon sob déficit hídrico no solo. **Coffee science**, v.11, p. 33-38, 2016.

RONCHI, C. P.; DaMATTA, F. M. Aspectos fisiológicos do café conilon. In: FERRÃO, R.G.; FONSECA, A.F.A. da; FERRÃO, M.A.G.; DEMUNER, L.H. (Org.). **Café Conilon**. 2ed.Vitória: Incaper, 2017, v.1, p.103-129.

SILVA, J. G. F.; REIS, E. F. Irrigação do cafeeiro conilon. In: FERRÃO, R. G. et al. **Café conilon**. Vitória: Incaper, 2007. p. 345-389.

SILVA, P. E. M; CAVATTE, P. C.; MORAIS, L. E.; MEDINA, E. F.; DAMATTA, F.M. The functional divergence of biomass partitioning, carbon gain and water use in *Coffea canephora* in response to water supply: implications for breeding aimed at improving drought tolerance. **Environmental and Experimental Botany**, v.87, p.49-57, 2013.

SILVA, V. A.; ANTUNES, W. C.; GUIMARÃES, B. L. S.; PAIVA, R. M. C.; SILVA, V. F.; FERRÃO, M. A. G.; DaMATTA, F. M.; LOUREIRO, M. E. Resposta fisiológica de clone de café Conilon sensível à deficiência hídrica enxertado em porta-enxerto tolerante. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 5, p.457-464, 2010.

TATAGIBA, S. D.; PEZZOPANE, J. E. M.; REIS, E. F. Fotossíntese em Eucalyptus sob diferentes condições edafoclimáticas. *Engenharia na Agricultura*, Viçosa, v. 23, n. 4, p. 336-345, jul./ago. 2015.

TOMAZ, M. A.; MARTINEZ, H. E. P.; RODRIGUES, W. N.; FERRARI, R. B.; PEREIRA, R. B.; ZAMBOLIM, L.; SAKIYAMA, N. S. Eficiência de absorção e utilização de boro, zinco, cobre e manganês em mudas enxertadas de cafeeiro. **Revista Ceres**, v. 58, n.1, p. 108-114, 2011.

TOMAZ, M. A.; MARTINS, L. D.; RODRIGUES, W.N.; MENDONÇA, R. F. de; RAMALHO, J.D.C. **Potencial da enxertia na mitigação de estresses nutricionais, temperatura e déficit hídrico do cafeeiro**. In TOMAZ, M. A.; AMARAL, J. F. T. do; OLIVEIRA, F. L. de; COELHO, R. I. (Org.) *Tópicos especiais em produção vegetal IV*. 1. ed. Alegre, ES: CAUFES, 2013. 694 p.

VERDIN FILHO, A. C.; BRINATE, S. V. B.; TOMAZ, M. A.; NOGUEIRA, N. O.; MACHADO, L. S. **Adubação foliar do cafeeiro**. In TOMAZ, M. A.; AMARAL, J. F. T. do; OLIVEIRA, F. L. de; COELHO, R. I. (Org.) *Tópicos especiais em produção vegetal IV*. 1. ed. Alegre, ES: CAUFES, 2013. 694 p. : il.

CONCLUSÃO GERAL

A enxertia é um método de propagação promissor para *C. canephora*, porém, maiores estudos do comportamento das combinações são necessários. Através do estudo do primeiro capítulo, verifica-se que a enxertia interfere no desenvolvimento inicial de *C. canephora*, contudo, as combinações LB1/RT e 02/RT se recuperam rapidamente, apresentando semelhanças ao pé-franco. Quando essas combinações são submetidas a diferentes doses de nitrogênio, verifica-se que o 02/RT sobressai sobre as demais combinações, tanto na condição ideal de fornecimento de N quanto quando submetido ao baixo fornecimento de N. Analisando o comportamento das combinações de enxertia, sob diferentes lâminas de água, verifica-se, em condição de déficit hídrico, que a 02/14 apresenta melhor desenvolvimento inicial.