

RESPOSTAS ECOFISIOLÓGICAS DE CAFEIROS CONSORCIADOS COM ESPÉCIES MADEIREIRAS NO SUL DE MINAS GERAIS¹

Helbert Rezende de Oliveira Silveira²; Meline de Oliveira Santos³; Vânia Aparecida Silva⁴; Regis Pereira Venturin⁵; Filipe Chaves Moreira⁶; Mayara Fontes Dantas⁷; João Paulo Rodrigues Alves Delfino Barbosa⁸; Margarete Marin Lordelo Volpato⁹

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

²Bolsista Pós-Doutorado FAPEMIG/EPAMIG, DSc, EPAMIG/URESM, Lavras- MG, helbert_rezende@yahoo.com.br

³Bolsista Consórcio Pesquisa Café, DSc, EPAMIG/URESM, Lavras- MG, melineoli@hotmail.com

⁴Pesquisador, DSc, EPAMIG/URESM, Bolsista BIPDT- FAPEMIG, Lavras- MG, vania.silva@epamig.ufla.br

⁵Pesquisador, DSc, EPAMIG/URESM, Bolsista BIPDT- FAPEMIG, Lavras- MG, regis@epamig.br

⁶Graduando em Agronomia, UFLA, Bolsista iniciação científica FAPEMIG/EPAMIG, Lavras-MG, filipemoreira@necafufla.com.br

⁷Bolsista Consórcio Pesquisa Café, EPAMIG/URESM, Lavras- MG, mayarafdantas@gmail.com

⁸Professor, DSc., UFLA, Lavras, jp.barbosa@dbi.ufla.br

⁹Pesquisador, DSc, EPAMIG/URESM, Bolsista BIPDT- FAPEMIG, Lavras- MG, margarete@epamig.ufla.br

RESUMO: O objetivo desse trabalho foi avaliar as respostas ecofisiológicas do cafeeiro em fase de formação consorciado com três espécies madeireiras em diferentes densidades de plantio no sul de Minas Gerais. O experimento foi instalado em novembro de 2012, no município de Santo Antônio do Amparo-MG. Além dos cafeeiros em monocultivo, foram implantadas as espécies *Khaya ivorensis* (mogno), *Tectona grandis* (teca) e *Acrocarpus fraxinifolius* (acrocarpo) distribuídas em dois espaçamentos (9x13,6 e 18x13,6 m) entre as plantas na linha dos cafeeiros. As avaliações de índices espectrais, trocas gasosas, fluorescência e potencial hídrico foram realizadas nos meses de agosto de 2014. As variáveis foram analisadas através de Análise de Componentes Principais (ACP) pelo programa R. Maiores valores de potencial hídrico foram encontrados em cafeeiros sob monocultivo. Na PC1, pôde-se observar que as variáveis mais representativas foram NDVI, WBI, ARI1, CRI1, SIPI e FRI, enquanto que EUA se mostrou negativamente relacionada. Os cafeeiros em monocultivo foram os que apresentaram maiores valores para as variáveis mais representativas, consequentemente, com menores valores de EUA. Por outro lado cafeeiros consorciados com mogno, em ambos os espaçamentos, e aqueles consorciados com acrocarpo no maior espaçamento apresentaram um padrão oposto de respostas fisiológicas. Ao analisar a PC2, observou-se que as variáveis com scores mais elevados, Yield_{curva} e ETR contribuíram para diferenciar o grupo formado pelos cafeeiros consorciados com mogno em ambos os espaçamentos e consorciados com acrocarpo no maior espaçamento. Já a variável qN, que se mostrou negativamente relacionada, destacou os cafeeiros consorciados com teca no maior espaçamento e com acrocarpo no menor espaçamento, os quais apresentaram os maiores valores. As análises dos parâmetros fisiológicos permitiram verificar maior eficiência de uso da água do cafeeiro e menores valores de índices espectrais nos sistemas consorciados em fase de formação. Porém, esse comportamento parece ser mais uma resposta ao déficit hídrico ocasionado pela competição por água, do que o benefício de alterações microclimáticas ocasionadas pelas arbóreas, que também se encontram em fase de formação.

PALAVRAS-CHAVE: índices espectrais, trocas gasosas, fluorescência.

ECOPHYSIOLOGICAL ASPECTS OF COFFEE THREES INTERCROPPING WITH WOODY SPECIES IN SOUTH OF MINAS GERAIS

ABSTRACT: Thus, the aim of this study was to evaluate the ecophysiological responses of coffee during formation intercropped with three woody species in different planting densities in southern Minas Gerais. The experiment was installed in November 2012, in Santo Antonio do Amparo-MG. In addition to coffee in monoculture were implanted species *Khaya ivorensis* (mahogany), *Tectona grandis* (teak) and *Acrocarpus fraxinifolius* (acrocarpo) distributed in two spaces (9x13,6 and 18x13,6 m) between plants in the row of trees. Evaluations of spectral indices, gas exchange, fluorescence and water potential were held in August 2014. The variables were analyzed by Principal Component Analysis (PCA) program by R. Major water potential values were found in coffee trees in monoculture. On PC1, it was observed that the most significant variables were NDVI, WBI, ARI1, CRI1, SIPI and FRI, while WUE it was negatively related. Coffee plants in monoculture presented the highest values for the most significant variables, consequently, with lower WUE values. Furthermore intercropping coffee with mahogany in both spacing and intercropping with those acrocarpo a larger spacing showed an opposite pattern of physiological responses. By analyzing the PC2, it was observed that the variables with higher scores, Yield_{curva} and ETR contributed to differentiate the group formed by coffee trees mixed with mahogany in both spacing and mixed with acrocarpo a larger spacing. Already qN variable, that it was negatively related, said the consortium members with teak coffee in greater spacing and acrocarpo in the smaller

spacing, which showed the highest values. The analysis of physiological parameters allowed verifying greater water use efficiency and lower values of spectral indices in coffee in intercropping systems during formation. However, this behavior seems to be more a response to water stress caused by competition for water, than the benefit of microclimatic changes caused by trees, which are also being formed.

KEYWORDS: spectral indices, gas exchange, fluorescence.

INTRODUÇÃO

No Sul de Minas Gerais, variações no clima caracterizadas por episódios de seca ou distribuição irregular de chuvas têm sido observadas com frequência na região (CONAB, 2014). Tais condições associadas com extremos de temperatura causam estresse hídrico no cafeeiro, o que resulta em perda de folhas, seca de ponteiros, escaldadura, diminuição da fotossíntese, deficiência mineral, entre outros (Huang et al., 2012). Esses sintomas já foram constatados em algumas lavouras do sul de Minas e culminaram em redução significativa na safra de 2014, que apresentou clima mais atípico (CONAB, 2014). Uma estratégia do cafeeiro a fim de manter suas folhas em condições de déficit hídrico pode ser a regulação de suas respostas fisiológicas, entretanto com alguma variação dos padrões espectrais (Nogueira et al., 2013). Diante dessas adversidades, arborização pode ser uma estratégia para melhorar as condições microclimáticas do cafezal, pois além do efeito direto na redução da radiação, altera o microclima e o balanço hídrico da lavoura como efeitos indiretos da disponibilidade de água no solo e na atmosfera (Gomes et al., 2008). O sombreamento reduz a irradiância incidente e o déficit de pressão de vapor entre a copa e a atmosfera, o que pode favorecer a eficiência do uso da água do cafeeiro e minimizar a ocorrência da escaldadura. Para o cafeeiro, o sombreamento protege contra temperaturas extremas, reduz a bienalidade de produção, a incidência de seca dos ponteiros e melhora a qualidade do café (Ricci et al., 2011).

Diante disso, o objetivo desse trabalho foi avaliar as respostas ecofisiológicas do cafeeiro em fase de formação consorciado com três espécies madeireiras em diferentes densidades de plantio no sul de Minas Gerais.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado em novembro de 2012, na propriedade Fazenda da Lagoa, localizada no município de Santo Antônio do Amparo-MG, região produtora de café do Sul de Minas. A região apresenta altitude em torno de 1050 m, temperatura média de 19,8 °C e precipitação 1670 mm/ano.

Três espécies madeireiras, em dois espaçamentos distintos, foram implantadas concomitantemente com a lavoura de cafeeiro cultivar Catuaí 99 (3,40 x 0,65 m). Além dos cafeeiros em monocultivo, foram implantadas as espécies *Khaya ivorensis* (mogno), *Tectona grandis* (teca) e *Acrocarpus fraxinifolius* (acrocarpo) distribuídas em dois espaçamentos (9 x 13,6 e 18 x 13,6 m) entre as plantas na linha dos cafeeiros. Os tratamentos foram nomeados como: MoE1= Mogno (9 x 13,6 m); MoE2= Mogno (18 x 13,6 m); TeE1= Teca (9 x 13,6 m); TeE2= Teca (18 x 13,6 m); AcE1= Acrocarpo (9 x 13,8 m); AcE2= Acrocarpo (18 x 13,6 m), Mono= cafeeiro em monocultivo. No espaçamento das entrelinhas foi fixado três linhas de cafeeiros intercalados às espécies de sombra, num total de 13,6 m entre as linhas arborizadas.

Os experimentos foram conduzidos em delineamento em blocos casualizados (DBC), com quatro repetições, onde foram avaliadas duas plantas em cada, localizadas a 1,95m à esquerda e à direita da espécie arbórea. As avaliações fisiológicas foram realizadas no mês de agosto de 2014.

Valores referentes ao potencial hídrico (PH) das plantas foram obtidos com auxílio de uma câmara de pressão tipo Scholander (PMS Instruments- Plant Moisture- Modelo 1000) antes do amanhecer (Ψ_{pd} - MPa). Avaliou-se o espectro de reflectância foliar com o auxílio de um mini espectrômetro foliar CI-710 (CID Bioscience, Camas, WA), que irradia sobre a amostra de folha a luz de um LED azul e de uma lâmpada incandescente, fornecendo saída na faixa do visível ao infravermelho (intervalo 400-1000nm). Com os valores obtidos, inferiu-se os índices descritos abaixo pelas equações:

- 1) Índice de reflectância fotoquímica - PRI $(R_{531} - R_{570}) / (R_{531} + R_{570})$ (GAMON; PEÑUELAS; FIELD, 1992).
- 2) Índice de reflectância de senescência - PSRI $(R_{680} - R_{500}) / R_{750}$, (Merzlyak et al., 1999).
- 3) Índice de vegetação por diferença normalizada - NDVI $(R_{800} - R_{680}) / (R_{800} + R_{680})$ (Rouse, Haas, Schell & Deering, 1974).
- 4) Índice de banda de água - WBI (R_{900} / R_{970}) (Peñuelas et al., 1997).
- 5) Índice de reflectância de antocianinas - ARII $(1/R_{550}) - (1/R_{700})$ (Gitelson; Merzlyak; Chivkunova, 2001).
- 6) Índice de reflectância de carotenoides - CRII $(1/R_{510}) - (1/R_{550})$ (Gitelson et al., 2002).
- 7) Índice de pigmentos independente de componentes estruturais - SIPI $(R_{800} - R_{445}) / (R_{800} + R_{680})$ (Peñuelas et al. 1995).
- 8) Índice de reflectância de flavonoides - FRI $(1/R_{410} - 1/R_{460}) * R_{800}$ (Merzlyak et al., 2005)

A avaliação de trocas gasosas foi realizada utilizando-se o analisador de gás por infravermelho (LI-6400XT Portable Photosynthesis System, LI-COR, Lincoln, USA) em folhas completamente expandidas, no 3º ou 4º pares de folhas. As

características avaliadas foram: taxa fotossintética líquida [A (Photo)- $\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$], condutância estomática [gs (Cond) - $\text{mol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$] e transpiração [E (Trmmol) - $\text{mmolH}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$]. A eficiência instantânea do uso da água (EUA) foi obtida pela relação A/E. Todas as avaliações foram realizadas entre 9 e 11 horas (horário solar) com utilização de fonte artificial de radiação fotossinteticamente ativa (PAR), em câmara fechada fixada em $1500 \mu\text{mol}$ de fótons $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (Blue + Red LED LI-6400-02B, LI-COR, Lincoln, USA). A taxa de assimilação de CO_2 na câmara foi medida com a concentração ambiente de CO_2 .

Nas mesmas folhas em que foram feitas as análises de trocas gasosas determinou-se, com o auxílio de um fluorômetro portátil MINI-PAM (Walz Inc.), a curva de resposta ao fluxo de fótons fotossintéticos (FFF), com aplicação de oito pulsos crescentes de intensidade de radiação, obtendo-se valores de fluorescência inicial (F_o), fluorescência máxima (F_m), fluorescência variável (F_v) e eficiência fotoquímica aparente do fotossistema II (F_v/F_m)(Yield curva). A partir destes valores foram calculados o quenching fotoquímico (qP), quenching não fotoquímico (qN), o coeficiente de extinção não fotoquímico (NPQ) e a taxa relativa de transporte de elétrons (ETR). O valor de eficiência fotoquímica potencial do PSII (F_v/F_m) (Yield F_o/F_m) foi determinado no período noturno, entre 19:00 e 20:00 horas.

As variáveis fisiológicas foram analisadas através de Análise de Componentes Principais (ACP) pelo programa R (R Core Team, 2014), utilizando o pacote FactoMineR (Husson et al., 2014).

RESULTADOS

Os maiores valores de potencial hídrico foram encontrados em cafeeiros em monocultivo, seguido pelo consorciado com mogno no espaçamento menos adensado ($18 \times 13,6 \text{ m}$), enquanto que menores valores foram apresentados pelos demais tratamentos (Figura 1).

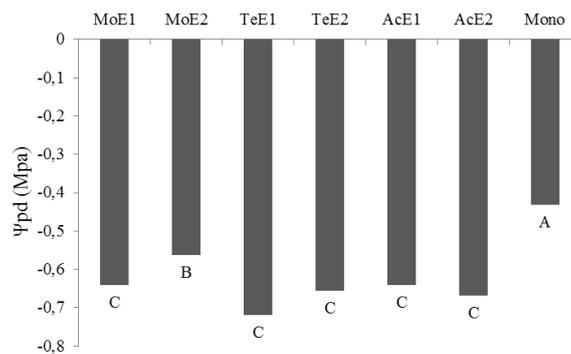


Figura 1. Potencial hídrico antemanhã (Ψ_{pd}) de cafeeiros entre espécies arbóreas, plantadas em dois espaçamentos, acrescido de um tratamento em monocultivo no mês de agosto. MoE1= Mogno ($9 \times 13,6 \text{ m}$); MoE2= Mogno ($18 \times 13,6 \text{ m}$); TeE1= Teca ($9 \times 13,6 \text{ m}$); TeE2= Teca ($18 \times 13,6 \text{ m}$); AcE1= Acrocarpo ($9 \times 13,6 \text{ m}$); AcE2= Acrocarpo ($18 \times 13,6 \text{ m}$), Mono= cafeeiro em monocultivo.

As diferenças no potencial hídrico entre os tratamentos pode ser um reflexo direto das condições climáticas da região, que vinha de um acumulado de quatro meses com baixos índices de precipitação, levando a uma redução da disponibilidade de água no solo. Tal fato pode explicar o maior potencial hídrico em plantas de cafeeiros em monocultivo, uma vez que estas não estavam sofrendo competição por água com as espécies arbóreas. Segundo Braga et al. (2003), a vegetação pode demorar de 30 a 60 dias para responder às variações do regime de precipitação.

Na análise de ACP, as duas primeiras componentes principais explicaram 71,04% da variabilidade das respostas (Figura 2). Na PC1, pôde-se observar que as variáveis mais representativas foram NDVI, WBI, ARI1, CRI1, SIPI e FRI, enquanto que EUA se mostrou negativamente relacionada (Figura 2A). Os cafeeiros em monocultivo (7) foram os que apresentaram maiores valores para as variáveis mais representativas, conseqüentemente, com menores valores de EUA. Por outro lado cafeeiros consorciados com mogno em ambos os espaçamentos (1 e 2) e aqueles consorciados com acrocarpo no maior espaçamento (6) apresentaram um padrão oposto de respostas fisiológicas. Com a ocorrência de déficit hídrico, tende-se a encontrar baixos índices de reflectância, incluindo o NDVI, WBI e PRI (Gamon et al., 1990). Nogueira et al. (2013) observaram que os valores de NDVI diminuíram com a progressão do déficit hídrico, o que poderia indicar uma redução no padrão espectral de respostas fotossintéticas do cafeeiros. Padrão semelhante ocorreu nesse trabalho para os cafeeiros consorciados com mogno em ambos os espaçamentos (1 e 2) e aqueles consorciados com acrocarpo no maior espaçamento (6). Entretanto, segundo Silva, Ribeiro e Centeno (2007), altos valores de NDVI são encontrados em uma vegetação vigorosa, como o observado nesse trabalho nas plantas de cafeeiro em monocultivo. Como a concentração de pigmentos foliares é influenciada pelo status hídrico da planta (Letts et al., 2008), frequentemente ocorre uma acumulação de antocianinas, carotenoides e flavonoides, em resposta a inúmeros estresses ambientais como uma linha de defesa contra danos oxidativos (Gitelson et al., 2001; Gitelson et al., 2002; Merzlyak et al., 2005), resultando em maiores níveis de ARI1, CRI1, SIPI e FRI. De acordo com a PC1, com exceção dos

tratamentos 4 (Teca, 18x13,6 m) e 5 (Acrocarpo, 9x13,8 m), no plantio consorciado a eficiência de uso da água foi maior do que em monocultivo. Nesse caso, o aumento da eficiência de uso da água está relacionado à resposta de aclimação ao déficit hídrico interno das plantas, de maneira a reduzir transpiração e conseqüentemente a perda de água. Ao analisar a PC2, observou-se que as variáveis com scores mais elevados, $Yield_{curva}$ e ETR contribuíram para diferenciar o grupo formado pelos cafeeiros consorciados com mogno em ambos os espaçamentos (1 e 2) e consorciados com acrocarpo no maior espaçamento (6). Já a variável qN , que se mostrou negativamente relacionada, destacou os cafeeiros consorciados com teça no maior espaçamento (4) e com acrocarpo no menor espaçamento (5), os quais apresentaram os maiores valores. No caso, maiores valores de qN , podem ocorrer em virtude da dissipação do calor para proteger as folhas dos danos decorrentes do excesso de excitação das clorofilas sob déficit hídrico (Pompeli et al., 2010).

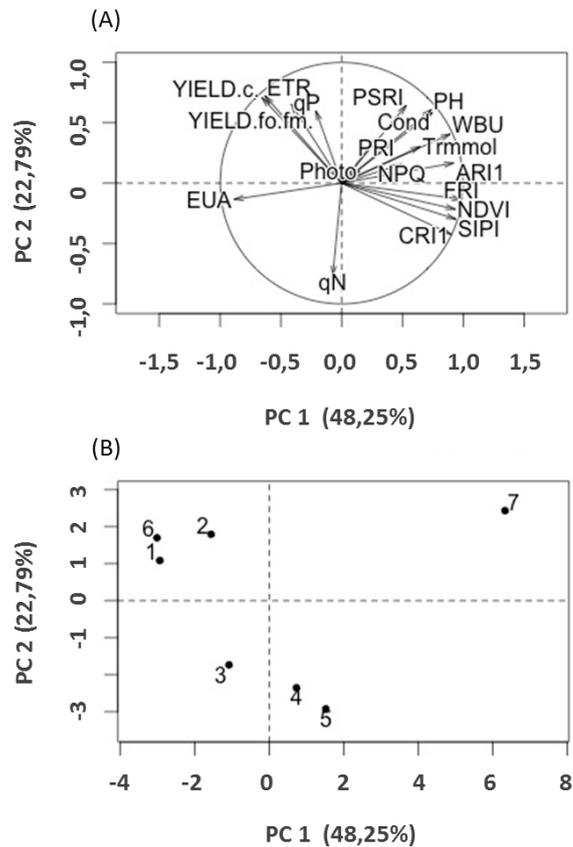


Figura 2. Biplot para os dois primeiros eixos da análise de componentes principais para os dados dos sete tratamentos em função dos parâmetros fisiológicos avaliados no mês de agosto. (A) Os coeficientes de correlação para todos os parâmetros foram representados pelos vetores. (B) A segregação dos sete tratamentos estudados baseada nos parâmetros fisiológicos avaliados. 1= Mogno (9x13,6 m); 2= Mogno (18x13,6 m); 3= Teca (9x13,6 m); 4= Teca (18x13,6 m); 5= Acrocarpo (9x13,6 m); 6= Acrocarpo (18x13,6 m); 7= cafeeiros em monocultivo.

CONCLUSÕES

As análises dos parâmetros fisiológicos permitiram verificar maior eficiência de uso da água do cafeeiro e menores valores de índices espectrais nos sistemas consorciados em fase de formação. Porém, esse comportamento parece ser mais uma resposta ao déficit hídrico ocasionado pela competição por água, do que o benefício de alterações microclimáticas ocasionadas pelas arbóreas, que também se encontram em fase de formação.

AGRADECIMENTOS

Ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia do Café – INCT/CAFÉ, à Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Minas Gerais – FAPEMIG, ao Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do Café – Consórcio Pesquisa Café e à Associação Hanns R. Neumann Stiftung do Brasil.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRAGA, C.C.; BRITO, J. I. B.; SANSIGOLO, C. A.; RAO, T. V. R. Tempo de resposta da vegetação às variabilidades sazonais da precipitação no Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, v.11, n.1, p.149-157, 2003.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Quarto acompanhamento: dezembro 2014. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14_12_22_09_53_55_boletim_dezembro_2014.pdf>. Acesso em: 16 mar. 2015.
- GAMON, J. A.; PEÑUELAS, J.; FIELD, C. B. A narrow-waveband spectral index that tracks diurnal changes in photosynthetic efficiency. *Remote Sensing of Environment*, v. 41, p. 35–44, 1992.
- GITELSON, A. A.; ZUR, Y.; CHIVKUNOVA, O. B.; MERZLYAK, M. N. Assessing carotenoid content in plant leaves with reflectance spectroscopy. *Photochemistry and Photobiology*, v. 75, n. 3, p. 272–281, 2002.
- GITELSON, A. A.; MERZLYAK, M. N.; CHIVKUNOVA, O. B. Optical properties and nondestructive estimation of anthocyanin content in plant leaves. *Photochemistry and Photobiology*, v.74, n. 1, p. 38–45, 2001.
- GOMES, I. A. C.; CASTRO, E. M.; SOARES, A. M.; ALVES, J. D.; ALVARENGA, M. I. N.; ALVES, E.; BARBOSA, J. P. R. A. D.; FRIES, D. D. Alterações morfofisiológicas em folhas de *Coffea arabica* L. cv. “Oeiras” sob influência do sombreamento por *Acacia mangium* Willd. *Ciência Rural*, v.38, n.1, p. 109-105, 2008.
- HUANG, G. T.; MA, S. L.; BAI, L. P.; ZHANG, L.; MA, H.; JIA, P.; LIU, J.; ZHONG, M.; GUO, Z. F. Signal transduction during cold, salt, and drought stresses in plants. *Mol Biol Rep*, v. 39, p. 969–987, 2012.
- HUSSON, F.; JOSSE, J.; LE, S.; MAZET, J. (2014). *FactoMineR: Multivariate Exploratory Data Analysis and Data Mining with R*. R package version 1.28. <http://CRAN.R-project.org/package=FactoMineR>
- LETTIS, M. G.; PHELAN, C. A.; JOHNSON, D. R. E.; ROOD, S. B. Seasonal photosynthetic gas exchange and leaf reflectance characteristics of male and female cottonwoods in a riparian woodland. *Tree Physiology*, v. 28, p. 1037–1, 2008.
- MERZLYAK, M. N.; GITELSON, A. A.; CHIVKUNOVA, O. B.; RAKITIN, V. Y. Non-destructive optical detection of pigment changes during leaf senescence and fruit ripening. *Physiologia Plantarum*, v. 106, p. 135–141, 1999.
- MERZLYAK, M. N.; SOLOVCHENKO, A. E.; SMAGIN, A. I.; GITELSON, A. A. Apple flavonols during fruit adaptation to solar radiation: spectral features and technique for non-destructive assessment. *Journal of Plant Physiology*, v. 162, p. 151-160, 2005.
- NOGUEIRA, J. M. P. ; MATUTE, A. F. M. ; CRUZ, K. R.; BARBOSA, J. P. R. A. D. ; RODRIGUES, M. ; GERMON, A. E. L. . Conectância de redes fisiológicas e índices de reflectância em *Coffea arabica* L. sob estresse hídrico. In: XIV Congresso Brasileiro de Fisiologia Vegetal, 2013, Poços de Caldas, MG. Livro de Resumos do XIV Congresso Brasileiro de Fisiologia Vegetal. São Paulo: TecART, 2013. p. 257-257.
- PEÑUELAS, J.; BARET, F.; FILELLA, I. Semi-empirical indices to assess carotenoids/chlorophyll a ratio from leaf spectral reflectance. *Photosynthetica*, v. 31, p. 221–230, 1995.
- PEÑUELAS, J.; PINOL, J.; OGAYA, R.; FILELLA, I. Estimation of plant water concentration by the reflectance water index WI (R900/R970). *Int. J. Remote Sensing*, v. 18, n. 13, p. 2869–2875, 1997.
- POMPELLI, M. F.; MARTINS, S. C.V.; ANTUNES, W. C.; CHAVES, A. R. M., DAMATTA, F. M. Photosynthesis and photoprotection in coffee leaves is affected by nitrogen and light availabilities in winter conditions. *Journal of Plant Physiology*, v. 167, p. 1052–1060, 2010.
- RICCI, M. S. F.; COSTA, J. R.; OLIVEIRA, N. G. Utilização de componentes principais para analisar o comportamento do cafeeiro a pleno sol e sombreado. *Coffee Science*, v. 6, n. 1, p. 44-54, 2011.
- R Core Team (2014). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>.
- ROUSE, J. W.; HAAS, R. H.; SCHELL, J. A.; DEERING, D. W. (1974). Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. *Proceedings, Third Earth Resources Technology Satellite-1 Symposium* (pp. 301–317). Greenbelt: NASA SP-351.
- SILVA, M.R.; RIBEIRO, M.G.; CENTENO, J.A.S. Monitoramento de estiagens com imagens MODIS. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 2007, Florianópolis. Anais... São José dos Campos: INPE, 2007. 1 CD-ROM.