

## ANÁLISES CANÔNICAS REVELAM AS DIFERENÇAS ENTRE CULTIVARES QUANTO A ÍNDICES ESPECTRAIS FOLIARES E POTENCIAL HÍDRICO<sup>1</sup>

Meline de Oliveira Santos<sup>2</sup>; Larissa Sousa Coelho<sup>3</sup>; Tamara Cubiaki Pires da Gama<sup>4</sup>; Gladyston Rodrigues Carvalho<sup>5</sup>; Lorena Caroline Dumbá Silva<sup>6</sup>; Matheus Miranda de Oliveira<sup>7</sup>; Margarete Marin Lordelo Volpato<sup>8</sup>; Vânia aparecida Silva<sup>9</sup>

<sup>1</sup>Trabalho financiado pela Fundação de apoio à pesquisa de Minas Gerias – FAPEMIG

<sup>2</sup>Bolsista do Consórcio Pesquisa Café, EMBRAPA CAFÉ, DSc, Lavras- MG, melineoli@hotmail.com

<sup>3</sup>Doutoranda em Fitotecnia, UFLA, Bolsista CAPES, MSc, Lavras-MG, larissacoelhoagro@gmail.com

<sup>4</sup>Bolsista INCT/CAFÉ-FAPEMIG, EPAMIG SUL, Lavras-MG, tcubiaki@hotmail.com

<sup>5</sup>Pesquisador, DSc, EPAMIG SUL, Bolsista BIPDT/FAPEMIG, Lavras- MG, carvalho@epamig.ufla.br

<sup>6</sup>Graduanda em Agronomia, UFLA, Bolsista PIBIC/FAPEMIG, EPAMIG SUL, Lavras, lorenadumba@gmail.com

<sup>7</sup>Graduando em Agronomia, UFLA, Bolsista PIBIC/FAPEMIG, EPAMIG SUL, Lavras, mateusoliveiravga@hotmail.com

<sup>8</sup>Pesquisadora, DSc, EPAMIG SUL, Bolsista BIPDT/FAPEMIG, Lavras- MG, margarete@epamig.ufla.br

<sup>9</sup>Pesquisadora, DSc, EPAMIG SUL, Bolsista BIPDT/FAPEMIG, Lavras- MG, vania.silva@epamig.ufla.br

**RESUMO:** O objetivo do trabalho foi caracterizar diferentes genótipos de café por meio da análise de variáveis canônicas entre os índices espectrais foliares e potencial hídrico. Foram avaliadas mudas de quatro progênies em geração F6 oriundas do cruzamento 'Icatu (3851-2-UFV 2117) x Catimor UFV 5373' e também a cultivar IPR100. As plantas foram cultivadas em vasos com 20 L de substrato, em casa de vegetação. Ao atingirem oito meses, metade das plantas continuou sendo irrigada, enquanto a outra metade foi submetida à seca, imposta pela suspensão da irrigação até os 35 dias. O delineamento experimental conduzido em blocos casualizados. Avaliou-se o espectro de refletância foliar com o auxílio de um mini espectrômetro foliar (CI-710) e o potencial hídrico antemanhã com a bomba de Scholander. Os genótipos na condição irrigada apresentaram o mesmo comportamento, permanecendo agrupados. Os genótipos 15, 12 e IPR100 foram os que apresentaram respostas espectrais e de potencial hídrico mais contrastantes, quando comparadas às condições com e sem irrigação, com menores valores de potencial hídrico e maiores valores de PSRI e FRI encontrados na progênie 15 não irrigada.

**PALAVRAS-CHAVE:** déficit hídrico, reflectância foliar, café e análise multivariada.

### CANONIC ANALYSIS REVEAL THE DIFFERENCES BETWEEN CULTIVARS TO SPECIAL FOLIAR INDEXES AND WATER POTENTIAL

**ABSTRACT:** The objective of this study was to characterize different coffee genotypes by analyzing canonical variables between leaf spectral indices and water potential. Seedlings of 4 progenies in F6 generation from the 'Icatu (3851-2-UFV 2117) x Catimor UFV 5373' and also the cultivar IPR100 were evaluated. The plants were cultivated in pots with 20 L of substrate, under greenhouse conditions. At the end of eight months, half of the plants continued to be irrigated, while the other half was submitted to drought, imposed by the suspension of the irrigation until 35 days. The experimental design was conducted in randomized blocks. The foliar reflectance spectrum was evaluated using a mini leaf spectrometer (CI-710) and pre-dawn water potential with the Scholander-type pressure chamber. The genotypes in the irrigated condition presented the same behavior, remaining grouped. The genotypes 15, 12 and IPR100 presented the most contrasting spectral and water potential responses when compared to irrigation and non-irrigation conditions, with lower values of water potential and higher values of PSRI and FRI found in non-irrigated progeny 15.

**KEY WORDS:** water deficit, leaf reflectance, coffee and multivariate analysis.

### INTRODUÇÃO

Diante das previsões de aumento dos períodos de seca resultantes das mudanças climáticas, o estudo das relações hídricas do cafeeiro tem sido demandado, pois fornece informações que podem ser usadas para o manejo da irrigação (KOKSAL, 2008), para selecionar genótipos em melhoramento (MUNJAL; DHANDA, 2005) e para avaliar os efeitos do estresse hídrico sobre os processos fisiológicos e bioquímicos que determinam o desenvolvimento e a produtividade. 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). Os índices de refletância podem indicar as concentrações de clorofila, carotenoides, eficiência de uso da radiação fotossintética e conteúdo de água nas folhas. Recentemente, tem sido proposto que o status hídrico das plantas também pode ser avaliado por medição de índices de refletância foliar, uma vez que esses mudam em resposta ao conteúdo de água pela planta (PENUELAS et al., 1997; USTIN et al., 1998; STIMSON et al., 2005; GUTIERREZ et al., 2010). O objetivo do trabalho foi caracterizar diferentes genótipos de café por meio da análise de variáveis canônicas entre os índices espectrais foliares e potencial hídrico.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado em outubro de 2015, na casa de vegetação da Estação Experimental da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), na cidade de Lavras-MG. Foram selecionadas quatro progênies em geração F<sub>6</sub> oriundas do cruzamento 'Icatu (3851-2-UFV 2117) x Catimor UFV 5373'. Nesse período foram adquiridas também, sementes da cultivar testemunha tolerante (IPR100). No mês de agosto de 2015, realizou-se o plantio das sementes em sacos plásticos de dimensão 11x22 cm. As mudas foram mantidas no viveiro da mesma fazenda durante seis meses. Após serem transferidas para os vasos, as mudas foram mantidas em casa de vegetação, com livre troca de ar durante um período de oito meses, sendo o experimento conduzido em delineamento de blocos ao acaso (DBC), constituído por 10 tratamentos e quatro repetições, em esquema fatorial 5x2, sendo cinco genótipos e dois tratamentos hídricos (irrigado e sob déficit hídrico). Ao iniciar o experimento, metade das mudas foi submetida à suspensão total da irrigação e a outra metade foi mantida com umidade na capacidade de campo. Após a imposição dos tratamentos hídricos, foi realizada uma avaliação aos 35 dias. Valores referentes aos potenciais hídricos (Potencial) das plantas foram obtidos com auxílio de uma câmara de pressão tipo Scholander (PMS Instruments- Plant Moisture- Modelo 1000) antes do amanhecer ( $\Psi_{pd}$  - 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, inferiram-se os índices descritos abaixo pelas equações:

- 1) Índice de reflectância fotoquímica - PRI  $(R531 - R570)/(R531 + R570)$  (GAMON; PEÑUELAS; FIELD, 1992).
- 2) Índice de reflectância de senescência - PSRI  $(R680 - R500) / R750$ , (Merzlyak et al., 1999).
- 3) Índice de vegetação por diferença normalizada - NDVI  $(R800 - R680) / (R800 + R680)$  (Rouse, Haas, Schell & Deering, 1974).
- 4) Índice de banda de água - WBI  $(R900 / R970)$  (Peñuelas et al., 1997).
- 5) Índice de reflectância de antocianinas - ARI1  $(1/R550) - (1/R700)$  (Gitelson; Merzlyak; Chivkunova, 2001).
- 6) Índice de reflectância de carotenoides - CRI1  $(1/R510) - (1/R550)$  (Gitelson et al., 2002).
- 7) Índice de pigmentos independente de componentes estruturais - SIPI  $(R800 - R445) / (R800 + R680)$  (Peñuelas et al. 1995).
- 8) Índice de reflectância de flavonoides - FRI  $(1/R410 - 1/R460) * R800$  (Merzlyak et al., 2005)

As variáveis fisiológicas foram analisadas por meio da Análise de Variáveis Canônicas pelo programa R (R Core Team, 2019), utilizando o pacote Candisc (Friendly, Fox; 2017).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas análises de variáveis canônicas verificou-se que, as duas primeiras canônicas explicaram 81,84% da variabilidade das respostas (Figura 1A e 1B). A variável de maior peso no primeiro vetor, que explica 61,75% da variabilidade total, foi o potencial hídrico e, por valor negativo, os índices espectrais PSRI e FRI (Figura 1A). A dissimilaridade entre os genótipos foi observada pela dispersão gráfica das variáveis canônicas, onde todos os genótipos irrigados apresentaram maior valor de potencial hídrico e menores valores de PSRI e FRI, contrastando com a progênie 15 não irrigada, seguido dos genótipos 12 e IPR100, que apresentaram um padrão oposto de respostas. A progênie 15 foi a que apresentou menor valor de potencial hídrico e maiores valores de PSRI e FRI, destacando-se isoladamente na dispersão gráfica das variáveis canônicas (Figura 1B).

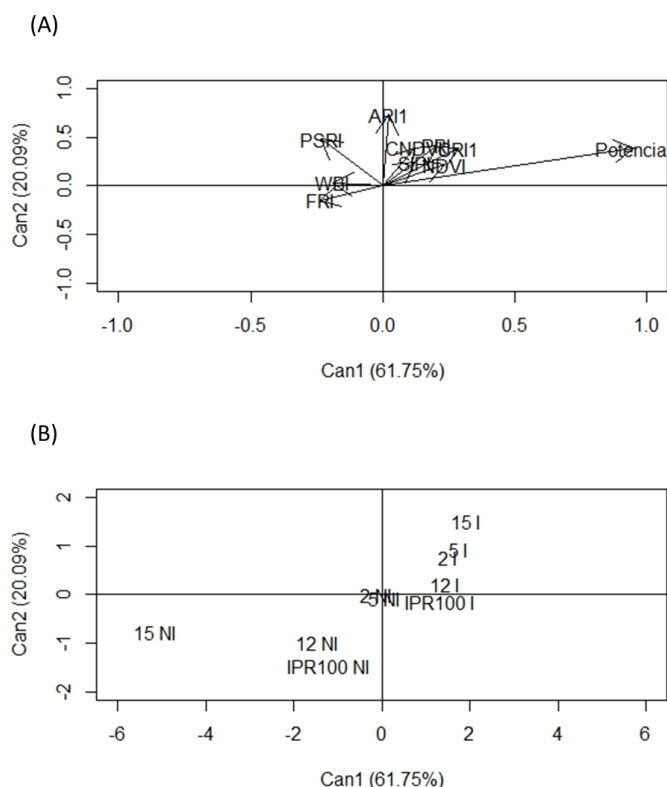


FIGURA 1 - Biplot para os dois primeiros eixos da análise de componentes principais dos 5 genótipos estudados em função dos parâmetros avaliados (A). Os coeficientes de correlação para todos os parâmetros foram representados pelo vetor (B).

Como a concentração de pigmentos foliares é influenciada pelo status hídrico da planta (LETTS et al., 2008), frequentemente ocorre uma acumulação de metabólitos secundários como os flavonoides, em resposta a inúmeros estresses ambientais como uma linha de defesa contra danos oxidativos (MERZLYAK et al., 2005), resultando em maiores níveis de FRI. A progênie 15 não irrigada, por apresentar os menores valores de potencial hídrico, provavelmente estava sujeita a um maior estresse oxidativo, o que levou a um acúmulo de flavonoides, aumentando os valores do índice FRI.

O PSRI, índice de reflectância de senescência, tem sido tipicamente usado para caracterizar as mudanças fisiológicas da vegetação, uma vez que espera-se que o PSRI seja sensível as mudanças na razão de carotenoides e clorofila (RAUTIAINEN et al., 2011). Quando a folha entra em senescência ocorre uma degradação da clorofila, fazendo com que a folha fique amarelada, uma vez que expõe os carotenoides da folha. Com isso, os maiores valores de PSRI observados na progênie 15 sob déficit hídrico indica que a planta está sob estresse com início de senescência (MERZLYAK, 1999).

## CONCLUSÃO

Os genótipos na condição irrigada apresentaram o mesmo comportamento, permanecendo agrupados. Os genótipos 15, 12 e IPR100 foram os que apresentaram respostas espectrais e de potencial hídrico mais contrastantes, quando comparadas as condições com e sem irrigação, com menores valores de potencial hídrico e maiores valores de PSRI e FRI encontrado no genótipo 15 não irrigado.

## AGRADECIMENTOS

Ao Consórcio Pesquisa Café, à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), a Fazenda da Lagoa- MG pertencente à NKG (Grupp Kaffee Neumann), ao Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia do Café - INCT/Café e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico CNPq.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- FRIENDLY, M. & FOX, J. (2017). Candisc: Visualizing Generalized Canonical Discriminant and Canonical Correlation Analysis. R package version 0.8-0. Disponível em: <https://CRAN.Rproject.org/package=candisc>.  
 GAMON, J. A.; PEÑUELAS, J.; FIELD, C. B. (1992) A narrow-waveband spectral index that tracks diurnal changes in photosynthetic efficiency. *Remote Sensing of Environment* 41:35–44

- GITELSON, A. A.; ZUR, Y.; CHIVKUNOVA, O. B.; MERZLYAK, M. N. (2002) Assessing carotenoid content in plant leaves with reflectance spectroscopy. *Photochemistry and Photobiology* 75: 272–281
- GITELSON, A. A.; MERZLYAK, M. N.; CHIVKUNOVA, O. B. (2001) Optical properties and nondestructive estimation of anthocyanin content in plant leaves. *Photochemistry and Photobiology* 74:38–45
- GUTIERREZ, M.; REYNOLDS, M.P.; KLATT, A.R. (2010) Association of water spectral indices with plant and soil water relations in contrasting wheat genotypes. *Journal of Experimental Botany* 61:3291–3303
- KOKSAL E. (2008) Irrigation water management with water deficit index calculated based on oblique viewed surface temperature. *Irrigation Science* 27:41–56
- LETTIS, M. G.; PHELAN, C. A., JOHNSON, D. R. E.; ROOD, S. B. (2008) Seasonal photosynthetic gas exchange and leaf reflectance characteristics of male and female cottonwoods in a riparian woodland. *Tree Physiology* 28:1037–1
- MERZLYAK, M. N.; GITELSON, A. A.; CHIVKUNOVA, O. B.; RAKITIN, V. Y. (1999) Non-destructive optical detection of pigment changes during leaf senescence and fruit ripening. *Physiologia Plantarum* 106:135– 141
- MERZLYAK, M. N.; SOLOVCHENKO, A. E.; SMAGIN, A. I.; GITELSON, A. A. (2005) Apple flavonols during fruit adaptation to solar radiation: spectral features and technique for non-destructive assessment. *Journal of Plant Physiology* 162:151-160
- MUNJAL R., DHANDA, S.S. (2005) Physiological evaluation of wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes for drought resistance. *Indian Journal of Genetics and Plant Breeding* 65:307–308
- 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.; PINOL, J.; OGAYA, R.; FILELLA, I. (1997) Estimation of plant water concentration by the reflectance water index WI (R900/R970). *Int. J. Remote Sensing* 18:2869–2875
- R CORE TEAM (2019). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <http://www.R-project.org/>. Acesso em: 10 de maio de 2019.
- RAUTIAINEN, M.; MÖTTUS, M.; HEISKANEN, J.; AKUJÄRVI, A.; MAJASALMI, T.; STENBERG, P. (2011) Seasonal reflectance dynamics of common understory types in a northern European boreal forest. *Remote Sensing of Environment* 115:3020–3028
- 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.
- STIMSON, H.C.; BRESHEARS, T.D.D.; USTIN S.L.; KEFAUVER S.C. (2005) Spectral sensing of foliar water conditions in two co-occurring conifer species: *Pinus edulis* and *Juniperus monosperma*. *Remote Sensing of Environment* 96:108-118
- USTIN S.L.; ROBERTS D.A.; PINZON, J.; JACQUEMOUD, S.; GARDNER, M.; SCHEER G.; CASTANEDA C.M.; PALACIOS-ORUETA A. (1998) Estimating canopy water content of chaparral shrubs using optical methods. *Remote Sensing of Environmen* 65:280-291