

INTENSIDADE MÁXIMA DE FLUORESCENCIA E PARÂMETROS O-J-I-P DO CAFÉ CONILON EM FUNÇÃO DE CORRETIVOS DE SOLO E DÉFICT HÍDRICO¹

Douglas Gomes Viana²; Alex Favaro Nascimento³, Alessandra Ferreira Belo⁴, Fabio Ribeiro Pires⁵; Antelmo Ralph Falqueto⁶; Robson Bonomo⁷; Luis Henrique Ortelan Tennis⁸; Bruno Passigatto Ortelan⁹; Evelyn Trevisan¹⁰

¹ Trabalho executado com recursos da Fundação de Amparo à Pesquisa do Espírito Santo (FAPES).

² Graduando Agronomia, Universidade Federal do Espírito Santo, São Mateus-ES, d_gomesviana@hotmail.com

³ Bolsista, MS, Universidade Federal do Espírito Santo, São Mateus-ES, afavaronascimento@gmail.com

⁴ Bolsista, Pós Dourado, Universidade Federal do Espírito Santo, São Mateus-ES, ferreiragro@yahoo.com.br

⁵ Professor, DSc, Universidade Federal do Espírito Santo, São Mateus-ES, pires.fr@gmail.com

⁶ Professor, DSc, Universidade Federal do Espírito Santo, São Mateus-ES, antelmofalqueto@gmail.com

⁷ Professor, DSc, Universidade Federal do Espírito Santo, São Mateus-ES, robson.bonomo@gmail.com

⁸ Graduando Agronomia, Universidade Federal do Espírito Santo, São Mateus-ES, luluis12@hotmail.com

⁹ Graduando Agronomia, Universidade Federal do Espírito Santo, São Mateus-ES, bruno-passigatto@hotmail.com

¹⁰ Graduando Agronomia, Universidade Federal do Espírito Santo, São Mateus-ES, evelyntrevisan@gmail.com

RESUMO: Entre os vários problemas que podem ser definidos como gargalos para a agricultura a deficiência hídrica, ocasionada por longos períodos de estiagem e, ou, por má distribuição das chuvas, e a elevada acidez dos solos, causada por características de formação do solo e, ou, utilização intensificada de insumos agrícolas, são grandes limitantes à produção. A indução à tolerância ao déficit hídrico vem se destacando entre as linhas de pesquisa, principalmente com o uso do silício como indutor. Dessa forma, objetivou-se avaliar as características fisiológicas de plantas de café conilon, cultivadas em solo corrigido com silicato de cálcio e calcário, sob diferentes níveis de déficit hídrico no solo. O experimento, foi conduzido em casa-de-vegetação utilizando o cultivar Incaper Vitória 8142 clone 12, em esquema fatorial 3 x 4, sendo o primeiro fator 3 corretivos agrícolas (calcário, uma vez a dose recomendada; silicato de cálcio, uma vez a dose recomendada; e silicato de cálcio, três vezes a dose recomendada) e o segundo 4 níveis de déficit hídrico no solo (correspondente a um consumo de 10%, 30%, 50% e 70% da água disponível no solo), no delineamento experimental em blocos casualizados, com três repetições. Foram avaliadas a cinética de emissão da fluorescência transiente ou polifásica da clorofila *a* e teste JIP, teor relativo de clorofila e condutância estomática. As plantas de café apresentam resultados positivos quanto à indução de tolerância a partir dos corretivos silicatado.

PALAVRAS-CHAVE: Café conilon, silício, estresse hídrico.

MAXIMUM INTENSITY OF FLUORESCENCIA AND PARAMETERS O-J-I-P OF THE COFFEE CONILON IN FUNCTION OF CORRECTIVE OF SOIL AND DÉFICT HÍDRICO.

ABSTRACT: Among the many problems that can be defined as bottlenecks for agricultural water deficiency, caused by long periods of drought and, or, by poor distribution of rainfall, and high soil acidity caused by characteristics of soil formation and or intensified use of agricultural inputs, are major limiting yield. The induction of tolerance to water deficit has stood out among the lines of research, especially with the use of silicon as inductor. Thus, this study aimed to evaluate the physiological characteristics of coffee plants grown in soil amended with calcium silicate and limestone under different levels of soil water deficit. The experiment was carried out in a greenhouse using the cultivar Incaper Win 8142 clone 12, in factorial 3 x 4, with the first factor 3 agricultural lime (limestone, since the recommended dose, calcium silicate, once recommended dose, and calcium silicate, three times the recommended dose) and the second four levels of soil water deficit (corresponding to a consumption of 10%, 30%, 50% and 70% of available water in the soil), the experimental design randomized complete block design with three replications. We evaluated the kinetics of fluorescence emission of the transient or polyphasic chlorophyll JIP test, relative chlorophyll content and stomatal conductance. Coffee plants are positive for induction of tolerance from lime silicate.

KEYWORDS: Coffee conilon, silicon, water stress.

INTRODUÇÃO

Atualmente, vários problemas podem ser definidos como limitantes para a agricultura no Brasil e, de acordo com sua realidade, para o Estado do Espírito Santo. Destes, a deficiência hídrica, ocasionada por longos períodos de estiagem e,

ou, por má distribuição das chuvas, e a elevada acidez dos solos, causada por características de formação do solo e, ou, utilização intensificada de insumos agrícolas são, cada um na sua proporcionalidade, grandes limitantes de produção. Influenciando negativamente nas culturas de maior importância para o Espírito Santo, esses fatores proporcionam decréscimo de produção nas culturas do café conilon.

Conviver com os longos períodos de escassez de água e adotar medidas que contornem essa dificuldade vem se tornando comum para maioria dos produtores no Norte do Espírito Santo. Para tanto, alternativas que visam minimizar as quedas de produção vêm sendo pesquisadas. O melhoramento genético e mudanças no manejo de irrigação são dois exemplos principais de técnicas utilizadas.

A indução à tolerância ao déficit hídrico vem se destacando entre as linhas de pesquisa. Estudar os benefícios trazidos por materiais já utilizados na agricultura é prática promissora. Assim, a utilização de silício, mais especificamente silicato de cálcio, surge como proposta para o incremento da resistência a diversos fatores de estresse, bióticos e abióticos (DATNOFF et al., 1990, DATNOFF et al., 1991). Conseqüentemente, a utilização de silicato de cálcio proporcionaria a correção da acidez do solo, visto seu poder redutor semelhante ao do calcário; mas com benefícios em relação à maior solubilidade em água e à maior mobilidade no solo (SANTOS, 2009).

Diante deste comportamento, resultado do uso de silicatos, o desenvolvimento das plantas, mais especificamente o comprometimento dos mecanismos fisiológicos, como transpiração e aqueles relacionados à fotossíntese, anteriormente funcionando sob estresse, seriam restabelecidos.

Assim, o estudo de características que mensurem o quanto a fotossíntese pode ser afetada, notadamente sob déficit hídrico, é essencial. Atributos relacionados como a fluorescência da clorofila *a* tem se tornado um método de ampla utilização por avaliar respostas das plantas aos estresses ambientais (STRASSER et al., 2000), permitindo entender o estado do aparato fotossintético (THOREN et al., 2010), principalmente do fotossistema II (FSII), e relações deste aparato com outros parâmetros fisiológicos, como teor de clorofila nas folhas e condutividade estomática.

Dessa forma, objetivou-se no presente trabalho avaliar a influência de diferentes corretivos de solo e níveis de déficit hídrico no solo sobre as características fisiológicas de plantas de café conilon.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa-de-vegetação do Centro Universitário Norte do Espírito Santo – CEUNES, da Universidade Federal do Espírito Santo – UFES, localizado no município de São Mateus, ES. A cultura estudada foi o café conilon (*Coffea canephora*, cv. Incaper Vitória 8142 clone 12).

O experimento foi montado em esquema fatorial simples 3 x 4, sendo 3 níveis do fator corretivos agrícolas (calcário, uma vez a dose recomendada; silicato de cálcio, uma vez a dose recomendada; e silicato de cálcio, três vezes a dose recomendada) e 4 níveis do fator déficit hídrico do solo (correspondente a um consumo de 10%, 30%, 50% e 70% da água disponível no solo), em delineamento experimental de blocos casualizados, com três repetições.

As unidades experimentais empregadas foram vasos de polipropileno de aproximadamente 60 litros, com dimensões de 0,60 m de altura, 0,35 m de comprimento e 0,30 m de largura. Foi utilizado solo classificado como Argissolo Amarelo (EMBRAPA, 2006), de textura média (franco-arenoso), cujos teores de areia, silte e argila são respectivamente, 780 g kg⁻¹, 20 g kg⁻¹ e 200 g kg⁻¹ (EMBRAPA, 1997), coletado na camada de 0,0 a 0,20 m e peneirado em malha de 2,0 mm para utilização como substrato no plantio das culturas.

A correção do solo ocorreu na camada superficial com profundidade de 0,40 m, tomando-se como base uma cova de plantio usual (0,40 m x 0,40 m x 0,40 m) (Figura 1).

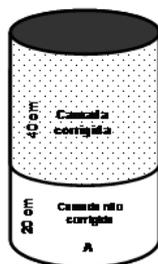


Figura 2. Esquema de preenchimento das unidades experimentais

Os níveis do fator déficit hídrico foram aplicados com as irrigações sendo executadas quando se atingia a umidade mínima estabelecida em função do déficit desejado. O valor da umidade mínima correspondente a cada nível de déficit foi determinado utilizando-se da curva de retenção de água no solo, ajustada pelo modelo de van Genuchten (1980) (Equação 1). Foram utilizados na experimentação como referências 10%, 30%, 50% e 70% da água disponível no solo, ou seja, a água retida entre a capacidade de campo e o ponto de murcha permanente, com valores de 16,56% (v/v) e 8,78% (v/v), respectivamente.

$$\theta = 0,035 + \frac{(0,035 - 0,21)}{(1 + (0,9894 \cdot \psi)^{2,7527})^{0,0596}}$$

Equação (1)

Durante 180 dias foi realizado acompanhamento diário da umidade do solo, iniciados 30 dias após o plantio das espécies, nas camadas de 0,0 a 0,20 m e 0,21 a 0,40 m. Para isso, o monitoramento foi realizado por meio de sensor com princípio de TDR (modelo Trime-BT da IMKO) e previamente calibrado para o solo do experimento, inserido em tubo de acesso até a profundidade mediana dos vasos. Para leitura dos dados de umidade, foi utilizado o programa Pico-Talk, Versão 1.04 (IMKO), instalado em palmtop modelo RPDA 626 (ASUS) (Figura 2).

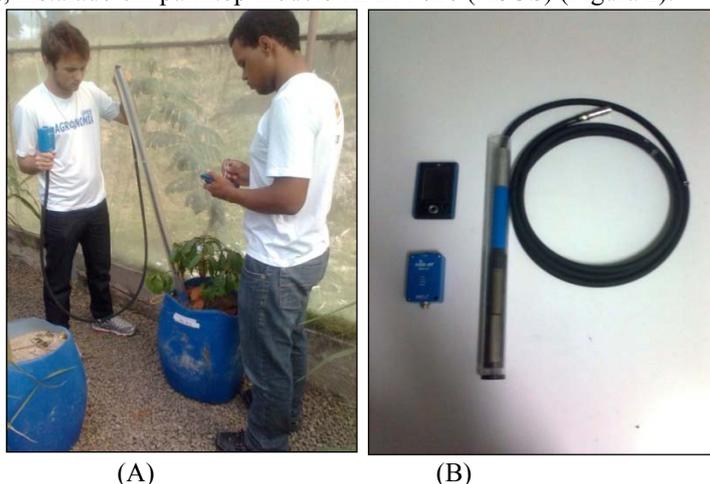


Figura 2. Coleta de dados de umidade do solo (A) e aparelhos utilizados para verificação de umidade do solo (B).

Decorridos 90 dias de implantação dos tratamentos referentes ao déficit hídrico no solo foi realizada coleta de dados para avaliação da cinética de emissão da fluorescência transiente e teste JIP. Entre as 5:00 e 8:00 horas, adaptou-se ao escuro, com o auxílio de cliques foliares, durante 30 minutos, folhas jovens, totalmente expandidas, localizadas no terço médio da planta, afim de oxidar completamente o sistema fotossintético. Em seguida, utilizando fluorômetro portátil Handy PEA (Hanstech, King's Lynn, Norkfolk, UK) emitiu-se um flash de luz, com intensidade de $3000 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ e duração de 1 segundo, coletando-se dados nos tempos de 50, 100, 300 μs , 2, 30 ms e 1 s. As curvas OJIP e suas normalizações foram elaboradas de acordo com Strasser (2004) e os parâmetros estabelecidos pelo teste JIP foram calculados com subsídio do software Biolyzer (Laboratório de Bioenergética, Universidade de Genebra, Suíça) a partir da fluorescência transiente.

Os dados foram submetidos às análises de variância, usando os níveis de significância de 1% e 5% de probabilidade, pelo teste F, e análise de regressão. As médias dos efeitos dos corretivos agrícolas foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Para os níveis de déficit hídrico no solo, os modelos foram escolhidos baseados na significância dos coeficientes de regressão, utilizando-se o teste 't' e adotando o nível de 5% de probabilidade, bem como no coeficiente de determinação (r^2) e no fenômeno biológico.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A intensidade máxima de fluorescência (F_m) ocorre quando toda QA está reduzida e os centros de reação são incapazes de aumentar as reações fotoquímicas atingindo sua capacidade máxima (BAKER & ROSENQVST, 2004). Desta forma, quando cultivadas plantas de café conilon com diferentes corretivos agrícolas, nota-se que o maior valor foi obtido quando realizada correção do solo com a dose recomendada de silicato de cálcio (Tabela 1)

Tabela 1. Intensidade máxima de fluorescência (F_m), em função de diferentes corretivos agrícolas, obtidos a partir da fluorescência transiente da clorofila *a* de *Coffea canephora* cv. Incaper Vitória 8142 clone 12

Corretivos Agrícolas	F_m
Calcário	2636,68 b
Silicato de Cálcio	3046,00 a
3x Silicato de Cálcio	2899,68 ab
CV (%)	13,5

* Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si segundo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Considerando decréscimo nos valores de Fm quando utilizado calcário e três vezes a dose recomendada de silicato de cálcio, observa-se, alteração na forma das curvas OJIP (LIN et al. (2009) (Figura 3). Isto, provavelmente, foi provocado por danos fotoinibitórios do complexo FSII, indicados por decréscimo em ϕ_{P_0} , que indica o rendimento fotoquímico máximo para fotoquímica primária (BAKER & ROSENQVST, 2004), principalmente para irrigações realizadas quando eram consumidos 10% e 50% da água disponível no solo.

Observando as bandas K (ΔV_{OJ}), L (ΔV_{OK}) e I (ΔV_{IP}) nota-se claramente que os tratamentos onde se foi utilizada correção do solo com silício, exceto para o déficit hídrico de 70% da água disponível, apresentaram valores inferiores aos de calcário, que nesse caso representa a testemunha (Figura 4 e 5). Desta forma, pode-se inferir que onde se usa consumo de 50% da água útil no solo como parâmetro para irrigação na cultura do café conilon, a utilização de silício não afeta a cinética relativa aos distúrbios relativos às etapas de oxi-redução entre o lado acceptor e doador do FSII (banda K); apresenta menores distúrbios fotoquímicos sobre a energia de conectividade entre unidade do FSII (banda L) e também apresenta menores distúrbios de oxi-redução do intersistemas e FSI (banda I).

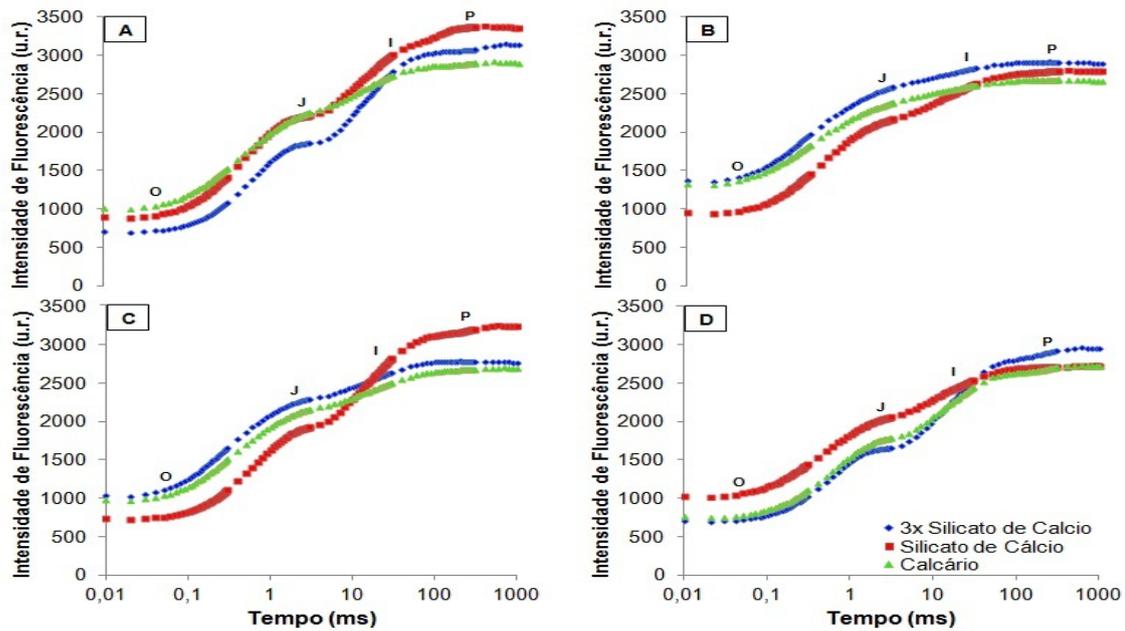


Figura 3. Transientes O-J-I-P em *Coffea canephora* cv. Incaper Vitória 8142 clone 12, cultivada em solo corrigido diferentes corretivos de solo. A, B, C e D referem-se a 10%, 30%, 50% e 70% de déficit hídrico no solo.

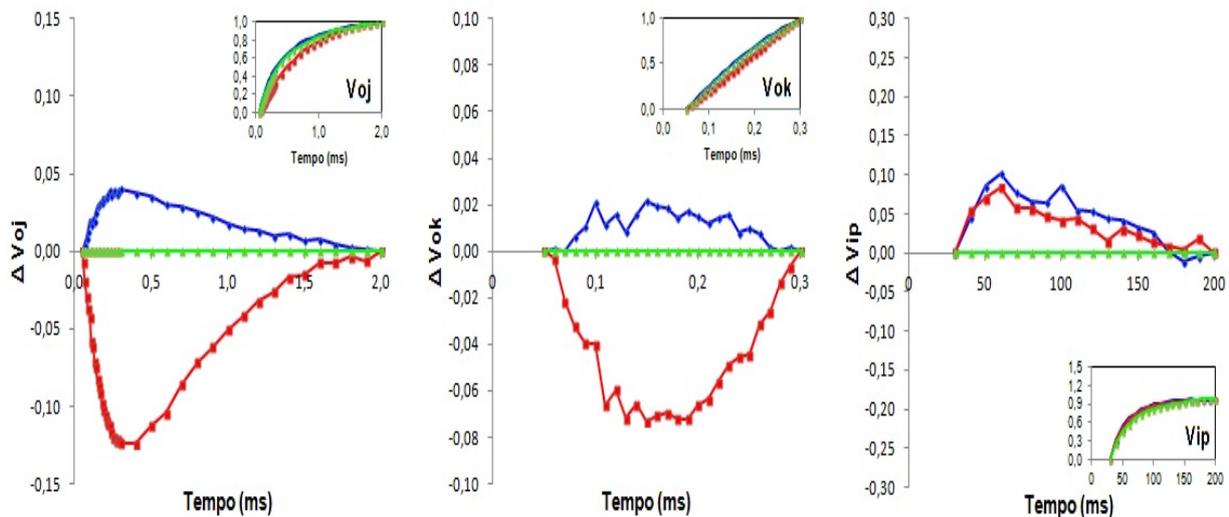


Figura 4. ΔV_{Oj} , ΔV_{Ok} e ΔV_{Ip} em *Coffea canephora* cv. Incaper Vitória 8142 clone 12, sob 50% de água disponível no solo. Símbolo — refere-se a calcário; — uma vez a dose de silicato de cálcio; e — três vezes a dose de silicato de cálcio.

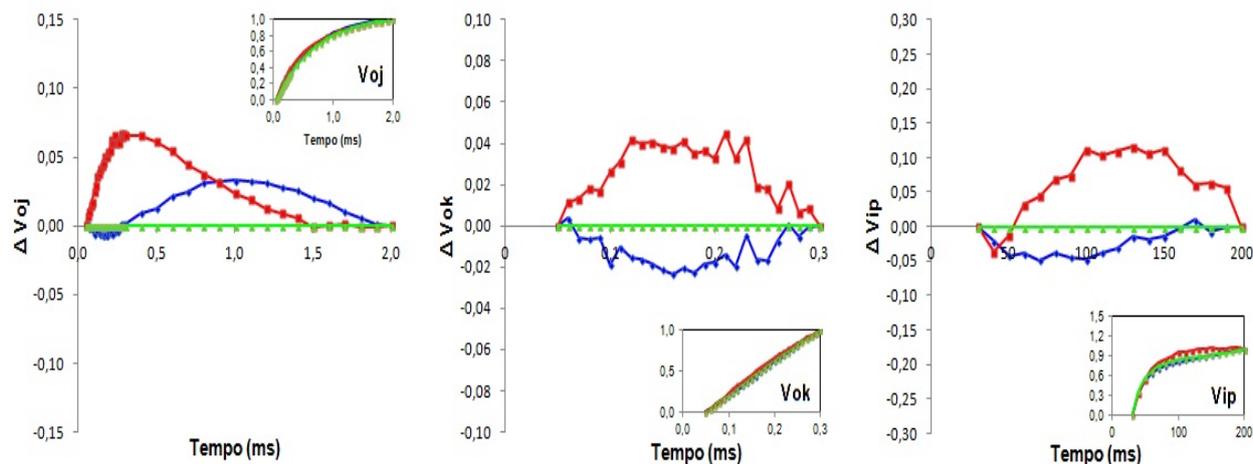


Figura 5. ΔV_{oj} , ΔV_{ok} e ΔV_{ip} em *Coffea canephora* cv. Incaper Vitória 8142 clone 12, sob 70% de água disponível no solo. Símbolo — refere-se a calcário; — uma vez a dose de silicato de cálcio; e — três vezes a dose de silicato de cálcio.

CONCLUSÕES

A cultura do café conilon sofreu influência positiva quando cultivada sobre solos corrigidos com silicato de cálcio e déficit hídrico variando entre 30% e 50%.

AGRADECIMENTOS

À FAPES – Fundação de Amparo à Pesquisa do Espírito Santo, pelo financiamento do projeto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAKER, N.R.; ROSENQVST, E. Applications of chlorophyll fluorescence can improve crop production strategies: na examination of future possibilities. *Journal of Experimental Botany*, v.55, p.1607-1621, 2004.
- DATNOFF, L.E.; RAID, R.N.; SNYDER, G.H.; JONES, D.B. Evaluation of calcium silicate slag and nitrogen on brown spot, neck rot, and sheath blight development on rice. *Biological and Cultural Tests for Control of Plant Diseases*, v.5, p.65, 1990.
- DATNOFF, L.E.; RAID, R.N.; SNYDER, G.H.; JONES, D.B. Effect of calcium silicate on blast and brown spot intensities and yields of rice. *Plant Disease*, v.75, p.729-732, 1991.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de métodos de análise de solos. 2.ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p. (Embrapa-CNPS. Documento, 1).
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2.ed. Brasília, 2006. 306p.
- GOUSSAIN, M.M.; MORAES, J.C.; CARVALHO, J.G.; NOGUEIRA, N.L.; ROSSI, M.L. Efeito da aplicação de silício em plantas de milho no desenvolvimento biológico da lagarta-do-cartucho *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). *Neotropical Entomology*, v.31, p.305-310, 2002.
- LIN, Z.H., CHEN, L.S., CHEN, R.B., ZHANG, F.Z., JIANG, H.X., TANG, N. CO₂ assimilation, ribulose-1,5-biphosphate carboxylase/oxygenase, carbohydrates and photosynthetic electron transport probed by the JIP-test, of tea leaves in response to phosphorus supply. *BMC Plant Biology*, v.9, p.1-12, 2009.
- SANTOS, V.M. Potencial da Escória Silicatada na Correção da Acidez do Solo em Plantio Direto. Viçosa: UFV. Dissertação de Mestrado (Mestrado em Fitotecnia). 2009.
- STRASSER, R.J.; SRIVASTAVA, A.; TSIMILLI-MICHAEL, M. Analysis of fluorescence transient, In: G. Papageogiou, Govindjee (eds.), *Chlorophyll Fluorescence: a Signature of Photosynthesis*, *Advances in Photosynthesis and Respiration*, Springer, Dordrecht, v.19, p.321-362, 2004.
- THOREN, D. Influence os ambient light and temperature on laser-induced chlorophyll fluorescence measurements. *European Journal os Agronomy*, v.32, p.169-176, 2010.
- van GENUCHTEN, M.T. A Closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. *Soil Science Society of America Journal*, v.44, p.892-898, 1980.