

## CRESCIMENTO DO CAFEIEIRO CONILON CULTIVAR “ES8122-JEQUITIBÁ” EM FUNÇÃO DA FRAÇÃO DE ÁGUA TRANSPIRÁVEL NO SOLO

WILIAN RODRIGUES RIBEIRO<sup>1</sup>; VINICIUS AGNOLETTE CAPELINI<sup>2</sup>; DANIEL SOARES FERREIRA<sup>3</sup>; MORGANA SCARAMUSSA GONÇALVES<sup>1</sup> E EDVALDO FIALHO DOS REIS<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Engenharia Rural, Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo - UFES, Alto Universitário S/N, Bairro Guararema, CEP: 29.500.000, Alegre, ES, Brasil, [wilianrodrigues@msn.com](mailto:wilianrodrigues@msn.com); [morganascg@gmail.com](mailto:morganascg@gmail.com); [edreis@cca.ufes.br](mailto:edreis@cca.ufes.br).

<sup>2</sup>Departamento de Engenharia Rural, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Rural da Universidade Federal de Viçosa - UFV, Avenida Peter Henry Rolfs, S/N, Campus Universitário, CEP: 36.570.900, Viçosa, MG, Brasil, [vinicius91ac@hotmail.com](mailto:vinicius91ac@hotmail.com).

<sup>3</sup>Departamento de Fitotecnia, Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa - UFV, Avenida Peter Henry Rolfs, S/N, Campus Universitário, CEP: 36.570.900, Viçosa, MG, Brasil, [daniel.s.soares@ufv.br](mailto:daniel.s.soares@ufv.br).

### 1 RESUMO

O Estado do Espírito Santo destaca-se como maior produtor de café conilon do Brasil, porém a deficiência hídrica tem sido o fator abiótico mais limitante da produção. Desta forma, objetivou-se neste trabalho, quantificar a influência do déficit hídrico no solo, pela metodologia da fração de água transpirável do solo (FATS), verificando o valor crítico onde se inicia a redução da transpiração relativa (TR), e do potencial de crescimento das plantas, através das variáveis: área foliar relativa (AFR) e altura relativa (ALR). O presente estudo foi desenvolvido em casa de vegetação da Universidade Federal do Espírito Santo, localizada no município de Alegre-ES. Utilizaram-se os nove clones que compõe a cultivar “ES8122-Jequitibá”, espécie *Coffea canephora*. O experimento foi constituído de dois tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos foram: T<sub>0</sub> (sem déficit hídrico, plantas irrigadas durante todo experimento) e T<sub>1</sub> (déficit hídrico induzido até as plantas atingirem 10% da transpiração relativa do tratamento T<sub>0</sub>). Verificou-se que cada clone apresentou um comportamento específico em função do decréscimo FATS. O clone 02 foi o mais susceptível, apresentando redução da transpiração em valores de 0,90 da FATS. O clone 09 mais resistente, mantendo o processo transpiratório constante até valores de 0,56 da FATS.

**Palavras-chave:** déficit hídrico, *Coffea canephora*, fats, irrigação.

RIBEIRO, W. R.; CAPELINI, V. A.; FERREIRA, D. S.; GONÇALVES, M. S.; REIS, E. F.

GROWTH OF COFFEE CONILON CULTIVAR “ES8122-JEQUITIBÁ” AS FUNCTION OF TRANSPIRABLE WATER FRACTION IN SOIL

## 2 ABSTRACT

The state of Espírito Santo stands out as the largest producer of Conilon coffee in Brazil, but water deficit has been the most limiting abiotic factor of production. Thus, the objective of this work was to quantify the influence of water deficit on the soil, by the fraction of transpirable soil water (FTSW) methodology, verifying the critical value where the reduction of relative transpiration (RT), and the potential plant growth, through the variables: relative leaf area (RLA) and relative height (RH). The present study was conducted in a greenhouse of the Federal University of Espírito Santo, located in the city of Alegre-ES. The nine clones that make up the cultivar “ES8122-Jequitibá”, species *Coffea canephora*, were used. The experiment consisted of two treatments and four repetitions. The treatments were: T<sub>0</sub> (without water deficit, plants irrigated during the whole experiment) and T<sub>1</sub> (induced water deficit until the plants reached 10% of the relative transpiration of treatment T<sub>0</sub>). Each clone showed a specific behavior as function of the FTSW decrease. Clone 02 was the most susceptible, presenting a reduction in sweating by FTSW values of 0.90. The most resistant, clone 09, kept the transpiratory process constant up to FTSW values of 0.56.

**Keywords:** water deficit, *Coffea canephora*, FTSW, irrigation.

## 3 INTRODUÇÃO

Segundo Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2019), o Brasil possui uma área total plantada de café conilon e arábica, que atinge aproximadamente 2,16 milhões de hectares, sendo 85,2% destas áreas em produção. Para o ano de 2019, a Companhia estima uma produção que pode chegar a 50,9 milhões de sacas beneficiadas. Deste total produtivo, 13,9 milhões de sacas são previstas para a espécie *Coffea Canephora* (CONAB, 2019).

O Estado do Espírito Santo, destaca-se como principal produtor de café conilon do país (*Coffea canephora*), com a maior área produtiva (241.805 hectares) e também a maior produção, onde são estimadas em torno de 9.491 mil sacas a serem beneficiadas para o ano de 2019 (CONAB, 2019).

Apesar das ótimas condições térmicas para o cultivo do cafeeiro conilon no Estado, os autores Pezzopane et al. (2010) afirmam que existe um alto risco climático no que diz respeito ao suprimento hídrico, principalmente na região norte,

onde o cultivo tem ocorrido em regiões em que a deficiência hídrica é o principal fator limitante à produção.

O déficit hídrico ocorre com frequência nos cultivos, podendo apresentar um considerável impacto negativo no crescimento e desenvolvimento da cultura. Durante períodos de seca, as plantas sofrem constantes ciclos de déficits hídricos, desencadeando como respostas, diversos processos fisiológicos que levam a inibição do crescimento celular, da fotossíntese e da produtividade de cultivos (LARCHER, 2006; KERBAURY, 2009). Assim, existe um conflito entre a conservação da água pela planta e a taxa de assimilação de CO<sub>2</sub> para produção de carboidratos (TAIZ; ZEIGER, 2009), os quais serão utilizados para processos metabólicos relacionados ao crescimento e manutenção do corpo vegetal.

Nas investigações sobre os efeitos do déficit hídrico, existem alguns índices que podem ser empregados para expressar a quantidade de água disponível no solo, tais como a quantidade total de água armazenada (QTA), capacidade de armazenamento de água disponível (CAD)

e a fração de água transpirável no solo (FATS) (MARTINS et al., 2008).

No conceito da FATS, assume-se que o conteúdo de água no solo utilizado pela planta para a transpiração, varia entre o conteúdo de água no solo na capacidade de campo, quando é máxima, e o conteúdo de água no solo, quando a transpiração da planta é igual a 10 % da transpiração máxima (SINCLAIR; LUDLOW, 1986). Este parece ser o conceito que mais se aproxima como indicador da quantidade real de água no solo que pode ser extraída pelas plantas para a transpiração (SANTOS; CARLESSO, 1998).

Utilizando o conceito de FATS, o conteúdo de água no solo em que se inicia o fechamento estomático e, conseqüentemente, redução da transpiração das plantas, foi determinado para várias espécies como estudado por Lago et al. (2012) para batata; Lago et al. (2011) para mandioca; Sinclair & Ludlow (1986) para as culturas do feijão mungo, guandu e caupi; Bindi et al. (2005) para crescimento da videira. No entanto, ainda há poucos estudos investigando a transpiração, parâmetros de crescimento e desenvolvimento em resposta à deficiência hídrica em plantas do cafeeiro conilon.

Deste modo, objetivou-se quantificar a influência do déficit hídrico no solo, por meio da FATS, verificando o valor crítico onde se inicia a redução da transpiração relativa, e a ocorrência do decréscimo sobre as variáveis de crescimento, altura de plantas e área foliar do cafeeiro conilon “ES8122-Jequitibá”.

#### 4 MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo foi desenvolvido em casa de vegetação, instalada no Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo (CCAUE-UFES), localizada no município de

Alegre-ES, latitude 20°45' Sul, longitude 41° 32'Oeste e altitude de 269,0 m. O clima da região é do tipo “Aw”, com estação seca no inverno, de acordo com a classificação de Köppen (KÖPPEN, 1918). A temperatura média anual é de 23°C e a precipitação normal anual em torno de 1200 mm.

O experimento foi constituído por dois tratamentos: T<sub>0</sub> sendo a testemunha (sem déficit hídrico, irrigado durante todo o experimento) e T<sub>1</sub> (déficit hídrico induzido até as plantas atingirem 10% da transpiração relativa do tratamento T<sub>0</sub>), com quatro repetições.

Os tratamentos foram aplicados nos nove clones da cultura do cafeeiro conilon (*Coffea canephora*) que compõe a cultivar “ES8122-Jequitibá”, trinta dias após o plantio. As mudas do cafeeiro foram obtidas em viveiro idôneo, certificado, isentas de patógenos e apresentando um padrão de três pares de folhas.

Cada parcela experimental foi constituída por um vaso de 12 litros, revestidos com papel branco, com a finalidade de reduzir a absorção de radiação solar e minimizar o aquecimento do solo. A superfície do solo de cada vaso foi coberta com isopor branco, a fim de garantir que toda água perdida fosse proveniente do processo de transpiração. Posteriormente, os vasos foram dispostos em bancada metálica (3,0 x 0,80) com 1 metro de altura e semanalmente realizou-se como procedimento padrão a casualização entre os vasos do mesmo tratamento.

O solo utilizado como substrato foi classificado como Argissolo, de acordo com os valores de referência do triângulo textural (EMBRAPA, 2006), coletado a uma profundidade de 0,00 a 0,30m, destorroado, passado em peneira de 4 mm e homogeneizado. As amostras de solos foram enviadas à laboratório e os resultados das análises químicas e físicas estão demonstradas na Tabela 1.

**Tabela 1.** Atributos químicos e físicos do Argissolo utilizado como substrato

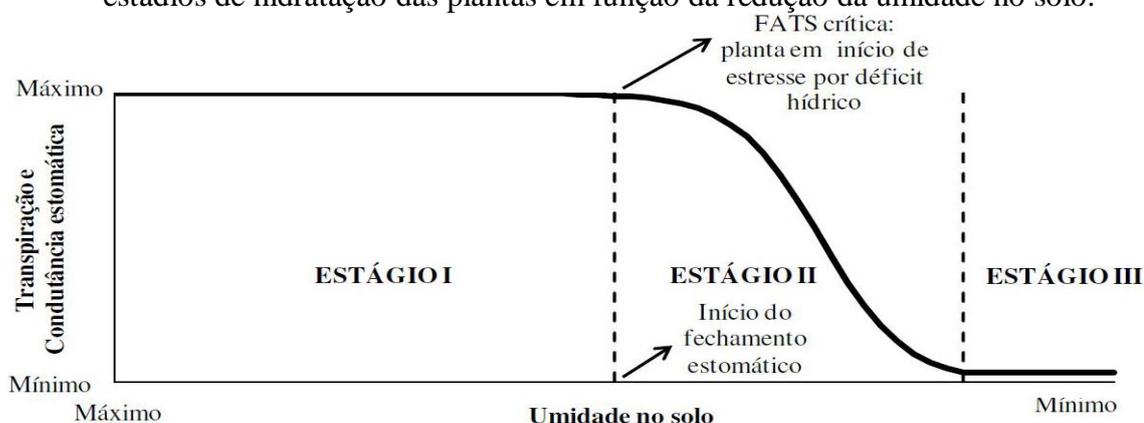
pH	P	K	Ca	Mg	SB	CTC	V	Areia	Silte	Argila
-----Mg dm <sup>3</sup> -----			-----cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> %-----			-----%-----				
4,86	2,50	30	0,41	0,26	0,80	4,60	17,43	56	4,0	40

Extração e determinação: pH em água (1:2,5); P, K, Na: Mehlich 1; Ca, Mg, Al: KCl (1M); H+Al: acetato de cálcio (0,5M), CTC a pH 7,0. Para física agitação lenta a 50rpm por 16horas, com agitador tipo wagner; dispersante químico: NaOH 0,1 mol L<sup>-1</sup> e determinação das frações silte e argila pelo método da pipeta (ALMEIDA et al., 2012). **Fonte:** Ribeiro et al. (2019).

Posteriormente, foi realizada a correção da acidez do solo segundo metodologia de Prezotti (2007), trinta dias antes do plantio, e a adubação de cobertura foi realizada de acordo com a metodologia proposta por Novais, Neves e Barros (1991), efetuada em aplicação única, no início do experimento.

O desempenho das plantas submetidas ao déficit hídrico, foi verificado pela metodologia da fração de água transpirável do solo (FATS), em estádios de déficit hídrico, conforme descrito por

Sinclair & Ludlow (1986) como demonstrado na Figura 1. No estágio I, a água está disponível livremente no solo, sem déficit hídrico para as plantas, tendo a condutância estomática e transpiração em valores potenciais para a respectiva espécie. No estágio II, a água disponível no solo diminui, e a condutância estomática e a transpiração decrescem, para manter o balanço hídrico e a turgescência celular. Já no estágio III cessa a transpiração estomática, sendo a água perdida a partir deste ponto apenas pela epiderme.

**Figura 1.** Representação do comportamento da transpiração e condutância estomática nos três estádios de hidratação das plantas em função da redução da umidade no solo.

**Fonte:** Souza (2012).

Determinou-se primeiramente o peso inicial de cada parcela ( $P_i$ ), que corresponde ao peso do vaso com a umidade do solo na capacidade de campo. Para isso, todos os vasos com as mudas já estabelecidas, foram saturados com água e submetidos a livre drenagem por um período de 48h. Após este período, cada

parcela experimental foi pesada e assim definida a umidade do solo, correspondente a capacidade de campo dos vasos, que chamamos de peso inicial ( $P_i$ ).

As aplicações dos regimes hídricos, iniciaram-se trinta dias após o plantio das mudas, aplicando-se o déficit hídrico nos vasos referentes a  $T_1$ , que não foram mais

irrigados até o final do experimento, ou seja, até a transpiração relativa (TR) das plantas de T<sub>1</sub> atingirem o equivalente de 10% da transpiração das plantas de T<sub>0</sub>.

Para o monitoramento da transpiração, ao final da tarde de cada dia, todas as parcelas experimentais foram pesadas em uma balança eletrônica, com capacidade de 25kg, e variação 0,5 g. As parcelas referentes ao tratamento T<sub>0</sub> foram irrigadas com a quantidade de água perdida pela transpiração diária, e tiveram a umidade do solo retornada a umidade correspondente a capacidade de campo, ou seja, retornando ao valor de Pi (Peso inicial). Já as parcelas do tratamento T<sub>1</sub> que se encontravam em déficit hídrico, não foram irrigadas. A perda diária de água pelas plantas de T<sub>0</sub> foi determinada conforme a equação 1 e as plantas de T<sub>1</sub> conforme a equação 2, como demonstrada por Kelling et al. (2015):

$$TR_0 = P_d - P_i \quad (1)$$

em que: TR<sub>0</sub> – Transpiração relativa; P<sub>d</sub> – peso de cada vaso no dia da pesagem; e P<sub>i</sub> – peso do mesmo vaso no dia do início do experimento.

$$TR_d = P_d - P_{da} \quad (2)$$

em que: TR<sub>d</sub> – Transpiração relativa; P<sub>d</sub> – peso de cada vaso no dia da pesagem; e P<sub>da</sub> – peso do mesmo vaso no dia do início do experimento.

Com estas variáveis possibilitou-se realizar o monitoramento do decréscimo da TR, descrita pela equação de Sinclair & Ludlow (1986). O limite de 10% da transpiração relativa foi adotado por assumir-se que abaixo desta taxa de transpiração os estômatos estão fechados e a perda de água é devida apenas a condutância epidérmica. Quando as parcelas de T<sub>1</sub> atingiram 10% da transpiração relativa do tratamento T<sub>0</sub>, neste momento o peso de cada parcela foi

chamado de peso final (Pf). A transpiração relativa (TR) foi calculada pela equação 3 (SINCLAIR; LUDLOW, 1986).

$$TR = \frac{TDT_1}{TDT_0} \times 100 \quad (3)$$

em que: TR - Transpiração relativa em (%); TDT<sub>d</sub>- Transpiração diária dos tratamentos que sofrem déficit (T<sub>1</sub>); TDT<sub>0</sub> - Média da Evapotranspiração diária do tratamento T<sub>0</sub>.

Para avaliar as respostas do cafeeiro ao déficit hídrico, foi utilizado o conceito da fração de água transpirável no solo (FATS), utilizado por vários autores como Sinclair; Ludlow (1986), Muchow; Sinclair (1991), Bindi et al. (2005), Sinclair et al. (2005) Rodrigues et. al (2015), Kelling et al. (2015), Pizetta et al. (2016), Ribeiro et al. (2018) . A fração de água transpirável no solo foi calculada pela equação 4 (SINCLAIR; LUDLOW, 1986).

$$FATS = \frac{(P_{diário} - P_f)}{(P_i - P_f)} \quad (4)$$

em que: FATS - Fração de água transpirável no solo; P<sub>diário</sub> - Peso da parcela experimental em cada dia, em kg; P<sub>i</sub> - Peso inicial de cada parcela experimental, em kg; P<sub>f</sub> - Peso final de cada parcela experimental, em kg.

As variáveis de crescimento avaliadas foram: altura das plantas (ALT, cm- comprimento da haste principal ao nível do solo até a gema apical) e área foliar (AF, cm<sup>2</sup> - obtido pelo somatório do produto da largura e comprimento de cada folha individual), sendo as medições realizadas a cada 3 dias, biometricamente com auxílio de uma régua graduada.

Com base nos dados de AF total diária, calculou-se o incremento de área foliar (AF) e altura (ALT) diário, para cada clone, considerada a primeira normalização com objetivo dos dados ficarem normalizados no intervalo de 0 e 1,

realizada pela equação 5 (KELLING et al. 2015).

$$V = Vd_{total} - V0_{total} \quad (5)$$

em que: V – Variável em estudo (AF; ALT);  $Vd_{total}$  – Aumento da variável total em cada planta de  $T_1$ ; e  $V0_{total}$  – Aumento da variável total em cada planta de  $T_0$ .

A segunda normalização foi realizada com o intuito de reduzir as variações entre plantas, causadas pelas condições ambientais da casa de vegetação, em função da equação 6 (SINCLAIR; HOLBROOK; ZWIENIECKI, 2005):

$$Vn = \frac{\text{valor TR 10\%} - \text{valor (n)}}{\text{valor TR 10\%} - \text{valor}_{inicial}} \quad (6)$$

em que:  $Vn$  - É a variável normalizada; Valor TR 10 % - É o valor final da variável (quando a TR foi 10 %); Valor (n) - É o valor da variável no dia específico;  $V_{inicial}$  é o valor da variável no primeiro dia do experimento;

Os dados de crescimento das variáveis dependentes obtidos da segunda normalização, foram ajustados a uma função logística da variável independente FATS, em uma função não linear modelo sigmoidal (equação 7) (BINDI et al., 2005) por meio de software estatístico.

$$y = \frac{1}{(1 + \exp(a(X-b)))} \quad (7)$$

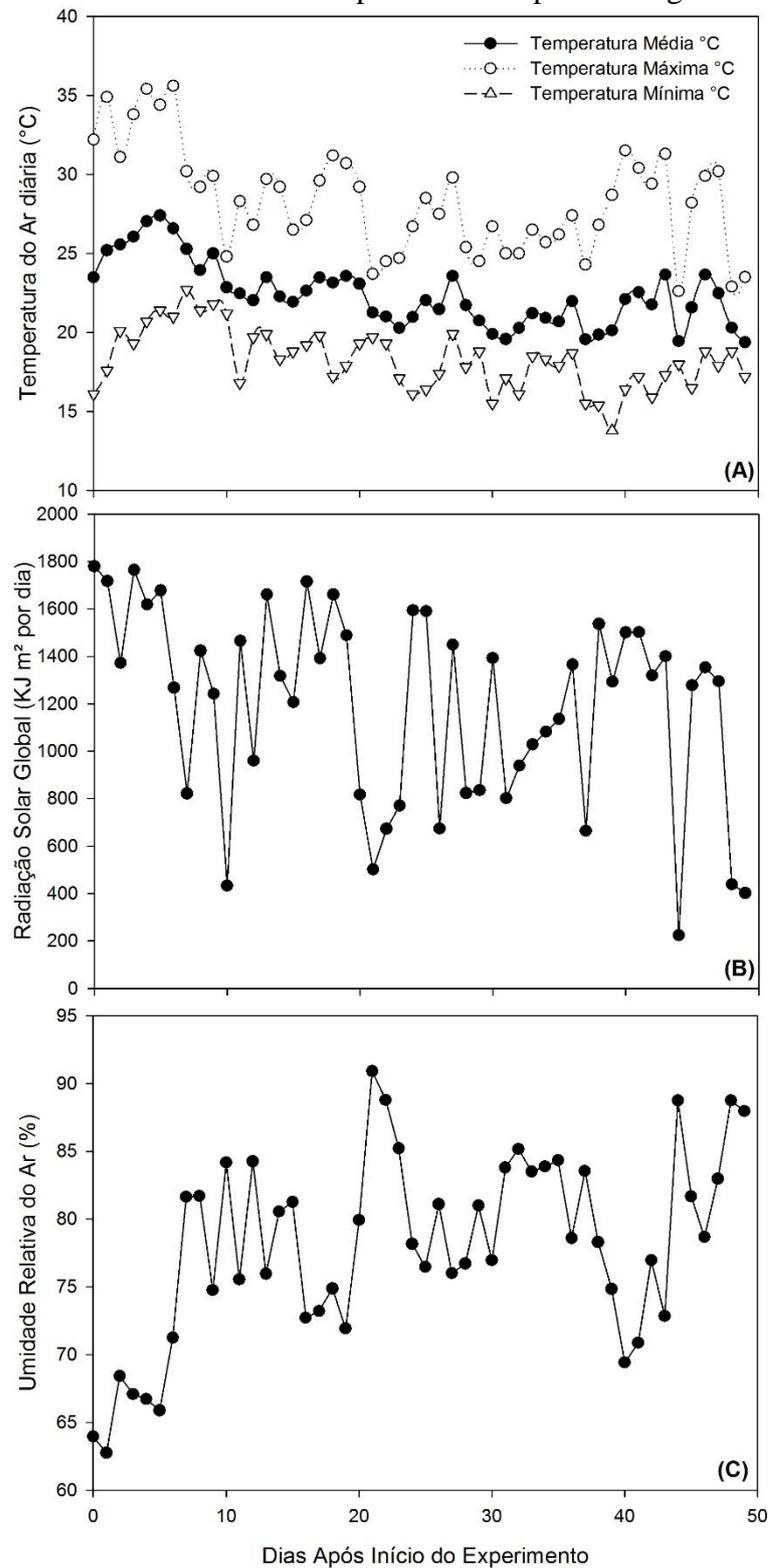
em que: y - Variável dependente (Altura e Área foliar); X - Fração de água transpirável no solo; a, b e c - são coeficientes estimados com procedimentos de regressão não linear.

As curvas ajustadas foram utilizadas para determinar o valor de FATS crítica em que se iniciou a redução da transpiração relativa.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante o período de execução do experimento, foram realizadas as coletas de informações das variáveis meteorológicas, conforme apresentadas na Figura 2.

**Figura 2.** Temperatura média, máxima e mínima do ar diária (A), radiação solar global (B), e umidade relativa do ar diária (C) obtidas durante o período vigente de experimento com a cultura do cafeeiro conilon para o município de Alegre-ES.



Fonte: Ribeiro et al. (2019)

Na Figura 2, podemos observar que houve uma gradativa redução na temperatura média do ar (A) ao longo do experimento, juntamente com a radiação solar global (B). Tal processo ocorre em virtude da transição de estações que ocorreram durante a vigência do estudo. Durante período de inverno, registram-se valores menores em relação a intensidade de radiação, que sinaliza redução da energia disponível para realização dos processos naturais, tais como evaporação, transpiração, aquecimento de ar e solo. Conseqüentemente, ocorre um comportamento de decréscimo na temperatura média, demonstrado em (A).

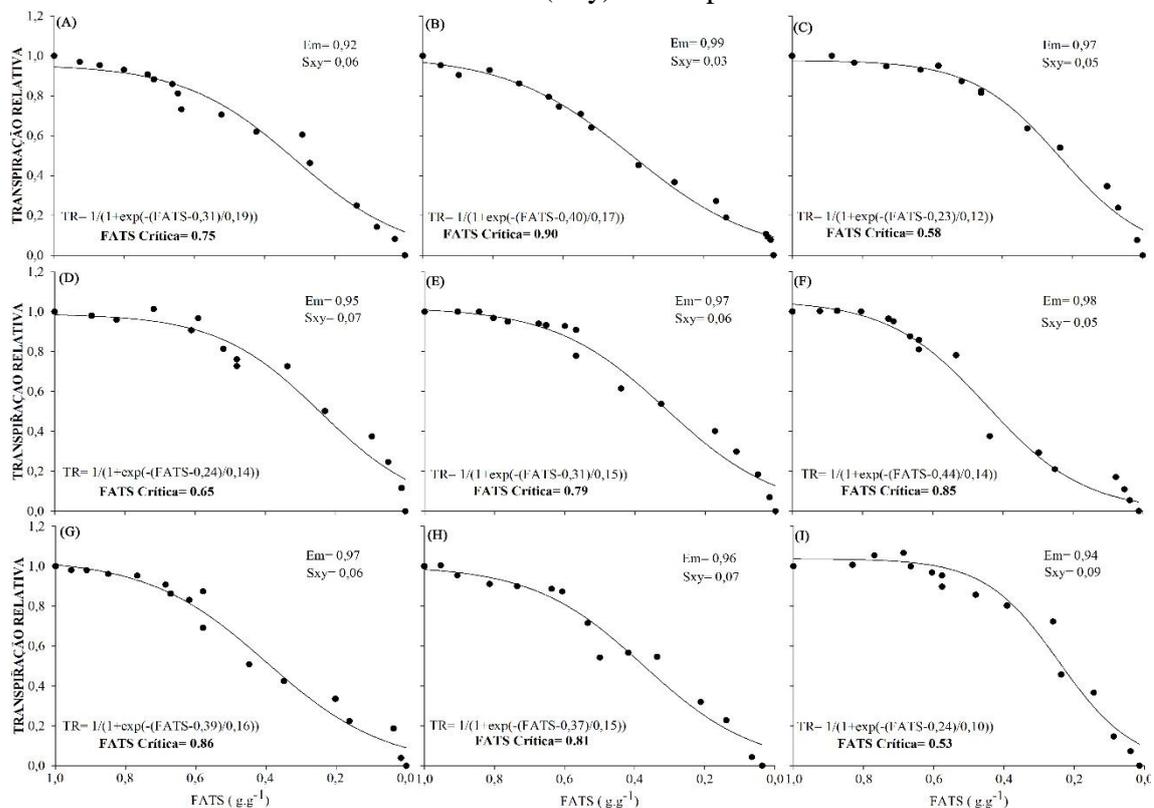
Com relação a umidade relativa (Figura 2 (C)), houve um comportamento atípico para esta época na região.

Caracterizada com inverno de clima frio e seco, nota-se um aumento da umidade relativa ao longo do experimento.

Os menores valores de radiação solar e temperatura média, aliadas ao aumento da umidade relativa, acarretam redução da evapotranspiração, permitindo gradual reidratação dos tecidos foliares, possibilitando que alguns clones suportassem por mais tempo o déficit hídrico.

Na Figura 3, encontra-se o comportamento da variável transpiração relativa dos nove clones, onde, o valor da FATS, em que se inicia a redução da transpiração relativa, ocorre quando a curva estimada pela equação logística afasta-se de 1 e inicia o decréscimo (ponto crítico) (SINCLAIR; LUDLOW, 1986).

**Figura 3.** Transpiração relativa (TR) em função do decréscimo da fração de água transpirável no solo (FATS), nos nove clones da cultivar “ES8122-Jequitibá” do cafeeiro conilon, sendo: (A) Clone 01, (B) Clone 02, (C) Clone 03, (D) Clone 04, (E) Clone 05, (F) Clone 06, (G) Clone 07, (H) Clone 08 e (I) Clone 09. O índice (Em) representa a eficiência do modelo estatístico e (Sxy) o erro padrão.



Fonte: Ribeiro et al. (2019)

O maior valor de FATS crítica foi constatado no clone 02 (0,90), seguido dos clones 07, 06, 08, 05 e 01 com valores de 0,86; 0,85; 0,81; 0,79 e 0,75 respectivamente. Os menores valores foram apresentados pelos clones 04 (0,65), 03 (0,58) e 09 (0,53).

O decréscimo da FATS afeta diretamente processo de transpiração, pois esta variável depende do volume celular, o qual trata-se de uma variável muito sensível perante o déficit hídrico (LAGO, et al., 2011). Desta maneira, a redução da FATS dificulta de forma gradativa a extração de água do solo, devido aos valores de potenciais hídricos mais negativos que o solo adquire, assim processos como o de trocas gasosas na folha (transpiração e assimilação de CO<sub>2</sub>) que dependem do volume das células-guarda (MORENO-FONCECA, 2009; TAIZ; ZEIGER, 2009) são precocemente afetados caso não haja uma reidratação rápida dos tecidos.

Peloso; Tatagiba; Amaral (2017), trabalhando com plantas de café arábica, sob déficit hídrico, também verificaram que a redução na água disponível não permitiu que as plantas mantivessem um contínuo fluxo transpiratório, levando ao fechamento dos estômatos e limitando temporariamente a assimilação do CO<sub>2</sub> atmosférico.

Apesar da similaridade no comportamento das curvas de decréscimo, constata-se que cada clone obteve uma resposta individual e específica de FATS crítica para TR. Diversos autores relatam variação tanto entre espécies, quanto entre genótipos de uma mesma espécie sob a TR (FLETCHER; SINCLAIR; ALLEN, 2007; SINCLAIR et al., 2008; WHERLEY; SINCLAIR, 2009; GHOLIPOOR et al., 2010; KHOLOVÁ et al., 2010). Os autores Ribeiro et al. (2018), verificaram para o cafeeiro conilon, cultivar diamante, que os clones também apresentaram valores distintos de FATS crítica entre si, desta maneira pressupõe-se que estes clones

possuem diferenças morfológicas e/ou fisiológicas, que garantem mecanismos de funcionamento de maneira específica, proporcionando maior resistência e adaptabilidade do genótipo em condições de restrições.

O fechamento estomático precoce (em um alto valor de fração de água transpirável no solo), como ocorreu no clone 02, durante um déficit de curta duração acarretará em perda de produtividade (RAY; SINCLAIR, 1997). No entanto, Pizetta et al. (2016) afirma que em sistema de cultivo em monocultura, a espécie que reduz o grau de abertura dos estômatos em maior fração de água transpirável no solo irá poupar água e aumentar suas chances de sobrevivência durante secas prolongadas.

Rodrigues et al. (2015) verificaram FATS crítica de 0,61 para TR no cafeeiro conilon. Araújo et al. (2011) encontraram valores de FATS de 0,80. Essas variações nos valores de FATS poderiam ser atribuídas a diferenças de tamanho dos vasos utilizados em cada estudo, ao tipo de solo, a variações nas condições de demanda evaporativa do ar (LAGO et al., 2011), ou principalmente devido a diferenças genéticas e estruturais das cultivares ou clones.

Porém, para os nove clones de café trabalhados neste estudo, verifica-se valores de FATS superiores aos encontrados em algumas espécies perenes, como: a videira (0,35) (BINDI et al., 2005), tuia (0,35), hibisco (0,30), azevinho europeu (0,30) e bordo vermelho (0,25) (SINCLAIR; HOLBROOK; ZWIENIECKI, 2005), porém, foram próximos aos obtidos para plantas lenhosas como o eucalipto (0,70) (MARTINS et al., 2008).

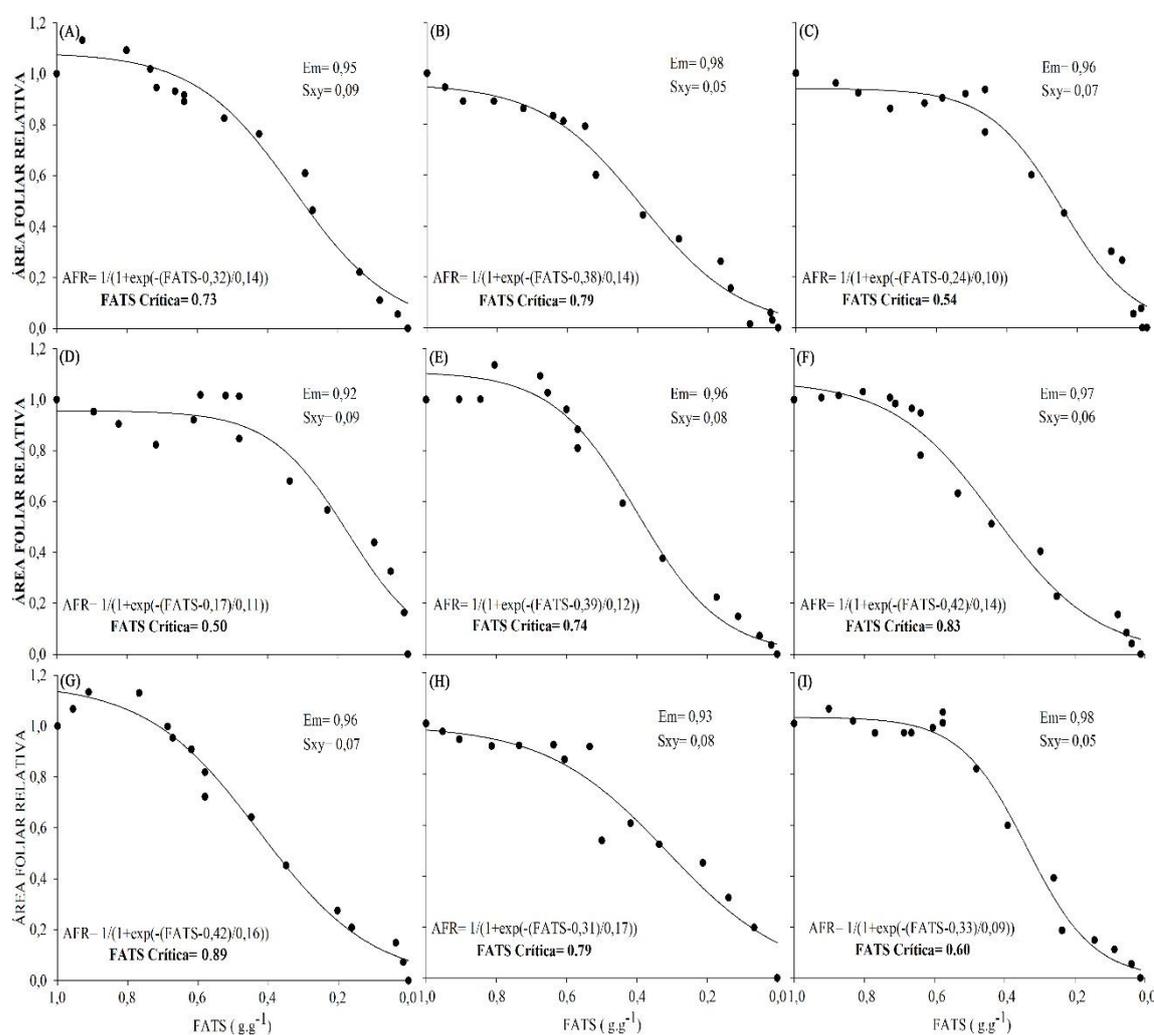
Os diferentes valores de FATS determinados pelos nove clones aos 30 dias após plantio, indicaram que o déficit hídrico de curta duração compromete a TR, pois apresenta fechamento estomático precoce,

iniciado assim que a umidade do solo começa a ser reduzida, uma vez que plantas mais novas apresentam sistema radicular menos desenvolvido.

Na Figura 4, encontram-se os dados referentes ao comportamento da variável

área foliar relativa, juntamente com a equação representativa do fenômeno. Em todos os modelos foi obtido uma alta eficiência (Em), e baixos índices de erro padrão (Sxy).

**Figura 4.** Área foliar relativa (AFR) em função do decréscimo da fração de água transpirável no solo (FATS), nos nove clones da cultivar “ES8122-Jequitibá” do cafeeiro conilon, sendo: (A) Clone 01, (B) Clone 02, (C) Clone 03, (D) Clone 04, (E) Clone 05, (F) Clone 06, (G) Clone 07, (H) Clone 08 e (I) Clone 09. O índice (Em) representa a eficiência do modelo estatístico e (Sxy) o erro padrão.



Fonte: Ribeiro et al. (2019)

Os clones 07 e 06 foram os que apresentaram os maiores valores de FATS crítica, 0,89 e 0,83 respectivamente. Os clones 01, 02, 05 e 08 os valores para FATS crítica foram 0,73; 0,79; 0,74 e 0,79

respectivamente. Nos clones 03 e 04, encontrou-se menores valores (0,54 e 0,50) e clone 09 apresentou um valor de FATS crítica de 0,60.

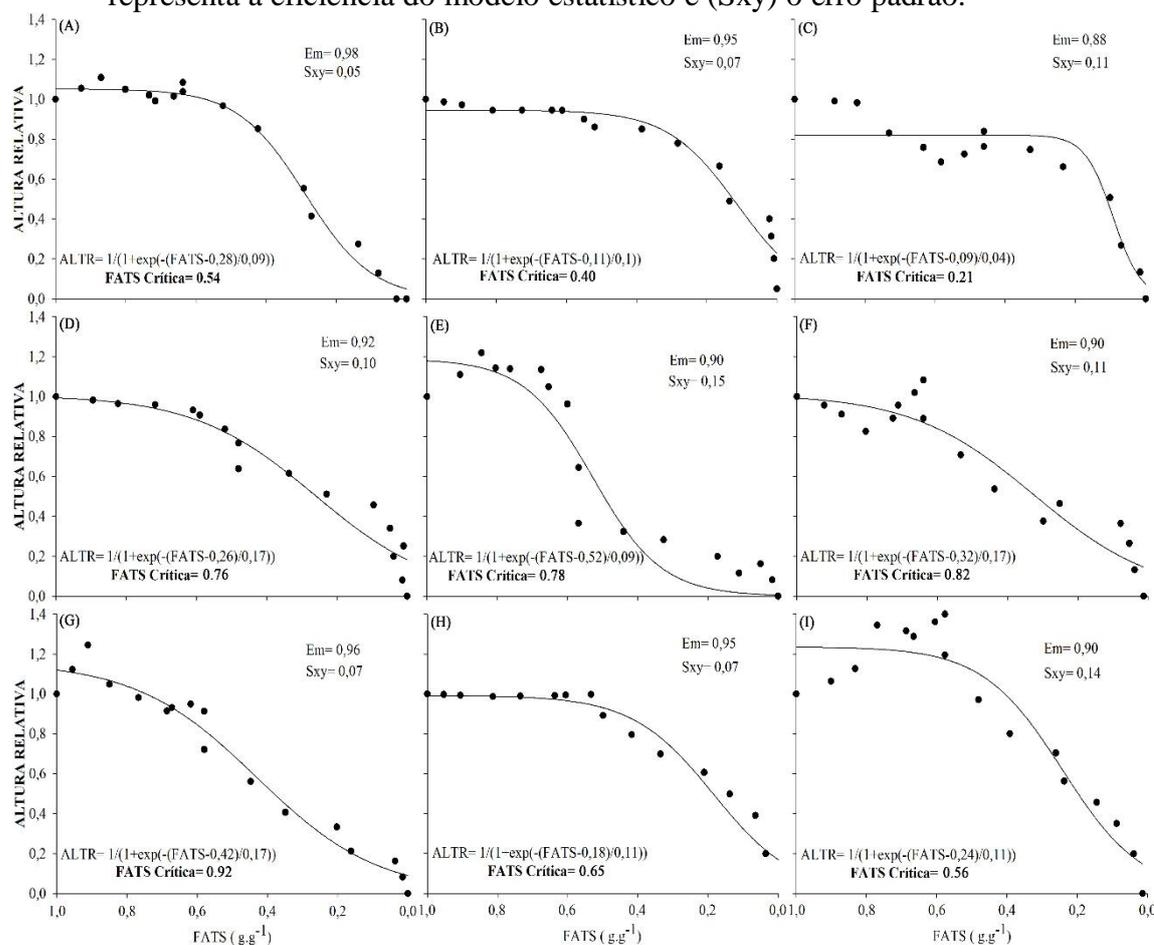
A redução da área foliar pode ser considerada uma das primeiras linhas de defesa contra a seca, sendo sua inibição uma resposta precoce adaptativa ao déficit hídrico (CAVALCANTE, CAVALLINI & LIMA, 2009; TAIZ et al., 2017). O decréscimo da AFR em um valor de FATS crítica alta, pode ser considerada uma estratégia para os vegetais se desenvolverem em ambientes com restrição hídrica, pois a redução da área foliar contribui para a redução da transpiração e da fotossíntese, e com isso, resulta um menor crescimento, proporcionando a economia de água no solo (DaMATTA et al., 2004), suportando uma deficiência

hídrica prolongada. Porém, este processo pode promover perdas de crescimento das plantas, já que a abertura estomática atua diretamente na atividade fotossintética (TAIZ; ZAIGER, 2013).

Rodrigues et al. (2015); Araujo (2011) estudando o cafeeiro na espécie Robusta tropical com trinta dias após plantio, verificaram valores de FATS crítica variando entre 0,70 e 0,80. Já no cafeeiro arábica a FATS crítica foi de 0,97 segundo Pizetta et al. (2016).

Na Figura 5 encontra-se o comportamento da variável altura relativa de plantas.

**Figura 5.** Altura relativa das plantas (ALTR) em função do decréscimo da fração de água transpirável no solo (FATS), nos nove clones da cultivar “ES8122-Jequitibá” do cafeeiro conilon, sendo: (A) Clone 01, (B) Clone 02, (C) Clone 03, (D) Clone 04, (E) Clone 05, (F) Clone 06, (G) Clone 07, (H) Clone 08 e (I) Clone 09. O índice (Em) representa a eficiência do modelo estatístico e (Sxy) o erro padrão.



Fonte: Ribeiro et al. (2019)

O clone 07 obteve um valor elevado na FATS de 0,92, seguido pelos clones 06, 05, e 04 com valores de 0,82; 0,78 e 0,76 respectivamente. Já os clones 08, 09 e 01 a FATS crítica calculada foi de 0,65; 0,56 e 0,54 respectivamente. Por fim, os clones 02 e 03 apresentaram menores valores, 0,40 e 0,21 respectivamente.

A primeira e mais sensível consequência ao déficit hídrico, é a redução da turgescência e, associada a este evento está à atenuação do processo de crescimento em extensão da planta (LARCHER, 2006). A perda de turgor nas células do mesófilo reduz o potencial de pressão interna destas células, resultando em menor expansão da parede celular (TAIZ; ZEIGER, 2013). Dardengo; Reis; Passos (2009); Busato et al. (2007); Ribeiro et al. (2014), também constataram a influência negativa do déficit hídrico sobre a variável altura do cafeeiro conilon, sendo obtido menores valores de alturas em plantas com restrições hídricas.

Rodrigues et. al (2015), aplicando déficit hídrico trinta dias após plantio, em plantas do cafeeiro Robusta tropical, observaram uma FATS crítica de 0,67. A altura das plantas também foi reduzida em valores mais baixos de fração de água transpirável no solo, à medida que o déficit foi aplicado em plantas mais desenvolvidas.

## 6 CONCLUSÕES

Os clones possuem necessidades hídricas distintas.

Os clones apresentaram diferentes valores de FATS crítica sob uma mesma variável, apresentando assim diferentes graus de tolerância a seca.

O clone 02 foi o mais sensível a seca, apresentando redução da transpiração em valores considerados elevados de FATS (0,90).

O clone 09 foi o clone mais resistente, mantendo o processo transpiratório constante até valores de 0,56 da FATS.

Cada variável foi afetada em um momento específico, sendo este momento diretamente relacionado a capacidade de cada genótipo expressar mecanismos fisiológicos de resistência e/ou tolerância a seca.

Os diferentes graus de tolerâncias à redução da fração de água transpirável no solo são características chave para adoção de técnicas de manejo da irrigação, de forma a atender as exigências específicas de cada clone.

## 7 AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro à pesquisa e a Universidade Federal do Espírito Santo.

## 8 REFERÊNCIAS

BINDI, M.; BELLESI, S.; ORLANDINI, S.; FIBBI, F.; MORIONDO, M.; SINCLAIR, T. Influence of water deficit stress on leaf area development and transpiration of Sangiovese Grapevines grown in pots. **American Journal of Enology and Viticulture**, Califórnia, v.56, n.3, p.68-72, 2005.

BUSATO, C.; REIS E. F. dos; MARTINS C. C.; PEZZOPANE, J. E. M. Lâminas de irrigação aplicadas ao café conilon na fase inicial de desenvolvimento. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 54, n. 314, 2007. p. 351-357.

CAVALCANTE, A. C. R.; CAVALLINI, M. C.; LIMA, N. R. C. de B. **Estresse por Déficit Hídrico em Plantas Forrageiras**. Documentos 89. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sobral-CE, p. 47, dez. 2009.

CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento). **Acompanhamento da safra brasileira: café Conab**, v.5 - Safra 2019, n. 2, p. 1-65, Segundo levantamento, Brasília, maio. 2019. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/cafes>. Acesso: 30/07/2019.

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

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

FLETCHER, A. L.; SINCLAIR, T. R.; ALLEN JUNIOR, L. H. Transpiration responses to vapor pressure deficit in well watered 'slow-wilting' and commercial soybean. **Environmental and Experimental Botany**, v. 61, n. 2, p.145-151, 2007.

GHOLIPOOR, M.; VARA PRASAD, P. V.; MUTAVA, R. N.; SINCLAIR, T. R. Genetic variability of transpiration response to vapor pressure deficit among sorghum genotypes. **Field Crops Research**, v.119, n.1, p.85-90, 2010.

KERBAURY, G. B. **Fisiologia vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2009. 452 p.

KHOLOVÁ, J.; HASH, C.T.; KUMAR, P.L.; YADAV, R.S.; KOČOVÁ, M.; VADEZ, V. Terminal drought-tolerant pearl millet [*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.] have high leaf ABA and limit transpiration at high vapour pressure deficit. **Journal of Experimental Botany**, v.61, n.5, p.1431-1440, 2010.

KELLING, C. R. S.; REICHARDT, K.; STRECK, N. A.; LAGO, I.; ZANON, A. J.; RODRIGUES, M. A. Transpiração e crescimento foliar de crisântemo em função da fração de água transpirável no substrato. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.50, n.9, p.735-744, 2015.

KÖPPEN, W. Klassifikation der Klimate nach Temperatur, Niederschlag und Jahreslauf. **Petermanns Geographische Mitt**, Gotha, v. 64, p. 193-203, 1918.

LAGO, I.; STRECK, N. A.; BISOGNIN, D. A.; SOUZA, A. T. de; SILVA, M. R. da. Transpiração e crescimento foliar de plantas de mandioca em resposta ao déficit hídrico no solo. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.46, n.11, p.1415-1423, 2011.

- LAGO, I.; STRECK, N. A.; ZANON, A. J.; HANAUER, G.; BISOGNIN, A. D.; SILVA, M. R. da. Transpiração e crescimento foliar de clones de batata em resposta à fração de água transpirável no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campina Grande, v. 36, n. 3, p. 745-754, 2012.
- LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: RIMA Artes e Textos, 2006. 532p.
- MARTINS, F. B.; STRECK, N. A.; SILVA, J. C.; MORAIS, W. W.; SUSIN, F.; NAVROSKI, M. C.; VIVIAN, M. A. Deficiência hídrica no solo e seu efeito sobre transpiração, crescimento e desenvolvimento de mudas de duas espécies de eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 3, p. 1297-1306, 2008.
- MORENO-FONCECA, L. P. Respuesta de las plantas al estrés por deficit hídrico: una revisión. **Agronomía Colombiana**, Bogotá, v. 27, n.2, p.179-191, 2009.
- MUCHOW, R. C.; SINCLAIR, T. R. Water deficits effects on maize yields modeled under current and "greenhouse" climates. **Agronomy Journal**, Madison, v.83, n.6, p.1052-1059, 1991.
- 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.189-253, 1991.
- PELOSO, A. de F.; TATAGIBA, S. D.; AMARAL, J. F. T. do. Limitações do crescimento vegetativo em cafeeiro arábica promovido pelo déficit hídrico. **Revista engenharia na agricultura**, Viçosa, v.25, n.2, p. 139-147, 2017.
- PEZZOPANE, J. R. M.; CASTRO, F. S.; PEZZOPANE, J. E. M.; BONOMO, R.; SARAIVA, G. S. **Caracterização do atendimento hídrico para o café conilon no estado do Espírito Santo**. Revista ciência agrônômica, Fortaleza, v. 41, n. 3, p. 341-348, 2010.
- PIZETTA, S. C.; RODRIGUES, R. R.; RIBEIRO, W.R.; REIS, E. F.; Análise do crescimento do cafeeiro arábica, em relação à Fração de água transpirável do solo. **Coffee Science**, Lavras, v. 11, n. 1, p. 46-54, jan./mar. 2016.
- PREZOTTI, L. C.; GOMES, J. A.; DADALTO, G. G.; OLIVEIRA, J. A. Manual de **Recomendação de Calagem e Adubação para o Estado do Espírito Santo**. 5. ed. Vitória: SEEA, 2007. 305p.
- RAY, J. D.; SINCLAIR, T. R. Stomatal closure of maize hybrids in response to drying soil. **Crop Science**, Madison, v. 37, n. 3, p. 803-807, 1997.
- RIBEIRO, W.R.; RODRIGUES, R. R.; PIZETTA, S. C.; REIS, E. F.; **Avaliação da recuperação da variável altura do cafeeiro conilon em resposta ao déficit hídrico no solo**. XXIII Congresso de pós-graduação da UFLA, Lavras - MG, out. 2014.
- RIBEIRO, W. R.; PINHEIRO, A. A.; FERREIRA, D. S.; GONÇALVES, M. S.; APARECIDA, C.; REIS, E. F. Water Deficit as a Limiting Factor to the Initial Growth of

Coffee Conilon Variety Diamante. **Journal of Experimental Agriculture International**, v. 22, n. 5, p. 1–11, 2018.

RODRIGUES, R. R.; PIZETTA, S. C.; REIS, E. F.; RIBEIRO, W.R; Fração de água transpirável no solo no desenvolvimento inicial do cafeeiro conilon. **Coffee Science**, Lavras, v. 10, n. 3, p. 337 - 345, jul./set. 2015.

SANTOS, R. F.; CARLESSO, R. Déficit hídrico e os processos morfológico e fisiológico das plantas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.2, n.3, p.287-294, 1998.

SINCLAIR, T. R.; HOLBROOK, N. M.; ZWIENIECKI, M. A. Daily transpiration rates of woody species on drying soil. **Tree physiology**, v. 25, n. 11, p. 1469-1472, 2005.

SINCLAIR, T. R.; LUDLOW, M. M. Influence of soil water supply on the plant water balance of four tropical grain legumes. **Australian Journal Plant Physiology**, v.13, n. 3 p.319-340, 1986.

SINCLAIR, T.R.; ZWIENIECKI, M.A.; HOLBROOK, N.M. Low leaf hydraulic conductance associated with drought tolerance in soybean. **Physiologia Plantarum**, v.132, n.4, p.446-451, 2008.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 4.ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.819 p.

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

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MAX, I.; ANGUS, M. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. 6a. ed. Porto Alegre : Artmed, 2017.

WHERLEY, B.G.; SINCLAIR, T.R. Differential sensitivity of C3 and C4 turfgrass species to increasing atmospheric vapor pressure deficit. **Environmental and Experimental Botany**, v.67, n.2, p.372-376, 2009.