AGRARIAN
OPEN ACCESS
e-ISSN: 1984-2538

Fator crítico de disponibilidade hídrica para o crescimento inicial do cafeeiro Conilon

Critical water availability factor for the initial growth of Conilon coffee

Wilian Rodrigues Ribeiro
Universidade Federal do Espírito Santo
E-mail: wilianrodrigues@msn.com
OrcID: https://orcid.org/0000-0003-0711-7669

Rogério Rangel Rodrigues
Universidade Federal de Lavras
E-mail: rogeriorr7@hotmail.com
OrcID: https://orcid.org/0000-0001-8589-07440

Samuel Cola Pizetta
Universidade Federal de Lavras
E-mail: scpizetta@hotmail.com
OrcID: http://orcid.org/0000-0002-1326-7471

Morgana Scaramussa Gonçalves
Universidade Federal do Espírito Santo
E-mail: morganascg@gmail.com
OrcID: https://orcid.org/0000-0003-3724-5477

Dalila da Costa Gonçalves
Universidade Federal do Espírito Santo
E-mail: dalilant@hotmail.com
OrcID: https://orcid.org/0000-0003-3802-2398

Ramon Amaro Sales
Universidade Federal de Viçosa
E-mail: ramonamarodesales@gmail.com
OrcID: https://orcid.org/0000-0002-1872-7182

Camila Aparecida da Silva Martins
Universidade Federal do Espírito Santo
E-mail: camila.martins@ufes.br
OrcID: https://orcid.org/0000-0001-5645-9230

Edvaldo Fialho dos Reis
Universidade Federal do Espírito Santo
E-mail: edreis@cca.ufes.br
OrcID: https://orcid.org/0000-0003-3823-1472

Resumo: O objetivo deste estudo foi avaliar o comportamento da transpiração relativa e do crescimento inicial do cafeeiro conilon em função do decréscimo da fração de água transpirável no solo (FATS). Foram realizados três experimentos em casa de vegetação utilizando plantas de 30, 60 e 90 dias pós-plantio. Em cada experimento aplicou-se dois tratamentos (T0 - sem déficit hídrico e Td - déficit hídrico), conduzidos num delineamento inteiramente casualizado, contendo quatro repetições. O final do experimento foi determinado quando as plantas de Td atingiram 10% da transpiração relativa do tratamento T0. As variáveis analisadas foram: transpiração relativa, altura, área foliar e coeficiente de transpiração. Concluiu-se que plantas jovens tiveram maior sensibilidade ao déficit, iniciando a redução da transpiração em 0,85 da FATS, já as plantas de 60 e 90 dias apresentaram redução em valores de 0,76 e 0,65, respectivamente. Nos três experimentos as plantas Td apresentaram menor coeficiente de transpiração.

Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial-CompartilhaIgual 3.0 Brasil.

AGRARIAN
OPEN ACCESS
e-ISSN: 1984-2538

Palavras-chave: Déficit hídrico. FATS. Robusta Tropical.

Abstract: The aim of this study was to evaluate the behavior of relative transpiration and the initial growth of conilon coffee as a function of the decrease in the fraction of transpirable water in the soil (FATS). Three experiments were carried out in a greenhouse using plants 30, 60 and 90 days after planting. In each experiment, two treatments were applied (T0 - without water deficit and Td - water deficit), conducted in a completely randomized design, containing four replications. The end of the experiment was determined when the Td plants reached 10% of the relative transpiration of the T0 treatment. The variables analyzed were: relative perspiration, height, leaf area and perspiration coefficient. It was concluded that young plants had greater sensitivity to the deficit, starting the reduction of transpiration in 0.85 of FATS, whereas the plants of 60 and 90 days showed a reduction in values of 0.76 and 0.65, respectively. In the three experiments, the Td plants showed a lower transpiration coefficient.
Keywords: Water deficit. FTSW. Robusta Tropical.

Data de recebimento: 08/04/2020
Data de aprovação: 30/08/2020
DOI: https://doi.org/10.30612/agrarian.v14i51.11391

Introdução

O Brasil destaca-se mundialmente no mercado cafeeiro. Segundo levantamentos da companhia nacional de abastecimento (CONAB) (2020), a safra de café no país em 2020 está estimada entre 57,2 a 62,02 milhões de sacas beneficiadas. Deste total, cerca de 13,95 a 16,04 milhões de sacas são estimadas para a espécie *Coffea canephora* (CONAB, 2020), sendo o Estado do Espírito Santo, o principal produtor da espécie, com safra estimada entre 4,0 a 4,77 milhões de sacas (CONAB, 2020).

Este potencial produtivo está diretamente relacionado as condições térmicas ideais para o cultivo da espécie no Estado. Contudo, Pezzopane *et al*. (2010), ressaltam a existência de restrições hídricas na região Norte do Estado, principal polo produtivo da cultura, fator que pode submeter as lavouras ao fenômeno denominado déficit hídrico, o qual é considerado o estresse ambiental mais prejudicial para o cafeeiro e o fator mais limitante da produção (Guedes *et al*., 2018, Costa, 2016).

O déficit hídrico ocorre quando o conteúdo de água de uma célula ou tecido vegetal está abaixo de seu conteúdo de máxima hidratação (Taiz, Zeiger, Max, Angus, 2017), devido a taxa de transpiração exceder a taxa de absorção de água pelas raízes. Esse fenômeno ocorre com frequência durante o ciclo de desenvolvimento do cafeeiro (Rodrigues, Pizetta, Reis, Ribeiro, 2013), e não está limitado apenas em áreas não irrigadas. Observa-se que a grande maioria dos usuários da agricultura irrigada, não adotam qualquer estratégia de manejo de irrigação (Bonomo, Bonomo, Pezzopane, Souza, 2014), utilizando de forma equivocada a tecnologia, submetendo os cultivos a ciclos curtos e contínuos de déficit hídrico ao longo do ano, impactando diretamente do desempenho das lavouras.

Diversos estudos relatam, que o manejo da água quando efetuado de maneira equivocada, promove redução da água disponível no solo a limites críticos, estabelecendo a partir disto, sérias restrições no crescimento do cafeeiro, conforme apresentado por Oliveira, Pizetta e Reis (2012), Pizetta, Rodrigues, Ribeiro e Reis (2016), Rodrigues *et al.* (2015), Costa *et al.* (2018), Ribeiro *et al.* (2019), Costa *et al.* (2020).

O estudo do déficit hídrico no solo, pode ser efetuado por vários índices, entre os quais se destaca a fração de água transpirável no solo (FATS). Este conceito expressa que o conteúdo de água no solo, disponível à planta para a transpiração, varia entre a quantidade de água na capacidade de campo, (valor máximo), e o conteúdo de água no solo quando a transpiração é igual a 10% da máxima (Sinclair & Ludlow, 1986). Santos e Carlesso (1998) relatam ainda, que 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.

O conceito de FATS, foi aplicado em estudos para diversas espécies agrícolas anuais, como visto por (Lago *et al*., 2012, Ramos & Martínez-Casasnovas, 2014). No entanto, poucos estudos têm investigado a transpiração e parâmetros de crescimento em resposta ao déficit hídrico em plantas lenhosas (Sinclair, Holbrook, Zwieniecki, 2005), especialmente no cafeeiro.

Assim, devido a carência de estudos relacionados com plantas lenhosas, e a importância socioeconômica da cultura no Estado do Espírito Santo, objetivou-se avaliar o crescimento inicial do cafeeiro conilon, variedade Robusta Tropical, em função do decréscimo da fração de água transpirável no solo

Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial-CompartilhaIgual 3.0 Brasil.

(FATS), com intuito de determinar o ponto crítico, no qual, inicia-se a redução da transpiração, e queda no potencial de crescimento das plantas, contribuindo para introdução de novas práticas, que possibilitem melhorar as práticas de manejo hídrico na fase inicial da cultura, além de mitigar impactos deste fenômeno no crescimento das lavouras de café conilon.

Material e Métodos

O presente estudo foi desenvolvido em casa de vegetação, tendo como cobertura lona plástica transparente na parte superior, e fechamentos laterais com telado metálica hexagonal, instalada no Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo, localizada no município de Alegre-ES. O clima da região é classificado como Aw de acordo com a classificação de Köppen (1918). A temperatura média anual de aproximadamente 23 ºC e a precipitação anual média de 1200 mm.

Foram conduzidos três experimentos, sendo o primeiro iniciado com aplicação dos tratamentos 30 dias após transplantio, o segundo aos 60 dias e o terceiro aos 90 dias. O transplantio das mudas foi realizado no início da segunda quinzena do mês de outubro, período vigente da estação de primavera no hemisfério sul, sendo este considerado período adequado ao melhor desenvolvimento vegetativo do cafeeiro.

Os experimentos foram conduzidos em um delineamento inteiramente casualizado, com dois tratamentos (T_0 - sem déficit hídrico e T_d com déficit hídrico) e quatro repetições. As plantas que receberam o tratamento T_0 foram irrigadas diariamente ao final de cada tarde, mantendo a umidade do solo sempre próximo a capacidade de campo. Já as plantas que receberam o tratamento T_d, após o início do experimento não foram irrigadas, estabelecendo assim um déficit hídrico induzido, até as plantas atingirem 10% da transpiração relativa do tratamento sem déficit hídrico (T_0).

O solo utilizado como substrato foi um LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico (Santos *et al.,* 2018), sendo o mesmo coletado na profundidade de 0,00 a 0,30 m, destorroado, passado em peneira de 4 mm e homogeneizado. As amostras de solo foram encaminhadas ao laboratório para realização das análises químicas, físicas e físico-hídricas, conforme a metodologia de Teixeira et al., (2017). Os resultados encontram-se nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1. Atributos químicos do LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico.

pH	P	K	Na	Al	Ca	Mg	H+Al	SB	CTC	V
	mg dm^{-3}			$cmol_c$ dm^{-3}						%
6,00	3,00	59,00	4,00	0,00	1,40	1,00	1,70	2,51	4,18	60,10

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.

Tabela 2. Atributos físico-hídricos do LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico.

Análise Granulométrica			Ds(1)	Dp(2)	P_T(3)	CC(4)	PMP(5)
Areia	Silte	Argila					
---------- % ----------			------- kg dm^{-3} ------		m^{-3} m^{-3}	-------%-------	
43,10	9,60	47,10	1,03	2,63	0,608	28,57	13,24

(1)Ds = densidade do solo; (2)Dp = densidade de partícula; (3)P_T = porosidade total; (4)CC = percentual de umidade no solo na capacidade de campo; (5)PMP = percentual de umidade no solo no ponto de murcha permanente.

Com os valores obtidos, procedeu-se adubação nutricional de plantio e cobertura, segundo a metodologia proposta por Novais, Neves e Barros (1991).Foram utilizadas mudas de *Coffea canephora* Pierre ex Froehner, conhecida como café Conilon, variedade Robusta Tropical (EMCAPER 8151 – Robusta Tropical), proveniente de viveiro de mudas de café certificado e idôneo, apresentando bom estado fitossanitário, isentas de patógenos, e com padrão de três pares de folhas, adquiridas nas proximidades de Alegre, ES.

Cada parcela experimental foi constituída por um vaso com capacidade para 12 litros, preenchidos com solo descrito. Os vasos foram revestidos com papel branco para reduzir a absorção de radiação solar para minimizar o aquecimento do solo e 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.

O desempenho das plantas submetidas ao déficit hídrico foi verificado pela metodologia da fração de água transpirável do solo (FATS) em dois estágios de déficit hídrico, conforme descrito por Sinclair e Ludlow.

Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial-CompartilhaIgual 3.0 Brasil.

(1986) na Figura 1. No estádio 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 estádio 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 estádio III cessa a transpiração estomática, sendo a água perdida a partir deste ponto apenas pela epiderme.

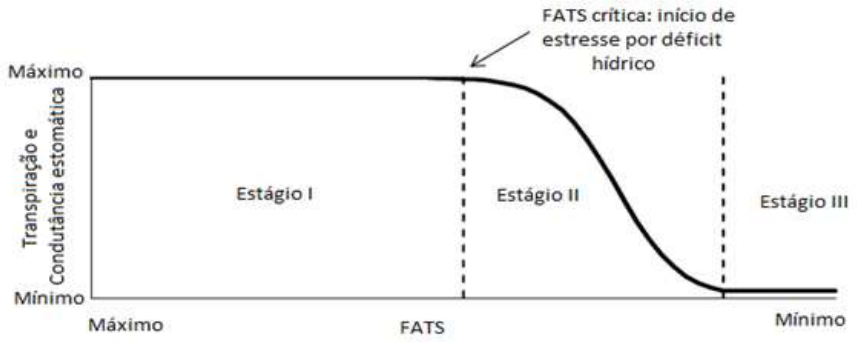


Figura 1. Representação do comportamento da transpiração e condutância estomática nos três estádios de hidratação das plantas em função da redução da umidade no solo. Fonte: Souza (2012).

Para início de cada experimento, todos os vasos com as mudas já estabelecidas foram submetidos a saturação com água e deixados em drenagem livre por 48 horas. Após este período, os vasos foram pesados em balança eletrônica, e o valor em peso obtido foi considerado o peso correspondente a umidade de água no solo na capacidade de campo, sendo determinado este, o peso inicial de cada parcela (Pi).

Ao decorrer do experimento, todas as parcelas foram pesadas diariamente às 17:00 h em balança eletrônica com capacidade de 25kg, e variação 0,5 g. Os vasos do tratamento T_0 foram irrigados com auxílio de um becker graduado, visando repor a quantidade exata de água transpirada ao longo do dia (TR_0), calculado por diferença de peso, como demonstrado por Kelling *et al*. (2015) na Equação 1.

$$TR_d = P_i - P_a \qquad \text{Eq.1}$$

Em que: TR_0 é transpiração relativa do tratamento T_0; Pi – peso do vaso ao início do experimento; e Pa – peso do atual do vaso no dia da pesagem.

Os vasos do tratamento T_d tiveram a transpiração diária calculada conforme a equação 2 (Kelling *et al*., 2015). Contudo, as plantas deste tratamento não foram irrigadas até o final do experimento, ou seja, quando estas atingiram o limite pré-estabelecido de 10% da transpiração relativa de T_0. Este valor foi utilizado por assumir que abaixo desta taxa de transpiração os estômatos estão fechados e a perda de água é devida apenas a condutância epidérmica.

$$TR_d = P_{da} - P_a \qquad \text{Eq. 2}$$

Em que: TRd é a transpiração relativa; Pd_a o peso de cada vaso do dia anterior; e Pa o peso do atual do vaso no dia da pesagem.

Com estes valores obtidos, foi possível efetuar acompanhamento diário do decréscimo da transpiração (TR) em relação aos tratamentos, calculado conforme a Equação 3 (Sinclair & Ludlow, 1986).

$$TR = \left(\frac{TDT_d}{TDT_0}\right) . 100 \qquad \text{Eq. 3}$$

Em que: TDT_d é a transpiração diária dos tratamentos em déficit, em L; e TDT_0 é a média da Transpiração diária do tratamento sem déficit, em L.

Para avaliar as respostas do cafeeiro ao déficit hídrico foi utilizado o conceito da fração de água transpirável no solo (FATS), utilizado por Bindi *et al*. (2005) com videira, Lago *et al*. (2012) com batata, Rodrigues *et al.* (2015) com cafeeiro Conilon e Kelling *et al*. (2015) para duas cultivares de crisântemo. A fração de água transpirável no solo foi calculada pela Equação 4 (Sinclair & Ludlow, 1986).

Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial-CompartilhaIgual 3.0 Brasil.

$$FATS = \frac{(P_{diário} - P_{final})}{(P_{inicial} - P_{final})} \quad \text{Eq . 4}$$

Em que: FATS é fração de água transpirável no solo; $M_{diária}$ é massa da parcela experimental em cada dia, em kg; M_{cci} é a massa inicial de cada parcela na capacidade de campo, em kg; e M_f é a massa final, em kg.

As variáveis de crescimento avaliadas durante o experimento foram: altura das plantas (ALT, cm- comprimento da haste principal ao nível do solo até a gema apical) e área foliar (AF, cm²), calculada pelo somatório da AF, medida de todas as folhas individuais de cada planta. As análises de crescimento foram realizadas a cada 4 dias, biometricamente com auxílio de uma régua graduada.

Com base nos dados coletados, calculou-se o incremento de área foliar (AF) e altura (ALT) entre as avaliações. Os dados foram submetidos a primeira normalização, com o objetivo de dispor a informações em um intervalo adimensional de 0 e 1, realizada pela Equação 5 (Kelling *et al*., 2015).

$$V = \frac{Vd_{total}}{V0_{total}} \quad \text{Eq. 5}$$

Em que: V é o valor normalizado da variável em estudo (AF; ALT); Vd_{total} é o valor da variável em cada planta de T_d; e $V0_{total}$ é o valor da variável 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, conforme a equação 6 (Sinclair *et al*., 2005, Kelling *et al*., 2015).

$$Vn = \frac{V_{TR10\%} - V_A}{V_{TR10\%} - V_{inicial}} \quad \text{Eq.6}$$

Em que: Vn é a variável normalizada; Valor TR 10 % o valor final da variável, das plantas submetidas ao déficit quando a TR foi 10 %; Valor (n) o valor da variável atual, obtida no dia da avaliação; $V_{inicial}$ 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, conforme apresentado por Bindi *et al*. (2005), Kelling *et al*. (2015), Rodrigues *et al*. (2015), Pizetta *et al*. (2016) e Ribeiro *et al*. (2019) (Equação 7).

$$y = \frac{1}{(1 + \exp(-a(x-b)))} \quad \text{Eq. 7}$$

em que: y é a variável dependente (Altura e Área foliar); x é a Fração de água transpirável no solo; e A e b são coeficientes estimados com procedimentos de regressão não linear.

O comportamento de cada variável foi descrito por equação logística, como foi relatado em estudos com outras espécies (Sinclair & Ludlow, 1986, Bindi *et al.,* 2005, Lago *et al*., 2012, Rodrigues *et al.,* 2015 e Pizetta *et al*., 2016). Os valores de fração de água transpirável no solo crítica para as variáveis avaliadas, foram estimados pela equação logística como sendo o valor da fração de água transpirável no solo quando essas variáveis foram de 0,95. Usou-se o valor de 0,95 por ele ser tradicionalmente adotado como melhor nível de acerto (100 – 5 % de erro = 95 % de acerto) (Lago *et al*., 2012).

As curvas ajustadas, através de software estatístico foram utilizadas para determinar o valor de fração de água transpirável no solo em que se iniciou a redução da transpiração relativa. O valor obtido para a espécie, em cada época, determina o fator de disponibilidade hídrica, o qual reflete o valor mínimo de água no solo, que possibilita a planta expressar seu potencial de crescimento. A partir deste ponto ocorre redução da condutância estomática, diminuindo seu potencial de crescimento.

Resultados e Discussão

Verifica-se que houve redução na transpiração e nas demais variáveis de crescimento em função do decréscimo da variável FATS até zero. Nas três épocas de déficit hídrico, em todas as variáveis, as equações

Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial-CompartilhaIgual 3.0 Brasil.

apresentaram boa precisão estatística, com valores elevados de eficiência do modelo (Em) e reduzidos valores de erro padrão da estimativa (Syx), fornecidos pelo software por meio das estimativas dos parâmetros do modelo de regressão.

Seguindo o critério de Sinclair e Ludlow (1986), o valor da FATS em que se inicia a redução da TR (estádio I da transpiração) ocorre quando a curva estimada pela equação logística afasta-se de 1 e inicia o decréscimo linear (ponto crítico). Observa-se que a transpiração relativa do cafeeiro conilon na primeira época de déficit hídrico (Figura 2A) sofreu redução a um valor elevado de FATS de aproximadamente 0,85. Na segunda época de déficit hídrico (Figura 2B), onde o fechamento estomático, e redução na transpiração iniciou-se a partir de FATS de 0,76. Na terceira época de déficit hídrico foi obtido maior resistência das plantas, as quais permaneceram transpirando até um valor de 0,67 da FATS (Figura 2C).

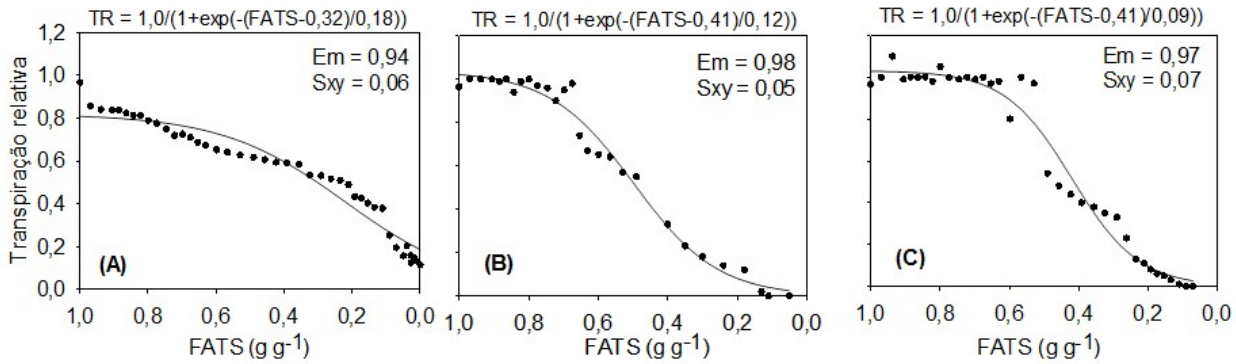


Figura 2. Transpiração relativa do cafeeiro Conilon (TR) em função da fração de água transpirável no solo (FATS), em três épocas de déficit hídrico ("A"- 30 dias após transplantio; "B"- 60 dias após transplantio e; "C"- 90 dias após transplantio). Em = Eficiência do modelo, Syx= Erro-padrão da estimativa.

Para potencializar o processo de crescimento, em sistemas irrigados, torna-se necessário estabelecer uma faixa adequada de umidade de água no solo, afim que permita as plantas expressarem sua capacidade máxima de transpiração, a qual deve ser ajustada a necessidade hídrica dos cultivos.

Os resultados demonstram que plantas mais jovens (30 dias após plantio), possuem maior sensibilidade à redução da água no solo, sendo necessário atenção para manutenção da umidade de água no solo em níveis mais elevados. Considera-se que 0,85 da FATS seja um valor elevado, contudo observou-se fechamento estomático precoce, ocasionando a redução da transpiração, os quais são indesejáveis e podem acarretar prejuízos, de crescimento e produtividade durante um déficit de curta duração (Ray & Sinclair, 1997), muito comum por exemplo em sistemas irrigados sem manejo hídrico. Contudo, este processo reduz a perda de água, oque em ambientes submetidos a restrição hídrica por períodos prolongados, como em cultivos sequeiros, promove aumento da capacidade de sobrevivência (Rodrigues *et al.*, 2015, Pizzeta *et al*., 2016, Taiz *et al*., 2017).

As plantas mais velhas possuem seus sistemas fisiológicos mais desenvolvidos, apresentando queda da transpiração em menores valores de FATS por conta da atuação de mecanismos que permitem as plantas suportarem a redução de água no solo em níveis mais críticos de déficit hídrico no solo, sem perdas do potencial transpirativo. A conservação da hidratação dos tecidos a medida do decréscimo de água no solo representa um efetivo mecanismo e tolerância à seca, que pode ocorrer pelo fechamento eficiente dos estômatos ou pela capacidade de maior extração de água do solo, tolerância o qual é resultado da interação de inúmeras características morfológicas, fisiológicas de natureza constitutiva ou indutiva, permitindo manutenção dos processos de crescimento mesmo em condições adversas (Cavatte, 2007). Resultados semelhantes foram obtidos por Rodrigues *et al.* (2015) para o cafeeiro robusta tropical e para Ribeiro *et al*. (2019) em alguns clones do cafeeiro conilon jequitibá.

Apesar da maioria dos resultados convergirem para uma faixa única de valores de fração de água transpirável no solo crítica, existem pequenas variações entre os diferentes estudos que poderiam ser atribuídas as diferenças de tamanho dos vasos utilizados em cada estudo, ao tipo de solo ou as variações nas condições de demanda evaporativa do ar (Lago, 2011).

As relações entre as variáveis área foliar e FATS nas três épocas de déficit encontram-se na Figura 3.

Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial-CompartilhaIgual 3.0 Brasil.

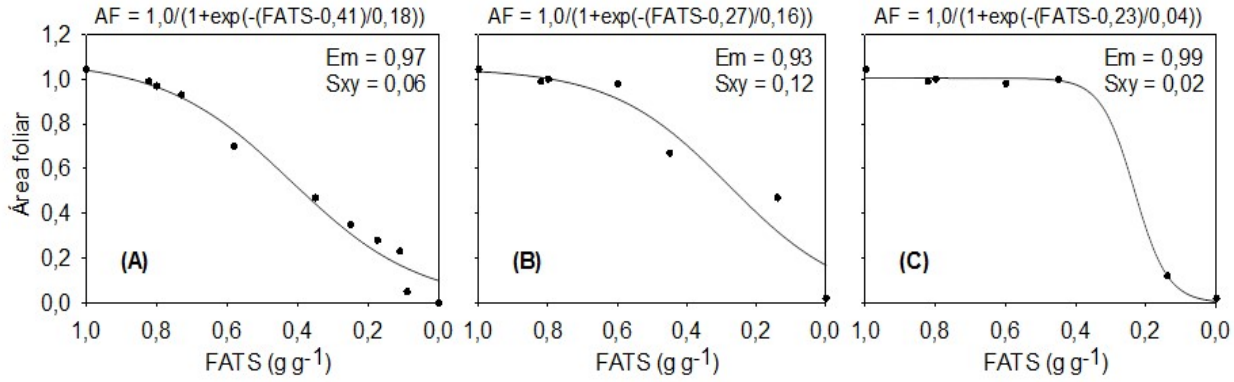


Figura 3. Área foliar do cafeeiro Conilon (AF) em função da fração de água transpirável no solo (FATS), em três épocas de déficit hídrico ("A"- 30 dias após plantio; "B"- 60 dias após plantio e; "C"- 90 dias após plantio). Em = Eficiência do modelo, Syx= Erro-padrão da estimativa.

A área foliar é um importante fator da produção e determina o uso da água pelas plantas e seu potencial de produtividade, sendo prejudicada quando exposta ao déficit hídrico, fato observado por Pizetta *et al.* (2016), Rodrigues *et al.* (2015) e Costa *et al*. (2019).

Uma das primeiras respostas das plantas ao déficit hídrico é a redução da área foliar, ocorre perda de turgor nas células do mesófilo, reduz o potencial de pressão interna destas células, resultando em menor expansão da parede celular (Taiz *et al*., 2017), reduzindo, portanto, a expansão foliar. DaMatta (2004) afirma que tal comportamento é uma estratégia que as plantas utilizam para desenvolver-se em ambientes com restrição hídrica, pois a redução da área foliar contribui para a redução da transpiração e da fotossíntese, e com isso o crescimento é mais lento, proporcionando a economia de água no solo, conforme também observado por Rodrigues *et al*. (2015), ao trabalharem com o conceito de fração de água transpirável no solo sobre o desenvolvimento inicial do cafeeiro conilon variedade Robusta Tropical.

Correlacionado a Figura 2A (transpiração relativa) com a Figura 3A (área foliar), nota-se que a redução do conteúdo de água no solo, aos 30 dias após transplantio, provoca a redução da área foliar (FATS crítica de 0,94) antes de restringir a transpiração (FATS crítica de 0,85). Esse comportamento também foi observado por Kelling *et al*. (2015) ao avaliarem a transpiração e crescimento de crisântemos em função da fração da água transpirável no substrato.

Na Figura 4 estão as regressões não lineares para a variável altura do cafeeiro em função (FATS).

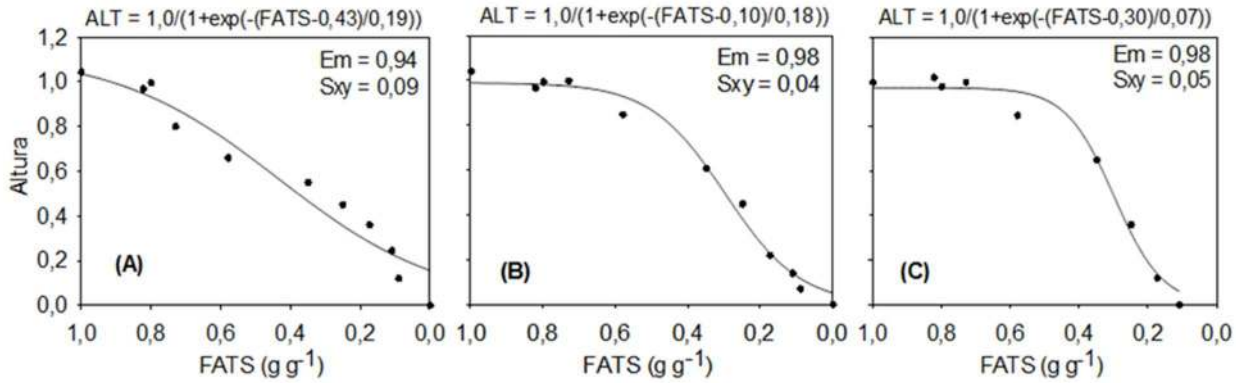


Figura 4. Altura do cafeeiro Conilon (ALT) em função da fração de água transpirável no solo (FATS), em tratamentos de déficit hídrico ("A"- T1: 30 dias após plantio; "B"- T2: 60 dias após plantio e; "C"- T3: 90 dias após plantio). Em = Eficiência do modelo, Syx= Erro-padrão da estimativa.

Na primeira época de déficit hídrico (Figura 4A), houve a paralisação da altura das plantas do cafeeiro Conilon em um valor alto da FATS (0,97). Na segunda época de déficit hídrico (Figura 4B), a altura das plantas do cafeeiro Conilon apresentou paralisação em menor valor de FATS (0,67). Na terceira época de déficit hídrico (Figura 4C), o valor de FATS crítica para a altura foi ainda menor, sendo de 0,51. Os valores de

Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial-CompartilhaIgual 3.0 Brasil.

FATS obtidos foram maiores quando comparados ao observado por Rodrigues *et al*. (2015) para o cafeeiro Conilon variedade Robusta Tropical.

Planta submetidas ao déficit hídrico geralmente apresentam diminuições severas na altura das plantas em relação aos tratamentos irrigados como Rodrigues *et al*. (2016), demonstrando limitações no crescimento de plantas jovens de cafeeiro Conilon quando submetidos ao déficit hídrico no solo. Custódio *et al*. (2013) também demonstraram com a cultivar Mundo Novo que o tratamento isento de irrigação obteve a menor média de altura.

Em relação a transpiração total média, o consumo médio diário por planta e o coeficiente de transpiração, os tratamentos sem déficit hídrico, foram superiores aos tratamentos que receberam déficit hídrico, nas três épocas de estudo (Tabela 3). Esse fato está ligado à redução do conteúdo de água nas plantas submetidas ao déficit hídrico, resultando no fechamento estomático.

Nas três épocas de déficit hídrico, as plantas que não foram submetidas ao déficit hídrico utilizaram mais água para a produção de 1 kg de biomassa, mostrando menor eficiência de uso da água quando comparadas às plantas submetidas ao déficit hídrico.

O consumo de água aumentou gradativamente, nas três épocas, sendo maior nas plantas mais desenvolvidas. A maior transpiração média foi obtida pelas plantas da terceira época de déficit, resultado do crescimento da área foliar das mesmas.

Tabela 3. Transpiração média diária por planta - T_{tmed} (L, planta dia^{-1}), consumo médio diário de água por planta (L planta dia^{-1}) e coeficiente de transpiração - CT - (L H_2O kg^{-1} de biomassa), para o cafeeiro Conilon nos tratamentos em estudo (T_0, sem déficit hídrico e T_d, com déficit hídrico), em três épocas de avaliação (30, 60 e 90 dias após transplantio).

Época de déficit hídrico			T_0	T_d
30 dias		T_{tmed}	1,35	0,95
		Consumo	0,08	0,04
		CT	98,27	65,12
60 dias		T_{tmed}	3,21	1,71
		Consumo	0,10	0,07
		CT	236,46	196,13
90 dias		T_{tmed}	6,14	2,75
		Consumo	0,14	0,06
		CT	273,55	201,06

Conclusões

As plantas mais jovens foram mais susceptíveis aos efeitos do déficit hídrico.

As plantas em T_d apresentaram redução na altura e área foliar com decréscimo da transpiração, sendo cada variável afetada em momento específico, estando isso relacionado a expressão de mecanismos fisiológicos de resistência e/ou tolerância a seca.

As plantas submetidas ao déficit hídrico 30, 60 e 90 dias após plantio, apresentaram decréscimo na transpiração a partir do valor de 0,85; 0,76 e 0,65 da FATS respectivamente.

As plantas em T_d apresentaram menor coeficiente de transpiração quando comparadas às sem déficit hídrico nas três épocas de avaliação.

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 das plantas em função de sua demanda fisiológica.

Agradecimentos

A Universidade Federal do Espírito Santo pelo apoio estrutural necessário para realização do projeto.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) pelo apoio financeiro à pesquisa.

Ao programa de Pós-graduação em produção vegetal.

Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial-CompartilhaIgual 3.0 Brasil.

Referências

Bindi, M., Bellesi, S., Orlandini, S., Fibbi, F., Moriondo, M., & Sinclair, T. (2005). Influence of water deficit stress on leaf area development and transpiration of Sangiovese Grapevines grown in pots. *American Journal of Enology and Viticulture*, 56 (3), 68-72.

Cavatte, P.C. (2007). *Morfologia, relações hídricas e fotossíntese em duas cultivares de Coffea canephora submetidas ao déficit hídrico*. (Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Viçosa). Acesso em: https://www.locus.ufv.br/handle/123456789/4281

Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB (2020). Acompanhamento da safra brasileira de café, Primeiro Levantamento. Brasília, DF: Conab. Disponível em: https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cafe.

Costa, J.D.O, Coelho, R.D., Barros, T.H.S., Fraga Junior, E.F., & Fernandes, A.L.T. (2018). Physiological responses of coffee tree under different irrigation levels. *Engenharia agrícola*, 38 (5), 648-656. https://doi.org/10.1590/1809-4430-eng.agric.v38n5p648-656/2018

Costa, J.D.O, Coelho, R.D., Barros, T.H.S., Fraga Junior, E.F., & Fernandes, A.L.T. (2019). Leaf area index and radiation extinction coefficient of a coffee canopy under variable drip irrigation levels. *Acta scientiarum-agronomy*, 41(1), e42703. https://doi.org/10.4025/actasciagron.v41i1.42703

Costa, J.D.O, Coelho, R.D., Barros, T.H.S., Fraga Junior, E.F., & Fernandes, A.L.T. (2020). Canopy thermal response to water deficit of coffee plants under drip irrigation. *Irrigation and drainage*, 69, 1-11. https://doi.org/10.1002/ird.2429

Costa, J.D.O. (2016). *Padrões de resposta termal ao déficit hídrico na cultura do café irrigado por gotejamento*. (Dissertação de mestrado, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" - USP). Acesso em: https://teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11152/tde-15082016-110428/pt-br.php

Custódio, A.A.P., Lemos, L.B., Mingotte, F.L., Cunha, T.P.L., Carmeis Filho, A.C.A., & Barbosa, J.C. (2013). Características vegetativas e produtivas de cafeeiros em diferentes supressões de irrigação e faces de exposição. *Coffee Science*, 8 (4), 411-422.

Damatta F.M (2004). Exploring drought tolerance in coffee: a physiological approach with some insights for plant breeding. *Braz. J. Plant physiol*., 16 (1), 1-6. https://doi.org/10.1590/S1677-04202004000100001

Guedes, F.A.F., Nobres, P., Rodrigues, D.C.F., Menezes, P.E.S., Ribeiro, M.A., Correa, R.L., Damatta, F.M., & Alves, M.F. (2018). Transcriptional memory contributes to drought tolerance in coffee (*Coffea canephora*) plants. *Environmental and Experimental Botany*, 147, 220–233. https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2017.12.004

Kelling, C.R.S., Reichardt, K., Streck, N.A., Lago, I., Zanon, A.J., & Rodrigues, M.A. (2015). Transpiração e crescimento foliar de crisântemo em função da fração de água transpirável no substrato. *Pesquisa agropecuária brasileira*, 50 (9), 735-744. https://doi.org/10.1590/S0100-204X2015000900001

Köppen, W. Klassifikation der Klimate nach Temperatur, Niederschlag und Jahreslauf (1918). *Petermanns Geographische Mitteilugem*, 64, 193-203.

Lago, I., Streck, N.A., Bisognin, D.A., Souza, A.T., & Silva, M.R. (2011). Transpiração e crescimento foliar de plantas de mandioca em resposta ao déficit hídrico no solo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 46 (11), p. 1415-1423. https://doi.org/10.1590/S0100-204X2011001100001

Lago, I., Streck, N.A., Zanon, A.J., Hanauer, J.G., Bisognin, D.A., & Silva, M.R. (2012). Transpiração e crescimento foliar de clones de batata em resposta à fração de água transpirável no solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 36 (3), 745-754. https://doi.org/10.1590/S0100-06832012000300006

Novais, R.F., Neves, J.C.L., & Barros, N.F. (1991). *Ensaio em ambiente controlado*. Métodos de pesquisa em fertilidade do solo. Brasília, DF: Embrapa.

Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial-CompartilhaIgual 3.0 Brasil.

Oliveira, A.C.R., Pizetta, S.C., & Reis, E.F. (2012). Análise do desenvolvimento inicial do cafeeiro conilon cultivar Robusta Tropical submetido a déficit hídrico. *Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer*, Goiânia, 8 (15), 90-100.

Pezzopane, J.R.M., Castro, F.S., Pezzopane, J.E.M., Bonomo, R., & Geselle, S.S. (2010). Zoneamento de risco climático para a cultura do café Conilon no Estado do Espírito Santo. *Revista Ciência Agronômica*, 41 (3), 341-348. https://doi.org/10.1590/S1806-66902010000300004

Pizetta, S.C., Rodrigues, R.R., Ribeiro, W.R., & Reis, E.F. (2016). Análise do crescimento do cafeeiro arábica, em relação à Fração de água transpirável do solo. *Coffee Science*, 11(1), 46-54.

Ramos, M.C., & Martínez-Casasnovas, J.A. (2014). Soil water variability and its influence on transpirable soil water fraction with two grape varieties under different rainfall regime. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 185, 253-262. https://doi.org/10.1016/j.agee.2013.12.025

Ray, J.D., & Sinclair, T.R. (1997). Stomatal condutance of maize hybrids in response to drying soil. *Crop Science*, 37 (3), 803-807. https://doi.org/10.2135/cropsci1997.0011183X003700030018x

Ribeiro, W.R., Capelini, V.A., Ferreira, D.S., Gonçalves, M.S., & Reis, E.F. (2019). Crescimento do cafeeiro conilon cultivar "ES8122-Jequitibá" em função da fração de água transpirável no solo. *Irriga*, 24(3), 512–526. https://doi.org/10.15809/irriga.2019v24n3p512-526

Rodrigues, R.R., Pizetta, S.C., Reis, E.F., & Ribeiro, W.R. (2013). Diferentes intervalos de irrigação no desenvolvimento inicial do cafeeiro conilon, variedade robusta tropical. *Biosfera*, 9 (16), 742-751.

Rodrigues, R.R., Pizetta, S.C., Reis, E.F., Ribeiro, W.R., & Garcia, G.O. (2015). Fração de água transpirável no solo no desenvolvimento inicial do cafeeiro conilon. *Coffee Science*, 10 (3), 337-345.

Santos, H.G., Jacomine, P.K.T., Anjos, L.H.C., Oliveira, V.A., Lumbreras, J.F.; Coelho, M.R., Almeida, J.A., Araujo Filho, J.C.; Oliveira, J.B.; Cunha, T.J.F. (2018). Sistema brasileiro de classificação de solos. 5ª ed. Brasília: Embrapa, 355p.

Santos, R.F., & Carlesso, R. (1998). Déficit hídrico e os processos morfológico e fisiológico das plantas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 2 (3), 287-294. https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v2n3p287-294

Sinclair, T.R., & Ludlow, M.M. (1986). Influence of soil water supply on the plant water balance of four tropical grain legumes. *Australian Journal Plant Physiology*, 13 (3), 329-341. https://doi.org/10.1071/PP9860329

Sinclair, T.R., Holbrook, N.M., & Zwieniecki, M.A. (2005). Daily transpiration rates of woody species on drying soil. *Tree Physiology*, Oxford, 25 (11), 1469-1472. https://doi.org/10.1093/treephys/25.11.1469

Souza, A.T. (2012). *Transpiração e crescimento foliar de genótipos de batata em função da fração de água transpirável no solo*. (Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Maria). Acesso em: https://repositorio.ufsm.br/handle/1/7550

Taiz, L., Zeiger, E., Max, I., & Angus, M. (2017). *Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal* (6rd ed.). Porto Alegre, RS: Artmed.

Teixeira, P.C., Donagemma, G.K., Fontana, A. & Teixeira, W.G. (2017). *Manual de métodos de análise de solo* (3rd ed.). Brasília, DF: Embrapa.

Esta obra está licenciada com uma Licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial-CompartilhaIgual 3.0 Brasil.