

# FLORAÇÃO E POTENCIAL HÍDRICO FOLIAR DE CAFEZEIROS SOB DIFERENTES REGIMES HÍDRICOS E DENSIDADES DE PLANTIO

Dalyse Toledo Castanheira<sup>1</sup>, Myriane Stella Scalco<sup>2</sup>, Iraci Fidelis<sup>3</sup>, Gleice Aparecida Assis<sup>4</sup>, Fábio Santos Pereira<sup>5</sup>, Nagla Maria Sampaio de Matos<sup>6</sup>

(Recebido: 2 de janeiro de 2012; aceito: 4 de julho de 2012)

**RESUMO:** O estudo das relações hídricas do cafeeiro é de suma importância em todas as fases de desenvolvimento da cultura. Objetivou-se, neste trabalho, avaliar, ao longo de dois anos, o potencial hídrico foliar na “antemanhã” e a produção média total de flores de cafeeiros não irrigados e irrigados sob diferentes regimes hídricos, em quatro densidades de plantio. Foi usada a cultivar Rubi MG-1192, plantada em janeiro de 2001, no delineamento experimental de blocos casualizados, em esquema de parcelas subdivididas com três repetições. Os tratamentos constaram de três regimes hídricos: (i) irrigação quando a tensão da água no solo atingiu valores próximos a 20 kPa e suspensão das irrigações nos meses de julho e agosto; (ii) irrigação quando a tensão da água no solo atingiu valores próximos a 60 kPa e suspensão das irrigações nos meses de julho e agosto (iii) uma testemunha não irrigada e quatro densidades de plantio de: (i) 2500 (4,0 x 1,0m), (ii) 3333 (3,0 x 1,0m), (iii) 5000 (2,0 x 1,0m) e (iv) 10000 plantas ha<sup>-1</sup> (2,0 x 0,5m). O potencial hídrico foliar ( $\Psi_f$ ) “antemanhã” foi determinado utilizando-se uma câmara de pressão. Em 2009, os menores valores observados foram de -1,6 MPa em cafeeiros não irrigados e irrigados a 60 kPa na densidade de 2500 plantas ha<sup>-1</sup>. Esses valores foram observados nos meses de setembro, outubro e novembro. No segundo ano, o valor de -1,5 MPa foi alcançado ao final do período de suspensão de irrigação (agosto) e ocorreu em plantios menos adensados. Em ambos os anos, em cafeeiros adensados o regime hídrico não afetou a produção média total de flores. Os valores de potencial hídrico foliar não se correlacionaram com a produção média total de flores.

**Termos para indexação:** Estresse hídrico, café, irrigação, espaçamento.

## FLOWERING AND LEAF WATER POTENTIAL IN COFFEE UNDER DIFFERENT WATER REGIMES AND PLANTING DENSITIES

**ABSTRACT:** The study of water relations in coffee is of utmost importance at all stages of crop development. The aim of this study was to evaluate “pre-dawn” leaf water potential and the total average production of flowers in non-irrigated and irrigated coffee plants under different water regimes in four planting densities over a two-year period. The cultivar Rubi MG-1192 was used, planted in January 2001 in a randomized block experimental design in split-plots with three replications. Treatments consisted of three water regimes: (i) irrigation when soil water tension reached values around 20 kPa and suspension of irrigation during July and August; (ii) irrigation when soil water tension reached values around 60 kPa and suspension of irrigation during July and August and (iii) a non-irrigated control. Four planting densities were used: (i) 2500 (4.0 x 1.0 m), (ii) 3333 (3.0 x 1.0 m), (iii) 5000 (2.0 x 1.0 m) and (iv) 10000 plants ha<sup>-1</sup> (2.0 x 0.5 m). The “pre-dawn” leaf water potential ( $\Psi_f$ ) was determined using a pressure chamber. In 2009, the lowest values observed were -1.6 MPa in non-irrigated and irrigated coffee at 60 kPa at a density of 2500 plants ha<sup>-1</sup>. These values were observed during September, October and November. In the second year, the value of -1.5 MPa was reached at the end of the period of suspension of irrigation (August) and occurred in less dense plantings. In both years, in dense coffee plantings, the water regime did not affect total average production of flowers. The values of leaf water potential did not correlate with the total average production of flowers.

**Index terms:** Water stress, coffee, irrigation, spacing.

## 1 INTRODUÇÃO

A cultura do café no Brasil destaca-se como uma das atividades agrícolas mais importantes, com grande influência na economia e nos aspectos socioeconômicos do país. O Brasil é o principal

produtor e exportador mundial de café e o segundo maior consumidor, atrás apenas dos Estados Unidos no consumo.

A expansão da cultura do café, para áreas onde o déficit hídrico ou a distribuição irregular das chuvas são fatores limitantes à produção,

<sup>1</sup>Universidade Federal de Lavras/UFLA - Departamento de Agricultura/DAG- Setor de Cafeicultura/ NECAF - Cx. P. 3037 - 37.200-000 - Lavras - MG - dalysecastanheira@hotmail.com

<sup>2</sup>Universidade Federal de Lavras/UFLA - Departamento de Agricultura/DAG- Setor de Cafeicultura - Cx. P. 3037 - 37.200-000 - Lavras - MG - mssscalco@dag.ufla.br

<sup>3</sup>Universidade Federal de Lavras/UFLA - Departamento de Agricultura/DAG- Setor de Cafeicultura - Cx. P. 3037 - 37.200-000 - Lavras - MG - iracifi17@hotmail.com

<sup>4</sup>Universidade Federal de Uberlândia/UFU - Campus Avançado de Monte Carmelo - Instituto de Ciências - 38.500-000 - Monte Carmelo - MG - gleiceufu@gmail.com

<sup>5</sup>Universidade Federal de Lavras/UFLA - Departamento de Agricultura/DAG- Cx. P. 3037 - 37.200-000 - Lavras - MG - fa29binho@hotmail.com

<sup>6</sup>Universidade Federal de Lavras/UFLA - Departamento de Agricultura/DAG - Setor de Cafeicultura - Cx. P. 3037 - 37.200-000 - Lavras - MG - naglaengeagro@hotmail.com

ocasionou a necessidade da utilização de novas tecnologias, como a irrigação. Essa técnica também passou a ser utilizada em regiões consideradas aptas às condições hídricas, por oferecer a garantia de produção em anos de baixa precipitação ou quando ocorrem períodos de veranico nas fases de maior necessidade de água pela cultura (SILVA; TEODORO; MELO, 2008).

A produtividade do cafeeiro é fortemente influenciada pelo suprimento adequado de água e de nutrientes (COELHO et al., 2009). Dessa forma, o estudo do estado hídrico da lavoura é essencial ao entendimento do potencial produtivo do cafeeiro, pois esse fator pode afetar diretamente a produtividade (MATTA, 2004). A compreensão das relações entre a água e o cafeeiro pode fornecer subsídios aos agricultores e pesquisadores para tomada de decisões mais fundamentadas sobre o manejo global da lavoura (RENA; MAESTRI, 2000).

Segundo Rezende, Faria e Lismar (2009), existem alguns métodos na literatura recomendados para uniformizar a florada, entretanto, tem-se procurado indicadores fisiológicos que caracterizem o estado hídrico foliar e o potencial de tolerância à seca em cultivares de café.

Dentre estes métodos, o potencial da água na planta é um indicativo do nível de armazenamento de água no solo (SILVA et al., 2003) e assim, um manejo adequado da irrigação deve resultar em floradas uniformes e, conseqüentemente, em um produto final de melhor qualidade. Portanto, é provável que o florescimento e o desenvolvimento dos frutos estejam associados às variações edafoclimáticas, principalmente no que se refere às alterações no potencial hídrico das plantas de café.

Assim, o potencial hídrico foliar destaca-se como um parâmetro importante na avaliação da resposta das espécies vegetais ao estresse hídrico (MORGAN, 1991; NOGUEIRA et al., 2001). Além de representar uma quantificação do efeito do estresse hídrico na planta, a determinação do potencial hídrico da folha do cafeeiro, no período na “antemanhã”, que independe das condições atmosféricas, apresenta estreita correlação com as reservas de água no solo, podendo representar um referencial da necessidade de irrigação (RENA; MAESTRI, 2000). Porém, em regiões que normalmente não apresentam restrições hídricas e outras condições climáticas ao cultivo do cafeeiro, poucas informações existem quanto à aplicabilidade dessa medida para determinação

do status da água na folha do cafeeiro. Vários autores têm utilizado o potencial hídrico foliar para quantificar o período de estresse hídrico que induz uma florada mais uniforme ao cafeeiro e que, segundo Guerra et al. (2007), situa-se na faixa de -2,0 MPa. Com a sincronização da florada, além da maior uniformidade de maturação, a produtividade deve manter-se em patamar mais alto. Em contrapartida, valores menores que -2,5 a -2,8 MPa podem reduzir significativamente o número de flores do cafeeiro (SILVA et al., 2009).

Existem controvérsias quanto aos valores de potencial hídrico foliar encontrado para diferentes regiões e que podem induzir a quebra de dormência de botões florais do cafeeiro. Em condições naturais, a florada ocorre após as primeiras chuvas (NASCIMENTO; OLIVEIRA; SILVA, 2010). Em lavoura irrigada, Crisosto, Grantz e Meinzer (1992) demonstraram que valores menores que -0,8 MPa, e irrigação posterior estimulou os botões florais. Entretanto, na zona da mata de Minas Gerais, Soares et al. (2005) verificaram que valores de -0,8 MPa, -1,2 MPa e -1,9 MPa após 30, 60 e 90 dias não foram suficientes para induzir a quebra de dormência dos botões florais. Na região sul de Minas Gerais, Rezende, Faria e Lismar (2009), em três anos de avaliação, concluíram que o potencial hídrico foliar não atingiu valores que proporcionassem a concentração e uniformidade da floração de cafeeiros. Em todos os casos acima citados, os autores referem-se ao potencial hídrico foliar medido na “antemanhã”.

Objetivou-se, neste trabalho, avaliar o potencial hídrico foliar na “antemanhã” e a produção total média de flores de cafeeiros não irrigados e irrigados sob diferentes regimes hídricos, em quatro densidades de plantio na região de Lavras – MG ao longo de dois anos.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em uma área localizada no campo experimental do Setor de Cafeicultura do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras, em Lavras, MG. As coordenadas geográficas do município são 21°14'06” latitude sul e 45°00'00” longitude oeste, à altitude média de 910 m. O clima da região é classificado como Cwa, segundo a classificação de Köppen (mesotérmico com verões brandos e suaves e estiagem de inverno). A cultivar de *Coffea arabica* L. utilizada foi a Rubi - MG 1192. O plantio foi realizado em janeiro de 2001, em solo classificado como Latossolo Vermelho

Distroférico. Em agosto de 2007, após a colheita, procedeu-se à poda de esqueletamento e decote da lavoura. O esqueletamento foi realizado a 0,40 m do ramo ortotrópico e o decote, a 1,40 m do nível do solo.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados, em esquema de parcelas subdivididas com três repetições. Os tratamentos constaram de três regimes hídricos: (i) irrigação quando a tensão da água no solo atingiu valores próximos a 20 kPa e suspensão das irrigações nos meses de julho e agosto; (ii) irrigação quando a tensão da água no solo atingiu valores próximos a 60 kPa e suspensão das irrigações nos meses de julho e agosto (iii) uma testemunha não irrigada e quatro densidades de plantio de: (i) 2500 (4,0 x 1,0m), (ii) 3333 (3,0 x 1,0m); (iii) 5000 (2,0 x 1,0m) e (iv) 10000 plantas ha<sup>-1</sup> (2,0 x 0,5m). Cada subparcela foi constituída por 10 plantas, consideradas úteis as oito plantas centrais. Nas bordas superior e inferior de cada parcela (densidade de plantio), foi utilizada uma linha de plantas como bordadura. A área experimental útil foi composta por 288 plantas.

O sistema de irrigação constou de uma unidade central de controle (sistema de bombeamento, filtros de areia e de tela, injetor de fertilizantes, manômetros e conexões), linha principal de tubos de PVC, PN 80, linhas de derivação de PVC, linhas laterais com tubo flexível de polietileno, gotejadores autocompensantes (vazão de 3,78 l h<sup>-1</sup>) e registros. A irrigação de cada subparcela foi controlada por meio de registros instalados nas linhas de derivação que conduziram a água até as linhas laterais das três repetições de cada tratamento.

Os tensiômetros de punção cujas leituras foram realizadas por um tensímetro digital foram instalados nas profundidades de 0,10, 0,25, 0,40 e 0,60 m, afastados cerca de 0,10 m da base do caule das plantas. As leituras da tensão da água no solo foram realizadas diariamente, no período da manhã. A irrigação de cada subparcela ocorreu quando a leitura de tensão da água no solo, à profundidade de 0,25 m indicou a tensão de irrigação relativa àquele tratamento. Os tensiômetros foram colocados em uma repetição de cada tratamento representativa da área experimental. As medidas em cada profundidade eram feitas três vezes por semana e/ou quando necessário nos tratamentos cujo valor da leitura se encontrava próximo ao da tensão de irrigação. A correspondência entre tensão de água no solo

e umidade foi obtida pela curva característica de umidade do solo, a qual foi previamente determinada em laboratório.

A calagem e as adubações foram realizadas de acordo com análises de solo e foliares, sendo baseadas nas recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais (GUIMARÃES et al., 1999), com acréscimo de 30% na adubação, conforme a recomendação de Santinato e Fernandes (2002) para cafeeiros irrigados. Os nutrientes nitrogênio (Uréia pecuária com 45% de N) e potássio (Nitrato de potássio com 44% de K<sub>2</sub>O) foram aplicados via fertirrigação. As parcelas não irrigadas foram adubadas de forma convencional. Nos dois tipos de adubação (convencional e fertirrigação), o parcelamento foi realizado em quatro vezes, de outubro a janeiro. Os micronutrientes foram fornecidos via foliar, de acordo com os teores verificados na análise nutricional.

O potencial hídrico foliar ( $\Psi_f$ ) “antemanhã” foi determinado utilizando-se uma câmara de pressão, modelo 1000-PMS Instrument Company. A determinação constituiu na coleta de amostras de folhas ativas, isentas de sintomas de doenças, deficiências nutricionais e ataque de pragas, sendo essa realizada às 5h da manhã, em três repetições de cada tratamento. As folhas foram coletadas em ramos plagiotrópicos no terço médio superior das plantas, localizados no quarto nó a partir do ápice do ramo (SILVA et al., 2008). Essas foram embaladas em papel alumínio, colocadas em sacos plásticos dentro de isopor com gelo e posteriormente avaliadas na câmara, aplicando-se uma pressão até que ocorresse exsudação pelo corte feito no pecíolo da folha. As leituras do potencial hídrico foliar foram realizadas mensalmente. Nos meses de julho e agosto, nos quais as irrigações foram suspensas, as leituras foram feitas uma vez por semana. Nestes tratamentos, antes de iniciar a suspensão foi feita uma irrigação para elevar a umidade do solo à capacidade de campo.

Até o final do período de avaliação, foram feitas determinações do potencial hídrico foliar, que abrangeram o período de maio de 2009 a maio de 2011. Aqui são discutidos os eventos ocorridos ao longo de 2009 e 2010 uma vez que, nos cinco meses de avaliação de 2011, os valores de potencial hídrico foliar mantiveram-se inalterados. Durante todo o período de avaliação, incluindo as épocas de suspensão das irrigações, a umidade do solo na camada de 0-20 cm foi monitorada nos mesmos horários de determinação do potencial hídrico

foliar “antemanhã”, pelo método gravimétrico. Nas três plantas em que foram feitas medidas de potencial hídrico foliar, verificou-se duas vezes por semana (segunda e sexta-feira), ou até com maior frequência, a ocorrência de abertura de flores em um par de ramos funcionais de cada planta. É necessário enfatizar que pequenas floradas ocorridas em julho e agosto, períodos que quase sempre coincidiam com o período de colheita, não foram avaliadas. Foram consideradas flores abertas aquelas provenientes de gemas que atingiram a antese (OLIVEIRA, 2003), e para evitar recontagens, as flores já contadas tiveram a ponta de suas pétalas recortada por uma pequena tesoura (OLIVEIRA, 2002). A contagem das flores foi feita abrangendo a primeira florada (setembro) até quando ainda ocorriam floradas significativas (novembro-dezembro). Para análise de variância dos resultados de floração foi considerada a soma do número de flores abertas do início até o final do período de avaliação e as médias obtidas foram comparadas pelo teste de agrupamento de médias de Scott-Knott, ao nível de 5% de probabilidade.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em 2009, o potencial hídrico foliar ( $\Psi_f$ ) alcançou menores valores (valor mínimo de -1,6 MPa) durante os meses de setembro, outubro e novembro, indicando um possível efeito de estresse hídrico na planta (Figuras 1 a, b, c, e d). Esses valores ocorreram em plantios de maior espaçamento entre linhas e em cafeeiros não irrigados ou irrigados, quando a tensão da água do solo atingiu valores próximos a 60 kPa.

Nestes meses, (setembro a novembro), embora a precipitação tenha ultrapassado a média de 100 mm, as temperaturas máximas (29,3 °C), médias (21,8 °C) e mínimas (16,8 °C) ligeiramente maiores nesse período, a redução nos valores médios de umidade relativa de 77,6% e a radiação solar média de 267 W m<sup>-2</sup> podem ter influenciado no processo de evapotranspiração que foi de 4,4 mm (Tabela 1). De acordo com Matta e Rena (2002), os estômatos dos cafeeiros são altamente sensíveis à redução da umidade relativa do ar.

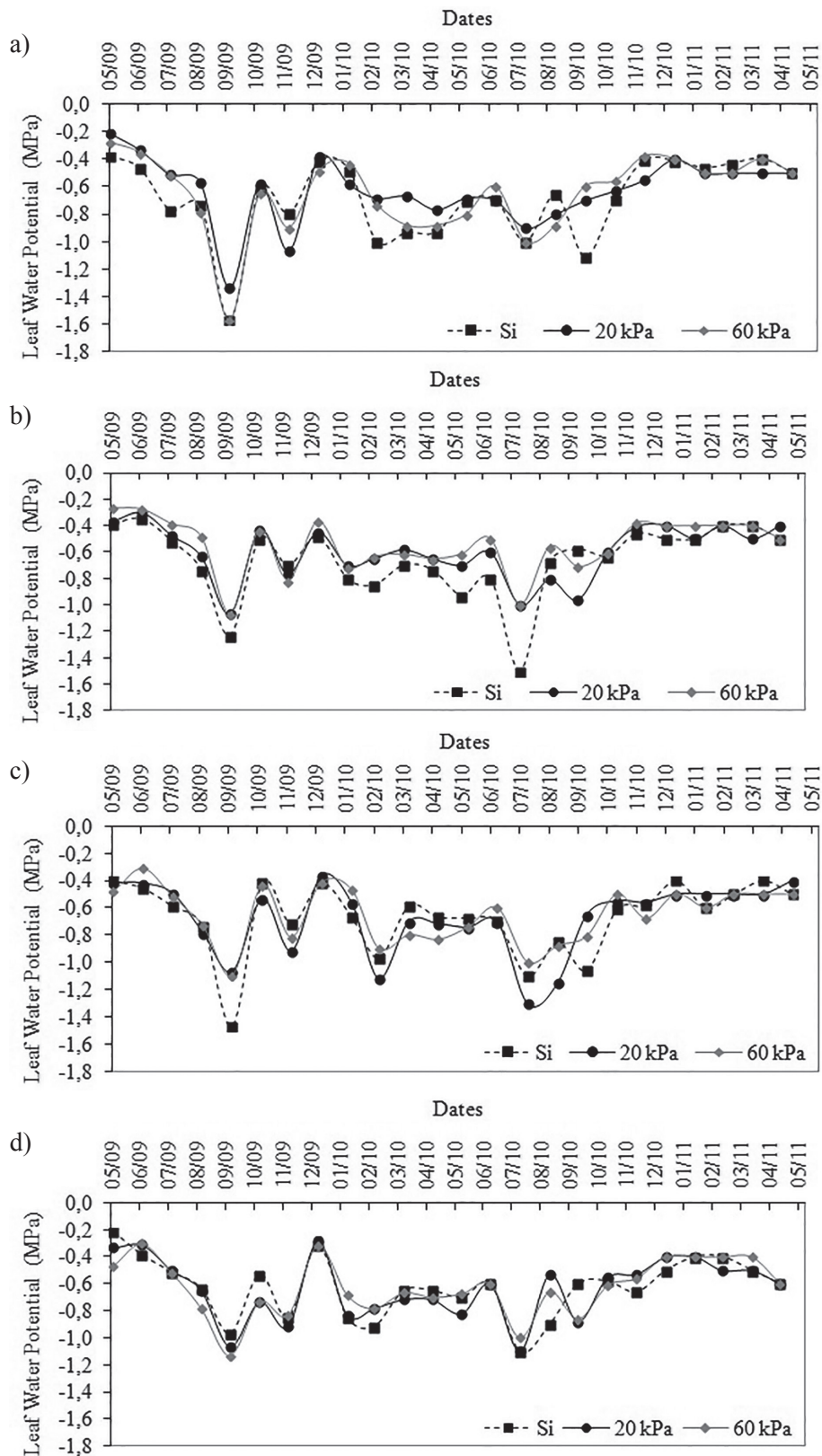
Em comparação aos demais meses do ano, a evapotranspiração média da cultura nos meses de setembro, outubro e novembro (4,4 mm) situou-se acima da média dos 12 meses (3,3 mm). Assim, ocorreu uma forte relação entre demanda hídrica nesses meses e valores de potencial hídrico foliar, em cafeeiros sob espaçamentos mais abertos. Vale salientar que, mesmo em proporções menores,

plantas irrigadas na tensão de 20 kPa com irrigações mais frequentes e maiores lâminas aplicadas (Tabela 2) apresentaram potenciais hídricos foliares menores nesses meses. É possível inferir que nesse caso, as variáveis climatológicas tiveram maior influência na queda do potencial hídrico foliar em relação à disponibilidade da água do solo.

Em 2010, embora tenham ocorrido menores valores de potencial hídrico foliar ( $\Psi_f$ ) nos meses de setembro, outubro e novembro, na média esses valores não ultrapassaram -1,0 MPa (Figuras 1a, 1b, 1c e 1d). Esses valores de  $\Psi_f$  foram maiores em relação àqueles verificados no ano anterior, no mesmo período (setembro, outubro e novembro). As variáveis climatológicas para esse período em 2010 (Tabela 1), em relação ao mesmo período do ano anterior (2009) indicaram temperaturas máximas médias mais elevadas (32,0 °C), maior precipitação média (174,8 mm), porém, menores temperaturas médias (20,3 °C), menores temperaturas mínimas (11,0 °C), umidade relativa (75,7%), radiação (135 W m<sup>2</sup>) e evapotranspiração de referência (2,5 mm). Provavelmente, a maior precipitação ocorrida em 2010 contribuiu para o suprimento adequado de água às plantas e à obtenção de maiores valores de potencial hídrico foliar, em relação ao mesmo período de 2009. O potencial hídrico foliar de plantas não irrigadas e menos adensadas foi menor em relação às plantas irrigadas e cultivadas em condições de adensamento.

Em 2009, nos meses de julho e agosto nos quais as irrigações foram suspensas, o potencial hídrico foliar médio atingiu valor mínimo de -1,0 MPa em todas as densidades de plantio e regimes hídricos, exceto na densidade de 2500 plantas ha<sup>-1</sup>, onde o potencial hídrico foliar ( $\Psi_f$ ) de cafeeiros não irrigados alcançou valores de -1,4 MPa (Figura 2 a, b, c e d). Nesses meses, foram registradas menores taxas de evapotranspiração (Tabela 1). Consequentemente, a suspensão de irrigação no período pode não ter afetado os valores de potencial hídrico foliar. Cafeeiros mais adensados (5000 e 10000 plantas ha<sup>-1</sup>) apresentaram potenciais hídricos foliares mais altos.

Em 2010, no período de suspensão das irrigações (julho e agosto) o potencial hídrico foliar foi se tornando cada vez menor e alcançou valores médios de até -1,6 MPa, ao final do período de suspensão (Figura 3 a, b, c e d). O comportamento observado refere-se tanto a cafeeiros irrigados quanto não irrigados.



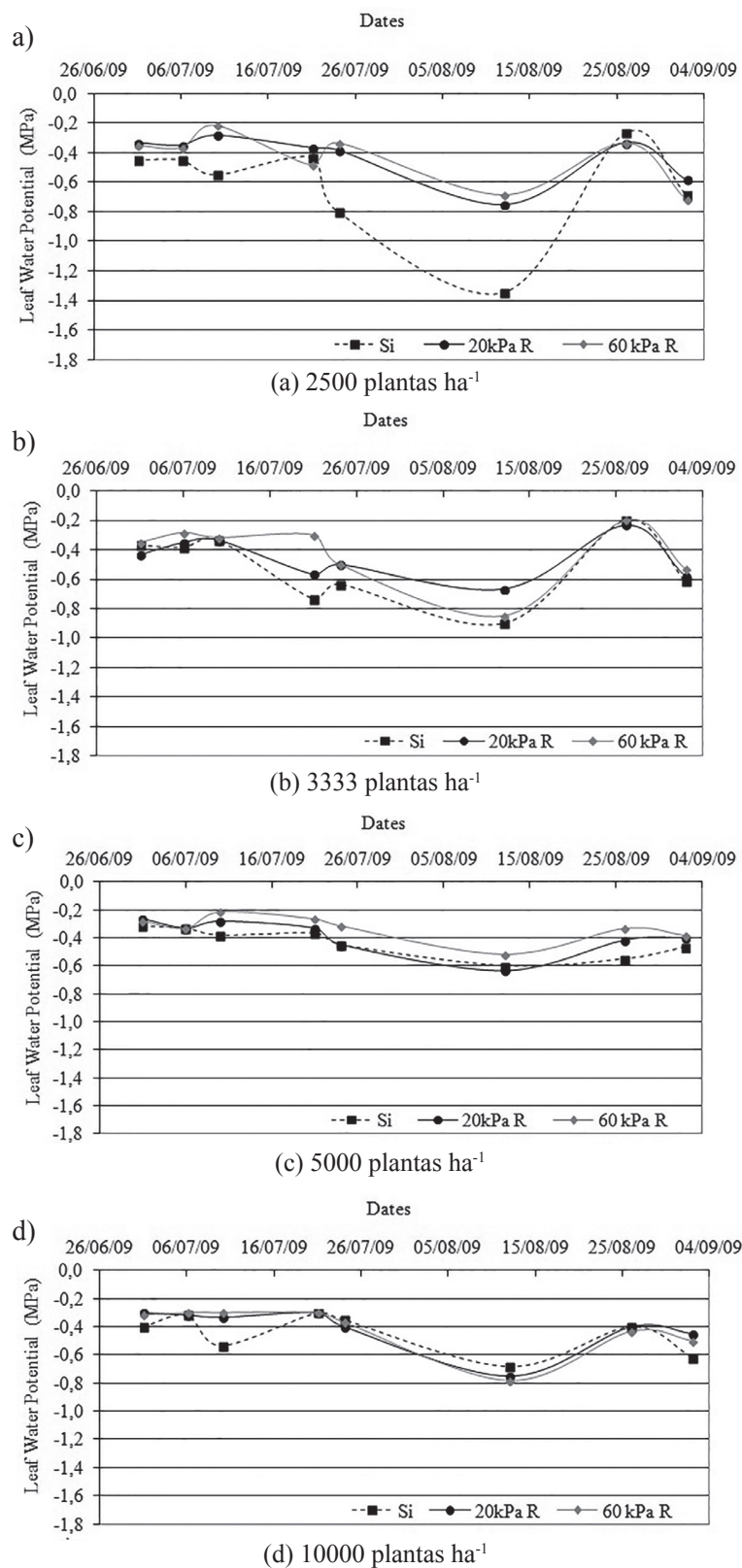
**FIGURA 1** – Potencial hídrico foliar ( $\Psi_f$ ) de cafeeiros não irrigados e irrigados sob diferentes regimes hídricos em (a) 2500 plantas ha<sup>-1</sup>, (b) 3333 plantas ha<sup>-1</sup>, (c) 5000 plantas ha<sup>-1</sup>, (d) 10000 plantas ha<sup>-1</sup> ao longo de dois anos.

**TABELA 1** – Variáveis climatológicas para o período de avaliação do potencial hídrico foliar (2009 e 2010).

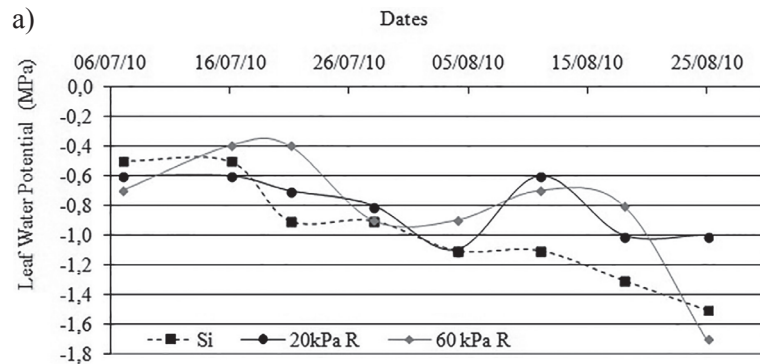
Meses	2009							2010						
	<i>T máx</i> C°	<i>T méd</i> C°	<i>T mín</i> C°	<i>P</i> mm	<i>UR</i> %	<i>Rad</i> W/m <sup>2</sup>	<i>ETo</i> mm	<i>T máx</i> C°	<i>T. méd</i> C°	<i>T. mín</i> C°	<i>P</i> mm	<i>UR</i> %	<i>Rad</i> W/m <sup>2</sup>	<i>ETo</i> mm
Janeiro	28.1	21.9	18.1	331.7	83.4	187	3,3	32,4	23,0	16,1	130,6	79	229	4,1
Fevereiro	29.2	22.6	18.3	186.6	82.3	218	3,9	33,2	23,1	16,3	92,8	76	198	3,6
Março	28.2	22.3	18.5	197.5	84.3	181	3,3	31,3	22,2	15,2	72,4	82	170	3,1
Abril	25.3	19.4	15.4	143.3	92.2	175	2,6	30,6	20,3	9,5	67	78	147	2,4
Mai	24.1	17.8	13.7	22.8	89.2	137	1,8	29,5	17,9	6,5	15	78	128	1,8
Junho	23.1	15.9	11.1	26.2	82.6	130	1,6	28,6	15,8	5,4	7,6	75	126	1,6
Julho	26.2	18.5	13.3	13.6	71.9	154	2,4	28,6	17,5	7,1	19,4	74	123	1,7
Agosto	26.3	18.5	13.1	41.9	66.2	162	2,8	30,6	17,9	5,0	1,6	60	153	2,4
Setembro	28.0	21.1	15.8	137.3	74.1	239	3,7	33,3	19,9	9,5	51,8	67	142	2,6
Outubro	28.4	21.1	16.5	135.2	80.7	257	4,2	32,1	20,3	10,2	138,8	77	135	2,6
Novembro	31.6	23.3	18.1	122.0	78.0	305	5,2	33,3	20,7	13,4	334	83	128	2,4
Dezembro	27.1	21.5	18.0	453.4	87.1	211	3,6	32,7	22,7	17,1	318	83	142	2,7
Média	27,0	20,3	15,8	151,0	80,8	196,4	3,2	31,3	20,1	10,9	104,0	75,7	155,7	2,6

**TABELA 2** – Lâminas (mm) de água aplicada nos diferentes regimes hídricos e densidades de plantio ao longo de dois anos (2009 e 2010).

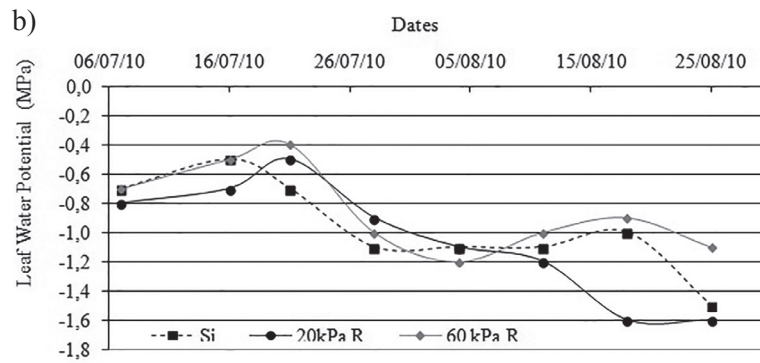
Mês	2009 – 20 kPa com repouso				2009 – 60 kPa com repouso			
	2500	3333	5000	10000	2500	3333	5000	10000
Jan	7,1	10,7	14,9	24,1	10,6	0,0	0,0	0,0
Fev	6,8	9,6	13,0	14,4	0,0	0,0	0,0	0,0
Mar	20,0	21,3	50,9	62,8	8,6	12,3	0,0	19,8
Abr	17,9	24,5	28,9	34,8	9,1	12,0	18,6	19,3
Mai	36,5	42,6	49,6	64,0	34,9	24,5	37,9	19,6
Jun	34,7	43,4	52,6	78,4	26,4	25,2	37,6	38,4
Set	33,8	25,5	35,8	44,8	12,7	10,4	34,8	32,3
Out	28,2	19,4	25,0	50,3	25,1	12,2	37,1	0,0
Nov	48,4	24,5	52,4	65,4	13,7	12,6	55,3	37,2
Dez	6,5	0,0	0,0	10,1	0,0	0,0	0,0	0,0
Total	239,9	221,5	323,1	449,1	141,1	109,2	221,3	166,6
Mês	2010 – 20 kPa com repouso				2010 – 60 kPa com repouso			
	2500	3333	5000	10000	2500	3333	5000	10000
Jan	11,7	0,0	13,3	18,8	15,45	0,0	0,0	0,0
Fev	35,3	23,6	70,3	43,0	23,96	12,59	0,0	17,93
Mar	31,7	25,4	12,9	64,0	25,36	12,19	32,14	44,61
Abr	28,9	18,7	27,2	70,8	25,29	36,70	18,92	37,69
Mai	53,1	45,7	27,2	76,5	35,19	24,38	36,50	78,26
Jun	43,8	45,1	27,2	66,9	34,36	36,84	71,57	57,02
Set	28,0	31,6	14,4	0,0	21,14	32,77	73,12	55,12
Out	51,2	22,8	27,8	18,7	6,85	0,0	69,80	37,02
Nov	13,4	0,0	27,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Dez	19,7	6,9	13,4	34,5	16,27	0,0	16,70	0,0
Total	316,8	247,4	361,5	393,2	203,86	155,47	319,76	327,65



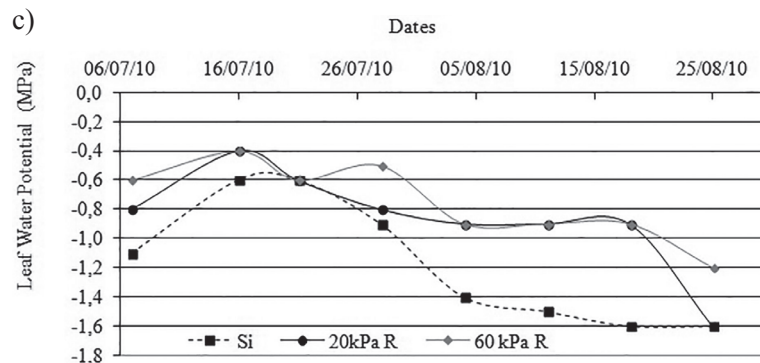
**FIGURA 2** – Potencial hídrico foliar (Yf) de cafeeiros não irrigados e irrigados sob diferentes regimes hídricos em (a) 2500 plantas ha<sup>-1</sup>, (b) 3 333 plantas ha<sup>-1</sup>, (c) 5000 plantas ha<sup>-1</sup>, (d) 10000 plantas ha<sup>-1</sup>, para os meses de julho e agosto de 2009.



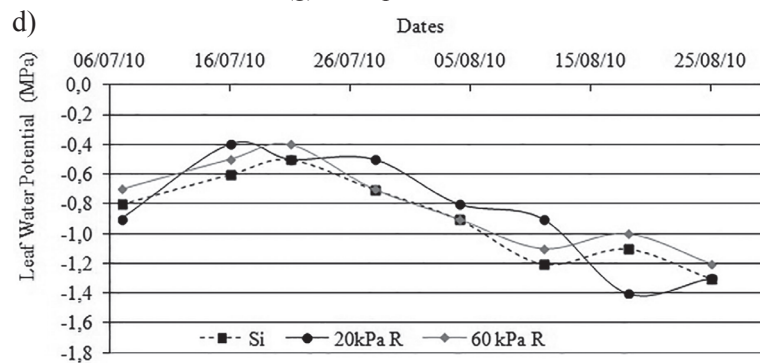
(e) 2500 plantas ha<sup>-1</sup>



(f) 3333 plantas ha<sup>-1</sup>



(g) 5000 plantas ha<sup>-1</sup>



(h) 10000 plantas ha<sup>-1</sup>

**FIGURA 3** – Potencial hídrico foliar ( $\Psi_f$ ) de cafeeiros não irrigados e irrigados sob diferentes regimes hídricos em (a) 2500 plantas ha<sup>-1</sup>, (b) 3 333 plantas ha<sup>-1</sup>, (c) 5000 plantas ha<sup>-1</sup>, (d) 10000 plantas ha<sup>-1</sup> para os meses de julho e agosto de 2010.



Considerando os meses de suspensão em 2009 e 2010, observou-se que, neste último, a precipitação média referente aos meses de julho e agosto (21 mm) foi praticamente a metade da precipitação ocorrida nesse mesmo período em 2009 (55,0 mm). Menor precipitação aliada à maior temperatura máxima pode explicar os menores valores de potencial hídrico foliar encontrado em 2010.

Em todas as épocas de avaliação, o solo manteve-se mais úmido nos espaçamentos mais adensados, correspondentes às densidades de 5000 e 10000 plantas ha<sup>-1</sup>, acarretando maior potencial hídrico foliar (Figuras 2 e 3), devido à formação de um microclima mais úmido na lavoura (Tabela 3). Além disso, no ano de 2009, nos meses de suspensão da irrigação, o solo apresentou maior umidade (média de 0.275 cm<sup>3</sup> cm<sup>-3</sup>) quando comparado ao mesmo período no ano de 2010 (média de 0.250 cm<sup>3</sup> cm<sup>-3</sup>), o que refletiu no menor potencial hídrico foliar detectado nesse ano. Parece haver uma combinação entre diferentes variáveis climáticas, disponibilidade hídrica do solo e características da lavoura proporcionando condições ambientais propícias às alterações do potencial hídrico foliar em cafeeiros.

Embora tenha ocorrido uma resposta do potencial hídrico foliar ( $\Psi_f$ ) ao longo do período total de avaliação, cabe ressaltar que: os valores máximos observados estão aquém do valor de até -2,0 MPa verificado por Guerra et al. (2007) e recomendado para proporcionar um estresse hídrico ao cafeeiro como forma de sincronizar a floração na região do cerrado. Já Silva et al. (2009) comentaram que, sessenta dias de suspensão de irrigação em julho e agosto favoreceu a obtenção de déficits hídricos da ordem de -1,1 MPa em Adamantina, -1,6 MPa em Mococa e -1,2 MPa em Campinas, os quais foram mais efetivos na sincronização das floradas do cafeeiro aliando uniformidade com alta produção. Segundo os autores, o maior número de floradas e a baixa uniformidade de produção das plantas irrigadas continuamente confirmam a necessidade de um período de seca na sincronização do florescimento. Comentam ainda que os baixos valores de potencial da água nas folhas (-2,5 a -2,8 MPa) das plantas não irrigadas reduziram significativamente o número de flores, se comparadas às plantas irrigadas, com reflexos na produção final, indicando a necessidade de irrigação para assegurar boa iniciação floral.

**TABELA 3** – Umidade volumétrica do solo (cm<sup>3</sup> cm<sup>-3</sup>) na camada de 0-20 cm, nas diferentes densidades de plantio e regimes hídricos.

Densidade (pl. ha <sup>-1</sup> )	Regimes hídricos	Época de avaliação							
		Jul. 09	Ago09	Set/Dez09	Jan/Jun10	Jul.10	Ago.10	Set/dez10	Jan/Mai11
Umidade volumétrica (cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup> )									
2500	Não irrigado	0.274	0.241	0.280	0.275	0.255	0.215	0.305	0.311
2500	20 kPa R	0.299	0.252	0.315	0.402	0.268	0.235	0.309	0.314
2500	60 kPa R	0.320	0.249	0.320	0.317	0.268	0.237	0.307	0.382
3333	Não irrigado	0.248	0.245	0.316	0.341	0.240	0.213	0.307	0.271
3333	20 kPa R	0.257	0.251	0.235	0.349	0.255	0.247	0.327	0.345
3333	60 kPa R	0.258	0.252	0.332	0.353	0.261	0.229	0.334	0.313
5000	Não irrigado	0.269	0.256	0.293	0.314	0.271	0.231	0.328	0.272
5000	20 kPa R	0.317	0.267	0.340	0.432	0.292	0.257	0.322	0.343
5000	60 kPa R	0.308	0.285	0.370	0.348	0.311	0.238	0.352	0.331
10000	Não irrigado	0.296	0.263	0.310	0.436	0.254	0.225	0.316	0.255
10000	20 kPa R	0.341	0.274	0.333	0.325	0.265	0.237	0.315	0.317
10000	60 kPa R	0.317	0.268	0.319	0.318	0.265	0.246	0.319	0.346
Umidade média (cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup> )		<b>0.292</b>	<b>0.259</b>	0.314	0.351	<b>0.267</b>	<b>0.234</b>	0.320	0.317
Precipitações média/ período (mm)		<b>13,6</b>	<b>41,9</b>	211,9	41,0	<b>19,4</b>	<b>1,6</b>	326,0	97,0

Rezende, Faria e Lismar (2009) observaram que na região de Lavras – MG, em três anos de avaliação, os valores de potencial de água na folha medido na antemã não atingiram valores que proporcionassem a concentração e uniformidade de florada. Dentro da faixa de potencial hídrico foliar observado, o menor valor não ultrapassou -1,5 MPa. Segundo Golberg et al. (1988) e Matta et al. (2007), valores de  $\Psi_f$  de até -1,5 MPa parecem não afetar a fotossíntese em condições de campo. Apesar de possivelmente não terem ocorrido efeitos na fotossíntese, pois a maioria dos meses apresentou valores maiores que -1,5 MPa, podem ter ocorrido diferenças no crescimento decorrentes da redução no potencial hídrico, visto que a água é um componente essencial para a expansão celular (CASTRO; PEREIRA; PAIVA, 2009). Dessa forma, os tratamentos nos quais as plantas apresentaram potencial hídrico mais elevado podem estar mais aptos ao desenvolvimento e à produção normal em condições de estresse hídrico.

Para a região sul de Minas Gerais, a adoção do potencial hídrico foliar ( $\Psi_f$ ) do cafeeiro como um referencial para manejo de irrigação e como base para recomendação de períodos de estresse hídrico não parece recomendável. Porém, mais estudos ainda são necessários. Em meses de menor precipitação ou nos quais as irrigações são suspensas, ou em plantios menos adensados, nos quais existe maior incidência de radiação solar são possivelmente mais afetados pelo estresse hídrico em relação a plantios mais adensados. Nesse último, a formação de um microclima úmido parece manter um status de água nas folhas do cafeeiro, mesmo em períodos de estresse hídrico. Scalco et al. (2003) observaram que os valores de potencial hídrico foliar ( $\Psi_f$ ) de cafeeiros não se alteraram acentuadamente antes e após a irrigação e nem em função das diferentes densidades de plantio. Os autores verificaram para cafeeiros em

primeiro ano de produção valores de potencial hídrico foliar ( $\Psi_f$ ) que não ultrapassaram -1,0 MPa, mesmo em plantas não irrigadas.

A aplicação de água por irrigação (Tabela 2) não seguiu a mesma tendência verificada para avaliações nesta mesma área, em anos anteriores (PEDROSO et al., 2009), nas quais o aumento da densidade de plantio proporcionou um aumento no consumo de água por irrigação em função do aumento no número de plantas.

Ao longo de 2009 e 2010, as aplicações de água foram superiores em tensões de 20 kPa, com turnos de irrigações mais frequentes em relação a 60 kPa. Entretanto, a redução de espaçamentos entre linhas (de quatro para três metros) ou entre plantas (de um para meio metro) não manteve proporcional redução no consumo de água por irrigação. Porém, quando o número de plantas passa de 2500 para 10000 plantas ha<sup>-1</sup>, por exemplo, o consumo de água por irrigação praticamente dobra. No potencial hídrico foliar o efeito dessas maiores aplicações de água pode ter refletido na redução do estresse hídrico em plantios mais adensados (Figura 1).

Nos dois anos de avaliação, ocorreu interação significativa entre os fatores densidades de plantio e regimes hídricos na produção média de flores por par de ramos plagiotrópicos do cafeeiro (Tabela 4 e 5).

Em 2009, embora o potencial hídrico foliar medido nos cafeeiros não tenha atingido o valor de -2 MPa recomendado por Guerra et al. (2007) para proporcionar um estresse hídrico ao cafeeiro como forma de sincronizar a floração na região do cerrado, o potencial mínimo de -1,4 MPa verificado nesse experimento nos meses de julho e agosto já foi suficiente para proporcionar maior produção total de flores em cafeeiros conduzidos em espaçamentos mais largos e irrigados, em relação aos cafeeiros não irrigados e adensados (Figura 2a e 2d e Tabela 4).

**TABELA 4** – Produção total média de flores por par de ramos plagiotrópicos (2009), em diferentes densidades de plantio e regimes hídricos.

Densidade (plantas ha <sup>-1</sup> )	Não irrigado	60 kPa repouso	20 kPa repouso	Média de Densidade
2500	313bA	565aA	464aA	447A
3333	43bA	489aA	400aA	311B
5000	158aA	317aB	289aB	255B
10000	230aA	166aB	204aB	200B
Média de regime	186b	384a	339a	303

Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas linhas e maiúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de agrupamento de médias de Scott-Knott, a 1%.

**TABELA 5** – Produção total média de flores por par de ramos plagiotrópicos (2010), em diferentes densidades de plantio e regimes hídricos.

Densidade (plantas ha <sup>-1</sup> )	Não irrigado	60 kPa repouso	20 kPa repouso	Média de densidade
2500	193bB	520aB	288bB	334B
3333	650bA	1012aA	503bA	722A
5000	236aB	88aC	91aC	138C
10000	67aB	6aC	13aC	29D
Média de regime	287b	407a	224b	306

Médias seguidas pela mesma letra minúscula nas linhas e maiúsculas nas colunas não diferem entre si pelo teste de agrupamento de médias de Scott-Knott, a 1%.

Os cafeeiros irrigados (considerando-se o total médio de flores nos regimes de 20 kPa e 60 kPa com repouso) apresentaram um acréscimo no número total médio de flores da ordem de 64,3% e 933,7% nas densidades de 2500 e 3333 plantas ha<sup>-1</sup>, respectivamente, em relação às plantas não irrigadas. A maior produção total média de flores foi detectada na densidade de 2500 plantas ha<sup>-1</sup>, onde verificou-se menor potencial hídrico foliar em 2009.

No ano de 2010 (Tabela 5), a menor produção de flores ocorreu na densidade de 10000 plantas ha<sup>-1</sup>, possivelmente devido ao sombreamento, visto que a luz é um importante fator na indução de gemas para o florescimento (RENA; MAESTRI, 1986).

A maior produção de flores ocorreu no regime hídrico de 60 kPa com suspensão da irrigação nos meses de julho e agosto (Tabela 5). A produção média de flores nesse tratamento foi 116,2% e 75,5% superior em relação à média produzida nos cafeeiros não irrigados e irrigados a 20 kPa, respectivamente para as densidades de 2500 e 3333 plantas ha<sup>-1</sup>. Não houve diferença significativa quanto à produção de flores por par de ramos plagiotrópicos nas demais densidades analisadas. Em julho de 2010 ocorreu precipitação de 19,4 mm e em agosto choveu apenas 1,6 mm o que poderia ter proporcionado um efeito mais acentuado do estresse hídrico na produção de flores. Aliado a isso, o potencial hídrico foliar dos cafeeiros foi menor (Figuras 3 a, b, c, d) em todas

as densidades de plantio e a umidade no solo também reduziu (Tabela 3), indicando um maior estresse hídrico nos meses de julho e agosto de 2010. Porém, mesmo baixas precipitações podem alterar o comportamento dos cafeeiros em relação à floração, além de outros fatores relacionados ao clima (temperatura, umidade relativa, radiação solar, entre outros) e inerentes à fisiologia de produção do cafeeiro que ainda é pouco elucidada.

Com base na análise de correlação (Tabela 6) foi verificado que os valores de potencial hídrico foliar obtidos nos meses de julho e agosto (período de suspensão da irrigação nos tratamentos de 20 e 60 kPa) não interferiram na produção total média de flores em ambos os anos de avaliação. Em 2009, no período de julho e agosto, o total de precipitação foi de 55,5 mm, enquanto em 2010 foi de 21,0 mm. Conforme comentado acima, mesmo havendo precipitação no período de suspensão em 2010, o potencial hídrico foliar médio foi menor em relação a 2009, indicando um possível efeito de estresse hídrico. Porém, os valores atingidos não foram suficientes para induzir um efeito sobre a floração.

Quanto à densidade, a análise de correlação foi significativa indicando uma relação inversa entre quantidade média de flores e no número de plantas de plantas por hectare. De acordo com Nascimento, Oliveira e Silva (2010), o autossombreamento propicia menor floração por planta em sistemas superadensados.

**TABELA 6** – Correlações (r) de Pearson entre o fator densidade de plantio e as características média de flores por par de ramo plagiotrópico e potencial hídrico foliar ( $\Psi_f$ ) em 2009 e 2010.

2009			
Fator/Características	Densidade de plantio (plantas ha <sup>-1</sup> )	Potencial hídrico foliar ( $\Psi_f$ )	Média de flores por par de ramo plagiotrópico
Densidade de plantio	-	0,25ns	-0,52*
Potencial hídrico foliar	0,25ns	-	0,05ns
2010			
Densidade de plantio	-	0,26ns	-0,62*
Potencial hídrico foliar	0,26ns	-	-0,03ns

\* Significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de t.

<sup>NS</sup> Não significativo pelo teste de t.

#### 4 CONCLUSÕES

1. O potencial hídrico foliar ( $\Psi_f$ ) de cafeeiros atingiu menores valores em plantios mais largos de 2500 e 3333 plantas ha<sup>-1</sup> em relação a plantios adensados de 5000 e 10000 plantas ha<sup>-1</sup>.

2. Em plantios adensados de 5000 e 10000 plantas ha<sup>-1</sup>, a floração do cafeeiro não é afetada pelo regime hídrico (não irrigado ou irrigado com suspensão nos meses de julho e agosto).

3. Para a região sul de Minas Gerais, o uso de medidas de potencial hídrico foliar para quantificar a magnitude do estresse hídrico necessário para uniformizar a floração do cafeeiro irrigado é inadequado em função das condições climáticas, especialmente por ocorrência de precipitações em meses frios.

#### 5 AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo financiamento do projeto, ao CNPq e Consórcio Pesquisa Café pelo apoio financeiro.

#### 6 REFERÊNCIAS

CASTRO, E. M.; PEREIRA, F. J.; PAIVA, R. **Histologia vegetal: estrutura e função de órgãos vegetativos**. Lavras: UFLA, 2009. 234 p.

COELHO, G. et al. Efeito de épocas de irrigação e de parcelamento de adubação sobre a produtividade do cafeeiro 'Catuai'. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 1, p. 67-73, jan./fev. 2009.

CRISOSTO, C. H.; GRANTZ, D. A.; MEINZER, F. C. Effects of water deficit on flower opening in coffee (*Coffea arabica* L.). **Tree Physiology**, Victoria, v. 10, p. 127-139, 1992.

GOLBERG, A. D. et al. Effects and after-effects of water stress on chlorophyll fluorescence transi-entsin *Coffea canephora* Pierre and *Coffea arabica* Capot and Ake Assi. **Café Cacao Thé**, San José, v. 32, n. 1, p. 11-16, 1988.

GUERRA, A. F. et al. Sistema de produção de café irrigado: um novo enfoque. **Item**, Brasília, n. 63, p. 52-61, 2007.

GUIMARÃES, P. T. G. et al. Cafeeiro. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H. (Ed.). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 289-302.

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

MATTA, F. M. da et al. Ecophysiology of coffee growth and production. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Piracicaba, v. 19, n. 4, p. 485-510, 2007.

MATTA, F. M. da; RENA, A. B. Ecofisiologia de cafezais sombreados e a pleno sol. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). **O estado da arte e tecnologia na produção de café**. Viçosa, MG: UFV, 2002. p. 93-135.

MORGAN, J. M. Adaptation to water deficits in three grain legume species: mechanisms of turgor maintenance. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 29, p. 91-106, 1991.

NASCIMENTO, L. M. do; OLIVEIRA, C. A. S.; SILVA, C. L. Paralisação da irrigação e sincronia do desenvolvimento das gemas reprodutivas de cafeeiros (*Coffea arabica* L.) orgânico e adensado. **Coffee Science**, Lavras, v. 5, n. 2, p. 107-112, 2010.

- NOGUEIRA, R. J. M. C. et al. Alterações na resistência à difusão de vapor das folhas e relações hídricas em aceroleiras submetidas a déficit de água. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Londrina, v. 13, p. 75-87, 2001.
- OLIVEIRA, L. A. M. **Desenvolvimento vegetativo e reprodutivo do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) irrigado em diferentes épocas do ano**. 2003. 54 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2003.
- OLIVEIRA, P. M. de. **Florescimento do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) sob diferentes frequências de irrigação**. 2002. 67 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2002.
- PEDROSO, T. Q. et al. Qualidade de sementes de cafeeiro produzidas em diferentes densidades de plantio e regimes hídricos. **Coffee Science**, Lavras, v. 4, n. 2, p. 155-164, jul./dez. 2009.
- RENA, A. B.; MAESTRI, M. Fisiologia do cafeeiro. In: RENA, A. B. et al. (Ed.). **Cultura do cafeeiro: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1986. p. 13-106.
- \_\_\_\_\_. Relações hídricas no cafeeiro. **Item**, Brasília, n. 48, p. 64-73, 2000.
- REZENDE, F. C.; FARIA, M. A. de; LISMAR, W. Efeitos do potencial de água da folha na indução da floração e produção do cafeeiro (*Coffea arabica*, L.). **Coffee Science**, Lavras, v. 4, n. 2, p. 126-135, jul./dez. 2009.
- SANTINATO, R.; FERNANDES, A. L. T. **Cultivo do cafeeiro irrigado em plantio circular sob pivô central**. Belo Horizonte: O Lutador, 2002. 252 p.
- SCALCO, M. S. et al. Potencial hídrico foliar do cafeeiro sob diferentes critérios de irrigação e densidades de plantio. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 3., 2003, Porto Seguro. Anais... Brasília: EMBRAPA café, 2003. p. 143.
- SILVA, A. M. et al. Produtividade, rendimento de grãos e comportamento hídrico foliar em função da época de irrigação do parcelamento e do método de adubação do cafeeiro Catuaí. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 23, n. 3, p. 434-440, 2003.
- SILVA, C. A. da et al. Produtividade e potencial hídrico foliar do cafeeiro 'Catuaí' em função da época de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, n. 1, p. 21-25, 2008.
- SILVA, C. A. da; TEODORO, R. E. F.; MELO, B. de. Produtividade e rendimento do cafeeiro submetido a lâminas de irrigação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 3, p. 387-394, mar. 2008.
- SILVA, E. A. da et al. Influência de déficits hídricos controlados na uniformização do florescimento e produção do cafeeiro em três diferentes condições edafoclimáticas do estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v. 68, n. 2, p. 493-501, 2009.
- SOARES, A. R. et al. Irrigação e fisiologia em cafeeiros adultos na região da zona da mata de Minas Gerais. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 27, n. 1, p. 117-125, 2005.