

RELAÇÕES HÍDRICAS DE CAFEIEIRO IRRIGADO SOB DIFERENTES LÂMINAS DE ÁGUA ELETROMAGNETIZADA

Eusímio Felisbino Fraga Jr¹, Mauro Santos de Rezende²,
André Luís Teixeira Fernandes³, Gleice Aparecida de Assis⁴,
Osvaldo Rettore Neto⁵ e Gilmar Jerônimo da Silva Junior⁶

RESUMO – O potencial de água na folha descreve o estado energético da planta, cujos gradientes explicam os fluxos de água no sistema solo–planta–atmosfera, logo é de grande importância para monitorar o estado hídrico e a dinâmica do estresse hídrico de culturas de interesse econômico como o cafeeiro. O objetivo do trabalho foi estudar o potencial de água na folha de cafeeiro irrigado quando submetido a diferentes lâminas de irrigação na região de Monte Carmelo, Minas Gerais. O experimento estudou quatro níveis representando as níveis de reposição da necessidade hídrica da cultura, sendo 125%, 100%, 75% e 50% da lâmina de estimada por balanço hídrico diário da cultura, instalados em quatro blocos casualizados. Cada parcela foi constituída por um conjunto de 18 plantas. Quinzenalmente foram colhidas antemanhã 32 folhas do experimento e analisadas, quanto ao seu potencial de água na folha pela Câmara de Scholander. O potencial de água na folha não demonstrou diferença significativa entre as lâminas no período de maiores precipitações. Em condições de baixa disponibilidade água no solo e elevada demanda atmosférica, plantas de café submetidas à lâminas deficitárias por um período prolongado impõe a cultura à condições de déficit hídrico elevado

PALAVRAS-CHAVE: déficit hídrico, scholander, irrigação deficitária

INTRODUÇÃO

O sucesso da agricultura nos tempos atuais está vinculado grande parte com a adoção da irrigação, principalmente nas regiões que sofrem com a escassez de água. Para obter-se resultados positivos com a irrigação na agricultura dependemos de um manejo adequado dos recursos naturais, junto com sua interação com a atmosfera que irá gerar condições potenciais de alta produtividade de uma cultura que esteja bem condicional quanto aos outros aspectos que cerca ela.

A expansão da cafeicultura brasileira em áreas marginais, como a Região do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, onde as chuvas são insuficientes ou mal distribuídas no decorrer do ano, tornou a irrigação uma prática necessária para a obtenção de elevada produtividade (KARASAWA et al., 2002).

A água tratada magneticamente afeta o fenômeno de troca iônica como decorrência da redistribuição de cargas espaciais nas micelas coloidais do solo e também das mudanças espaciais das cargas nas argilas (LOPES et al., 2007). A água é constituída de moléculas polares que respondem ao campo magnético externo via dipolo elétrico. Assim, no equilíbrio tem-se gravitando em redor de cada íon uma camada ou cluster de água de densidade diferente da água pura não magnetizada. Para grande maioria dos solos, quanto menor for o “diâmetro” do íon e maior a quantidade de carga presente no íon, na solução

¹ Docente do Curso de Agronomia, Universidade Federal de Uberlândia – *Campus* Monte Carmelo. Rodovia LMG 746, km 1, S/N, Bloco 1, Sala 1A302 Monte Carmelo-MG, CEP 38500-000 +55 (34) 3810-1025. E-mail: eusimiofraga@ufu.br

² Discente do Curso de Agronomia, UFU – *Campus* Monte Carmelo. E-mail: msrezende@msn.com

³ Pró-Reitoria de Pesquisa, Pós Graduação e Extensão/Universidade de Uberaba. Uberaba, MG. E-mail: andre.fernandes@uniube.br

⁴ Docente do Curso de Agronomia, Universidade Federal de Uberlândia – *Campus* Monte Carmelo. E-mail: gleice@ufu.br

⁵ Docente do Curso de Agronomia, Universidade Federal de Uberlândia – *Campus* Monte Carmelo. E-mail: osvaldo.rettore@ufu.br

⁶ Discente do Curso de Agronomia, FUCAMP. E-mail: gilmarjunior13@gmail.com

aquosa magnetizada, maior será o número de hidratação. A interação predominante nesse fenômeno é de natureza eletrostática (LOPES et al., 2007).

Não apenas no Brasil, mas em diversos países produtores de café, a seca é considerada o principal estresse ambiental capaz de afetar o desenvolvimento e a produção do cafeeiro. Entre os vários fatores limitantes da produção vegetal, o déficit hídrico ocupa posição de destaque, pois além de afetar as relações hídricas nas plantas, alterando-lhes o metabolismo, é fenômeno que ocorre em grande extensão das áreas cultiváveis (NOGUEIRA et al., 2001).

Além disso, a realização de DHC no cafeeiro pode gerar benefícios indiretos para a otimização de recursos, considerando que haverá uma redução da demanda hídrica por unidade de área, gerando um aumento da área potencial irrigada de uma propriedade, visto que o fator limitante é a menor vazão disponível, sendo a mesma observada em períodos secos. Atualmente está proposta é viável, devido a evolução de estudos hidrológicos possibilitando a determinar da vazão outorgável para uma propriedade rural ao longo do ano, sendo que em grandes propriedades são liberadas outorgas com oferta mensal variável de água para uso na agricultura irrigada. Também neste sentido, pode-se ter uma redução da demanda energética para acionamento de conjuntos-moto-bomba na propriedade, gerando uma maior eficiência da matriz energética nacional, já que no Brasil, a principal fonte de geração de energia são as hidroelétricas, que por sua vez, tem seu potencial reduzido na época seca.

Desse modo, a compreensão das relações entre a água e o cafeeiro através do déficit hídrico controlado e suas implicações ecofisiológicas em plantas, podem fornecer subsídios, para a tomada de decisões mais fundamentadas sobre o manejo sustentável da lavoura, de forma a ampliar os conhecimentos sobre os diferentes aspectos da produção e comportamento destas plantas em condições controladas, fomentando futuras práticas de irrigação.

Fundamentando-se na hipótese de que um déficit hídrico controlado, na forma de irrigação deficitária, pode não afetar o crescimento e aspectos fisiológicos do cafeeiro, estimulando o aprofundamento do sistema radicular e reduzindo o consumo hídrico da cultura e conseqüentemente o volume total de recursos hídricos, o presente trabalho terá por objetivo avaliar as respostas fisiológicas do cafeeiro irrigado, submetidas a diferentes lâmina de irrigação.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado entre janeiro e dezembro de 2017 na Fazenda Vitória II, localizada no município de Monte Carmelo (MG), latitude 18°44'59" Sul, longitude 47°24'35" Oeste, altitude de 890 m. O clima é classificado como Aw de acordo com a classificação de Köppen, com verão quente e chuvoso e estação de inverno fria e seca.

O cafeeiro estudado foi a cultivar Topázio MG 1190 com espaçamento 3,80 x 0,60 m, sendo a lavoura instalada em 2010. O solo utilizado para implantação da cultivar é ARGISSOLO VERMELHO que possui 45 a 65% de argila.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados (DBC), com 4 blocos instalados em parcelas subdivididas, totalizando 32 parcelas subdivididas no espaço experimental. A parcela foi composto por dois níveis (água normal e água magnetizada) e a subparcela teve quatro níveis representando as lâminas de irrigação a serem testadas, sendo 125%, 100%, 75% e 50% da lâmina de necessária para reposição do consumo hídrico do cafeeiro estimada por balanço hídrico diário da cultura. Cada parcela foi constituída por um conjunto de 18 plantas.

Os módulos de tratamento de água foram instalados na casa de bombas do sistema de irrigação do cafeeiro. O sistema de irrigação da área experimental é o gotejamento, com emissores autocompensantes com vazão de 2,2 L h⁻¹ espaçados a cada 0,6 m para a lâmina de 100%. Para as de 50%, 75% e 125%, foi utilizado o emissor autocompensante Naan Tif 2,0 L h⁻¹ espaçados de acordo com as lâminas, conforme a Tabela 1.

Tabela 1 - Espaçamentos, vazões e lâminas líquidas para as diferentes lâminas de água.

Lâmina de irrigação (%)	Espaçamento entre gotejadores (m)	Vazão do gotejador (L h ⁻¹)	Intensidade de aplicação (mm h ⁻¹)
125	0,44*	2,0*	1,21
100	0,60	2,2	0,96
75	0,70*	2,0*	0,72
50	1,10*	2,0*	0,48

* As vazões e os espaçamentos foram divididos em dois para haver sobreposição do bulbo formando a faixa de água

A estratégia de manejo da irrigação de balanço hídrico da cultura do cafeeiro foi adotada utilizando medidas do ambiente, coletadas por uma estação agrometeorológica automática, com objetivo de estimar a evapotranspiração da cultura (ETc). A evapotranspiração de referência (ETo) foi estimada pelo método padrão da FAO. O consumo de água da cultura é também chamado de evapotranspiração da cultura (ETc), porque envolve a soma da evaporação da água do solo e da transpiração das plantas. O kc é o coeficiente da cultura e auxilia na obtenção da evapotranspiração da cultura (ETc), calculado pelo produto com a ETo. Foi determinado o kc da cultura estudada pelo Quadro 3 de acordo com Santinato, Fernandes e Fernandes (2008).

Para avaliar o efeito dos tratamentos, foi monitorado o potencial hídrico foliar na antemãnhã pois segundo Silva (2003), de fato as variações de potencial da água na planta são melhores interpretadas quando realizadas antes do sol nascer, uma vez que, durante a noite, há uma tendência de equilíbrio entre as condições hídricas da planta e do solo quando a deficiência hídrica não é acentuada. Foram coletadas 2 folhas por parcela do terço superior da planta, sendo o terceiro par de folhas gerando ao final um total de 32 amostras.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e, quando o efeito de tratamentos for significativo, as médias serão comparadas pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$) pelo software ASSISTAT 7.7.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas Figuras 1, 2, 3 e 4 observa-se o balanço hídrico climatológico da cultura do cafeeiro para cada lâmina de irrigação do experimento. Os parâmetros avaliados foram a precipitação, capacidade de água disponível, capacidade real de água, armazenamento de água e irrigações que aconteceram durante todo o período experimental para cada lâmina testada. O armazenamento de água a ser considerado nos estudos de balanço hídrico depende da profundidade de exploração do sistema radicular no solo. Como a cultura do cafeeiro explora diferentes profundidades de solo em função de seu estágio de desenvolvimento, características fisiológicas e atributos do solo, a capacidade de água disponível (CAD) está sempre sujeita a uma variação contínua ao longo dos anos e das estações do ano (PEREIRA, 2005). O armazenamento de água no solo varia em razão da quantidade de água que infiltra e dos fatores que contribuem para que esta permaneça

armazenada ao alcance do sistema radicular, o que é influenciado pelas propriedades físicas, mecânicas e hídricas do solo e por fatores locais, como a porcentagem de cobertura da vegetação do solo. Isto evidencia a estreita relação das práticas de manejo com os fatores que determinam o armazenamento de água no solo (CASTRO, 2001).

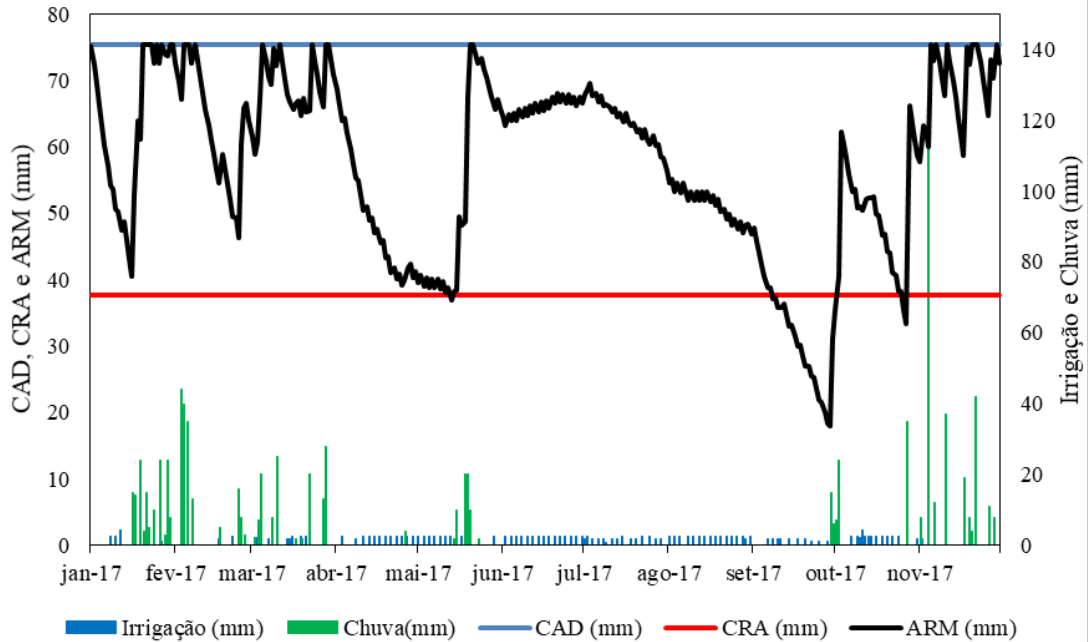


Figura 1. Extrato do balanço hídrico climatológico do cafeeiro para L100

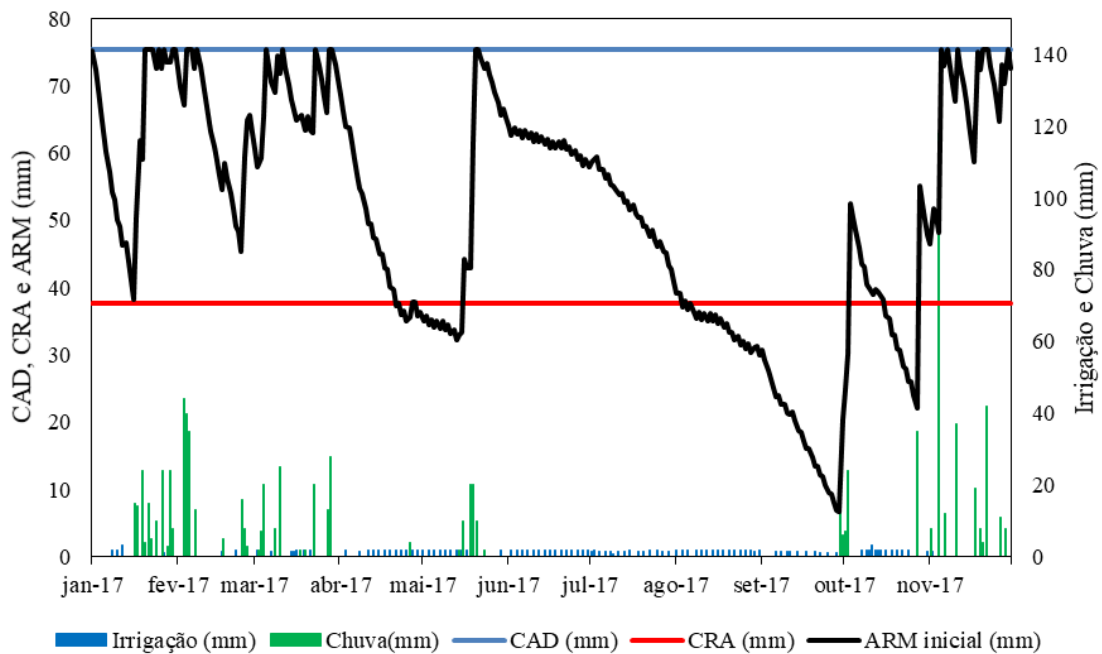


Figura 2. Extrato do balanço hídrico climatológico do cafeeiro para L75.

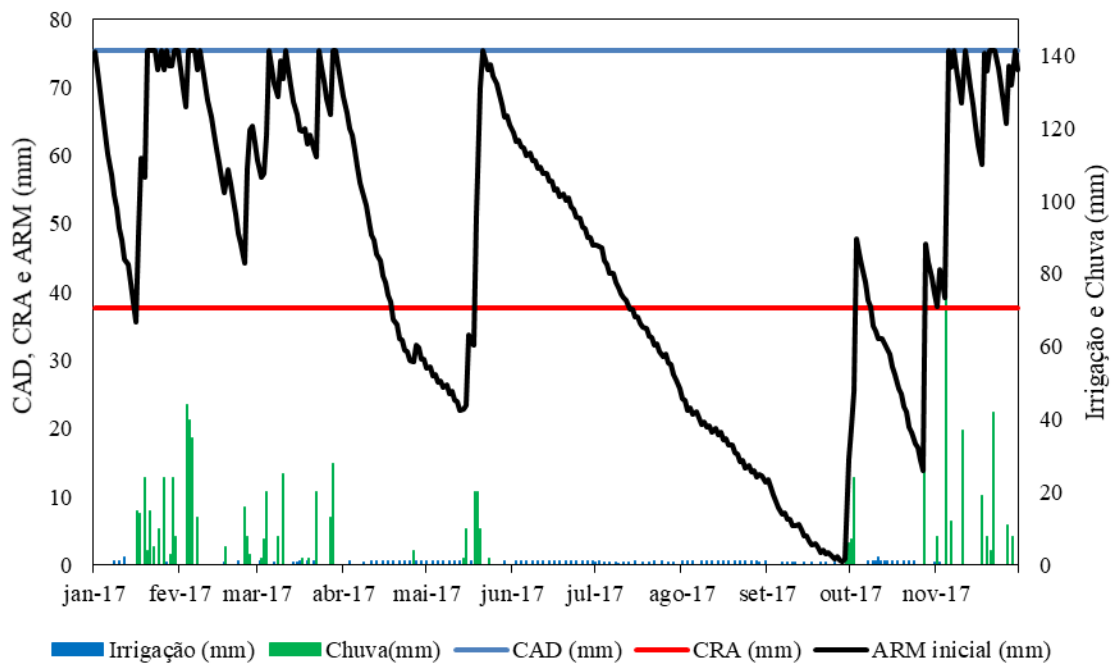


Figura 3. Extrato do balanço hídrico climatológico do cafeeiro para L50.

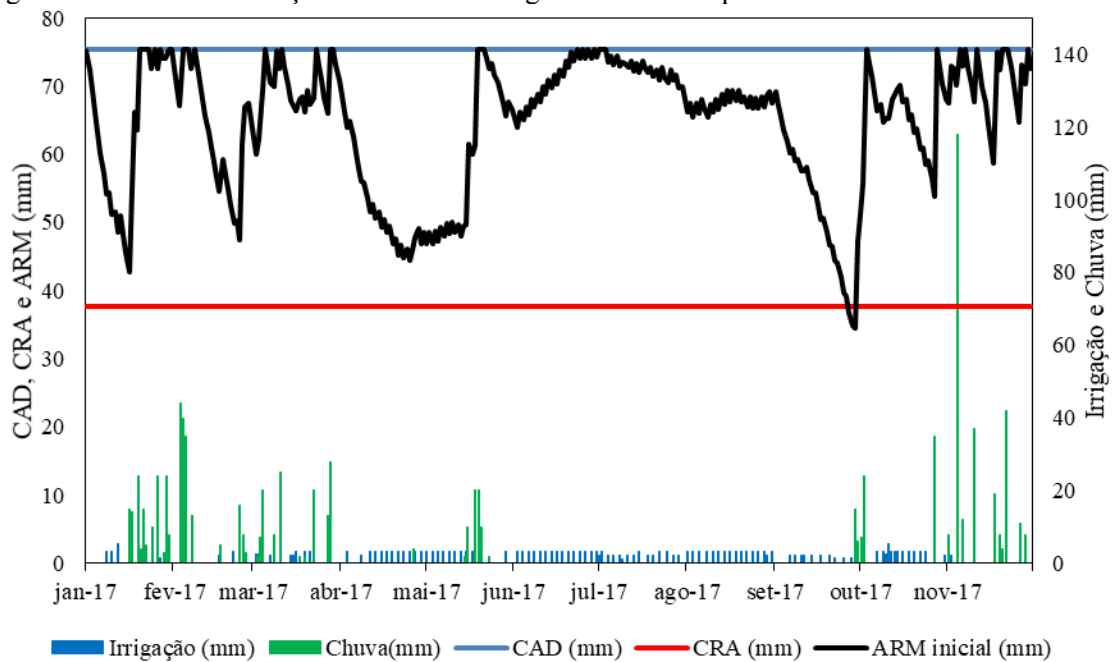


Figura 4. Extrato do balanço hídrico climatológico do cafeeiro para L125.

Pode-se visualizar o momento em que cada lâmina atingiu a capacidade máxima de armazenamento AD100% e também aquelas que atingiram valores inferiores do ideal adotado AD50% de armazenamento de água. De acordo com Doorenbos & Kassam (1994) quando se dispõe de sistema de irrigação, não se deve esperar até que as plantas mostrem sintomas externos da falta de água para se irrigar. Se isso acontecer, a produção já estará afetada. Assim deve-se iniciar a irrigação antes das plantas atingirem esse ponto. Na prática, esse ponto representa uma fração (percentual p) da CAD, denominada de Água Facilmente Disponível (AFD), ou seja, aquela que pode ser extraída do solo a partir do armazenamento máximo, sem que ocorra déficit hídrico na cultura. Para a cultura do café adota-se $p = 0,50$ de acordo com os autores Doorenbos & Kassam (1994), ou seja,

se valores de armazenamento acontecerem abaixo dessa fração pode gerar perdas na produção. Dentro desse contexto pode-se observar que a L125 foi a que proporcionou melhores condições para a cultura, pois ela apresentou uma maior frequência de armazenamento próximo à AD100% (umidade da capacidade de campo) e apenas um pico abaixo do valor ideal para a cultura de AD50% de acordo com a Figura 8.

A lâmina de L50 foi a que obteve piores resultados apresentando um maior tempo abaixo do valor ideal, impondo uma condição de déficit hídrico à cultura do cafeeiro. Segundo Silva et al. (2003), os benefícios da irrigação para uma cultura só podem ser alcançados em toda a sua plenitude quando o sistema de irrigação for utilizado com critérios de manejo que resultem em aplicações de água em quantidades compatíveis com as necessidades de consumo da cultura. Ressalta-se que qualquer estratégia de manejo de irrigação deve ser alicerçada nas curvas de consumo de água das culturas e que, para determinação do momento exato para efetuar a irrigação, torna-se necessário racionalizar o manejo de água na agricultura irrigada.

A irrigação para o cafeeiro é de grande importância na região do cerrado, pois as precipitações são bem concentradas deixando grandes períodos de seca, logo sendo prejudicial para a cultura. Podemos ver em diversos trabalhos que ao se utilizar lâminas de irrigação esses efeitos negativos dessa seca prolongada são minimizados e promovem resultados positivos para cultura. Gervásio (1998) e Karasawa (2001), que ao aplicar lâminas de 0 a 100% e de 0 a 120% da ECA, respectivamente, obtiveram, em Lavras, melhor desenvolvimento vegetativo e resposta linear crescente da produtividade à lâmina de irrigação. Em Lavras, a produtividade do cafeeiro 'Topázio MG-1190', aos 28 meses de idade, foi intensamente influenciada pela irrigação. O tratamento irrigado o ano todo, com reposição de 120% da ECA, produziu quase 15 vezes mais que a testemunha (KARASAWA, 2001).

Na Figura 5 apresenta-se o potencial de água na folha nos meses em que o experimento foi avaliado para o tratamento de água eletromagnetizada e controle. De acordo com a literatura, plantas de cafeeiro apresentam sintomas de estresse hídrico quando tem valores de potencial de água na folha a partir de -1 MPa, conforme (2005).

Na época de maturação e abotoamento que coincide com abril até junho pode-se observar que houve decréscimo nas precipitações de acordo com balanço hídrico climatológico, quando comparado com o período de granação, logo houve uma maior demanda de irrigação. Nesse período ocorreu uma grande queda na água disponível no solo, porém ao observar-se os valores do potencial de água na folha não encontramos déficit hídrico. Entre os tratamentos a água magnetizada obteve menores valores nos meses de abril e junho, mostrando um maior poder de hidratação quando em situações de menor disponibilidade de água

Nos meses de julho até setembro o cafeeiro inicia na fase de dormência que é caracterizada pela autópoda do cafeeiro, em que muitos ramos produtivos terciários e quaternários secam e morrem, limitando o crescimento vegetativo. No final desse período em setembro inicia-se a fase de pré-florada, onde os produtores reduzem as horas de irrigação para que o café sofra um estresse hídrico induzido, tendo em vista uma melhor floração e maior uniformidade dos tipos de frutos. Nesse período de acordo com balanço hídrico climatológico foi quando houve os menores valores de água disponível no solo podendo ser explicada pela indução ao estresse hídrico. 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. Nesse período houve o maior intervalo sem chuvas caracterizando a região com chuvas concentradas e longa escassez hídrica.

Os valores de potencial de água na folha tiveram dois momentos críticos nesse período que foram em agosto, setembro (2) e setembro (3) onde observa-se valores abaixo de -1 MPa o que caracteriza déficit hídrico. Pode-se notar que nos períodos críticos de setembro, o tratamento com água magnetizada proporcionou os maiores valores indicando aumento da eficiência no uso da água pela cultura em condição de estresse hídrico. Castanheira et al. (2009) observou que o potencial hídrico foliar (Ψ_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.

No mês de outubro que coincide com a fase de expansão, o café não pode sofrer com déficit hídrico para não influenciar na formação do fruto. Pode-se observar no balanço hídrico climatológico das diferentes lâminas que houve um aumento da água disponível do solo, que pode ser explicada pelo retorno das precipitações auxiliando o cafeeiro nessa fase que necessita de água. Os valores de potencial de água na folha indicam que o café não está em déficit hídrico, podendo explicar a não existência de diferença entre os tratamentos estudados.

Segundo Camargo (1985) a fase que vai de setembro a dezembro, inicia-se com a “florada”, depois de um aumento do potencial hídrico nas gemas florais maduras (choque hídrico), e vai até a “expansão dos frutos”. Uma florada principal acontece quando se verifica um período de restrição hídrica seguido de chuva, irrigação ou mesmo de um acentuado aumento da umidade relativa do ar. Um estresse hídrico nesse período pode gerar problemas no enchimento de grãos gerando uma possível baixa peneira no futuro.

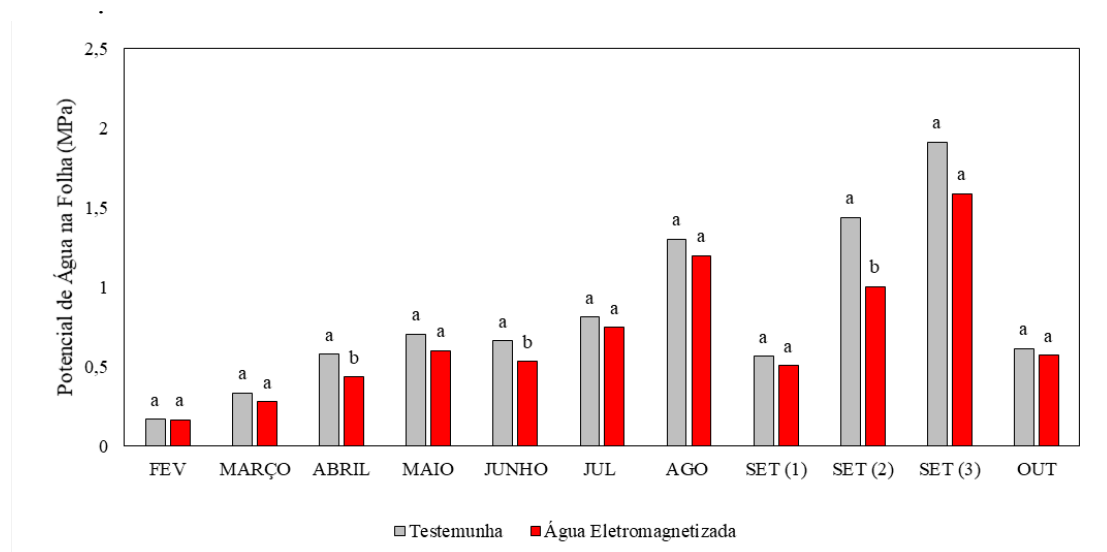


Figura 9 – Potencial de água na folha nos diferentes tratamentos de água magnetizada e não magnetizada.

* Médias com a mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Scott-Knott à 5% de probabilidade

Na Figura 6 são apresentados os resultados de potencial de água na folha para as lâminas de irrigação estudadas. Observa-se que na fase de granação, que coincidem com fevereiro até março houve maiores precipitações e menor necessidade de irrigação. A água disponível estava em condições satisfatórias para a planta que de acordo com os valores de potencial de água na folha não apresentavam estresse hídrico. Para os valores entre as

lâminas houveram diferenças podendo ser explicado pela falta de necessidade de água de irrigação nesse período.

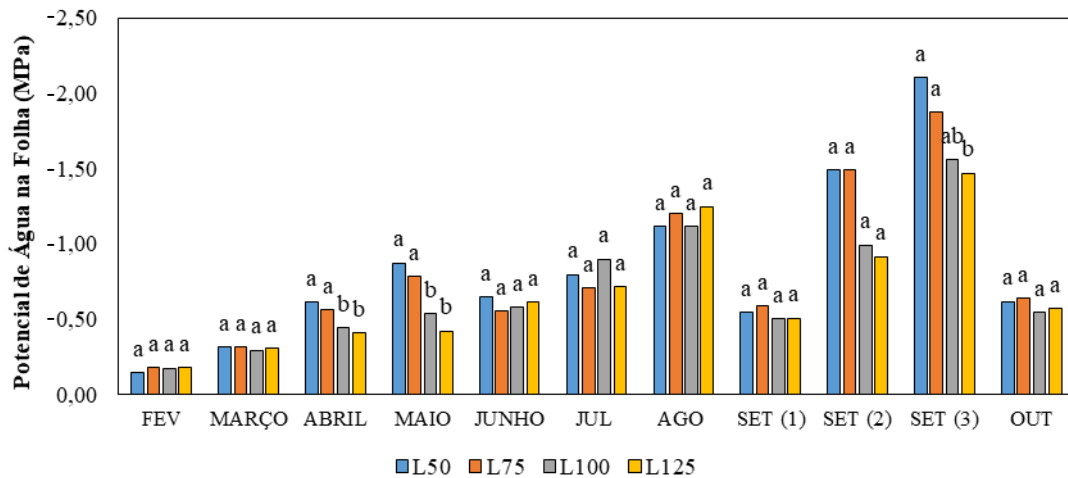


Figura 5. Potencial de água na folha em diferentes lâminas de irrigação.

* Médias com a mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Scott-Knott à 5% de probabilidade

Nos meses de abril até junho, que integra as fases de maturação e abotoamento da cultura, houve decréscimo nas precipitações gerando menores valores de água disponível no solo, logo tendo necessidade de se efetuar maiores irrigações. Nesse período não houve estresse hídrico no cafeeiro, pois não apresentaram valores maiores que -1 MPa. Com a maior necessidade de irrigação, as lâminas de 100% e 125% apresentaram menores valores de potencial de água na folha nos meses de Abril e Maio, sendo que em Junho não houve diferença significativa entre as lâminas podendo ser justificada pelo retorno do armazenamento de água no solo aos seus valores ideais.

Nos meses de Julho à Setembro no período de dormência pode-se notar a maior escassez de precipitações no balanço hídrico climatológico e também os menores valores de água disponível na planta necessitando de maiores irrigações, tendo como consequência valores de potencial da água críticos em agosto e setembro. Esses valores em setembro podem ser explicados pela pré-florada, onde se utiliza do estresse hídrico para induzir uma florada mais uniforme e há escassez hídrica na propriedade. Pode-se observar em setembro (3) menores valores de potencial de água na folha para as lâminas de 100% e 125%, já nos demais meses não houve diferença significativa.

No período de expansão que coincidem com outubro houve o retorno das precipitações o que fez com que aumentasse a água disponível no solo e diminuísse a necessidade de irrigação. Nesse período os valores de potencial de água na folha estavam em níveis que não indicam estresse hídrico, pois há água disponível para o café. Entre as lâminas de irrigação observa-se que não houve diferença significativa podendo ser explicada pela menor necessidade de água nesse período.

CONCLUSÃO

Para as condições do estudo, pode-se concluir:

- Durante o período do experimento de maiores precipitações não houve diferença significativa entre as lâminas estudadas, sendo ser possível a ser adotado de lâminas deficitárias em cafeeiro.

- Em condições de baixa disponibilidade água no solo e elevada demanda atmosférica, plantas de café submetidas à lâminas deficitárias por um período prolongado impõe a cultura à condições de déficit hídrico elevado.

AGRADECIMENTOS

À AraunahTech, Monguilod Agrícola e NaanDanJain pelo apoio na condução do projeto.

REFERÊNCIAS

CAMARGO, A.P. de. Florescimento e frutificação de café arábica nas diferentes regiões cafeeiras do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.20, p.831-839, 1985.

CASTANHEIRA, D. T. et al. Floração e potencial hídrico foliar de cafeeiros sob regimes hídricos e densidades de plantio. **Coffee science**, Lavras, v. 4, p. 126-135, 2009.

CASTRO, M. M. T. **Morfología de superficies cultivadas. Em relación com la infiltración, La formación del excedente de agua y La erosión.** La Coruña: UDC, 2001. 541p. Tesis Doctoral

GERVÁSIO, E.S. **Efeito de diferentes lâminas de água no desenvolvimento do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) na fase inicial de formação da lavoura.** 1998. 58p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

KARASAWA, S.; FARIA, M.A. de; GUIMARÃES, R.J. Resposta do cafeeiro cv. Topázio MG-1190 submetido a diferentes épocas de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.6, p.28-34, 2002.

LOPES, G. N. ET AL. Irrigação magnética. **Agro@ambiente**, v. 1, p. 1-08, 2007.

NOGUEIRA, R. J. M. C.; MORAES, J. A. P. V.; BURITY, H. A. Alterações na resistência à difusão de vapor das folhas e relações hídricas em aceroleira submetidas a déficit de água. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Londrina, v. 13, n. 1, p. 75-87, 2001.

PEREIRA, A. R. Simplificando o balanço hídrico de Thornthwaite Mather. **Bragantia**, v.64, p.311-313, 2005.

SANTINATO, R.; FERNANDES, A. L. T.; FERNANDES, D. R.. **Irrigação na cultura do café.** 2. ed. Uberaba: O Lutador, 2008. 476 p.

SILVA, Antonio C. 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, 30 ago. 2005.