

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

PEDRO OTÁVIO HONORATO DA CRUZ

PRODUTIVIDADE E EFICIÊNCIA NO USO DA ÁGUA EM CAFEIRO IRRIGADO  
SOB ESTRATÉGIAS DE MANEJO DE IRRIGAÇÃO

Monte Carmelo  
2019

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

PEDRO OTÁVIO HONORATO DA CRUZ

PRODUTIVIDADE E EFICIÊNCIA NO USO DA ÁGUA EM CAFEIEIRO IRRIGADO  
SOB ESTRATÉGIAS DE MANEJO DE IRRIGAÇÃO

Trabalho de Conclusão apresentado ao curso de Agronomia da Universidade Federal de Uberlândia, *Campus* Monte Carmelo, como requisito necessário para a obtenção do grau de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Eusímio Felisbino Fraga Júnior

Monte Carmelo  
2019

PEDRO OTÁVIO HONORATO DA CRUZ

PRODUTIVIDADE E EFICIÊNCIA NO USO DA ÁGUA EM CAFEEIRO IRRIGADO  
SOB ESTRATÉGIAS DE MANEJO DE IRRIGAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso do décimo período, apresentado ao curso de Agronomia, *Campus* Monte Carmelo, da Universidade Federal de Uberlândia, como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de Engenheiro Agrônomo.

Monte Carmelo, 27 de junho de 2019.

Banca Examinadora

---

Prof. Dr. Eusímio Felisbino Fraga Júnior  
Orientador

---

Prof<sup>a</sup> Dra. Gleice Aparecida de Assis  
Membro da Banca

---

Me. Jefferson Vasconcelos Oliveira de Lima  
Membro da Banca

Monte Carmelo  
2019

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço aquele que acreditou em mim e que me sustentou durante toda a caminhada: Deus, obrigado por cuidar de mim.

Aos meus pais Elza Galdino da Cruz Vilela e Leonardo Honorato Vilela, pela educação, apoio e incentivo, durante toda minha trajetória até os dias de hoje. Todo agradecimento e gratidão é pouco diante do sacrifício que já fizeram por mim, para que um dia eu chegasse onde estou.

Ao meu irmão, João Pedro Honorato da Cruz, por todo carinho, amor e apoio nesses últimos anos, agradeço a Deus todos os dias pela sua vida.

Aos meus familiares que estiveram ao lado, e que me acompanhou, incentivou e torceu por mim.

A Universidade Federal de Uberlândia, *Campus* Monte Carmelo, pela oportunidade e contribuição para a minha formação profissional e pessoal, e a todo corpo docente que contribuíram para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

A meu orientador Prof. Dr. Eusímio Felisbino Fraga Júnior pela orientação, paciência, ensinamentos e companheirismo, pelo exemplo de profissional e ser humano, sou muito grato pela oportunidade e por todo convívio durante a graduação, que Deus abençoe abundantemente sua vida.

Ao proprietário Luís Augusto Monguilod, funcionários da fazenda e a empresa Supplant por fornecer informações e dados para meu trabalho.

A todos os membros do Centro de Inteligência em Cultivos Irrigados – *Campus* Monte Carmelo que auxiliaram na condução da área experimental.

Aos membros da banca por terem aceitado o convite e contribuir com a melhoria do trabalho.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização do trabalho, meu muito obrigado e gratidão.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	7
2.OBJETIVOS.....	8
3. REVISÃO DE LITERATURA .....	8
3.1.Classificação e fenologia do cafeeiro .....	8
3.2.Importância da irrigação do café .....	9
3.3.Manejo dairrigação .....	10
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	13
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	19
6.CONCLUSÕES.....	33
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	34

## RESUMO

O crescimento da cafeicultura irrigada no Brasil proporciona aumento da demanda por recursos hídricos, que são cada vez mais escassos e preciosos em todos os ambientes. Diante disso, surge a necessidade de métodos de manejo da irrigação que minimizem os desperdícios de água e potencializem a produtividade do cafeeiro. Com isso, objetivou-se avaliar a eficiência do uso da água de irrigação na produtividade do cafeeiro, com a utilização de métodos de manejo da irrigação. O estudo foi conduzido na Fazenda Vitória II, localizada no município de Monte Carmelo (MG), com café Topázio MG 1190, utilizando delineamento em blocos casualizados com dois tratamentos: manejo Solo-Planta-Atmosfera e manejo Climático, divididos em 12 blocos, totalizando 24 parcelas experimentais. O primeiro tratamento utilizou informações de sensores que monitoram micro-variações no diâmetro do caule das plantas (dendrômetros), sensores de umidade do solo e uma estação meteorológica, localizada na fazenda. Esses sensores possuem comunicação via antenas de rádio com um painel de gerenciamento da irrigação, localizado na casa de bombas, de onde os dados são enviados para uma nuvem que faz a interpretação dos dados e a recomendação da irrigação em tempo real. O segundo tratamento utiliza a ferramenta de balanço hídrico climatológico, baseada na equação de Penman-Monteith. As variáveis estudadas foram a eficiência no uso da água para a produtividade, maturação, classificação de tamanho e defeitos presentes nos frutos. Os resultados do trabalho demonstraram que o Manejo Climático produziu 97,7 sc ben ha<sup>-1</sup>, enquanto o Manejo Solo-Planta-Atmosfera obteve 93,2 sc ben ha<sup>-1</sup>. Avaliando eficiência no uso da água foi possível observar que o Manejo Climático apresentou 44% mais eficiência em comparação com o Manejo Solo-Planta-Atmosfera. A irrigação não demonstrou influência na qualidade dos frutos para os tratamentos estudados na primeira safra avaliada.

**Palavras-Chave:** café, produção, recursos hídricos.

## ABSTRACT

The growth of irrigated coffee in Brazil provides an increase in the demand for water resources, which are increasingly scarce and precious in all environments. In view of this, the need arises for irrigation management methods that minimize water waste and potentiate coffee productivity. The aim of this study was to evaluate the efficiency of irrigation water use in coffee productivity, using irrigation management methods. The study was conducted at Fazenda Vitória II, located in the municipality of Monte Carmelo (MG), with Topázio MG 1190 coffee, using a randomized block design with two treatments: soil-plant-atmosphere management and climate management, divided into 12 blocks, totaling 24 experimental plots. The first treatment used information from sensors that monitor micro-variations in stem diameter of plants (dendrometers), soil moisture sensors and a meteorological station, located on the farm. These sensors have communication via radio antennas with an irrigation management panel, located in the pump house, from where the data was sent to a cloud that interprets the data and recommends the irrigation in real time. The second treatment uses the climatological water balance tool, based on the Penman-Monteith equation. The studied variables were the efficiency in water use for yield, maturation, size classification and defects present in fruits. The results of the work showed that Climate Management produced 97.7 sc ha<sup>-1</sup>, while Soil-Plant-Atmosphere Management obtained 93.2 sc ha<sup>-1</sup>. Evaluating efficiency in the use of water, it was possible to observe that Climate Management presented 44% more efficiency compared to the Soil-Plant-Atmosphere Management. Irrigation did not show influence on fruit quality for the treatments studied in the first crop evaluated.

Keywords: coffee, production, water resources.

## 1. INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor mundial de café com mais de 61 milhões de sacas na safra de 2018, sendo que o estado de Minas Gerais contribui com cerca de 32,97 milhões de sacas. Na safra 2017/2018 dos 2,207 milhões de hectares destinados a produção de café no país, o *Coffea arabica* é responsável por 77,39% da área produzida, enquanto que o área de *Coffea canephora* corresponde a 22,61% da área total (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO, 2018)

O estado de Minas Gerais figura como o maior produtor nacional, com destaque para o cerrado mineiro, mais precisamente as regiões do Alto Paranaíba, do Triângulo Mineiro e Noroeste do estado que em anos de bienalidade positiva possuem médias bem superiores à média nacional (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO, 2018). Esses níveis de produção estão associados com a cafeicultura moderna praticada nessas regiões, com utilização de irrigação, mecanização e adubação que são práticas que refletem na boa qualidade da bebida produzida (FERNANDES et al., 2012).

O desenvolvimento do cafeeiro é influenciado pela variação no fotoperíodo, latitude e altitude. Esses fatores influenciam na distribuição de chuvas e temperatura do ar que relacionam-se com os níveis de produtividade. O regime de chuvas no Cerrado oferece riscos de perda de safra por déficit hídrico. Com isso, muitos produtores tem optado por instalar sistemas de irrigação (FERNANDES, et al., 2012).

Bonomo et al. (2008) avaliaram a potencial produtivo de cinco cultivares de cafeeiro arábica (Catuaí IAC 44, Acaia Cerrado MG 1474, Rubi MG 1192, Topázio MG 1190, Oeiras MG 6851 e Katipó), no sudoeste de Goiás, entre 2003 e 2006. No trabalho foi realizado a comparação entre a produtividade de tratamentos não irrigados e irrigados por gotejamento e aspersão. Em todas as situações avaliadas os tratamentos irrigados foram mais produtivos em todas as safras avaliadas, com destaque para irrigação por gotejamento que apresentou média geral de produtividade de 41,67 sc ben. ha<sup>-1</sup>.

A utilização da irrigação possibilita floradas mais uniformes, pois a suspensão da irrigação por 70 dias no período que antecede a floração estimula maior porcentagem de frutos cereja (MERA et al., 2010).

A irrigação, possibilitou manejar a aplicação de água durante a estação seca e períodos de estiagem. No entanto, o aumento da escassez de água doce no mundo associado a expansão da cafeicultura irrigada exige um manejo racional da água de irrigação (SOUZA, 2011).

O manejo racional da irrigação tem buscado novas técnicas para constatar déficit hídrico

nas plantas. Segundo Serra et al. (2012), os critérios utilizados para o manejo devem priorizar a economia de água sem interferir na produtividade e aspectos qualitativos do café. Incrementos na lâmina de irrigação depois de certo limite proporcionam aumentos pouco significativos de produtividade, que não refletem em compensação financeira ao produtor.

Neste sentido, o status hídrico da planta está diretamente relacionado as condições climáticas, do solo e também com a produtividade da cultura, sendo que os métodos mais promissores são fundamentados em medidas realizadas nas plantas (REMORINI; MASSAI, 2003).

A irrigação tem o propósito de suprir a demanda das plantas em períodos críticos, sendo necessário a aplicação em quantidades corretas. Dessa forma, o fornecimento de água em quantidade insuficiente para a planta pode prejudicar seu desenvolvimento e em excesso, resulta em desperdícios de água, energia e nutrientes. Diante disso, a adoção de uma estratégia de manejo eficiente é essencial para tornar a cafeicultura mais sustentável do ponto de vista econômico e ambiental.

## **2.OBJETIVOS**

Objetivou-se com este estudo avaliar a eficiência do uso da água de irrigação na produtividade do cafeeiro, utilizando duas estratégias de manejo da irrigação.

## **3. REVISÃO DE LITERATURA**

### **3.1.Classificação e fenologia do cafeeiro**

O café pertence à família *Rubiaceae* e do gênero *Coffea*, com cerca de 100 espécies conhecidas, das quais apenas duas têm importância econômica no mundo. A espécie *Coffea arabica* L. é originária da Etiópia, Quênia e Sudão. Enquanto que a *Coffea canephora* Pierre é originária de regiões tropicais e subtropicais da África (GASPARI-PEZZOPANE et al., 2004). O café arábica tem sabor e aroma apreciados pelos consumidores e o canephora é utilizado na fabricação de café solúvel, possuindo boa aceitação no mercado norte-americano e europeu (STURM et al., 2010).

O cafeeiro tem porte arbóreo ou arbustivo, com caule lenhoso e lignificado de porte ereto

e formato cilíndrico. O cafeeiro apresenta dimorfismo em relação ao seu crescimento, sendo que os ramos que crescem verticalmente são ortotrópicos, esses formam hastes ou troncos. Enquanto os ramos laterais, produtivos originam-se dessas hastes e são considerados plagiotrópicos. Nos ramos laterais e nas axilas das folhas originam-se as gemas florais podem frutificar. Suas folhas são opostas, limbo inteiro, com aspecto coriáceo, coloração verde escura, nota-se que as folhas do cafeeiro arábica são mais escuras que o cafeeiro robusta (MATIELLO et al., 2010).

O ciclo fonológico do cafeeiro compreende as fases vegetativas e reprodutivas que tem duração de dois anos (Figura 1). No primeiro ano ocorre a vegetação e formação das gemas florais, entre os meses de setembro a março. A indução e maturação das gemas florais começa em abril estendendo-se até agosto. No segundo ano inicia o período reprodutivo, começando em setembro com a fase de florada, chumbinho e expansão dos frutos que estende-se até o mês de dezembro. Entre janeiro e março é o período de granação dos frutos e por fim a fase de maturação dos frutos, entre abril e junho (CAMARGO; CAMARGO, 2001).

Figura 1 - Vegetação e frutificação do cafeeiro arábica.

#### Ano 1

Período vegetativo											
Set.	Out.	Nov.	Dez.	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai	Jun.	Jul.	Ago.
Vegetação e formação das gemas florais						Indução e maturação das gemas florais					
											Repouso

#### Ano 2

Período reprodutivo											
Set.	Out.	Nov.	Dez.	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai	Jun.	Jul.	Ago.
Florada, chumbinho e expansão dos frutos				Granação dos frutos			Maturação dos frutos			Repouso, senescência dos ramos 3° e 4°	
Período reprodutivo (novo período vegetativo)										Autopoda	

Fonte: Camargo; Camargo (2001).

### 3.2.Importância da irrigação do café

É evidente que a irrigação do cafeeiro provoca o aumento da produtividade (LIMA et al. 2008; BONOMO et al., 2008; SILVA et al., 2008). Segundo Santinato et al. (2008), grande parte dos experimentos com irrigação de café arábica tem mostrado ganhos de 20 a 30 sacas de café

por hectare, independente do sistema irrigação utilizado e dependente da região do estudo.

A prática de fornecer água as plantas necessita de um investimento inicial elevado, porém a produção irrigada eleva o retorno econômico, pois reduz o custo médio da produção por saca (PERDONÁ et al., 2012).

Nos últimos anos os cafeicultores têm demonstrado grande preocupação com a qualidade do produto final, pois é determinante para seu preço (LIMA et al., 2008). Nesse contexto, a irrigação é um fator que contribui para elevar a qualidade do café (ROTONDANO, 2004).

De acordo com a Instrução Normativa nº 8 (BRASIL, 2003), o café é classificado pelo o tamanho e forma do grão, por meio da avaliação de peneiras. Essa características dos frutos está relacionada ao status hídrico da planta na fase de expansão dos frutos (REZENDE et al., 2006).

O déficit hídrico entre os meses de outubro a dezembro, nas condições da região centro-sul, provoca atraso no enchimento dos frutos, resultando em peneira baixa e redução da produtividade. Segundo Soares et al.(2005), a utilização da irrigação foi imprescindível para o cultivo em regiões que antes eram consideradas impróprias, por causa do déficit hídrico.

Apesar da irrigação aumentar consideravelmente os níveis elevados de produtividade podem intensificar o efeito da bienalidade. Esse fato pode ser explicado justamente pelos elevados níveis de produção proporcionados pela irrigação, causando esgotamento das plantas na próxima safra (SCALCO et al. 2011). Outro fato que cabe ressaltar é a influência da irrigação na desuniformidade de maturação dos frutos, pois o fornecimento de água é um estímulo para a formação de novas flores que formam frutos em diferentes estádios de desenvolvimento (MARTINEZ et al. 2007)

### **3.3. Manejo da irrigação**

Os ganhos em produtividade e qualidade de café propiciados pela utilização da irrigação têm estimulado a modernização dos sistemas de irrigação por meio de parâmetros confiáveis para contribuir no manejo da água na agricultura.

Segundo Costa e Coelho (2001), a quantidade e frequência das irrigações devem ser determinadas por meio de pesquisas e não podem ser baseadas em práticas de manejo bem sucedidas em outras condições edafoclimáticas. Uma boa estratégia de irrigação deve aplicar a lâmina de irrigação, baseada em informações do solo, planta, clima e o sistema de irrigação para definir o momento e quantidade ideal das irrigações, maximizando a produção e qualidade do

produto (SOUZA, 2016).

De acordo com Rojas (2003), por meio da evapotranspiração máxima da cultura é possível determinar a frequência das irrigações, enquanto que a quantidade das irrigações depende do volume de água retida no solo próximo ao sistema radicular da planta e rapidez com que a planta absorve a água.

A ferramenta de balanço hídrico climatológico de cultivos é utilizada para estimar o status hídrico do solo. Para isso, determina-se a precipitação diante da evapotranspiração potencial, levando em consideração a capacidade de armazenamento de água, próximo ao sistema radicular das plantas.

A utilização do balanço hídrico climatológico depende da estimativa da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) que pode ser estimada pela equação de Penman-Monteith (ALLEN et al., 1998). Esse é o método dado como padrão pela Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (Food and Agriculture Organization of the United Nations – FAO).

A evapotranspiração da cultura (ET<sub>c</sub>) é outro parâmetro necessário para calcular o balanço hídrico climatológico, que pode ser calculada através da multiplicação entre o coeficiente da cultura (K<sub>c</sub>), de acordo com a Quadro 1, e a evapotranspiração de referência. Outro método utilizado para mensurar a ET<sub>c</sub> é pela soma da transpiração das plantas com a evaporação de água no solo (CARVALHO et al., 2011)

Quadro 1 - Tabela utilizada para estimativa do coeficiente da cultura do café.

Idade	Espaçamento entre ruas e entre plantas (m)	Kc
1. Adulta > 3anos	A) > 3,9 x > 1,0 - 2.500 plantas ha <sup>-1</sup>	1,0
	B) > 3,0 x 0,5 a 1,0 - 3.333 plantas ha <sup>-1</sup>	1,1
	C) 2,9 a 3,0 x 0,5 a 1,0 - 6.666 plantas há <sup>-1</sup>	1,2
	D) 1,0 a 2,0 x 0,5 a 1,0 - 13.333 plantas há <sup>-1</sup>	1,3
2. Nova 1 a 3 anos	A) > 3,0 x > 1,0 - 2.500 plantas ha <sup>-1</sup>	0,8
	B) >3,0 x 0,5 a 1,0 - 3.333 plantas ha <sup>-1</sup>	0,9
	C) 2,0 a 3,0 x 0,5 a 1,0 - 6.666 plantas ha <sup>-1</sup>	1,0
	D) 1,0 a 2,0 x 0,5 a 1,0 - 13.333 plantas ha <sup>-1</sup>	1,1
3. Nova até 1 ano	A) > 3,0 x > 1,0 - 2.500 plantas ha <sup>-1</sup>	0,6
	B) >3,0 x 0,5 a 1,0 - 3.333 plantas ha <sup>-1</sup>	0,7
	C) 2,0 a 3,0 x 0,5 a 1,0 - 6.666 plantas ha <sup>-1</sup>	0,8
	D) 1,0 a 2,0 x 0,5 a 1,0 - 13.333 plantas ha <sup>-1</sup>	0,9

Fonte: Santinato et al., 1996.

Com a modernização da cafeicultura irrigada tem crescido a utilização de sensores que possibilitam monitorar o status hídrico da planta e do solo. A utilização de tais sensores possibilita a automatização de sistemas de irrigação, aumentando a eficiência do sistema e reduzindo custos com mão-de-obra. Segundo Ortuño et al. (2006), tem crescido o interesse pela utilização de sensores que monitoram variações no diâmetro do caule, também conhecidos como dendrômetros, pois eles possibilitam o fornecimento de informações automatizadas e em tempo real sobre o estado hídrico da planta. Intrigliolo et al.(2004), afirma que o uso de dendrômetros para monitorar a condição hídrica da planta possibilita a redução de viagens a campo e redução da mão de obra.

A contração no diâmetro do caule é consequência da perda de água por transpiração, quando os estômatos estão abertos provocando perda de turgescência das células. Através dessas variações é possível estimar uma situação de déficit hídrico nas plantas (HERNANDO et al., 2009).

A avaliação do estado hídrico da planta está diretamente relacionada as condições climáticas e do solo, inclusive com a produtividade, mostrando-se uma técnica relevante para o manejo da irrigação (GOLDHAMER et al., 1998; OUTUÑO et al., 2006)

A umidade do solo é um parâmetro confiável para estabelecer uma boa estratégia de manejo da irrigação. A utilização de sensores que determinam essa umidade de forma indireta tem crescido nos últimos anos, pois fornece dados precisos e baixo risco para o operador (MIRANDA et al., 2007). O método estima a umidade do solo baseado nas propriedades dielétricas do solo, ou seja, baseia-se na capacidade de um material não condutor em transmitir ondas eletromagnéticas de alta frequência. Tais sensores são comuns em sistemas de irrigação automatizados, pois possibilitam a leitura da umidade do solo em tempo real (SANTOS, 2005).

Segundo Corrêa e Gomes (2017), os sensores de umidade do solo podem ser utilizados em conjunto com *Data Loggers* oferecendo informações da umidade do solo em intervalos ajustados pelo usuário, facilitando o monitoramento da umidade do solo. Nesse contexto cabe destacar a tecnologia IoT ou “Internet das Coisas”, que consiste na interação entre sensores de campo e controlares, através da internet. Essa tecnologia possibilita facilitar a gestão da irrigação, tornando-a automatizada (LEITE et al., 2014).

A utilização da tecnologia IoT atrelada com dados de umidade do solo, devidamente calibrados, facilita a recomendação da irrigação, evitando desperdício de água, contribuindo para aumentar a produção e reduzir impactos ambientais (SANTOS et al., 2017)

#### **4. MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi conduzido na Fazenda Vitória II, no município de Monte Carmelo, localizada nas coordenadas de 18°44'45,7'' de latitude ao sul e 47°35'19,1'' de longitude oeste e altitude média de 880 metros. O clima é classificado como Aw de acordo com a classificação climática de Koppen-Geiger, com verão quente e úmido, inverno frio e seco. Segundo CLIMATE-DATA (2018) a precipitação média anual é da ordem de 1.444 mm e temperatura média anual de 21,2°C. O solo da área experimental é classificado como LATOSSOLO VERMELHO.

O plantio dos cafeeiros da variedade Topázio MG 1190 foi realizado em 2010, com espaçamento de 3,80 entre linhas e 0,60 m entre plantas. O sistema de irrigação utilizado na lavoura é por gotejamento, utilizando tubosgotejadores da marca NAANDANJAIN modelo NAAN PC com vazão de 2,3 L h<sup>-1</sup>, espaçados a cada 0,50 m.

O delineamento experimental utilizado foi em DBC, com 2 tratamentos: manejo combinado Solo-Planta-Clima (MSPA) e manejo Climático (MC), divididos em 12 blocos, com parcela útil de 7 plantas, totalizando 24 parcelas experimentais.

A estratégia de Manejo Climático foi feita utilizando a ferramenta de balanço hídrico climatológico (Figura 1), que utiliza a equação Penman-Monteith para estimativa do cálculo da evapotranspiração de referência (ALLEN et al., 1998) representada na equação 1.

$$ET_o = \frac{0,408 (Rn - G) + \gamma \frac{900}{T+273} u_2 (E_s - E_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34 u_2)} \quad (1)$$

em que:

ET<sub>o</sub> - evapotranspiração de referência (mm d<sup>-1</sup>);

R<sub>n</sub> - saldo de radiação à superfície da cultura (MJ m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>);

G - densidade do fluxo de calor do solo (MJ m<sup>-2</sup> d<sup>-1</sup>);

T - temperatura do ar a 2 metros de altura (°C);

u<sub>2</sub> - velocidade do vento a 2 metros de altura (m s<sup>-1</sup>);

E<sub>s</sub> - pressão de vapor de saturação (kPa);

E<sub>a</sub> - pressão parcial de vapor (kPa);

γ - coeficiente psicométrico (kPa °C<sup>-1</sup>).

Os dados foram obtidos por meio de uma estação meteorológica instalada na fazenda, na qual coletou-se a cada 15 minutos dados de temperatura média (°C), umidade relativa do ar média (%), velocidade média do vento (m s<sup>-1</sup>), radiação solar (W m<sup>-2</sup>). Esses dados foram utilizados para determina a evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) em mm.

Utilizando o coeficiente da cultura (K<sub>c</sub>) de 1,1, proposto por Santinato et al. (2008) para lavouras implantadas por mais de três anos, com densidade populacional de até 3333 plantas ha<sup>-1</sup> e a ET<sub>o</sub>, foi possível calcular a evapotranspiração da cultura (ET<sub>c</sub>), em mm.

Sabendo-se que o método de irrigação utilizado é o gotejamento foi ajustado o coeficiente de irrigação localizada (K<sub>L</sub>) de 0,464 proposto por Keller (1990) e ajustado por Mantovani (2013).

O coeficiente de estresse (K<sub>s</sub>), igual 1, é utilizado devido o sistema de gotejamento aplicar água com alta frequência (MUDRIK, 2005). Para o cálculo da evapotranspiração real (ET<sub>r</sub>), utilizou-se a equação 3.

$$ETr = ETo \cdot Kc \cdot Ks \cdot Kl \quad (3)$$

Onde:

ETr - evapotranspiração real (mm);

ETo - Evapotranspiração de referência (mm);

Kc - Coeficiente de cultura

Ks - Coeficiente de estresse

Kl - Coeficiente de redução para irrigação localizada.

Para parametrização do modelo de balanço hídrico climatológico foram coletadas amostras indeformadas do solo e levadas para análise laboratorial, obtendo informações da densidade aparente do solo (1,22 g cm<sup>-3</sup>), ponto de murcha (0,181 g g<sup>-1</sup>) e capacidade de campo (0,335 g g<sup>-1</sup>). A profundidade efetiva do sistema radicular foi definida como 40 cm para o cafeeiro.

Figura 1: Planilha de Manejo Climático.

Data	DJ	UR média (%)	Temp. Média (°C)	Vel. Vento (m/s)	Qg (W/m²)	ETo (mm/dia)	ETo calculada (mm)	Ks	Etc	ETr	DEF	Irrigação Manual (horas)	Irrigação Manual (mm)	Chuva (mm)	Recomendação de Reposição (mm)	ARM inicial (mm)	ARM final (mm)	AD atual (%)
1/1/2018	1	67.1	24.0	1.1	209.3	5.47	5.47	1.00	2.79	2.79				2.0		72.58	71.79	95.40
1/2/2018	2	70.0	24.2	1.5	315.4	4.40	4.40	1.00	2.25	2.25						71.79	69.54	92.41
1/3/2018	3	69.8	23.4	1.1	247.4	3.00	3.00	1.00	1.53	1.53				4.0		69.54	72.01	95.69
1/4/2018	4	87.2	22.9	1.9	140.3	1.20	1.20	1.00	0.61	0.61				19.0		72.01	75.25	100.00
1/5/2018	5	90.7	21.7	2.6	120.2	0.70	0.70	1.00	0.36	0.36				10.0		75.25	75.25	100.00
1/6/2018	6	91.2	21.3	4.2	96.9	0.50	0.50	1.00	0.26	0.26				18.0		75.25	75.25	100.00
1/7/2018	7	90.5	23.6	2.0	299.0	4.00	4.00	1.00	2.04	2.04				4.0		75.25	75.25	100.00
1/8/2018	8	63.9	23.0	1.0	207.4	2.12	2.12	1.00	1.08	1.08						75.25	74.17	98.56
1/9/2018	9	72.1	23.5	1.0	289.1	3.69	3.69	1.00	1.88	1.88		2.0	1.9			74.17	74.21	98.61
1/10/2018	10	68.3	24.1	1.1	246.8	3.03	3.03	1.00	1.55	1.55						74.21	72.66	96.56
1/11/2018	11	66.6	23.8	1.3	278.8	3.65	3.65	1.00	1.86	1.86						72.66	70.79	94.08
1/12/2018	12	62.4	23.7	1.0	221.5	2.43	2.43	1.00	1.24	1.24						70.79	69.55	92.43
1/13/2018	13	67.2	23.0	1.0	276.5	3.36	3.36	1.00	1.72	1.72						69.55	67.84	90.15
1/14/2018	14	69.5	22.2	0.9	133.3	0.72	0.72	1.00	0.37	0.37				15.0		67.84	75.25	100.00
1/15/2018	15	68.3	23.6	1.1	317.4	4.20	4.20	1.00	2.15	2.15		1.0	1.0			75.25	74.07	98.43
1/16/2018	16	68.9	23.5	1.6	229.8	2.90	2.90	1.00	1.48	1.48				14.0		74.07	75.25	100.00
1/17/2018	17	57.9	25.8	1.0	342.1	4.90	4.90	1.00	2.50	2.50						75.25	72.75	96.67
1/18/2018	18	55.9	25.1	1.2	350.5	5.05	5.05	1.00	2.58	2.58						72.75	70.17	93.25
1/19/2018	19	58.5	24.9	1.3	329.8	4.69	4.69	1.00	2.40	2.40		2.0	1.9			70.17	69.70	92.62
1/20/2018	20	56.5	25.2	1.0	340.0	4.77	4.77	1.00	2.44	2.44						69.70	67.26	89.38
1/21/2018	21	54.7	25.5	1.2	307.1	4.29	4.29	1.00	2.19	2.19						67.26	65.07	86.47
1/22/2018	22	52.5	25.7	0.8	319.7	4.26	4.26	1.00	2.18	2.18						65.07	62.89	83.58
1/23/2018	23	60.1	25.3	0.9	290.8	3.84	3.84	1.00	1.96	1.96		3.0	2.9			62.89	63.82	84.81
1/24/2018	24	66.6	25.0	1.4	293.3	3.64	3.64	1.00	1.90	1.90				10.0		63.82	71.53	86.37

Fonte: Planilha de Manejo da Fazenda Vitória II (2018).

Foram instalados sensores de umidade do solo MAS-1 para auxiliar na calibração e verificação do método de MC. A estratégia de MSPA utilizou informações de sensores instalados nas plantas e no solo aos dados da estação meteorológica para fazer as recomendações de irrigação (Figura 2).

Foi monitorada a umidade do solo por dois sensores analógicos, modelo MAS-1 DecagonDevices, que medem a constante dielétrica do meio, utilizando domínio decapacitância e frequência (SUPPLANT, 2019). Já o monitoramento das plantas foi realizado por dois dendrômetros, modelo DE-1M, instalados nas plantas do tratamento MSPA. Os dendrômetros monitoram micro variações no diâmetro do tronco, visto que o déficit de água no sistema Solo-Planta-Atmosfera afeta o diâmetro do caule.

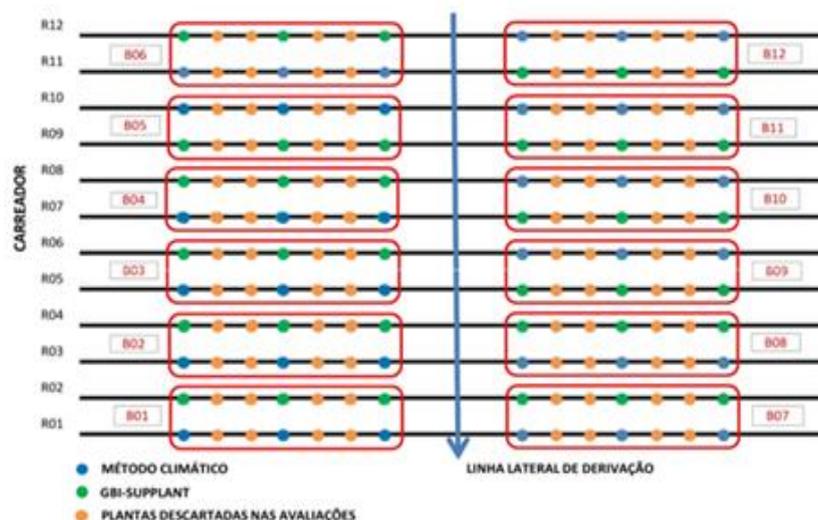
Figura 2: Plataforma de Manejo Solo-Planta-Atmosfera.



Fonte: Plataforma MSPA (2018).

A irrigação foi acionada automaticamente sempre que os dendrômetros, sensores de umidade do solo e estação meteorológica, correlacionando suas informações, identificavam déficit hídrico nas plantas continuando em funcionamento até suprir suas necessidades hídricas. O croqui da área segue os padrões da Figura 3.

Figura 3: Croqui do experimento.



**Legenda:** R (ruas dos cafeeiros); B (blocos experimentais); linha lateral (derivação do setor 5 para o setor 4) e as 3 plantas úteis utilizadas nas avaliações, onde descartou-se 2 plantas entre as mesmas.

**Fonte:** LIMA (2018).

Foram instalados tensiômetros no tratamento MSPA e MC. Os tensiômetros, instalados nas profundidades de 0,2, 0,4 e 0,6 m, medem a tensão de água no solo, que foi utilizada para estimativa da umidade do solo nos dois tratamentos.

Para determinar o grau de maturação dos frutos coletou-se uma amostra de 0,3 L de cada parcela e classificou-se em: verde, verde-cana, cereja, passa e seco.

Para a avaliação da produtividade foi realizada a colheita de seis plantas em cada uma das unidades experimentais, em junho de 2017, por meio de derriça manual no pano. A colheita foi iniciada quando 10% dos frutos estavam verdes. Após a determinação do volume produzido pela parcela, foi retirada uma amostra de 10 L, tomada a massa das amostras cuja secagem foi realizada em terreiro. Após atingir a umidade de 11% foram determinados a massa e o volume da amostra de café em coco. Em seguida, as amostras foram beneficiadas, pesadas e mediu-se o volume e a umidade do café. Utilizando a relação do volume da amostra de 10 litros do café colhido no pano e da massa da amostra beneficiada foi possível determinar a produção por parcela e extrapolar para produtividade em sacas ben ha<sup>-1</sup>.

A classificação física dos grãos quanto ao tipo foi realizada após o beneficiamento. Os grãos foram classificados pela presença de defeitos intrínsecos (pretos, verdes, ardidos, conchas, brocados, chochos e quebrados) e extrínsecos (paus, pedras, cascas, marinheiros e cocos), utilizando uma amostra de 0,3 kg. Após a avaliação do número de defeitos o café foi classificado quanto ao tipo conforme a Instrução Normativa nº 8 de 11 de junho de 2003 (MAPA, 2003).

A classificação física quanto ao tamanho dos grãos foi realizada utilizando uma amostra de 0,1 kg de cada parcela que foi distribuída em conjunto de peneiras com crivos oblongos (13, 12, 11, 10 e 8/64 avos de polegadas) e de crivo circulares (19, 18, 17, 16, 15, 14, 13/64 avos de polegada). As peneiras de crivo circular retêm os grãos chatos, enquanto que as peneiras de crivo oblongo retêm os grãos moca. Conforme os grãos ficaram retidos nas peneiras a separação foi feita nas seguintes categorias: chato graúdo (peneiras de 19,18 e 17); chato médio (peneiras de 16 e 15); chato miúdo (peneira 14 e menores); moca graúdo (peneira 13, 12, 11); moca médio (peneira 10) e moca miúdo (peneira 9 e menores).

A eficiência no uso da água de irrigação foi calculada (Equação 4) por meio da razão entre a produtividade ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) e a lâmina de irrigação mais precipitação efetiva ( $\text{mm ha}^{-1}$ ).

$$EUA = \frac{\text{Produtividade}}{\text{Irrigação} + \text{Chuva efetiva}} \quad (4)$$

Para o cálculo da chuva efetiva foi utilizado à equação (5), considerando a condição (6) e (7). Utilizou-se a profundidade efetiva do sistema radicular de 0,40 m.

$$Nac = (\text{prof.} - \left(\frac{AD}{100}\right) \times \text{prof.}) \quad (5)$$

$$\text{Se } C_{\text{total}} > Nac, \text{ então } C_{\text{efetiva}} = Nac \quad (6)$$

$$\text{Se } C_{\text{total}} < Nac, \text{ então } C_{\text{efetiva}} = C_{\text{total}} \quad (7)$$

Em que:

Produtividade – sacas beneficiadas de café por hectare;

Nac - necessidade de água até a capacidade de campo (mm);

Prof - profundidade efetiva do sistema radicular (mm);

AD - água disponível (%);

$C_{\text{total}}$  - chuva total (mm);

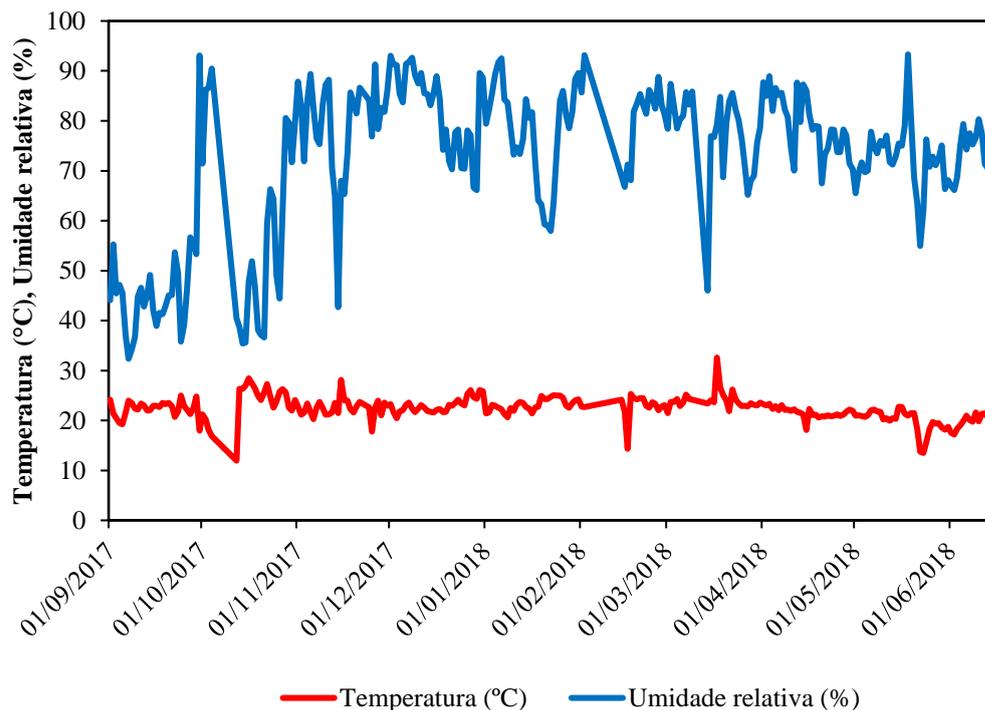
$C_{\text{efetiva}}$  - chuva efetiva (mm).

Os dados finais obtidos foram submetidos à análise de variância com nível de significância de 5%. Após a verificação da significância da ANOVA, foi utilizado o teste de F para comparações entre as médias de tratamentos, utilizando o software SISVAR 5.6 (FERREIRA, 2014). Para a análise das médias de peneiras e defeitos presentes nos frutos foi necessário realizar a transformação dos dados, para que os dados sigam um padrão normal de distribuição normal, utilizando a equação  $(x + 1)^{0,5}$ .

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O cafeeiro arábica tem boa aptidão em regiões com temperaturas média entre 18 – 23°C (Sediyama et al., 2001). A temperatura média no período experimental foi de 22,4°C. Isso demonstra que a temperatura não foi um fator limitante para o desenvolvimento do cafeeiro. A umidade relativa variou entre 93,3% e 35,6% (Figura 4), os valores próximos ao limite inferior do intervalo coincidiram com os períodos de menor temperatura e precipitação.

Figura 4 - Parâmetros climáticos de Umidade Relativa (%), temperatura média diária (°C). Dados coletados pela estação meteorológica da fazenda, correspondentes aos meses de setembro de 2017 a junho de 2018.



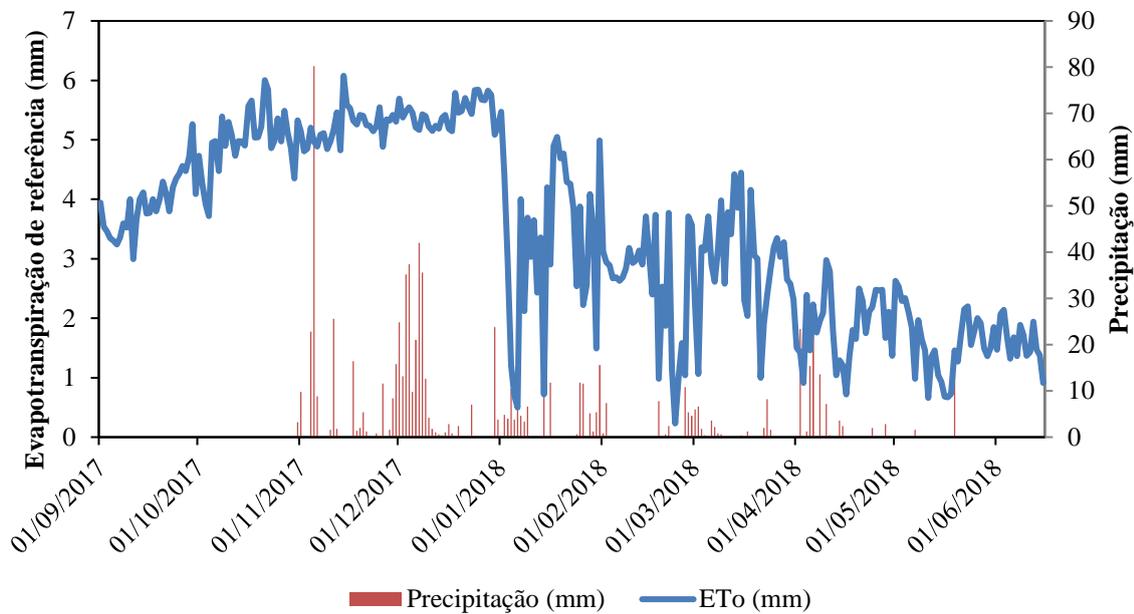
Fonte: Plataforma Supplant (2018), adaptado pelo autor.

Segundo Pereira et al (2007) sempre que a temperatura chega 0°C e a umidade está elevada aumenta a chance de ocorrência de geadas. Esse fator limitante na produção não é comum na região do cerrado mineiro, onde foi realizado o ensaio experimental, inclusive as leituras de temperatura registradas pela estação meteorológicas não identificaram temperaturas inferiores a 11,9°C.

A evapotranspiração foi utilizada para definir a recomendação de irrigação baseada na variação temporal, elementos como: temperatura do ar, radiação solar, déficit de pressão de vapor e velocidade do vento são avaliados para a cultura estudada (ALLEN et al., 1998). A

estação meteorológica, localizada na fazenda, foi uma ferramenta importante para fornecer esses dados de forma precisa e confiável, assim como a instalação do pluviômetro próximo ao setor de irrigação. As leituras registraram evapotranspiração de referência acumulada, no período experimental, de 993,46 mm (Figura 5). Essas informações foram utilizadas para o cálculo da evapotranspiração da cultura.

Figura 5 - Evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>), estimada pelo método Penman-FAO, e precipitação (mm) no período de setembro de 2017 a junho de 2018

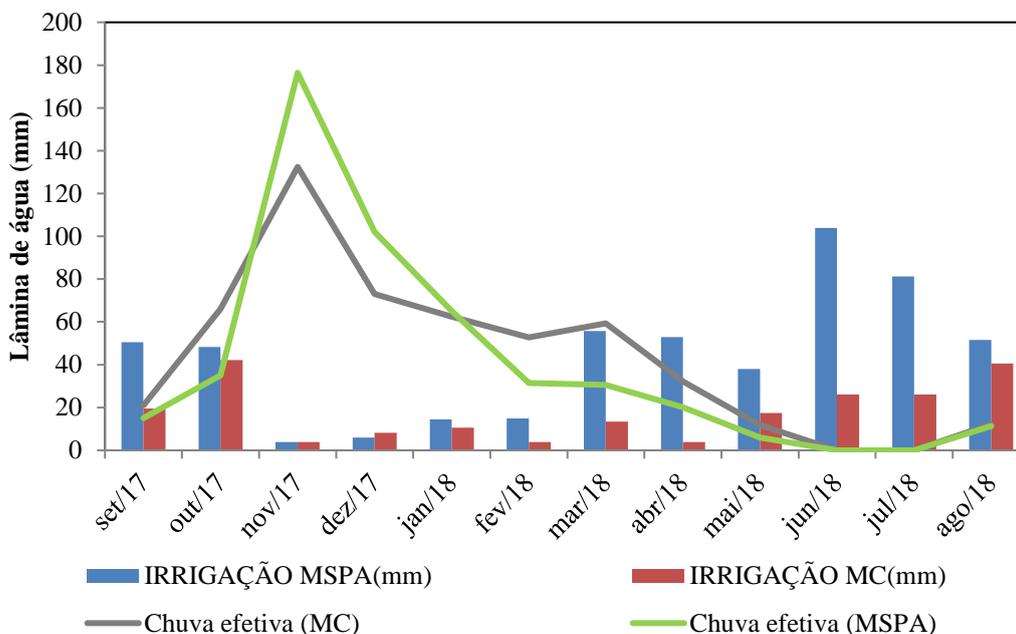


**Fonte:** autor (2018).

O volume de chuvas registrado no período experimental foi de 861,8mm, no entanto as estratégias de manejo da irrigação devem utilizar a chuva que efetivamente foi utilizada pelas plantas, esse cálculo leva em consideração o armazenamento de água no solo e a profundidade efetiva do sistema radicular de 40 cm. Diante disso, o MC utilizou 523,11 mm durante o período experimental, enquanto o MSPA utilizou 492,88 mm. O MC utilizou 5,7% mais água da chuva para suprir a necessidade hídrica das plantas que o MSPA. Isso acontece porque o MSPA recebeu 521,30 mm de água via irrigação, deixando o solo com mais água disponível, enquanto no MC foi aplicado 215,5 mm. Os resultados obtidos demonstram que o MSPA irrigou em momentos que a água da chuva seria suficiente para suprir a demanda hídrica das plantas (Figura 6).

A variação na quantidade de água aplicada através da irrigação acontece porque o MSPA busca manter o solo sempre acima da umidade crítica (Figura 7,8 e 9), evitando submeter as plantas ao déficit hídrico para não comprometer seu desenvolvimento.

Figura 6 - Precipitação (mm) e lâmina irrigação (mm) aplicada no Manejo Climático (MC) e Manejo Solo-Planta-Amosfera (MSPA). Dados correspondentes aos meses de setembro de 2017 a agosto de 2018.



**Fonte:** Plataforma Supplant e Planilha de manejo da fazenda, adaptado pelo autor (2018).

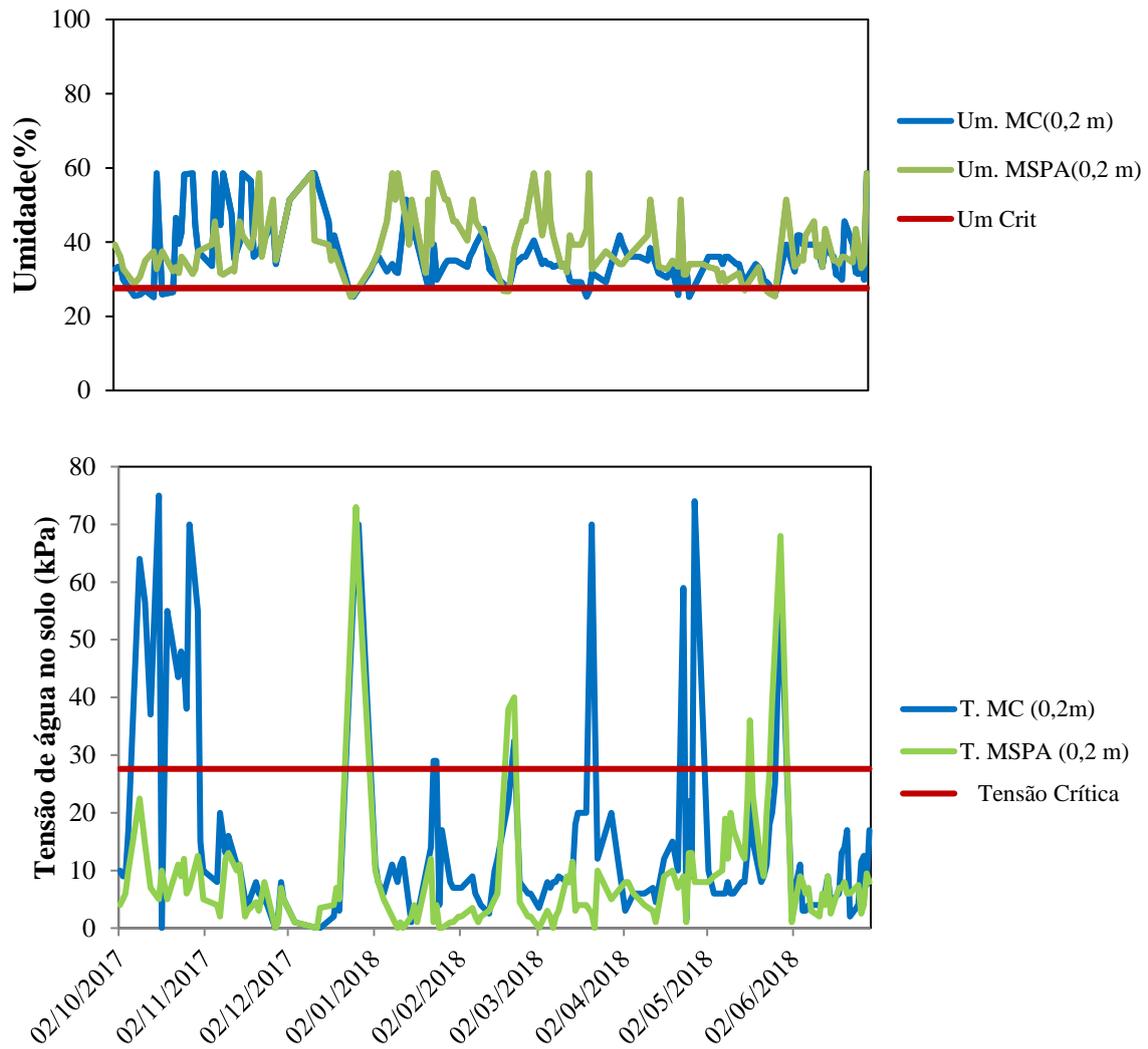
A uniformidade da irrigação foi calculada utilizando o Coeficiente de Uniformidade Estatística (US), no qual os tratamentos manejo Solo-Planta-Atmosfera e Climático apresentaram 92,13% e 94,57%, respectivamente (MANTOVANI, 2001). Os valores encontrados são considerados como uniformidades excelentes. A vazão média dos emissores foi de 2,53 Lh<sup>-1</sup> para o MSPA e 2,54 L h<sup>-1</sup> para o MC.

Por meio dos dados de tensão de água no solo foi possível determinar a umidade volumétrica, representados nas figuras 7, 8 e 9. É possível observar que o MSPA manteve o solo com umidade mais elevada que o MC, durante a maior parte do período avaliado, isso acontece devido ao maior volume de água aplicado por meio da irrigação. Esse comportamento é semelhante nas três profundidades avaliadas. A umidade nas profundidades de 0,2 m; 0,4 m e 0,6 m mantiveram-se próximas no MSPA, algo que também aconteceu no MC, demonstrando que a água esteve disponível para planta em todo o perfil avaliado.

Outro aspecto importante avaliado é o fato do tratamento utilizando o MC ter deixado o solo abaixo da umidade crítica durante o mês de outubro de 2017, submetendo as plantas a déficit hídrico. Esse comportamento foi observado porque nesse período houve restrição hídrica na propriedade e não foi possível irrigar todos os setores, no entanto o MSPA recebeu água conforme a recomendação, por se tratar de um sistema autônomo de gestão da irrigação, por isso

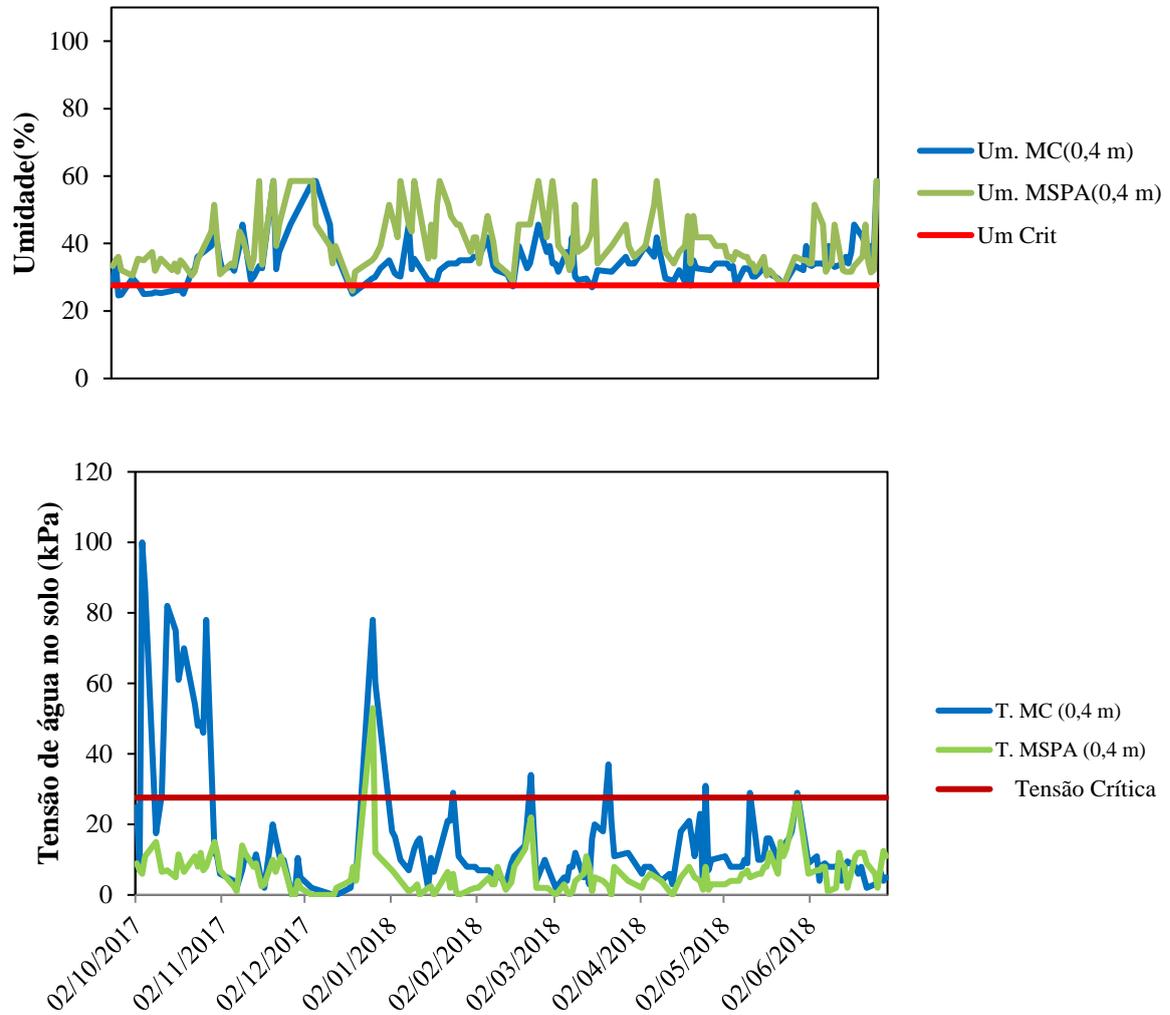
suas irrigações foram priorizadas.

Figura 7 - Leituras de umidade da umidade volumétrica (%) e tensão de água no solo (kPa), coletada por tensiômetros, instalados a 0,2 m de profundidade. Dados referentes aos meses de outubro de 2017 a junho de 2018.



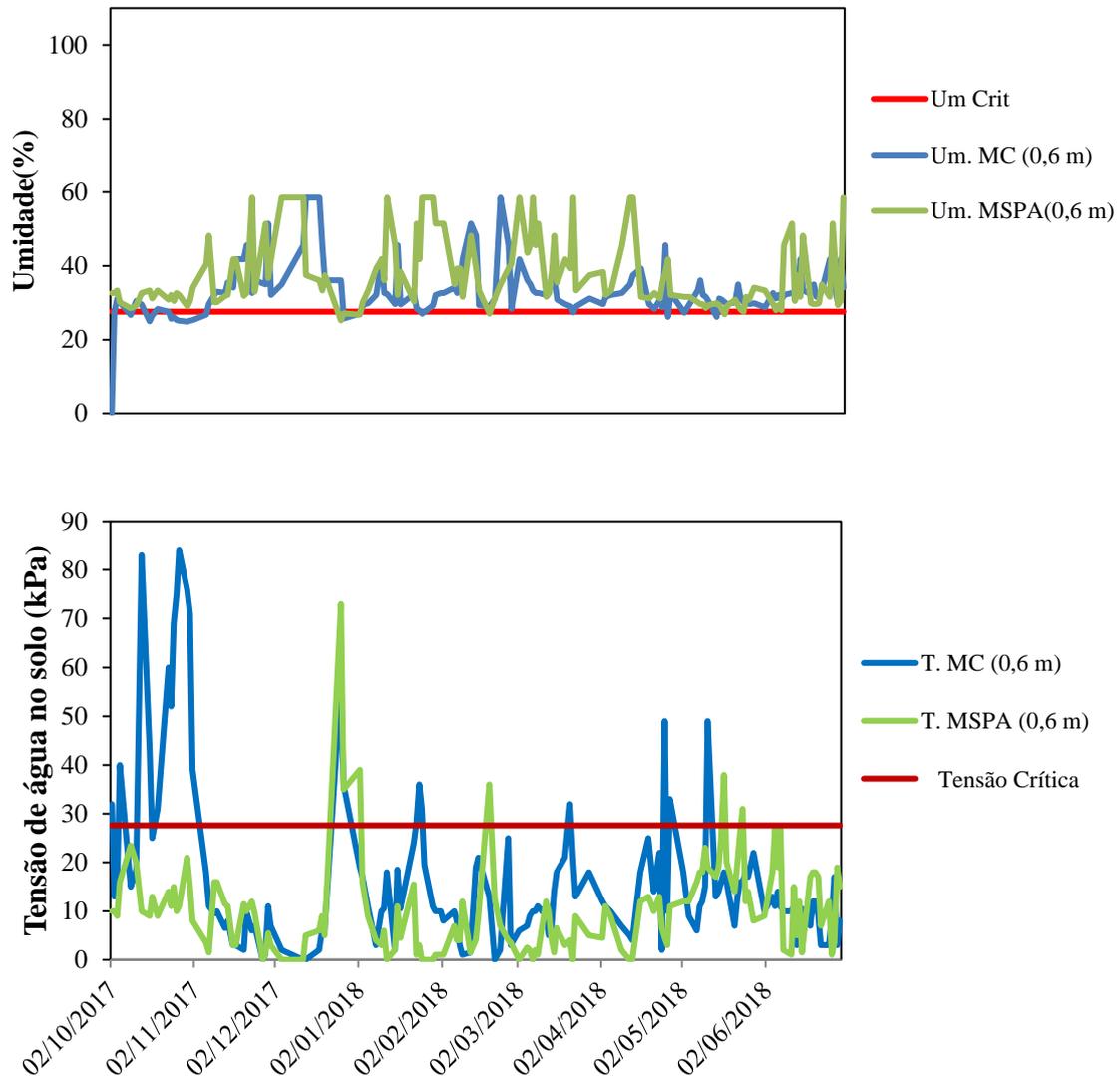
Fonte: autor (2018).

Figura 8 - Leituras de umidade da umidade volumétrica (%) e tensão de água no solo (kPa), coletada por tensiômetros, instalados a 0,4 m de profundidade. Dados referentes aos meses de outubro de 2017 a junho de 2018.



Fonte: autor (2018).

Figura 9 - Leituras de umidade da umidade volumétrica (%) e tensão de água no solo (kPa), coletada por tensiômetros, instalados a 0,6 m de profundidade. Dados referentes aos meses de outubro de 2017 a junho de 2018.



**Fonte:** autor (2018).

A umidade elevada nos perfis analisado no MSPA também influenciou na forma que a irrigação é realizada, ou seja, em períodos curtos com maiores frequências, colaborando para que a umidade não fique abaixo da umidade crítica, diferente do MC que irriga em períodos longos, com turno de rega entre 2 e 3 dias, demonstrando diversos dias isolados que a umidade ficou abaixo da umidade crítica.

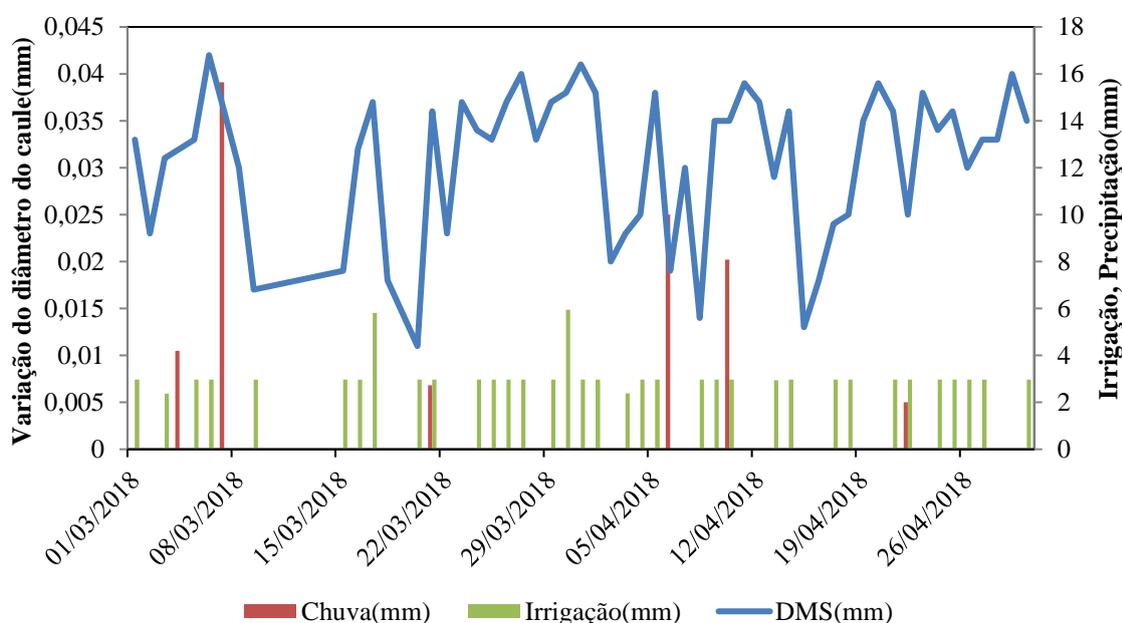
Em um trabalho conduzido em Lavras, com *Coffea arabica* L. cv. Rubi MG-1192, Assis et al. (2014), avaliaram densidades de plantio sob diferentes regimes de irrigação e observaram que o método de balanço hídrico climatológico recebeu maior lâmina de irrigação para todas as densidades de plantio quando comparado aos tratamentos que irrigaram quando a tensão de água

no solo estava próxima a 20 e 60 kPa, deixando o solo próximo a capacidade de campo, pois esse método trabalha com irrigações mais frequentes que os demais. Comportamento semelhante foi observado no MSPA que aplicou mais água, mantendo assim os níveis de umidade do solo mais elevados durante o período experimental.

Os meses de setembro e outubro registraram os níveis mais críticos de umidade do solo, no mesmo período não houve precipitação. Carvalho et al. (2011), conduziu um ensaio experimental em cafeeiro da cultivar Rubi MG 1192 na cidade de Uberlândia-MG, cultivado em sequeiro, avaliou o armazenamento de água no solo, mostrando que o mês de setembro é o período mais crítico, quando a umidade chegou próximo a 30%, no tratamento sem irrigação, como foi observado no mês de outubro para o MC quando as irrigações foram suspensas e a umidade ficou em 27,6%.

O dendrômetro instalado no tratamento MSPA de irrigação é uma ferramenta utilizada para recomendação da irrigação no MSPA. A Figura 10 demonstra a variação diária no diâmetro do caule, decorrente da perda de água por transpiração que reduz o fluxo de água no xilema da planta. Essa informação está associada a precipitação e irrigação, visando estabelecer padrões de contração radial que indicam necessidade hídrica nas plantas.

Figura 10 - Variação no diâmetro do caule do cafeeiro (mm), precipitação efetiva e irrigação. Dados utilizados para recomendação de irrigação no MSPA, referentes aos meses de março a abril de 2018.



Fonte: Plataforma Supplant (2018), adaptado pelo autor.

Observando os dados da Figura 10, não foi possível associar padrões fixos de variação no

diâmetro do caule com a recomendação de irrigação no MSPA. Sabe-se que os dendrômetros são uma ferramenta importante para a recomendação,mas sua variação segue padrões diários semelhantes, ou seja, a contração do caule se dá nos períodos mais quentes do dia e a expansão após as plantas receberem água via chuva ou irrigação. Normalmente as irrigações no MSPA são realizadas diariamente após o período de maior contração do caule.

De acordo com a análise de variância (Tabela 1) foi possível verificar que não houve diferença significativa entre os tratamentos testados para a variável resposta de produtividade.

Tabela 1 - Análise de variância para produtividade do cafeeiro (sc ben ha<sup>-1</sup>)em função de estratégias de manejo da irrigação na região de Monte Carmelo, Minas Gerais, na safra 2017/18.

FV	GL	QM
		Produtividade
Tratamentos	1	117,04 <sup>ns</sup>
Blocos	11	86,84 <sup>ns</sup>
Erro	11	108,22
CV (%)		10,9

ns - não significativo, pelo teste F; FV - fonte de variação; GL - grau de liberdade; QM:- quadrado médio; CV - coeficiente de variação.

Na Tabela 2 apresenta-se os resultados de produtividade para os diferentes tratamentos estudados. A produtividade média observada foi de 95,45 sc ben ha<sup>-1</sup>.

Tabela 2 - Produtividade de café em sacas beneficiadas por hectare em função de estratégias de manejo da irrigação na região de Monte Carmelo, Minas Gerais, na safra 2017/18

Tratamentos	Produtividade (sc ben ha <sup>-1</sup> )
MC	97,7 a
MSPA	93,2 a
CV (%)	10,9

\*Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

Não houve diferenças significativas para os tratamentos estudados, apesar de numericamente ter sido observado uma diferença de 4,83 % na produtividade. Esse comparativo entre a produtividade dos tratamentos foi feito em uma safra de bienalidade positiva é essencial avaliar nas próximas safras para entendermos de que forma as estratégias de manejos testadas afetam a produtividade do café em anos de alto e baixo rendimento. Essa avaliação foi feita por Leite Jr. e Faria (2016), em Lavras, avaliando a produtividade na 2012/13 de cafeeiro,implantada em 2009, em função do manejo da irrigação, observando-se que não houve diferença significativa na produtividade dos tratamentos.

Os valores elevados de produtividade dos tratamentos, em média 95,5 sc ben ha<sup>-1</sup>, comprovam a influência da irrigação no aumento da produtividade do cafeeiro, como foi observado por Perdoná et al. (2012), nas três primeiras safras, avaliando-se a produtividade da cultivar Obatã (IAC 1669-20), na região Centro-Oeste do estado de São Paulo, submetida a irrigação por gotejamento, no qual a lâmina de irrigação é definida em função de tensiômetros, instalados a 0,2 e 0,6 m de profundidade, comparada a testemunha, sem irrigação.

O trabalho conduzido por Serra et al. (2012) em Lavras, avaliou critérios de irrigação e densidades de plantio da cultivar Rubi MG-1192, mostrando que a irrigação baseada em tensões de 60kPa e 100kPa, promoveram ganhos de 34% e 70% de produtividade em relação ao tratamento não irrigado, respectivamente.

Guerra et al. (2005), estudaram regimes hídricos na cultivar Rubi, linhagem 1192, em Planaltina-DF, concluindo que a suspensão da irrigação entre final de junho e início de setembro, por um período de 70 dias, proporcionou aumento de 14 sc ha<sup>-1</sup> em relação ao tratamento com irrigação durante todo o período. Esse aumento da produtividade está associado a florada mais uniforme, aumentando os frutos por ramos e a porcentagens de frutos cereja.

Na Tabela 4 está representado os resultados de maturação dos frutos para os tratamentos testados.

Tabela 3 - Análise de variância para maturação dos frutos (%), classificação em função de estratégias de manejo da irrigação na região de Monte Carmelo, Minas Gerais, na safra 2017/18

FV	GL	QM				
		verde	verde-cana	cereja	passa	Seco
Tratamentos	1	1,60 <sup>ns</sup>	0,05 <sup>ns</sup>	8,76 <sup>ns</sup>	0,28 <sup>ns</sup>	5,90 <sup>ns</sup>
Bloco	11	2,84 <sup>ns</sup>	3,55 <sup>ns</sup>	8,31 <sup>ns</sup>	10,92 <sup>ns</sup>	6,01 <sup>ns</sup>
Erro	11	2,28 <sup>ns</sup>	2,68 <sup>ns</sup>	6,66 <sup>ns</sup>	2,34 <sup>ns</sup>	5,63 <sup>ns</sup>
CV(%)		26,76	38,5	3,44	17,58	37,98

ns - não significativo pelo teste F; FV- fonte de variação; GL- grau de liberdade; QM- quadrado médio; CV- coeficiente de variação.

Tabela 4 - Grau de maturação do cafeeiro em função de estratégias de manejo de irrigação na região de Monte Carmelo, Minas Gerais, na safra 2017/18

Tratamentos	% de frutos				
	Verde	Cana	Cereja	Passa	Seco
MC	5,38 a	4,31 a	75,76 a	8,77 a	5,75 a
MSPA	5,90 a	4,22 a	74,56 a	8,57 a	6,75 a
CV (%)	26,8	38,6	3,4	17,6	37,8

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

A avaliação de maturação dos frutos mostra que não houve diferença significativa (Tabela 3) entre os tratamentos. No entanto, o MC e o MSPA apresentaram elevada porcentagem de frutos cereja (Tabela 4), 75,8 e 74,6, respectivamente. Isso demonstra que a colheita foi feita próxima ao estágio de maturação fisiológica.

Com relação a porcentagem de frutos verdes, foi em média de 5,64%, valores inferiores aos encontrados por Rezende et al. (2006), que observaram cerca de 12% de frutos verdes no tratamento irrigado, valores superiores ao tratamento não irrigado. O autor explica que a irrigação retardou a maturação dos frutos na safra 2002/2003 e 2003/2004, na cidade de Lavras-MG.

Nas tabelas 5 e 6, observa-se que não houve diferença significativa na avaliação de peneira entre os tratamentos. A separação dos grãos por tamanho é importante para garantir boa uniformidade na torra do café, evitando que os grãos grandes fiquem somente tostados e os pequenos sejam carbonizados (ROTONDANO, 2004).

Tabela 5 - Análise de variância para tamanho dos grãos chatos em função de estratégias de manejo de irrigação na região de Monte Carmelo, Minas Gerais, na safra 2017/18

FV	GL	QM						
		19C	18C	17C	16C	15C	14C	13C
Tratamentos	1	0,16 <sup>ns</sup>	0,14 <sup>ns</sup>	0,05 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>
Blocos	11	0,04 <sup>ns</sup>	0,05 <sup>ns</sup>	0,12 <sup>ns</sup>	0,05 <sup>ns</sup>	0,04 <sup>ns</sup>	0,13 <sup>ns</sup>	0,09 <sup>ns</sup>
Erro	11	1,32	0,08	0,22	0,01	0,06	0,10	0,12
CV (%)		51,13	21,06	17,16	5,11	4,92	11,18	18,88

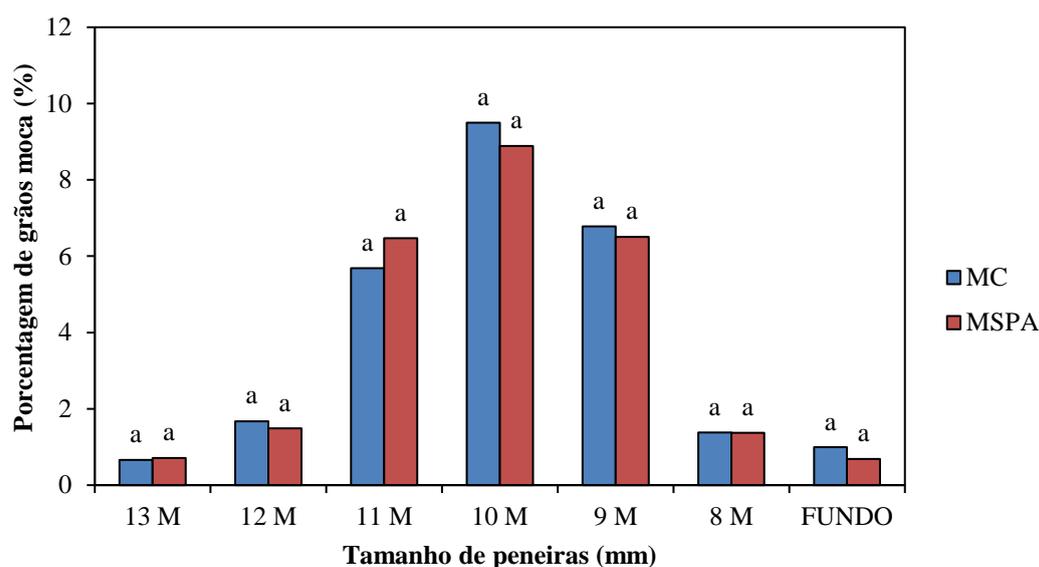
ns - não significativo pelo teste F; FV - fonte de variação; GL - grau de liberdade; QM - quadrado médio; CV - coeficiente de variação.

Tabela 6 - Análise de variância para tamanho dos grãos moça em função de estratégias de manejo de irrigação na região de Monte Carmelo, Minas Gerais, na safra 2017/18

FV	GL	QM						
		13M	12M	11M	10M	9M	8MF	F
Tratamentos	1	0,00 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>	0,14 <sup>ns</sup>	0,06 <sup>ns</sup>	0,02 <sup>ns</sup>	0,00 <sup>ns</sup>	0,13 <sup>ns</sup>
Blocos	11	0,30 <sup>ns</sup>	0,44 <sup>ns</sup>	0,09 <sup>ns</sup>	0,06 <sup>ns</sup>	0,01 <sup>ns</sup>	0,05 <sup>ns</sup>	0,05 <sup>ns</sup>
Erro	11	0,04	0,93	0,05	0,01	0,03	0,11	0,06
CV (%)		25,17	23,6	9,36	8,33	6,61	29,08	28,16

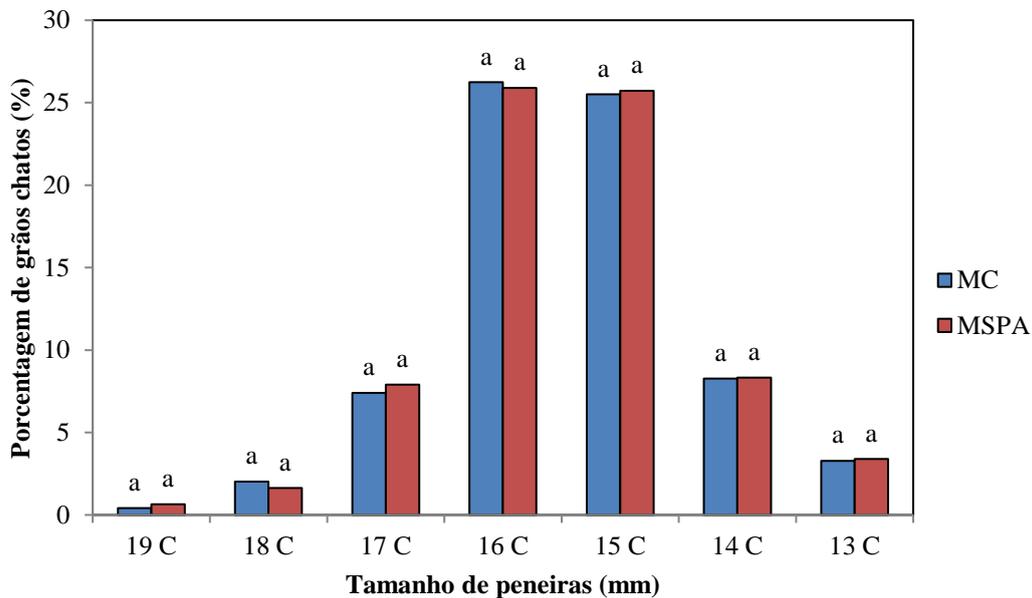
ns - não significativo pelo teste F; FV - fonte de variação; GL - grau de liberdade; QM - quadrado médio; CV: coeficiente de variação.

Figura 11 - Porcentagem de grãos moça retidos em jogo de peneiras.



Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

Figura 12 - Porcentagem de grãos chatos retidos em jogo de peneiras.



Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

As estratégias de manejo da irrigação testadas não apresentaram diferença significativa no tamanho dos grãos (Tabela 6), na safra 2017/2018, para as condições experimentais. O MSPA e MC apresentaram baixa quantidade de grãos graúdos, ou seja, separados por peneiras maior que 17 mm, 10,19 e 9,88%, respectivamente. Cerca de 60% dos grãos ficaram retidos nas peneiras 16, 15 e 14 em ambos os tratamentos, sendo classificados como grão chato médio conforme a Instrução Normativa nº8. Rezende et al.(2006), encontraram resultados semelhantes, avaliando o tamanho dos grãos de cafeeiro Topázio, em Lavras, no qual foi observado 57% dos grãos de tamanho médio.

Silva et al. (2007), explicam que a bienalidade positiva do café pode favorecer a redução no percentual de grãos graúdos. Essa hipótese foi observada nas condições experimentais, estudadas na primeira safra, no qual obteve níveis elevados de produção e baixa porcentagem de grãos graúdos.

Nas figuras 11 e 12 é possível observar que não houve diferença significativa na avaliação de defeitos intrínsecos e extrínsecos entre os tratamentos avaliados. Os defeitos intrínsecos podem ser causados por danos fisiológicos, colheita e tratos culturais, ou seja, o manejo da irrigação pode influenciar nos defeitos dos grãos como afirma Caldas et al. (2018), que observou influência da irrigação na porcentagem de grãos ardidos, devido a fermentação dos grãos durante a secagem por apresentarem maior teor de água. Os dados do experimento (Figura

13), demonstram um número elevado de grãos ardidos, em média 163,9 no MC e 144,1 no MSPA, isso pode indicar a influência da irrigação proposta pelo autor.

Tabela 7 - Análise de variância para defeitos intrínsecos presentes nos grãos em função de estratégias de manejo da irrigação para região de Monte Carmelo, Minas Gerais, na safra 2017/18

FV	GL	QM					
		Preto	Verde	Ardido	Brocado	Concha	Quebrado
Tratamentos	1	0,10 <sup>ns</sup>	1,61 <sup>ns</sup>	3,09 <sup>ns</sup>	3,15 <sup>ns</sup>	6,95 <sup>ns</sup>	0,49 <sup>ns</sup>
Blocos	1	1,72 <sup>ns</sup>	2,33 <sup>ns</sup>	33,96 <sup>ns</sup>	1,56 <sup>ns</sup>	2,08 <sup>ns</sup>	5,63 <sup>ns</sup>
Erro	11	0,33	28,02	64,69	2,30	2,21	6,29
CV (%)		22,65	20,85	19,81	24,05	15,56	18,93

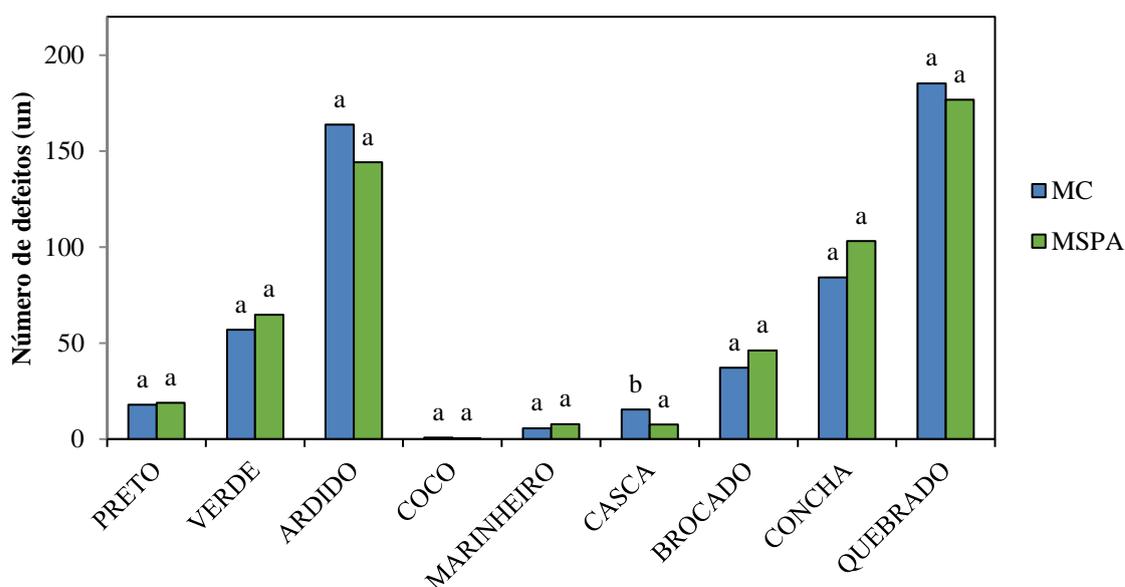
ns - não significativo pelo teste F; FV - fonte de variação; GL - grau de liberdade; QM - quadrado médio; CV - coeficiente de variação.

Tabela 8 - Análise de variância para defeitos extrínsecos presentes nos grãos em função de estratégias de manejo da irrigação para região de Monte Carmelo, Minas Gerais, na safra 2017/18

FV	GL	QM		
		Coco	Marinheiro	Casca
Tratamentos	1	0,07 <sup>ns</sup>	0,21 <sup>ns</sup>	7,77*
Blocos	1	0,54**	1,56 <sup>ns</sup>	2,35 <sup>ns</sup>
Erro	11	0,56	1,04	1,12
CV (%)		87,42	43,45	33,99

ns, \* e \*\* - não significativo e significativo ao nível de 5% e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente; FV - fonte de variação; GL - grau de liberdade; QM - quadrado médio; CV - coeficiente de variação.

Figura 13 - Média de defeitos presentes nos grãos beneficiados.



Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

Através das médias dos tratamentos foi realizado a classificação por tipo, visando obter parâmetros para caracterizar a qualidade do café. O MC apresentou quantidade superior de defeitos em relação ao MSPA, em média 192,67 e 189,83. Os dois tratamentos se enquadram no tipo 8, com perda de 5 pontos em relação ao tipo 7 (BRASIL, 2003).

A análise de variância para a variável eficiência no uso da água o na produção do cafeeiro, representada na Tabela 9, demonstra que houve diferença significativa entre os tratamentos, mostrando que o MC foi mais eficiente que o MSPA na safra 2017/18, para as condições experimentais estudadas.

Tabela 9 - Análise de variância para produtividade do cafeeiro (sc ben ha<sup>-1</sup>) em função de diferentes estratégias de manejo da irrigação na região de Monte Carmelo, Minas Gerais

FV	GL	QM
		EUA (kg mm <sup>-1</sup> )
Tratamentos	1	37,01**
Bloco	11	0,43 <sup>ns</sup>
Erro	11	0,54
CV (%)		16,82

ns, \*\* - não significativo e significativo ao nível de 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F. FV - fonte de variação; GL - grau de liberdade; QM - quadrado médio; CV - coeficiente de variação.

Tabela 10 - Eficiência no uso da água de irrigação para produção de café na safra 2017/18

Tratamentos	EUA(kg.mm <sup>-1</sup> )
MC	8,06 a
MSPA	5,58 b
CV (%)	10,75

\*Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

O MC obteve em média 8,06kg de café por mm de água utilizado, enquanto o MSPA atingiu 5,58kg de café por mm de água, conforme está representado na tabela 10. Os resultados apresentados por Assis et al. (2014), demonstraram que a irrigação baseada na tensão de água no solo próximo de 60 kPa foi suficiente para atender as necessidades hídricas do cafeeiro, apresentando mesmo rendimento do método de manejo climático apesar de aplicar menos água para as condições experimentais avaliadas. Esse comportamento também foi observado no experimento em que menores lâminas de irrigação não prejudicaram o potencial produtivo do cafeeiro.

O Manejo Solo-Planta-Atmosfera, utiliza a irrigação baseada no crescimento da planta,

através da associação de sensores meteorológicos, de solo e na planta, esse último de grande importância para a recomendação. Essas informações são enviadas via internet para uma nuvem, analisadas e transmitidas para o controlador da irrigação na fazenda. O sistema está difundido em 14 grandes mercados agrícolas mundiais e consegue reduzir o consumo de água em 30%, quando comparado a outros métodos, além de ganhos em rendimento, entre 5 – 10% (SUPPLANT, 2018). Os resultados experimentais contrastam com tais informações, possivelmente por falta de calibração dos sensores que não foram tão eficientes quanto o MC na recomendação da irrigação que conseguiu utilizar menos água com uma produtividade superior em 4 sc ben ha<sup>-1</sup>.

## 6.CONCLUSÕES

Considerando-se que as avaliações foram feitas para a safra 2017/18 e são necessárias informações das próximas safras, pode-se inferir que:

- O MC climático demonstrou-se 44% mais eficiente no uso da água que o MSPA. Apesar da tecnologia IoT otimizar a gestão da irrigação na fazenda, o MSPA necessita de melhorias para maximizar os ganhos com produtividade, utilizando menos água.

- A irrigação com maior lâmina aplicada no Manejo Solo-Planta-Atmosfera incrementos no potencial produtivo do cafeeiro quando comparado com o Manejo Climático na primeira safra avaliada, demonstrando a importância de manejar os recursos hídricos, tornando a agricultura mais sustentável.

- Para as avaliações de maturação, classificação física defeitos, tamanho e formato dos grãos não foi possível destacar a influência das duas estratégias de manejo avaliadas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. 300 p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 56).

ASSIS, G. A. De; SCALCO, M. S.; GUIMARÃES, R. J.; COLOMBO, A.; DOMINGUETTI, A. W.; MATOS, N. M. S. De. Drip irrigation in coffee crop under different planting densities: Growth and yield in southeastern Brazil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.18, n. 11, p.1116-1123, 2014.

BONOMO, R.; OLIVEIRA, L. F. C.; NETO, A. N. S.; BONOMO, P. Produtividade de cafeeiros arábica irrigados no cerrado goiano. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.38, n.4, p. 233-240, out/dez. 2008.

CALDAS, A. L. D.; LIMA, E. M. C. de.; REZENDE, F. C.; FARIA, M. A. de.; DIOTTO, A. V.; LEITE JÚNIOR, M. C. R. Produtividade e qualidade de café cv. Travessia em resposta à irrigação e adubação fosfatada. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**. Fortaleza, v.12, nº.1, p. 2357-2365, 2018.

CAMARGO, A. P.; CAMARGO, M. B. P. Definição e esquematização das fases fenológicas do cafeeiro Arábica nas condições tropicais do Brasil. **Bragantia**, Campinas, v. 60, n. 1, p. 65-68, 2001.

CARVALHO, H. P. DOURADO NETO, D. TEODORO, R. E. F. MELO. B. De. Balanço hídrico climatológico, armazenamento efetivo da água no solo e transpiração na cultura de café. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 27, n. 2, p. 221-229, Mar./Apr.2011.

CECAFÉ. Conselho dos Exportadores de Café do Brasil. **Relatório Mensal – Dezembro, 2017**, p. 1-16, Dez.2017. Disponível em:

[http://www.sapc.embrapa.br/arquivos/consorcio/informe\\_estatistico/CECAFE\\_Relatorio\\_Mensal\\_DEZEMBRO\\_2017.pdf](http://www.sapc.embrapa.br/arquivos/consorcio/informe_estatistico/CECAFE_Relatorio_Mensal_DEZEMBRO_2017.pdf). Acesso em: 21 de ago. de 2018.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Acompanhamento da Safra Brasileira de café, safra 2018, n.2 - Segundo Levantamento**, Brasília, p. 1-70, mai.2018. Disponível em:<<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cafe>> Acesso em: 20 de jun. de 2018.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Acompanhamento da safra brasileira de café, safra 2012, segunda estimativa**. 2012. Disponível em:

<<http://www.conab.gov.br/>>. Acesso em: 23 de ago. de 2018.

CORRÊA, M. R. O, GOMES, E. L. B. **Sensores aplicados no Controle da Umidade do Solo para o Cultivo da Cenoura**. V Seminário de Automação Industrial e Sistemas Eletro-Eletrônicos – SAISEE, Santa Rita do Sapucaí-MG, 2017.

COSTA, E. L.; COELHO. E. F. Irrigação em citros. **Informe agropecuário**, v.22, n.209, p.54-

60, 2001.

FERNANDES, A. L. T.; PARTELLI, F. L.; BONOMO, R.; GOLYNSKI, A. A moderna cafeicultura do cerrados brasileiros. **Pesquisa Agropecuária Tropical**. Goiânia, v.42, n.2, p.231-240, 2012.

FERREIRA, D. F. SISVAR: A guild for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciências Agrotécnicas**, Lavras, vol.38, n.2, 2014.

FRAGA JÚNIOR, E. F. **Manejo de Irrigação da Cafeicultura Irrigada**, Monguilod Empresa Agrícola. Fichas Cadastrais e de Manejo. Monte Carmelo-MG, 2017-2018.

GASPARI-PEZZOPANE, C. et al. Variabilidade genética do rendimento intrínseco de grãos em germoplasma de Coffea. **Bragantia**, Campinas, v.63, n-1, p.39-54, 2004.

GOLDHAMER, D.A.; FERERES, E.; SALINAS, M. Can almond trees directly dictate their irrigations needs? **California Agriculture**, Davis, p.138-144, 2003.

GUERRA, A. F.; ROCHA, O. C.; RODRIGUES, G. C.; SANZONOWICZ, C.; SAMPAIO, J. B. R.; SILVA, H. C.; ARAÚJO, M. C. **Irrigação do Cafeeiro no Cerrado: estratégia de manejo para uniformização da florada**. Comunicado técnico – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Dez, 2005.

HERNANDO, C.; SÁNCHEZ, P.; LISSARRAGUE, J. R.; BAEZA, P. Validación de los dendrómetros como señal de alarma Del estrés hídrico. **Revista Vida Rural**, Madrid, p.37-42, jul., 2009.

INTRIGLIOLO, D. S. Y CASTEL, J. R. “Continuous measurement of plant and soil water status for irrigation scheduling in plum”. **Irrigation Science**, vol. 23, no. 2, pp. 93-102, 2004.

LACERDA, L. A. O.; MOTTA FILHO, C.; BALUT, F. F.; BETTINI, G.; ZANBON, R. B. Estimativa da quebra de safra de café na região de Marília – SP, no ano agrícola 1999/2000, através da avaliação do tamanho dos grãos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIIRAS, 26., 2000. Marília. **Anais...** Marília: MA/PROCAFÉ/COOCAMAR, 2000, P. 13-14.

LEITE JÚNIOR, M. C. R.; FÁRIA, M. A. De. Manejo da irrigação e da adubação do cafeeiro na sincronização do florescimento e na produtividade. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, Três Corações, v.14, n.1, p. 505-518, jan/jul. 2016.

LEITE, M. A. de A.; MASSRUHÁ, S. M. F. S.; EVANGELISTA, S. R. M.; SOUZA, K. X. S. de. Tecnologias emergentes-futuro e evolução tecnológica das AgroTIC. Brasília: Embrapa Informática Agropecuária, p.331–349, 2014.

LIMA, J. V. O. **Manejo de irrigação com sensores IoT em três fases fenológicas da cultura do café**. Mestrado em Agronomia. Instituto federal do triângulo mineiro – IFTM, 2018.

LIMA, L. A.; CUSTÓDIO, A. A. P de; GOMES, N. M. Produtividade e rendimento do cafeeiro nas cinco primeiras safras irrigado por pivô central em Lavras, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 6, p. 2560-2568, 2008.

KELLER, J. B. Sprink leand trickle irrigation, **Avubook**, New York. p.649, 1990.

MANTOVANI, E. C. AVALIA: Programa de avaliação da irrigação por Aspersão e Localizada. Viçosa, MG: UFV, 2001.

MARTINEZ, H. E. P. et al. Crescimento vegetativo de cultivares de café (*Coffea arabica* L.) e sua correlação com a produção em espaçamentos adensados. **Acta Scientia Agronomy**, Maringá, v. 29, n. 4, p. 481-489, 2007.

MATIELLO.J.B; SANTINATO,R; GARCIA.A.W.R; FERNANDES.D.R. **Cultura de caféno Brasil: Manual de recomendações**, p.63-66, 2010.

MESQUITA, C. M. De.; MELO, E. M. De.; REZENDE, J. E. De.; CARVALHO, J. S.; FABRI JÚNIOR, M. A.; MORAES, N. C.; DIAS, P. T.; CARVALHO, R. M. De.; ARAÚJO, W. G. **Manual do café: implantação de cafezais** (*Coffea arábica* L). Belo Horizonte: EMATER-MG, 2016.

MERA, A. C.; OLIVEIRA, C. A. SILVA. Da.; GUERRA, A. F.; RODRIGUES, G. C. Regimes hídricos e doses de fósforo em cafeeiro. **Bragantia**, Campinas, v-70, n-2, p.302-311, 2011.

MIRANDA, F. R.; SANTANA, M. G. S. De.; SOUZA, C. C. M. De.; OLIVEIRA, C. H. C. De.Calibração do sensor dielétrico ECH2O em dois tipos de solo. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.38, n.3, p.317-321, Jul.-Set., 2007.

MUDRIK, A. S. Manejo da irrigação por gotejamento em cafeeiros nas condições edafoclimáticas do cerrado mineiro. **Tese de mestrado**. Universidade Federal de Viçosa - UFV, Viçosa, p.32-34, 2005.

NAOR, A; COHEN, S.Sensitivity and variability of maximum trunk shrinkage, midday stem water potential, and transpiration rate in response to withholding irrigation from fiel-grown apple trees, **Hortscience**, 38:547–551,2003.

ORTUÑO, M. F.; CONEJERO, W.; MORENO, F.; MORIANA, A.; INTRIGLIOLO, D. S.; BIEL, C.;MELLISHO, C. D.; PÉREZ,P. A.; DOMINGO, R.; RUIZ, S. M. C.;CASADESUS, J.; BONANY, J. Y TORRECILLAS, A. “Could trunk diameter sensors be used in woody crops for irrigation scheduling? A review of current knowledge and future perspectives”. **Agricultural Water Management**, vol. 97, no. 1, pp. 1-11, 2010

ORTUÑO, M.F., GARCIA-ORELLANA, Y., CONEJERO, W., RUIZ-SÁNCHEZ, M.C., MOUNZER, O., ALARCÓN, J.J., TORRECILLAS, A. Relationships between climatic variables and sap flow, stem water potencial and maximum daily trunk shrinkage in lemon trees. **Plant and Soil**, p.229-242, 2006.

PEREIRA, A. R., ANGELOCCI, L. R., SENTELHAS, P. C., **Meteorologia Agrícola**. ESALQ-USP, Piracicaba-SP, 2007.

PERDONÁ, J. M.; SORATTO, R. O.; MARTINS, A. N.; SUGUINO, E.; MANCUSO, M. A. C. Irrigação e certificação da cafeicultura na região Centro-Oeste de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v.71, n-3, p377-384, 2012.

- REMORINI, D., MASSAI, R. Comparison of water status indicators for young peach trees. **Irrigation Science**. 22:39-46, 2003.
- REZENDE, F. C.; OLIVEIRA, S. R.; FARIA, M. A.; ARANTES, K. R.; Características produtivas do cafeeiro recepado e irrigado por gotejamento. **Coffee Science**, Lavras.V-1, n.,2, p.103-110, jul/dez, 2006.
- ROJAS, D. S. J. **Avaliação do uso do fluxo de seiva e da avaliação do diâmetro do caule e de ramos na determinação das condições hídricas de citros, como base para manejo de irrigação**. Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade de São Paulo, 2003.
- ROTONDANO, A.K.F. **Desenvolvimento vegetativo, produção e qualidade dos grãos do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) sob diferentes lâminas de irrigação**. 60 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2004.
- SANTINATO, R.; FERNANDES, A. L. T.; FERNANDES, D. R. **Irrigação na cultura do café**. 2. ed. Belo Horizonte: O Lutador, 2008.
- SANTOS, F. A. O; TELVINA, M. S.; CHAGAS SEGUNDO, P. S. Das; CARVALHO, M. R. B. De. Protótipo de um sistema de irrigação baseado em iot para pequenos e médios produtores rurais. **Acta Tecnológica**, Maranhão, v.12, n.1, 2017.
- SANTOS, R. M. **Calibração de sensores FDR (frequency Domain Reflectometry) para estimativa da umidade do solo**. Tese (Mestrado em Ciências Agrárias). Universidade Federal da Bahia, 2005.
- SCALCO, M. S.; ALVARENGA, L. A.; GUIMARÃES, R. J.; COLOMBO, A. ASSIS, G. A. Cultivo irrigado e não irrigado do cafeeiro ( *Coffea arabica* L.) em plantio superadensado. **Coffee Science**, Lavras, v.6, n.3, p.193-202, 2011.
- SEDIYAMA, G. C.; MELO JÚNIOR, J. C. F. De; SANTOS, A. R. Dos; COSTA, M. H.; HAMAKAWA, P. J.; COSTA, J. M. N. Da; COSTA, L. C. Zoneamento agroclimático do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) para o Estado de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Passo Fundo, v.9, n.3, p.501-509, 2001.
- SECRETÁRIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA – MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO, **Cafê**, Brasília, 2005. Disponível em: <[http://portal.mec.gov.br/setec/arquivos/pdf/publica\\_setec\\_cafe.pdf](http://portal.mec.gov.br/setec/arquivos/pdf/publica_setec_cafe.pdf)>. Acesso em: 20 de novembro de 2018.
- SERRA, E. D.; SCALCO, M. S.; GUIMARÃES, R. J.; COLOMBO, A.; MORAIS, A. R.; CARVALHO, C. H. M. de. Funções de Produção do cafeeiro irrigado em diferentes densidades de plantio. **Coffee Science**, Lavras, v-8, n-2, p. 149-157, abr/jun, 2013.
- SILVA, C. A.; TEODORO, R. E. F.; MELO, B. Produtividade e rendimento do cafeeiro submetido a lâminas de irrigação. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.43, n.3, p.387-394, mar. 2008.
- SILVA, A. C. **Resposta do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) à lâminas de irrigação por gotejamento**. 81f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Uberlândia

- UFU, Uberlândia, 2007.

SOARES, A. R. et al. Irrigação e fisiologia da floração em cafeeiros adultos na região da zona da mata de Minas Gerais. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 27, n. 1, p. 117-125, 2005.

SOUZA.L.F. **Utilização da variação dendrométrica como indicador para o manejo da irrigação de plantas de café.** Dissertação (Mestrado em produção vegetal) –Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias - Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF, Goytacazes, 2011.

SOUZA, J. M. Supressão da irrigação no café conilon. **Agrarian Academy**, Alegre , v. 3, n. 6, p. 65-78, 2016.

STURM, G. M. et al. Qualidade sensorial de café conilon em diferentes altitudes. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v. 6, n. 11, p.1-7, 2010.

SUPPLANT. Growth Based Irrigation – GBI, 2019. Disponível em: <https://supplant.me>. Acesso em: 15 de fevereiro de 2019.