

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
RENATO DE OLIVEIRA FILHO

ESTRATÉGIAS DE PRODUÇÃO DE CAFEEIRO SOBRE DIFERENTES TIPOS DE
MANEJO DA IRRIGAÇÃO NO CERRADO MINEIRO

Monte Carmelo
2024

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
RENATO DE OLIVEIRA FILHO

ESTRATÉGIAS DE PRODUÇÃO DE CAFEIEIRO SOBRE DIFERENTES TIPOS DE
MANEJO DA IRRIGAÇÃO NO CERRADO MINEIRO

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 (a):
Prof. Eusímio Felisbino Fraga Júnior

Monte Carmelo
2024

RENATO DE OLIVEIRA FILHO

ESTRATÉGIAS DE PRODUÇÃO DE CAFEEIRO SOBRE DIFERENTES TIPOS DE
MANEJO DA IRRIGAÇÃO NO CERRADO MINEIRO

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.

Monte Carmelo, 26 de novembro de 2024

Banca Examinadora

Prof. Dr. Eusímio Felisbino Fraga Júnior
Orientador (a)

Prof. Dr. Timóteo Herculino da Silva Barros
Membro da Banca

Prof. Vinícius de Oliveira Rezende
Membro da Banca

Monte Carmelo
2024

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer em primeiro lugar, á Deus que mesmo que de uma forma diferente dos demais, sempre me guiou e me deu forças.

E nesse período e no que antecede ele, não poderia deixar de agradecer algumas pessoas, pessoas essas que fizeram parte de todo um processo de construção de um profissional e o um homem.

Aos meus pais e irmãos, que desde sempre nunca deixaram de acreditar no meu potencial.

A minha amiga e companheira de vida Victória, que participou de todo o processo dando forças para seguir em frente e focado.

Ao meu orientador Prof. Dr. Eusímio Fraga por não somente o aprendizado passado, mas também uma amizade formada e principal responsável da faculdade por todas as oportunidades que tive.

Aos membros do CinCi que sempre estiveram juntos por boa parte do curso, proporcionando momentos de conhecimento e amizade.

Ao proprietário Luiz Augusto Pereira Monguilod por apoiar a realização do experimento na Fazenda Fazenda Vitória II e todos os seus funcionários

E por fim a Universidade Federal de Uberlândia e todo o corpo docente que fez parte e contribuiu para a minha formação para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo e todos que fizeram parte dessa jornada.

Grato!

SUMÁRIO

RESUMO	8
ABSTRACT	9
1. INTRODUÇÃO	10
2. OBJETIVO	11
3. REFERENCIAL TEÓRICO	11
3.1. CAFEICULTURA IRRIGADA	11
3.2. MANEJO DA IRRIGAÇÃO	12
3.3. TIPOS DE SISTEMA DE IRRIGAÇÃO NO CAFEIEIRO.....	12
3.3.1. Irrigação por Aspersão.....	12
3.3.2. Irrigação por Gotejamento Superficial e Subsuperficial	13
3.3.3. Irrigação por Sulco	13
4. MATERIAL E MÉTODOS	14
5. RESULTADOS E DISCUSÕES	19
6. CONCLUSÃO	22
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	22

RESUMO

O trabalho tem como objetivo avaliar a eficiência do uso da água vinda da irrigação na produtividade do cafeeiro (*Coffea arabica* L.), utilizando de duas estratégias de manejo da irrigação (manejo climático e manejo solo-planta-atmosfera) no Cerrado Mineiro, uma das principais regiões produtoras de café no Brasil. A pesquisa foi conduzida na Fazenda Vitória II, em Monte Carmelo - MG, e analisou dois métodos de manejo: o manejo climático, que utiliza dados de uma estação meteorológica para determinar a irrigação, e o manejo MSPA, baseado em sensores instalados nas plantas e no solo para monitorar as condições em tempo real. O experimento foi conduzido no delineamento experimental em blocos ao acaso com dois tratamentos e doze repetições. O trabalho enfatiza a necessidade de estratégias de irrigação mais precisas e adaptadas às necessidades específicas das plantas para melhorar a eficiência dos recursos e reduzir os custos operacionais. Foi avaliado a produção e maturação dos frutos e parâmetros como: Temperatura, umidade, e precipitação dos dois manejos utilizados comparando com três safras do experimento. Com base nos resultados obtidos ao longo das três safras avaliadas (2017/2018, 2018/2019 e 2019/2020), o estudo demonstrou que diferentes estratégias de manejo da irrigação no Cerrado Mineiro influenciam tanto a produtividade quanto a qualidade do café produzido. De forma que, o manejo controlado da irrigação surge como uma estratégia promissora para garantir maior estabilidade produtiva e competitividade no setor cafeeiro da região.

Palavras-chave: Produtividade, sensores, dendrometria.

ABSTRACT

The study aims to evaluate the efficiency of water use from irrigation in the productivity of coffee plants (*Coffea arabica* L.), using two irrigation management strategies (climatic management and soil-plant-atmosphere management) in the Cerrado Mineiro region, one of Brazil's main coffee-producing areas. The research was conducted at Fazenda Vitória II, in Monte Carmelo, Minas Gerais, and analyzed two management methods: climatic management, which uses data from a weather station to determine irrigation, and SPA management (Soil-Plant-Atmosphere), based on sensors installed in the plants and soil to monitor real-time conditions. The experiment was conducted using a randomized block design with two treatments and twelve replications. The study emphasizes the need for more precise irrigation strategies tailored to the specific needs of the plants to improve resource efficiency and reduce operational costs. Production and fruit maturation were evaluated, along with parameters such as temperature, humidity, and precipitation for both management methods, compared across three harvests. In terms of productivity, the 2017/2018 and 2019/2020 harvests did not show significant differences between the analyzed treatments. However, during the 2018/2019 harvest, differences were observed in the percentage of cherry fruits, with the climatic management treatment (CM) outperforming SPA management (MSPA). Conversely, for the percentage of coffee beans graded size 16 and above, SPA management (MSPA) was superior to climatic management (CM).

KEYWORDS: Productivity, sensors, dendrometry.

1. INTRODUÇÃO

A cafeicultura brasileira desde épocas de Brasil colônia sempre se mostrou com grande potencial, que se consolidou mesmo em regiões antes não imaginadas para essa produção. Lima et al. (2016) roboram este raciocínio, afirmando que algumas décadas atrás, o Cerrado era considerado pouco favorável ao cultivo do cafeeiro.

O Brasil detém o título de principal produtor e exportador atualmente no mundo. Onde que, segundo o boletim de acompanhamento da safra brasileira em seu quarto levantamento (CONAB, 2020) com influência de bialidade positiva, indicou uma produção de 63,08 milhões de sacas beneficiadas de 60 kg no ano de 2020, obtendo um incremento de 27,9% sobre a produção de seu ano anterior. Em contrapartida, na safra do ano de 2021 com efeitos fisiológicos da bialidade negativa, observados em diversas regiões produtoras do grão, assim como condições adversas de seca e geadas vistas em muitas localidades, tiveram influência direta nas lavouras, alcançando um volume total de café arábica e conilon produzido no país de 47,716 milhões de sacas beneficiadas de 60 kg, com uma redução de 24,4% em relação ao ano anterior (CONAB, 2021).

O estado de Minas Gerais, maior produtor no país, muito devido a região do cerrado mineiro, é responsável por cerca de 50% da produção total brasileira. Como esperado o estado também sofre impacto da bialidade negativa comparando a safra de 2020 e 2021, onde que, no ano de 2020 Minas Gerais alcançou produção de 34,65 milhões de sacas é em 2021 22,14 milhões de sacas, tendo um decréscimo de 36,1% (CONAB, 2021).

O cerrado mineiro possui duas estações climáticas bem definidas: uma chuvosa, que se dá início entre os meses de setembro e outubro indo até meados do mês de março, e outra parte seca indo de abril até setembro apresentando grande deficiência hídrica segundo o climate date, 2022.

Altas produções no cerrado mineiro, se dão muito a utilização correta da irrigação. Em razão das condições de distribuição irregulares das chuvas nesta região e ocorrência de elevados déficits hídricos (Pezzopane et al., 2010), tem se usado esse modelo de cultivo, em que, a irrigação tem proporcionado resultados altamente positivos na produtividade das lavouras, seja nas já existentes, recuperando-as de 10 a 15 para 30 a 35 sacas por hectare, seja nas novas, com média de 45 a 55 sacas anuais por hectare (Santinato et al. 2008).

Segundo Perdoná et al. (2012) no tratamento irrigado, foi relatado um acréscimo na produtividade média dos dois biênios avaliados de 34,2% em relação ao não irrigado.

Apresentando também maiores alturas das plantas e diâmetros do caule em tratamento irrigados, mostrando que de acordo com Arêdes et al. (2010) Plantas mais robustas e mais altas, em geral, possuem maior número de ramos plagiotrópicos e, conseqüentemente, maior potencial produtivo.

Com esses dados e pensando cada vez mais em reduzir a quantidade de água aplicada, sem perder produtividade, temos a irrigação localizada, sistema de grande importância no cenário agrícola brasileiro (CARVALHO & OLIVEIRA, 2013).

Este sistema pode ser utilizado de duas formas: na superfície ou enterrado, também chamado sistema de irrigação subsuperficial (BARROS et al. 2009)

Método esse que tem sido cada vez mais utilizado podendo aplicar pequenas vazões de alta frequência, aplicação de fertilizantes via água de irrigação (distribuídos na zona radicular das culturas), baixas pressões e alta eficiência (geralmente superior a 90 %), possibilitando um controle eficiente da lâmina de irrigação (BERNARDO et al., 2008).

2. OBJETIVO

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência do uso da água vinda da irrigação na produtividade do cafeeiro (*Coffea arabica L.*), utilizando de duas estratégias de manejo da irrigação (manejo climático e manejo solo-planta-atmosfera).

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1. CAFEICULTURA IRRIGADA

O cafeeiro pertence à família Rubiaceae e representando também o gênero *Coffea* (DAVIS et al., 2007) com mais de 100 espécies descritas (DAVIS et al., 2006) com um maior destaque para a espécie *Coffea arabica* e *Coffea canéfora*, onde que na primeira temos um maior destaque econômico, com sua origem vinda da Etiópia no continente africano.

A cultura é de grande importância para todo o mundo principalmente no Brasil, com uma movimentação econômica gerando empregos, distribuindo a renda em diversos setores, sejam no cultivo, na colheita, no processamento, no transporte e na comercialização, pegando desde a agricultura familiar até os grandes centros de distribuição por todo o país.

Segundo a CONAB 2021, o cultivo do café é distribuído principalmente em 3 grandes centros. Com Minas Gerais sendo detentor da maior área total de produção com cerca de 1.298.534,0 ha, alcançando mais de 55% da área no país. Logo após temos o estado do Espírito Santo com uma área média de 441.618,0 ha, com cerca de 20% da área total do país, e por último temos o estado de São Paulo, com uma área de 210.506,0 ha, chegando a 10% da área total do país.

3.2. MANEJO DA IRRIGAÇÃO

O manejo da irrigação é uma prática de suma importância na agricultura, especialmente em culturas de alta importância econômica que tem seu potencial produtivo elevado com a irrigação como o café. Trata-se do conjunto de ações e decisões relacionadas à quantidade, frequência e momento adequado para aplicação de água às plantas, visando otimizar os recursos hídricos e maximizar a produtividade (Bernardo et al., 2008).

Segundo Silva et al. (2003), qualquer estratégia de manejo de irrigação deve estar ligada as curvas de consumo de água das culturas e, para determinação do momento exato para efetuar a irrigação, torna-se necessário racionalizar o manejo de água na agricultura irrigada. Sendo então necessário efetuar um correto manejo visando suprir as necessidades de água da cultura respeitando os estádios de desenvolvimento do cafeeiro.

A irrigação adequada é fundamental para garantir o equilíbrio hídrico das plantas e evitar tanto a escassez quanto o excesso de água, que podem prejudicar o desenvolvimento vegetal. Segundo Pezzopane et al. (2010), o manejo eficiente da irrigação pode aumentar significativamente a produtividade e a qualidade do produto, especialmente em regiões com déficit hídrico sazonal, como o Cerrado brasileiro. Além disso, práticas de manejo contribuem para a sustentabilidade ambiental ao evitar o desperdício de água e energia.

3.3. TIPOS DE SISTEMA DE IRRIGAÇÃO NO CAFEIRO

3.3.1. Irrigação por Aspersão

Temos inicialmente a irrigação por aspersão, método esse que é amplamente utilizada na cafeicultura. Esse método simula a chuva natural, distribuindo água uniformemente sobre a

superfície do solo e as plantas por meio de aspersores. Segundo Bernardo et al. (2008), uma das vantagens da aspersão é a possibilidade de aplicação em diferentes tipos de solo e declividades, além de promover o resfriamento do ambiente em períodos de altas temperaturas. No entanto, apresenta limitações, como maior evaporação da água e maior risco de doenças foliares devido à umidade na copa das plantas.

3.3.2. Irrigação por Gotejamento Superficial e Subsuperficial

Método que se destaca pela alta eficiência e sendo disseminado na cafeicultura. Pode ser utilizado tanto de forma superficial aplicando pequenas quantidades de água diretamente na zona radicular da planta, ou então de forma subsuperficial que consiste na instalação dos tubos gotejadores enterrados abaixo da superfície do solo. Santinato et al. (2008) ressaltam que o gotejamento é especialmente vantajoso em regiões com déficit hídrico acentuado, pois reduz perdas por evaporação e escoamento superficial. Além disso, permite a aplicação de fertilizantes dissolvidos na água, prática conhecida como fertirrigação, aumentando a eficiência no uso dos insumos.

3.3.3. Irrigação por Sulco

Método menos utilizada na cafeicultura, a irrigação por sulcos ainda é empregada em algumas regiões. Consiste na distribuição da água em canais ou sulcos abertos entre as fileiras de plantas. Carvalho e Oliveira (2013) destacam que esse sistema apresenta custo inicial mais baixo, mas demanda grandes volumes de água e tem eficiência inferior em comparação a sistemas mais tecnológicos, como o gotejamento.

A escolha do sistema de irrigação ideal depende de fatores como disponibilidade hídrica, características do solo, topografia, e objetivos do produtor. Pezzopane et al. (2010) ressaltam que, em regiões de clima seco como o Cerrado, sistemas de alta eficiência, como o gotejamento e o subsuperficial, apresentam resultados melhores em termos de produtividade e economia de recursos. Por outro lado, sistemas mais simples, como a aspersão e os sulcos, podem ser suficientes em áreas com menor restrição hídrica.

4. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Fazenda Vitória II, no município de Monte Carmelo – MG. As coordenadas geográficas da área experimental de 18°71'19''S e 47°58'96''O, com altitude média de 880 m. Classificado de acordo com Köppen e Geiger do tipo Aw, com um inverno frio e seco e um clima geral tropical quente e úmido. Tendo segundo CLIMATE-DATA (2020) uma precipitação média anual de 1.444 mm e temperatura média anual de 21,2°C. O solo do local é do tipo LATOSSOLO VERMELHO.

A fazenda possui cafeeiros da variedade Topázio, plantados em 2010 com um espaçamento de 3,80 x 0,70 m, chegando a 4.386 planta ha⁻¹. A irrigação utilizada foi pelo sistema de gotejamento superficial com emissores espaçados a cada 0,50 m, com uma vazão de 2,3 L h⁻¹ por emissor.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, com dois tratamentos: o método climático (MC) da fazenda e o manejo combinado de Solo-Planta-Clima (MSPA), que foram divididos em 12 blocos de aproximadamente 32m², onde que, cada bloco possui 7 plantas sendo 3 dessas escolhidas para a avaliação vegetativa (Figura 1), totalizando 24 parcelas experimentais.

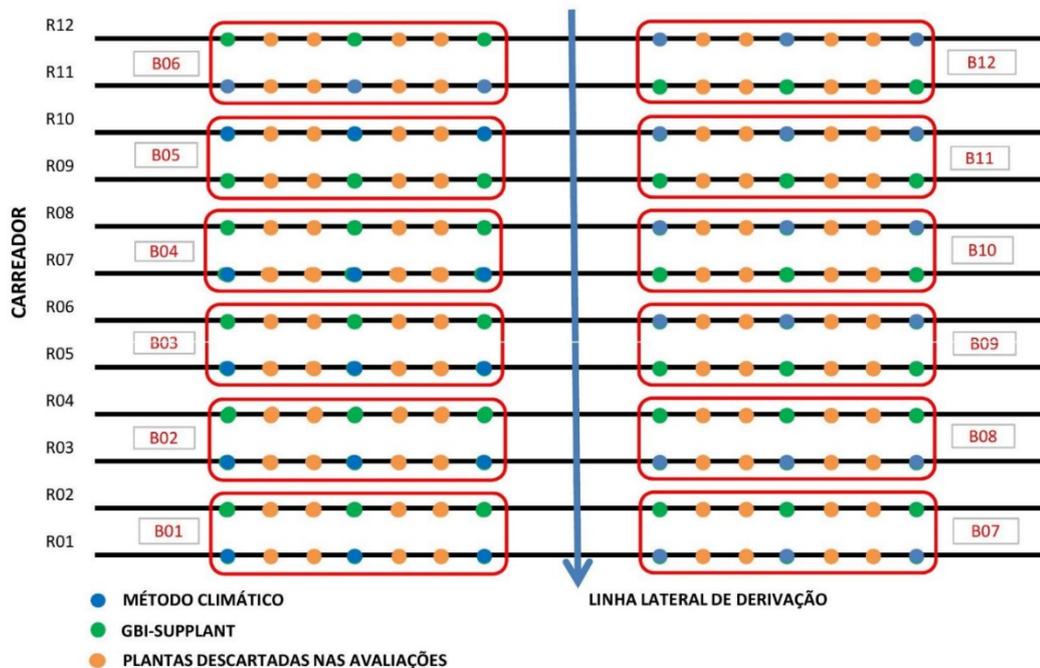


Figura 1. Croqui do experimento.

No tratamento de manejo climático foi utilizado a ferramenta de balanço hídrico climatológico, que utiliza a equação Penman-Monteith para estimativa do cálculo da evapotranspiração de referência (ALLEN et al., 1998) representada na equação abaixo:

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

Em que:

ET_o - evapotranspiração de referência (mm d⁻¹);

R_n - saldo de radiação à superfície da cultura (MJ m⁻² d⁻¹);

G - densidade do fluxo de calor do solo (MJ m⁻² d⁻¹);

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

u₂ - velocidade do vento a 2 metros de altura (m s⁻¹);

E_s - pressão de vapor de saturação (kPa);

E_a - pressão parcial de vapor (kPa);

γ - coeficiente psicométrico (kPa °C⁻¹).

Os dados foram coletados através de uma estação meteorológica do modelo Davis Vantage Pro 2 instalada na fazenda que coletou os dados diariamente sendo: temperatura média (°C), a umidade relativa média do ar (%), velocidade média do vento (m s⁻¹), a radiação solar global (W m⁻²). Com esses dados foi possível determinar a evapotranspiração de referência (ET_o) em mm utilizando a equação Penman-Monteith.

Para efetuar o cálculo da evapotranspiração real (ET_r) utilizou o coeficiente da cultura (K_c) com o valor de 1,1 proposto de acordo com Santinato, Fernandes e Fernandes (2008) para lavoura adulta com idade superior a 3 anos com população de plantas de maior 2.500 p.h⁻¹, ajustando a evapotranspiração as condições fenológicas da cultura.

Como o método de irrigação utilizado foi por gotejamento foi necessário ajustar o coeficiente de irrigação localizada (K_l) de 0,464 proposto por Keller (1990) conforme mostra a equação abaixo:

$$K_l = \frac{(\Delta \text{Deficit de água no solo mm} + \text{Irrigação mm} + \text{precipitação mm})}{\Sigma ET_o \times K_c \text{ médio} \times K_s(\text{médio})}$$

															<input type="button" value="ANTERIOR"/> <input type="button" value="INÍCIO"/> <input type="button" value="PRÓXIMA"/>				
MANEJO IRRIGAÇÃO																			
Local: VITORIA 2 SETOR 5										Mês/Ano: 2022									
Propriet.: Luiz Monguilod										% AD 10									
Munic.: Monte Carmelo																			
BALANÇO HÍDRICO CLIMATOLÓGICO																			
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) *se houver	Irrigação Manual (mm)	Chuva (mm)	Recomendação Irrigação (h)	Recomendação de Reposiç (mm)	ARM inicial (mm)	ARM final (mm)	AD atual (%)
1/1/2022	1	95.6	21.0	0.2	101.0	1.35	1.35	1.00	0.69	0.69							66.47	65.78	87.41
1/2/2022	2	92.8	21.8	0.3	179.3	2.57	2.57	1.00	1.31	1.31				30.0			65.78	75.25	100.00
1/3/2022	3	87.8	23.2	0.4	219.3	3.30	3.30	1.00	1.69	1.69				59.0			75.25	75.25	100.00
1/4/2022	4	93.9	22.2	0.3	170.6	2.51	2.51	1.00	1.28	1.28				36.0			75.25	75.25	100.00
1/5/2022	5	90.0	23.0	0.7	208.5	3.09	3.09	1.00	1.58	1.58							75.25	73.67	97.90
1/6/2022	6	94.3	22.0	0.3	130.8	1.85	1.85	1.00	0.95	0.95				45.0			73.67	75.25	100.00
1/7/2022	7	96.1	21.3	0.8	113.8	1.53	1.53	1.00	0.78	0.78				39.0			75.25	75.25	100.00
1/8/2022	8	94.6	21.7	0.4	154.9	2.19	2.19	1.00	1.12	1.12				38.0			75.25	75.25	100.00
1/9/2022	9	97.0	20.8	0.5	98.0	1.28	1.28	1.00	0.65	0.65				15.0			75.25	75.25	100.00
1/10/2022	10	96.3	20.6	0.1	97.6	1.29	1.29	1.00	0.66	0.66				50.0			75.25	75.25	100.00
1/11/2022	11	96.2	20.3	0.5	96.9	1.24	1.24	1.00	0.63	0.63							75.25	74.62	99.16
1/12/2022	12	96.2	20.5	0.1	111.8	1.49	1.49	1.00	0.76	0.76				10.0			74.62	75.25	100.00
1/13/2022	13	88.0	22.7	0.3	256.1	3.80	3.80	1.00	1.94	1.94							75.25	73.31	97.42
1/14/2022	14	76.9	24.6	0.3	314.9	4.84	4.84	1.00	2.47	2.47							73.31	70.84	94.13
1/15/2022	15	72.3	24.2	0.3	295.0	4.43	4.43	1.00	2.26	2.26							70.84	68.57	91.13
1/16/2022	16	81.1	22.9	0.6	213.9	3.17	3.17	1.00	1.62	1.62				28.0			68.57	75.25	100.00
1/17/2022	17	88.6	21.9	0.3	220.2	3.17	3.17	1.00	1.62	1.62							75.25	73.69	97.86
1/18/2022	18	85.6	23.2	0.4	183.8	2.74	2.74	1.00	1.40	1.40							73.69	72.23	95.99
1/19/2022	19	81.8	23.7	0.9	263.0	4.01	4.01	1.00	2.05	2.05				15.0			72.23	75.25	100.00
1/20/2022	20	77.5	24.2	0.7	288.8	4.45	4.45	1.00	2.27	2.27							75.25	72.98	96.98
1/21/2022	21	82.3	23.6	0.4	238.9	3.61	3.61	1.00	1.84	1.84				7.0			72.98	75.25	100.00
1/22/2022	22	78.4	25.0	0.6	157.6	4.06	4.06	1.00	2.07	2.07							75.25	73.18	97.24
1/23/2022	23	77.8	24.9	0.3	258.2	4.02	4.02	1.00	2.05	2.05							73.18	71.12	94.51
1/24/2022	24	75.2	25.7	0.3	287.7	4.53	4.53	1.00	2.31	2.31		2.0	1.9				71.12	70.73	94.00
1/25/2022	25	87.3	22.9	0.3	216.2	3.20	3.20	1.00	1.63	1.63				20.0			70.73	75.25	100.00
1/26/2022	26	89.7	22.2	0.4	220.5	3.20	3.20	1.00	1.63	1.63							75.25	73.61	97.63
1/27/2022	27	88.3	21.9	0.2	239.7	3.46	3.46	1.00	1.77	1.77							73.61	71.85	95.48
1/28/2022	28	87.1	22.3	0.3	221.3	3.21	3.21	1.00	1.64	1.64							71.85	70.21	93.30
1/29/2022	29	87.2	22.6	0.6	206.9	3.03	3.03	1.00	1.55	1.55							70.21	68.66	91.24
1/30/2022	30	94.7	21.2	0.3	136.2	1.87	1.87	1.00	0.95	0.94				32.0			68.66	75.25	100.00
1/31/2022	31	90.4	22.4	0.7	219.7	3.19	3.19	1.00	1.63	1.63							75.25	73.62	97.88

Figura 2. Planilha De Manejo Fazenda Vitória II (2022)

No manejo MSPA, a estratégia foi com o pensamento de simplificar o manejo, utilizando os mesmos dados da estação meteorológica, correlacionando-os com sensores instalados na planta e no solo, com o objetivo de se ter recomendações de irrigação. Para realizar essas medidas foram instalados dois dendrômetros do modelo DE-1M em duas plantas, sensores esses que monitoram as micro variações no diâmetro do tronco. Enquanto no solo foram instalados sensores analógicos de umidade do solo, do modelo MAS-1 Decagon Devices, com saídas de 4-20 mA (miliampères). Esses sensores determinam o conteúdo volumétrico de água (CVA) medindo a constante dielétrica do meio, usando tecnologia de domínio de capacitância e frequência. Os dois sensores MAS-1, ficaram próximos às plantas monitoradas pelos dendrômetros, com 1 sensor enterrado no solo a 0,2 m e o outro a 0,4 m.

O manejo MSPA, possui um sistema de alerta em tempo real, com diversas informações que podem ser aproveitadas pelo produtor, que junto aos gráficos e notificações fornece uma ferramenta para tomada de decisões. Essas informações são disponibilizadas diretamente na plataforma online (Figura 3).



Figura 3. Plataforma Manejo Solo-planta-atmosfera



Figura 4. Dendrômetro DE-1M instalado na planta monitorada.

Fonte: Lima (2017).



Figura 5. Sensor de umidade de solo MAS-1, instalado na profundidade de 0-20 cm.

Fonte: Lima (2017).

Para a realização da avaliação de produtividade, foi realizado a colheita de seis plantas em cada uma das unidades experimentais na safra de 2019/2020, medindo o volume ($L.planta^{-1}$) e peso ($kg.planta^{-1}$) do café colhido. Os dados obtidos foram comparados aos dados de duas colheitas anteriores dos anos 2017/2018 e 2018/2019. Foi feita a separação dos frutos para a classificação quanto a maturidade, sendo separados em: Verde, Verde-cana, Cereja, Passa e Seco. Após foi determinado a porcentagem de maturação para cada classificação citada acima, onde foi utilizado uma amostra de 1L por parcela para tal quantificação. Em seguida o café foi beneficiado, sendo então obtido a produtividade em sacadas beneficiadas por hectare.

É por último foi feito a avaliação quanto ao tamanho do grão baseado na Instrução Normativa nº8, classificado como: graúdo, médio e miúdo, e quanto ao formato: moca ou chato. Utilizado as peneiras de classificação, os grãos são separados por formato, onde que, os grãos moca ficam retidos nas peneiras de crivo oblongo e os grãos chatos ficam retidos nas peneiras de crivo circular. Na classificação quanto ao tamanho, os grãos que ficam retidos nas peneiras 19, 18 e 17 são considerados grãos graúdos, já nas peneiras de 16, 15 e 14 são considerados grãos médios e nas peneiras 14, abaixo ficam os grãos considerados miúdos.

Os dados obtidos foram submetidos a análise de resíduos com os testes de homoscedasticidade e de normalidade com nível de significância de 5%. Após a verificação da análise de variância (ANOVA) foi utilizado os testes Tukey com o auxílio do software Sisvar.

5. RESULTADOS E DISCUSÕES

Na Tabela 1 são apresentadas as porcentagens de uniformidade de irrigação para as 2 safras em sequência analisadas com os tratamentos testados.

Tabela 1. Porcentagem de Uniformidade de irrigação em função de estratégias de manejo de irrigação utilizados na região de Monte Carmelo, Minas Gerais, nas safras 2017/2018 e 2018/2019.

Tratamentos	2017/2018	2018/2019
MC	95,8 a	97,1 a
MSPA	95,9 a	94,3 a
CV (%)	2,24	3,42

*Médias com a mesma letra não diferem pelo Teste de Tukey à 5% de probabilidade.

Foram feitas avaliações de uniformidade nos sistemas de irrigação uma vez por ano em cada safra, seguindo a fórmula do coeficiente de uniformidade estatística (US), segundo Mantovani et al. (2001). Os valores de uniformidade se apresentaram excelentes segundo os autores, onde que, no tratamento MC para o ano 2017/2018 obteve-se 95,8% de uniformidade, 97,1% para o ano 2018/2019 e 97,1% para o ano 2019/2020 e no tratamento MSPA apresentou 95,9% de uniformidade no ano 2017/2018, 94,3% para o ano 2018/2019 e 94,3% para o ano 2019/2020. Na Tabela 2 apresenta-se os valores totais de irrigação em mm para as 3 safras em sequência analisadas com os tratamentos testados.

Tabela 2. Comparativo de irrigação em mm em função de estratégias de manejo de irrigação utilizados na região de Monte Carmelo, Minas Gerais, nas safras 2017/2018 e 2018/2019.

Tratamentos	2017/2018	2018/2019
MC	148,53	209,3
MSPA	414,78	511,0
Ratio - MSPA / MC	2,79	2,44

*Médias com a mesma letra não diferem pelo Teste de Tukey à 5% de probabilidade.

De acordo com a tabela, notamos que o para todos os anos de safra o total de água aplicado foi maior no MSPA, comparando ano de safra 2017/2018 tivemos cerca de 2.79 vezes mais água aplicada no pelo MSPA em relação ao MC. Na safra 2018/2019 o total de água aplicado no MSPA foi 2,44 vezes maior que MC. A razão foi menor que na primeira safra, mas ainda muito representativa.

Na Tabela 3 dispõe-se os resultados de maturação dos frutos para as 3 safras em sequência analisadas com os tratamentos testados.

Tabela 3. Grau de maturação do cafeeiro em função de estratégias de manejo de irrigação utilizados na região de Monte Carmelo, Minas Gerais, nas safras 2017/2018, 2018/2019 e 2019/2020.

Safra	Tratamentos	(%) Verde	(%) Verde-Cana	(%) Cereja	(%) Passa	(%) Seco
2017/2018	MC	5,4a	4,3a	75,8a	8,8a	5,8a
	MSPA	5,9a	4,2a	74,6a	8,6a	6,8a
	CV (%)	26,8	38,5	3,4	17,6	37,9
2018/2019	MC	15,0a	8,4a	17,8a	25,1a	33,8a
	MSPA	11,4a	4,8a	11,4b	27,3a	45,1a
	CV (%)	62,5	38,5	36,2	35,1	32,4
2019/2020	MC	7,4a	18,51a	35,96a	17,98a	17,74a
	MSPA	7,91a	19,89a	38,38a	18,07a	18,17a
	CV (%)	28,5	23,4	18,1	16,4	25,7

*Médias com a mesma letra não diferem pelo Teste de Tukey à 5% de probabilidade.

Para o ano de 2018/2019 houve uma diferença estatística entre o MC e o MSPA, onde que, o tratamento MC teve 6,4% a mais de frutos cereja quando comparado ao MSPA. Nos demais anos de safra não houve diferenças significativas, sendo que no ano 2017/2018 teve 1,2% a mais de frutos cerejas no tratamento MC e no ano 2019/2020 teve 2,42% a mais de frutos cereja no tratamento MSPA, mas nenhum sendo estatisticamente diferentes.

Em relação a porcentagem dos frutos verdes, notasse que na safra 2018/2019 as quantidades de frutos verdes foram próximas aos frutos cereja, tendo no tratamento MSPA números idênticos comparando uns aos outros, onde Rezende et al. (2006) explica que a irrigação retardou a maturação dos frutos na safra 2002/2003 e 2003/2004, na cidade de Lavras-MG.

Na Tabela 4 temos os valores de produtividade em sacas por hectare para as três safras analisadas com os tratamentos testados.

Tabela 4. Produtividade de café em sacas beneficiadas por hectare em função de estratégias de manejo da irrigação utilizados na região de Monte Carmelo, Minas Gerais, nas safras 2017/2018, 2018/2019 e 2019/2020.

Tratamentos	Produtividade (sc ha ⁻¹)			
	2018	2019	2020	Média - 3 safras
MC	97,7 a	30,5 a	15,6 a	47,9 a
MSPA	93,2 a	21,8 a	14,5 a	43,2 b
CV (%)	10,9	26,13	26,95	11,5

*Médias com a mesma letra não diferem pelo Teste de Tukey à 5% de probabilidade.

Nota-se que não houve diferença significativa na produtividade do cafeeiro para os três anos analisados, no entanto quanto se compara a média das três safras o MC é estatisticamente superior ao MSPA em aproximadamente 9%, que equivale a 4,7 sacas/ha. Cruz (2019) comenta que esse comparativo entre a produtividade dos dois tratamentos no ano de 2018 foi feito em uma de bienalidade positiva, onde que, é essencial avaliar as próximas safras para entender de que forma as estratégias de manejos testadas afetam a produtividade do café em anos de alto e baixo rendimento. O que corrobora com seus dados demonstrando que não houve diferença significativa nas safras seguintes entre os tratamentos, mas após uma safra com altas produtividades tivemos duas safras seguintes com grande diminuição na produtividade em virtude da influência da bienalidade negativa.

Na Tabela 5 temos os valores em % de grãos retidos nas peneiras 16 ou acima para as três safras analisadas com os tratamentos testados.

Tabela 5. Porcentagem de grãos retidos nas peneiras 16 ou acima em função de estratégias de manejo da irrigação utilizados na região de Monte Carmelo, Minas Gerais, nas safras 2017/2018, 2018/2019 e 2019/2020.

Tratamentos	2018	2019	2020
MC	44,1a	47,0b	46,9b
MSPA	44,8a	54,2a	54,2a
CV (%)	14,16	11,49	11,50

*Médias com a mesma letra não diferem pelo Teste de Tukey à 5% de probabilidade.

Observa-se que, na safra de 2017/2018, não houve diferença significativa entre os tratamentos. No entanto, nas safras 2018/2019 e 2019/2020 o tratamento MSPA promoveu um aumento na porcentagem de grãos peneira 16 ou acima, com uma diferença de cerca de 7,2% comparando ao MC.

6. CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos ao longo das três safras avaliadas (2017/2018, 2018/2019 e 2019/2020), o estudo demonstrou que diferentes estratégias de manejo da irrigação no Cerrado Mineiro influenciam tanto a produtividade quanto a qualidade do café produzido.

Os resultados reforçam a importância de práticas de manejo da irrigação adequadas para maximizar a produtividade e manter a qualidade do café no Cerrado Mineiro, principalmente em safras de maior restrição hídrica ou baixo potencial produtivo. Assim, o manejo controlado da irrigação surge como uma estratégia promissora para garantir maior estabilidade produtiva e competitividade no setor cafeeiro da região.

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).

ARÊDES, A.F.; PEREIRA, M.W.G.; SANTOS, M.L. **A irrigação do cafezal como alternativa econômica ao produtor**. Acta Scientiarum Agronomy, v.32, p.193-200, 2010.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Irrigação: princípios e métodos**. 8. ed. Viçosa: Editora UFV, 2008. 625 p.

CARVALHO, A. M.; OLIVEIRA, A. C. **Impacto da irrigação localizada na agricultura nacional**. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada, v. 7, n. 2, p. 120-128, 2013.

CARVALHO, A.M.X.; MENDES, F.Q.; MENDES, F.Q.; TAVARES, L.F. **SPEED Stat: a free, intuitive, and minimalist spreadsheet program for statistical analyses of experiments**. Crop Breeding and Applied Biotechnology, 20(3): e327420312, 2020.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de café**, v. 6– Safra 2020, n. 4- Quarto levantamento, Brasília, p. 1-46, dezembro 2020.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de café**, Brasília, DF, v.11, n. 3, terceiro levantamento, setembro 2021.

CRUZ, Pedro Otávio Honorato da. **Produtividade e eficiência no uso da água em cafeeiro irrigado sob estratégias de manejo da irrigação**. 2019. 39 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal de Uberlândia, Monte Carmelo, 2019.

CUNHA, F. N.; SILVA, N. F.; OLIVEIRA, R. C.; TEIXEIRA, M. B.; CARVALHO, J. J.; GOMES, R. R. F. **Caracterização hidráulica de gotejadores em condição superficial e subsuperficial**. Fortaleza, CE, INOVAGRI. Revista Brasileira de Agricultura Irrigada v.7, nº. 5, p 317 - 329, 2013.

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

LIMA L.C. et al. **Crescimento e produtividade do cafeeiro irrigado, em função de diferentes doses de nitrogênio**. Coffee Science, Lavras, v.11, n.1, p. 97-107, janeiro/março 2016.

LIMA, Jefferson Vasconcelos Oliveira de. **Comparação de métodos de manejo de irrigação em três fases fenológicas do cafeeiro**. Dissertação (Mestrado Profissional em Produção Vegetal) Instituto Federal do Triângulo Mineiro- Campus Uberaba-MG, 2018.

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.

PERDONÁ M. J., SORATTO R. P.,SUGUINO E., MARTINS A. N., MANCUSO M. A. C. **Irrigação e certificação da cafeicultura na Região Centro-Oeste de São Paulo**. Bragantia, Campinas, v. 71, n. 3, p.377-384, 2012.

PEZZOPANE, J. R. M. et al. **Impacto do déficit hídrico na produção de café no Cerrado. Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 10, p. 1085-1092, 2010.

PEZZOPANE, J.R.M.; CASTRO, F. S.; PEZZOPANE, J. E. M.; BONOMO, R.; SARAIVA, G. S. **Zoneamento de risco climático para a cultura do café Conilon no Estado do Espírito Santo. Revista Ciência Agronômica**, v. 41, p. 341-348, 2010.

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.

SANTINATO, F. et al. **Evolução da produtividade em lavouras irrigadas no Cerrado. Revista Brasileira de Cafeicultura Irrigada**, v. 2, n. 4, p. 15-22, 2008.

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

SILVA, M. L. O. e et al. **Produtividade das quatro primeiras safras do cafeeiro (Coffea arabica L.) sob diferentes lâminas de irrigação e fertirrigação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 32., 2003, Goiânia. Anais... Jaboticabal: SBEA, 2003. 1 CD-ROM.**