



GABRIEL CORRÊA DE OLIVEIRA

**AGROMETEOROLOGIA APLICADA NA CULTURA DO CAFÉ:
INTERAÇÕES PLANTA X IRRIGAÇÃO**

LAVRAS-MG

2023

GABRIEL CORRÊA DE OLIVEIRA

**AGROMETEOROLOGIA APLICADA NA CULTURA DO CAFÉ: INTERAÇÕES
PLANTA X IRRIGAÇÃO**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Agronomia, para a obtenção do título de Bacharel.

Prof. Dr. Felipe Schwerz
Orientador

**LAVRAS-MG
2023**

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

de Oliveira, Gabriel Corrêa.

Agrometeorologia aplicada na cultura do café: interações
planta x irrigação / Gabriel Corrêa de Oliveira. - 2023.

43 p.

Orientador(a): Felipe Schwerz.

Monografia (graduação) - Universidade Federal de Lavras,
2023.

Bibliografia.

1. Agrometeorologia. 2. Gotejamento. 3. Coffea arabica. I.
Schwerz, Felipe. II. Título.

GABRIEL CORRÊA DE OLIVEIRA

**AGROMETEOROLOGIA APLICADA NA CULTURA DO CAFÉ: INTERAÇÕES
PLANTA X IRRIGAÇÃO**

**AGROMETEOROLOGY APPLIED TO COFFEE CROP: PLANT X IRRIGATION
INTERACTIONS**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Agronomia, para a obtenção do título de Bacharel.

Aprovada em 10 de março de 2023

Prof. Dr. Felipe Schwerz

Prof. Dr. Rafael Peron Castro

Prof Dr. Victor Buono da Silva Baptista

Prof. Dr. Felipe Schwerz

Orientador

LAVRAS-MG

2023

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras, especialmente ao Núcleo de Estudos em Plantas Oleaginosas, Óleos, Gorduras e Biocombustíveis (G-ÓLEO), ao Núcleo de Estudos em Climatologia e Agrometeorologia (NEACLIM), ao Núcleo de Estudos em Cana-de-Açúcar e ao Sítio Trovão. Aos meus companheiros de trabalho, por sempre estarem dispostos a me ajudar. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de iniciação científica. À Fazenda Santa Terezinha em Campo do Meio / MG, por disponibilizar a área e toda estrutura para a realização dos trabalhos. À empresa OLEA (Sítio Trovão), que proporcionaram desafios e experiências práticas muito engrandecedoras. Aos professores Felipe Schwerz, Rafael Peron e Pedro Castro Neto pela orientação, paciência, conselhos e disposição para ajudar. Sempre estiveram dispostos à ensinar tanto na teoria quanto na prática, engrandecendo o aprendizado durante a jornada em Lavras. Aos meus pais, Aloisio e Fernanda, pelo amor e apoio de sempre, e aos meus irmãos Lucas e Isabella. Aos amigos que fiz em Lavras nos quais fizeram a jornada uma caminhada leve, sendo responsáveis pelos melhores anos da minha vida, especialmente à República Arueira, que além de lar, serviu de muito aprendizado e me deu amizades que considero como irmãos. **MUITO OBRIGADO!**

RESUMO

Estudos envolvendo a agrometeorologia e a cultura do café, principalmente no sentido do entendimento das interações existentes entre a cultura e as condições meteorológicas são fundamentais para a melhoria do sistema de produção. Tornar o sistema de produção mais resiliente é um dos principais desafios que os produtores vivenciam. Um dos principais exemplos é a frequente perda de produção por falta de chuva. Neste sentido, torna-se importante estudar os sistemas de produção a fim de buscar alternativas para minimizar o efeito do déficit hídrico sobre a cultura do café. Objetivou-se com o trabalho avaliar a resposta do café cultivado em diferentes ambientes de produção irrigados e de sequeiro, bem como estudar a influência das condições meteorológicas sobre o crescimento e a produtividade do café. O trabalho foi desenvolvido em uma fazenda de produção de café – Fazenda Santa Terezinha em Campo do Meio, S/N, Zona Rural, – Minas Gerais. As avaliações foram realizadas em diferentes ambientes de produção, sendo: 1 - Sistema de irrigação por gotejamento cultivar Catuaí Vermelho, área irrigada de 9 ha, plantas com dez anos de idade e espaçamento utilizado de 3,60 x 0,70m; 2 - Sistema de irrigação por gotejamento cultivar Topázio, área irrigada de 6,8 ha, plantas com dez anos de idade e espaçamento utilizado de 3,60 x 0,70m; 3 - Sistema de irrigação via Pivô Central cultivar Mundo Novo Acaia 474-19, área irrigada de 15,17 ha, com dezesseis anos de idade e espaçamento utilizado de 3,70 x 0,75m; 4 - Sistema de produção sem irrigação, cultivar Mundo Novo Acaia 474-19, plantas com dezesseis anos de idade e espaçamento utilizado de 3,70 x 0,75m. Para coleta dos dados meteorológicos foi utilizada uma estação meteorológica automática, instalada próxima às áreas de produção de café, controlada via plataforma FieldClimate. Para avaliar a dinâmica da radiação solar nos diferentes ambientes de produção, foram realizadas medidas de radiação solar incidente e interceptada pelas plantas. Para compreender as variações de temperatura do ar nos diferentes ambientes de produção, foi realizada a medida da temperatura do ar em diferentes posições no dossel das plantas de café. Avaliações de crescimento e desenvolvimento foram realizadas tendo-se como objetivo principal acompanhar e determinar o crescimento e desenvolvimento das plantas. As plantas de café cultivadas no ambiente 3 apresentaram maior porcentagem de interceptação da radiação solar do total que chega sobre a cultura, se comparado aos demais ambientes. Houve aumento da interceptação da radiação solar à 25cm do caule entre as avaliações, decorrente do crescimento e aumento da área foliar das plantas durante o período avaliado. Os números de ramos plagiotrópicos foram significativamente maiores nos ambientes 1 e 2, enquanto o diâmetro de caule foi maior nos ambientes 3 e 4. Diante dos resultados, foi possível observar variações na resposta das plantas de acordo com a cultivar e com o sistema de irrigação utilizado.

Palavras chave: Agrometeorologia. Gotejamento. Pivô Central. *Coffea arabica*.

ABSTRACT

Studies regarding agrometeorology and coffee culture, specially when it comes to comprehending interactions between culture and the meteorological conditions are fundamental to the cultivation system's improvements. Making the cultivation system more resilient is one of the main challenges producers face. One of the main examples is the frequent production loss due to lack of rain. Thus, it is important to study cultivation systems while looking for alternatives to minimize effects of water deficit over coffee culture. The current paper aimed on evaluating the grown coffee's response in different environments of irrigated and non-irrigated cultivation, as well as studying the influency of meteorological conditions over the coffee's growth and productivity. The study was developed at a farm dedicated to coffee cultivation - Fazenda Santa Terezinha in Campo do Meio, Rural Area, Minas Gerais. Evaluations were made in different cultivation environments: 1 - Cultivar Catuaí Vermelho drip irrigation system, 9 ha irrigated area, ten years old plants and 3,60 x 0,70m spacing; 2 - Cultivar Topázio drip irrigation system, 6,8 ha irrigated area, ten years old plants and 3,60 x 0,70m spacing; 3 - Cultivar Mundo Novo Acaia 474-19 Central Pivot irrigation system, 15,17 ha irrigated area, sixteen years old plants and 3,70 x 0,75m spacing; 4 - Cultivation system with no irrigation, Cultivar Mundo Novo Acaia 474-19, sixteen years old plants and 3,70 x 0,75m spacing. An automatic meteorological station was used for collecting meteorological data, and it was installed next to the coffee cultivation areas, controlled via FieldClimate platform. To evaluate the dynamics of solar radiation in different cultivation environments, we measured radiation both incident and that were taken by plants. To comprehend air temperature variations in different cultivation environments, we measured air temperature in different positions of the coffee plants' canopy. Growth and development evaluations have been made with the main goal of following and determining the growth and developing of the plants. Coffee plants grown in environment 3 presented the biggest percentage of solar radiation interception that gets to the cultivation when compared to the other environments. There was a growth in solar radiation interception at 25cm from the stem between evaluations due to growth and increase of the plants's leaf area during the analyzed period. The number of plagiotropic branches was significantly bigger in environments 1 and 2, while stem diameter was bigger in environments 3 and 4. In front of the results it was possible to note variations in plants's response according to the cultivar and irrigation system that was used.

Keywords: Agrometeorology. Drip. Central Pivot. *Coffea arabica*.

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1. INTRODUÇÃO | 8 |
| 2. REFERENCIAL TEÓRICO | 10 |
| 2.1 Cultura do café | 10 |
| 2.2 Uso da irrigação na cultura do café..... | 11 |
| 2.3 Crescimento de plantas e agrometeorologia na cafeicultura | 13 |
| 3. MATERIAL E MÉTODOS | 14 |
| 3.1 Descrição do local de estudo..... | 14 |
| 3.2 Descrição dos ambientes de produção..... | 14 |
| 3.3 Coleta de dados meteorológicos | 19 |
| 3.4 Avaliações de crescimento e desenvolvimento das culturas | 22 |
| 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO | 25 |
| 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS | 39 |
| 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 39 |

1. INTRODUÇÃO

Estudos envolvendo a agrometeorologia e a cultura do café, principalmente no sentido do entendimento das interações existentes entre a cultura e as condições meteorológicas são fundamentais para a melhoria do sistema de produção. Tornar o sistema de produção mais resiliente é um dos principais desafios que os produtores vivenciam. Um dos principais exemplos é a frequente perda de produção por falta de chuva. Neste sentido, torna-se importante estudar os sistemas de produção a fim de buscar alternativas para minimizar o efeito do déficit hídrico sobre a cultura do café.

Entre as variáveis meteorológicas que envolvem a agrometeorologia, a radiação solar e a temperatura do ar são as principais condicionantes do crescimento e desenvolvimento das plantas (ELLI et al., 2016; 2017; SCHWERZ et al., 2018; SCHWERZ et al., 2020). A radiação solar é responsável pelo fornecimento de energia radiante para o processo fotossintético, e conseqüentemente, produção de matéria seca das plantas. A temperatura modifica a taxa transpiratória, bem como a atividade metabólica das plantas.

O uso da irrigação pode ser considerado como a principal forma de fornecer condições hídricas adequadas para as plantas. Neste sentido, o produtor de café que tem a possibilidade de fazer o uso de irrigação, deve considerar essa prática para ter uma maior segurança na produção. A escolha do melhor método e sistema de irrigação é um dos grandes desafios dentro da engenharia de irrigação. A escolha deve considerar inúmeros fatores, dentre eles as condições meteorológicas, principalmente a disponibilidade de água, condições de relevo, condições de solo e planta, entre outros fatores. Neste sentido, torna-se importante estudar a resposta das plantas de café submetidas a diferentes tipos de irrigação, bem como a resposta das plantas cultivadas sem o uso de irrigação.

A restrição de água no solo pode afetar negativamente os processos metabólicos referentes ao crescimento e desenvolvimento das plantas (CARVALHO et al., 2006). O uso da irrigação na produção do café além de proporcionar maior produtividade e melhor qualidade do produto, pode proporcionar menores riscos e maior eficiência na utilização e aplicação de insumos (MANTOVANI et al., 2003), formação de caules mais vigorosos e maior número de ramos plagiotrópicos. Segundo Rotondano et al. (2005), o uso da irrigação no cafeeiro incrementou em 69,03% no diâmetro de caule das plantas irrigadas em comparação às não irrigadas. Alves (1999) e Vilella (2001) observaram uma tendência de aumento do número de ramos plagiotrópicos com a utilização da lâmina de água de irrigação.

Outro importante aspecto é a possibilidade de uniformização da florada do cafezal com o uso da irrigação. Na região sudeste do Brasil, estudos indicam que podem ocorrer de 3 a 4 floradas no período reprodutivo do cafeeiro. Segundo Alvim (1960), o estresse hídrico é aparentemente essencial para a quebra de dormência da floração do café, dessa forma, o uso da irrigação frequente e com manejo eficiente seguida de déficit hídrico controlado pode proporcionar melhor controle da florada.

A radiação solar é o principal elemento meteorológico visto que influencia diversos fatores meteorológicos de interesse agrícola, como, por exemplo, temperatura, ventos, chuvas e umidade (HELDWEIN et al., 2009; PEREIRA et al., 2007). Por sua vez, esses fatores agrometeorológicos afetam diretamente os processos metabólicos das plantas, contribuindo com o crescimento e desenvolvimento das culturas e na variabilidade da produção, pois a produção de biomassa nas plantas depende da quantidade de radiação fotossinteticamente ativa absorvida pelas folhas.

A radiação solar global e o saldo de radiação são elementos que determinam a disponibilidade de energia para processos como evapotranspiração, aquecimento do ar e fotossíntese (PEZZOPANE et al., 2005). Entretanto, algumas condições podem comprometer a interceptação da radiação solar incidente, entre elas, o adensamento das plantações. Isso faz com que o índice de sombreamento aumente, ampliando o período de molhamento foliar e favorecendo patógenos que podem comprometer a área foliar disponível. De acordo com Righi et al. (2007) plantas cultivadas em sistemas sombreados obtiveram um índice de área foliar 80% menor do que plantas localizadas a pleno sol.

Além disso, em cafezais a pleno sol o déficit hídrico na fase de enchimento de grãos, somado a ocorrência de altas temperaturas provocam má formação dos grãos, comprometendo a produção (MONTEIRO, 2009). Com isso, a finalidade maior deste estudo foi avaliar o sistema de produção de café irrigado e não irrigado, bem como compreender as interações existentes entre a planta x agrometeorologia x manejo de irrigação. Buscar-se-á desta forma, encontrar alternativas para otimizar o manejo de irrigação, melhorar a eficiência do uso da água, bem como estudar a resposta das plantas de café nos diferentes ambientes de produção.

A partir da importância das variáveis meteorológicas e suas inter-relações frente ao crescimento vegetal e as repostas de planta, torna-se relevante o estudo da influência das variáveis meteorológicas no crescimento e produtividade das espécies, de modo que essas informações possam auxiliar no planejamento, tomada de decisão, realização de tratos culturais, gerando deste modo, resultados produtivos satisfatórios.

Considerando os aspectos citados acima, ainda não existem estudos e informações sobre a interação existente entre a resposta das plantas de café com a agrometeorologia e o manejo de irrigação. Por esse motivo, se justifica a execução deste trabalho, uma vez que os conhecimentos técnicos-científicos que serão produzidos poderão impulsionar o uso de conhecimento para a região de estudo, contribuindo para o fortalecimento do setor de produção de café, uma vez que essa espécie apresenta importância a nível nacional e mundial.

Diante disso, o presente estudo teve como objetivo avaliar a resposta do café cultivado em diferentes ambientes de produção irrigado e não irrigado, bem como estudar a influência das condições meteorológicas sobre o crescimento do café.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Cultura do café

O Cafeeiro é uma planta pertencente à família Rubiaceae, que possui o centro de origem em sub-bosques da Etiópia. Os grãos, colhidos e torrados, formam uma bebida popular desde o século 17. Desde então, se transformou em um produto comercial agrícola de destaque. Em 1727, o café chegou ao Brasil, quando os primeiros cafeeiros foram plantados, antes mesmo da chegada da Família Real. Ao passar dos anos com a criação de órgãos e institutos que realizaram contribuições com pesquisas e disseminaram conhecimentos sobre a cultura, a produção aumentou consideravelmente, se tornando dessa forma o maior produtor do mundo, ocupando a primeira posição no *ranking* mundial (RUFINO, 2006). A cadeia de produção cafeeira gera mais de 8 milhões de empregos diretos e indiretos em 1983 municípios (SUPLICY, 2013), compondo importante papel na economia brasileira com faturamento bruto em torno de 62 bilhões de reais em 2022.

O café é uma espécie de planta adaptada a elevadas altitudes, temperaturas moderadas, bastante exigente em fertilidade do solo e disponibilidade hídrica. Além disso, as condições agrometeorológicas são fatores determinantes na produtividade da lavoura, incidência de agentes fitopatogênicos, pragas e qualidade de bebida (CAMARGO; PEREIRA, 1994).

Existem duas espécies de cafeeiro comercializadas: *Coffea arabica* e *Coffea canephora* (Café Robusta). Elas apresentam diversas diferenças entre si, dentre elas pode-se citar que o primeiro apresenta maior qualidade de bebida, menor rusticidade e maior aceitação mundial, já que seu sabor adocicado permite que ele seja consumido puro. Já o segundo, possui uma bebida de qualidade inferior, maior rusticidade e maior rendimento, o

que deixa o custo de produção mais acessível. Por isso, é usado em misturas (blends) de café e na composição de cafés solúveis (SOUZA et al., 2004.)

O cafeeiro arábica é caracterizado por ser uma espécie arbustiva e perene. É composto por ramos dimórficos, o principal no sentido vertical (ortotrópico) e as ramificações horizontais laterais (plagiotrópicas), onde normalmente encontram-se as folhas e estruturas reprodutivas (ALVES, 2003).

Fisiologicamente, é uma planta de metabolismo C3, isto é, o primeiro composto formado na fotossíntese possui três carbonos. Isso faz com que ela não seja eficiente na fotossíntese, uma vez que a enzima Rubisco, responsável pelo processo de fixação de carbono, pode se ligar ao oxigênio e realizar fotorespiração ao invés de produzir açúcar (VIEIRA et al., 2010). Em relação à absorção de água pela cultura, é variável para cada fase de desenvolvimento, sendo que em períodos vegetativos e períodos de frutificação o déficit hídrico pode afetar diretamente na produtividade da cultura, sendo de grande importância que exista umidade disponível no solo. Nas fases de colheita e repouso, de junho a setembro, a necessidade de umidade é pequena (MATIELLO, 1991).

Segundo dados do Observatório do Café elaborado pelo SPA/Mapa, a safra nacional de café arábica deverá atingir 38,7 milhões de sacas em 2022, com produtividade média de 27,1 sacas por hectare. Dito isso, a utilização do manejo de irrigação pode ser uma técnica interessante para manter o solo com teor adequado de água, favorecendo o desenvolvimento da cultura e, conseqüentemente, possibilitando maior produtividade (SOUZA, 1999). No entanto, estudos precisam ser realizados, para avaliar as interações existentes no ambiente e a viabilidade do investimento no sistema de produção.

2.2 Uso da irrigação na cultura do café

O uso da irrigação em lavouras cafeeiras teve início em regiões em que o cultivo da espécie possuía limitações referentes a necessidades hídricas da cultura do café arábica, como o oeste baiano e o cerrado mineiro, onde períodos extensos de deficiência hídrica são comuns em épocas onde as plantas se encontram em fases críticas de desenvolvimento, dessa forma, a utilização de tecnologias tornam essas regiões aptas para a cafeicultura.

Além de tornar áreas consideradas marginais aptas ao cultivo do café, a irrigação promove incrementos na produtividade e elimina riscos advindos de secas ocasionais em áreas com plantas já desenvolvidas. O café irrigado em regiões com o clima adequado como no Sul de Minas, onde este trabalho foi realizado, possui benefícios como a possibilidade de utilização do déficit hídrico controlado para indução da abertura de botões florais para o

momento mais adequado, além de suplementar as chuvas em situações de veranicos durante as fases de crescimento e desenvolvimento dos grãos (GUERRA et al., 2007).

Segundo Oliveira et al. (2010), a irrigação por gotejamento na região de Lavras – MG proporcionou aumento produtivo de 33,5%, gerando maiores lucros ao produtor, sendo a prática do manejo de irrigação economicamente viável. Os autores verificaram também por meio de análise econômica que os maiores custos das áreas irrigadas, como mão de obra e energia, foram compensados pelo aumento na produtividade de grãos, considerando a situação econômica na data do trabalho.

Outros trabalhos descritos na literatura demonstram incrementos na produtividade do café arábica diretamente ligados à utilização da irrigação. Bonomo et al. (2008) concluiu que a irrigação dobrou a produtividade do cafeeiro no cerrado goiano. Gomes, Lima e Custódio (2007) destacaram aumento de 119% na produtividade de grãos em relação ao cultivo em sequeiro. Matiello (1991) destacou resultados positivos para o aumento da produtividade utilizando a prática de irrigação em áreas do cerrado no Triângulo Mineiro e em zonas contíguas de Minas Gerais e Goiás.

Os mecanismos utilizados para a irrigação de áreas cafeeiras variam de acordo com a disponibilidade de recursos hídricos e econômicos, possuindo vantagens e limitações entre os tipos de manejo. Os sistemas mais utilizados são: pivô central e autopropelidos, gotejamento, microaspersão, aspersão convencional, e métodos utilizando mangueiras. Destacam-se para a região cafeeira do Sul de Minas as técnicas de irrigação via pivô central e gotejamento, utilizadas neste estudo.

Aplicações frequentes de lâminas de irrigação favorece o solo a manter níveis adequados de água. Os sistemas de irrigação que fornecem água de forma localizada, como o gotejamento, possui a capacidade da aplicação frequentes e destaca-se com vantagens caracterizadas pela economia de água, baixa utilização de mão-de-obra, bom potencial de automatização, pela manutenção de elevados níveis de água no solo para melhorar o desenvolvimento das culturas, pela possibilidade de se adequar às condições de solos pedregosos, rasos e topografia acidentada, pela possibilidade de aplicação de produtos químicos em solução na água de irrigação e pela redução dos riscos de contaminação das culturas (SCALOPPI, 1986). Este tipo de sistema fornece água através de mangueiras com furos próximos ao caule da planta, através de vazão controlada.

O sistema de irrigação via pivô central funciona por meio de movimentação e irriga uma área circular por meio de aspersores localizados em torres suspensas sobre rodas, e gira em torno de um ponto fixo. Segundo Rodrigues et al. (2001) a irrigação por pivô central destaca-se por vantagens como boa uniformidade de distribuição da água quando bem

dimensionado e com boa manutenção, fácil controle da lâmina d'água aplicada, menor dispêndio de mão-de-obra, marketing e possibilidade de fertirrigação e quimigação, além de não atrapalhar em operações em tratos culturais.

Novos estudos estão sendo conduzidos para comparar a eficiência dos diferentes sistemas de irrigação para o café na região do Sul de Minas Gerais, com o objetivo de avaliar a resposta da cultura e promover estratégias de manejo ideais.

2.3 Crescimento de plantas e agrometeorologia na cafeicultura

Um dos elementos relacionados ao crescimento de plantas e da produtividade cafeeira são os fatores climáticos, diretamente ligados ao manejo e à fisiologia da planta. Limitações climáticas, como temperaturas muito baixas, podem causar danos e morte do tecido foliar (SEDIYAMA et al., 2001; DaMATTA et al., 2007), enquanto altas temperaturas provocam o amarelecimento e a queima de folhas e frutos, com efeito na escaldadura do café (MATIELLO, 2015), resultando em frutos de baixa qualidade e perda de rendimento.

O microclima existente em cada tipo de manejo interfere no desempenho do cafeeiro alterando as trocas gasosas, a anatomia, a morfologia, o crescimento e o desenvolvimento reprodutivo, refletindo conseqüentemente em sua produtividade (LUNZ et al., 2009), dessa forma, a avaliação de caracteres vegetativos das plantas e de variáveis meteorológicas no sistema de produção durante o desenvolvimento da cultura é importante para o monitoramento e para a realização de estimativas de produtividade, auxiliando no planejamento e comercialização agrícola do café.

Ao avaliar variáveis durante o desenvolvimento da cultura do café, Carvalho et al. (2010) observou que o número de ramos plagiotrópicos, altura de planta, número de ramos, comprimento do ramo plagiotrópico e diâmetro de caule apresentaram correlação fenotípica significativas com a produtividade da cultura. Martinez et al. (2007) encontraram correlação entre o crescimento vegetativo e a produtividade e alta correlação fenotípica entre altura de planta e produtividade na primeira colheita.

As variáveis meteorológicas no ambiente de produção determinam a disponibilidade de energia para processos como evapotranspiração, aquecimento do ar e solo, fotossíntese, e podem interferir em questões operacionais. A radiação solar é um elemento fundamental para realização da fotossíntese, sendo que, a quantidade de energia transformada pelas plantas em carbono orgânico depende diretamente da quantidade e qualidade da luz disponível, refletindo no desenvolvimento dos frutos.

A disponibilidade de luz aumenta a taxa fotossintética que faz com que as plantas produzam mais folhas (SILVA et al., 2015). Essa disponibilidade de luz está diretamente relacionada à dinâmica da radiação solar interceptada e à temperatura foliar ao longo do dossel das plantas que variam, com possíveis reflexos sobre o comportamento estomático e a fotossíntese (ARAUJO et al., 2008). A variação ao longo do dossel das plantas pode ser explicada pela quantidade da área foliar existente nas plantas que modificam a quantidade da radiação solar interceptada. Conforme observado por Abdala et al. (2019), as folhas medianas e inferiores são geralmente sombreadas pelas superiores, ocorrendo redução na interceptação da radiação solar.

Dessa forma, é importante quantificar a quantidade de radiação solar interceptada e a temperatura para cada ambiente de produção com o objetivo de dimensionar o arranjo espacial do sistema considerando a incidência da radiação solar ideal para atender a demanda da cultura do café, para que não ocorra a redução da radiação solar interceptada em pontos do dossel a ponto de prejudicar o processo fotossintético, ocasionando um efeito deletério na produtividade.

3. MATERIAL E MÉTODOS

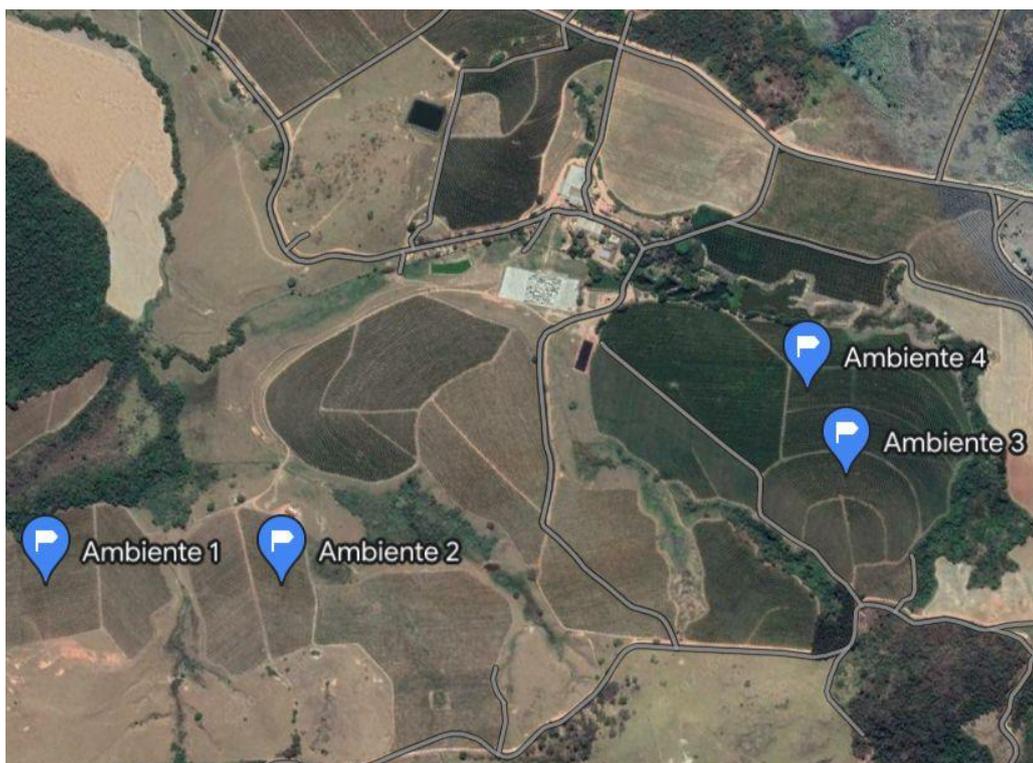
3.1 Descrição do local de estudo

O trabalho foi desenvolvido em uma fazenda de produção de café – Fazenda Santa Terezinha em Campo do Meio, S/N, Zona Rural, – Minas Gerais, CEP 37165-000 sob coordenadas geográficas Latitude -21.117536, Longitude -45.909604 e Altitude 760m.

3.2 Descrição dos ambientes de produção

As avaliações foram realizadas em diferentes ambientes de produção, conforme figura 1.

Figura 1. Imagem do local obtida via satélite, Faz. Santa Terezinha.



Fonte: Google Maps (2023).

Cada ambiente é caracterizado conforme segue:

- Ambiente 1: Sistema de irrigação por gotejamento, cultivar Catuaí Vermelho, área irrigada de 9 ha. Plantio foi realizado em 2012, neste caso as plantas estão com dez anos de idade. O espaçamento utilizado é de 3,60 x 0,70m, o que resulta em uma população de 3968 plantas/ha. Esta gleba obteve alta produção na safra 2020/2021 e foi realizado o manejo de poda tipo esqueletamento para safra 2021/2022, sendo a área mais recentemente podada visando o escalonamento de produção.

Figura 2. Café arábica cultivar Catuaí Vermelho (ambiente 1) irrigado via gotejamento.



Fonte: Do autor (2023).

- Ambiente 2: Sistema de irrigação por gotejamento, cultivar Topázio, área irrigada de 6,8 ha. Plantio foi realizado em 2012, neste caso as plantas estão com dez anos de idade. O espaçamento utilizado é de 3,60 x 0,70m, o que resulta em uma população de 3968 plantas/ha. Esta gleba obteve alta produção na safra 2020/2021 e foi realizado o manejo de poda tipo esqueletamento para safra 2021/2022.

Figura 3. Café arábica cultivar Topázio (ambiente 2) irrigado via gotejamento.



Fonte: Do autor (2023).

- Ambiente 3: Sistema de irrigação por Pivô Central, cultivar Mundo Novo Acaia 474-19, área irrigada de 15,17 ha. Plantio foi realizado em 2006, neste caso as plantas estão com dezesseis anos de idade. O espaçamento utilizado é de 3,70 x 0,75m, o que resulta em uma população de 3604 plantas/ha.

Figura 4. Café arábica cultivar Mundo Novo (ambiente 3) irrigado via pivô central.



Fonte: Do autor (2023).

- Ambiente 4: Sistema de produção sem irrigação, cultivar Mundo Novo Acaia 474-19. Plantio foi realizado em 2006, neste caso as plantas estão com dezesseis anos de idade. O espaçamento utilizado é de 3,70 x 0,75m, o que resulta em uma população de 3604 plantas/ha.

Figura 5. Café arábica cultivar Mundo Novo (ambiente 3) sem irrigação.



Fonte: Do autor (2023).

Cabe destacar, que entre os ambientes 1 e 2 a única diferença é o cultivar; e entre os ambientes 3 e 4 é que um ambiente de produção é irrigado e o outro não. Neste sentido, o objetivo foi avaliar a resposta das plantas e a influencia da agrometeorologia em cada ambiente de produção. A partir dessa informação é possível compreender e identificar as diferenças existentes entre os ambientes, a fim de otimizar o uso da irrigação e tornar os sistemas de produção mais sustentáveis e rentáveis.

3.3 Coleta de dados meteorológicos

Foram coletados dados diários das variáveis meteorológicas (radiação solar incidente, temperatura do ar, velocidade do vento, umidade relativa do ar, entre outras). Para coleta dos dados meteorológicos foi utilizada uma estação meteorológica automática, instalada próxima às áreas de produção de café, controlada via plataforma FieldClimate, que reúne e apresenta graficamente os dados provenientes de sensores.

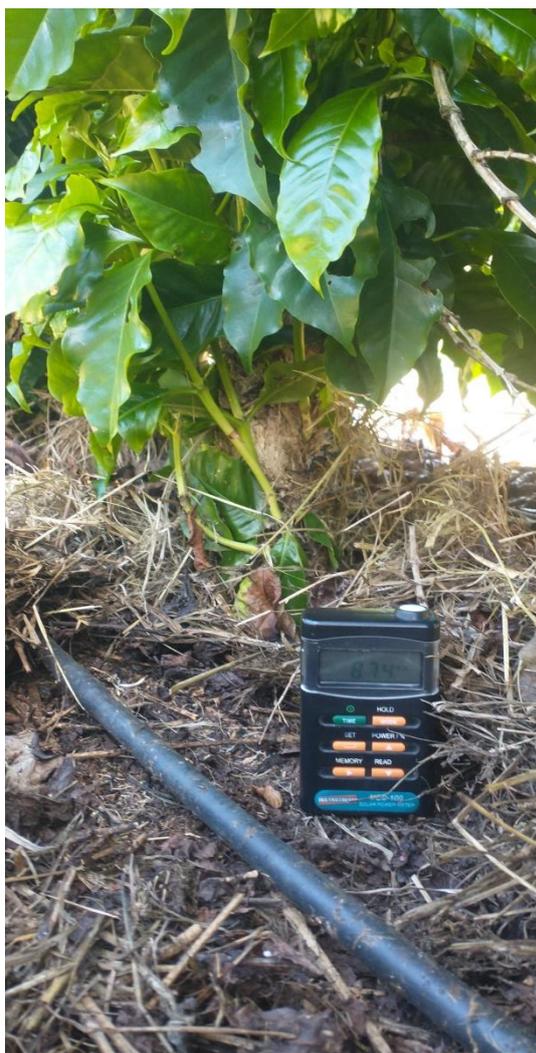
Figura 6. Plataforma FieldClimate, utilizada para análise de dados obtidos via estação meteorológica.



Fonte: FieldClimate (2023).

Para avaliar a dinâmica da radiação solar nos diferentes ambientes de produção, foram realizadas medidas de radiação solar incidente e interceptada pelas plantas. A radiação solar incidente foi avaliada durante o ciclo de produção da cultura, no mesmo dia das avaliações de crescimento. A radiação global incidente (MJ m^{-2}) foi determinada com o auxílio de um piranômetro portátil, sendo determinada no período das 10 às 12h. Os valores de interceptação da radiação global (IRG) foram obtidos de acordo com a seguinte equação: $\% \text{ interceptação} = [100 - (R_i \times 100/R_s)]$, em que R_i = radiação global incidente no interior do dossel; R_s = radiação global total incidente no superior do dossel.

Figura 7. Piranômetro portátil realizando medição da radiação solar abaixo da saia da planta.



Fonte: Do autor (2023).

Para compreender as variações de temperatura do ar nos diferentes ambientes de produção, foi realizada a medida da temperatura do ar em diferentes posições no dossel das plantas de café. A medida foi realizada através do uso de um termômetro infravermelho, no mesmo dia e horário das avaliações da radiação solar.

Figura 8. Termômetro infravermelho.



Fonte: Do autor (2023).

3.4 Avaliações de crescimento e desenvolvimento das culturas

Tendo-se como objetivo principal acompanhar e determinar o crescimento e desenvolvimento das plantas durante todo o ciclo de produção, buscando-se relacionar estes valores com os valores dos elementos meteorológicos que serão coletados conjuntamente. Para auxílio das mensurações foi utilizado planilha específica, régua graduada, paquímetro e trena dendrométrica.

Durante as avaliações, as seguintes variáveis de crescimento foram medidas:

- i) Altura da planta;
- ii) Diâmetro do caule;
- iii) Número de ramos plagiotrópicos na planta.

Figura 9. Medição de variáveis de crescimento.



Fonte: Do autor (2023).

Figura 10. Medidas de variáveis de crescimento.



Fonte: Do autor (2023).

Com base nos ramos plagiotrópicos, foi realizada a marcação de dois ramos por planta, localizados no terço médio da planta. Destes ramos foi realizada a medida das variáveis número de nós e número de folhas no ramo plagiotrópico.

Figura 11. Medida de variáveis em ramo plagiotrópico.



Fonte: Do autor (2023).

Uma vez realizado as avaliações e coleta de dados, os resultados obtidos foram analisados e as figuras geradas através da plataforma Excel. Uma análise descritiva foi realizada a fim de caracterizar os ambientes de produção.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados apresentados aqui foram obtidos a partir de dados de variáveis meteorológicas coletadas via estação meteorológica localizada na fazenda do período de 25/09/2021 a 07/06/2022, período em que foram considerados dados da estação e os dados coletados em avaliações presenciais de crescimento e de outras variáveis meteorológicas na área plantada de cultivares de café arábica, em sistema de produção irrigado via gotejamento, via pivô central e em sistema sequeiro.

A figura 12 apresenta a precipitação e evapotranspiração de referência (ET_o) e a precipitação acumulada do período em questão. É possível observar que a precipitação total acumulada no período foi de 1555,6 mm de chuva, havendo longo período de estiagem entre 13/04/2022 e 14/05/2022, com precipitação de 1,6mm em 31 dias. A maior precipitação observada foi nos dias 31/10/2021 e 01/11/2021, havendo total de 157 mm de chuva acumulada. Para a variável precipitação, verificou-se uma tendência linear decrescente após janeiro de 2022, enquanto que para a variável evapotranspiração de referência verificou-se uma tendência linear decrescente após março de 2022, explicado pela possível diminuição de água disponível no solo havendo, dessa forma, quantidades menores de água transferida para atmosfera.

Figura 12. Precipitação acumulada e evapotranspiração de referência durante o período total avaliado.



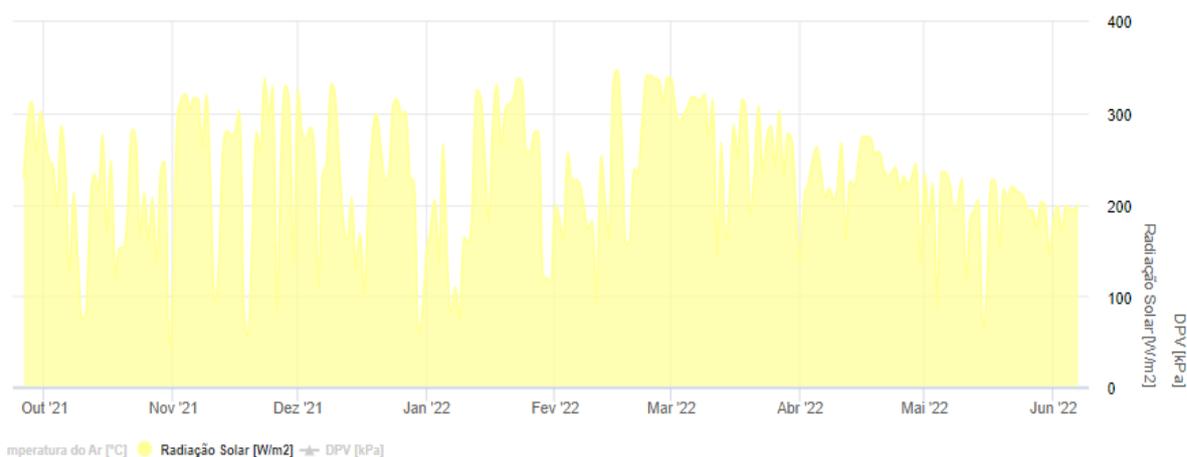
Fonte: FieldClimate (2023).

A evapotranspiração de referência (ET_o) é um importante parâmetro agrometeorológico também considerada como elemento climático de demanda hídrica (CARVALHO et al., 2011). Considerando a dinâmica da evapotranspiração de referência apresentada na figura 12, foi possível observar que durante o período avaliado a ET_o média

foi maior que a precipitação, auxiliando no planejamento e manejo da irrigação da área para o fornecimento de água, com o objetivo de que as plantas não sofram por restrição hídrica.

Considerando a dinâmica de radiação solar dos dados obtidos via estação meteorológica, foi possível observar que a média obtida durante o período avaliado de 255 dias foi de 227 W/m² (figura 13). A menor radiação solar observada foi no dia 31/10/2021 no valor de 43 W/m² que pode ser relacionada com a maior precipitação citada acima, resultante de grande número de nuvens, chuvas e consequentemente maior sombreamento da área. A maior radiação observada foi no dia 16/02/2021, no valor de 347 W/m². Foi observada tendência linear decrescente a partir de março de 2022, explicado pela diminuição dos dias que recebe menor quantidade de luz solar, havendo menor incidência de radiação solar, de acordo com o posicionamento da terra em relação ao sol.

Figura 13. Dados de radiação solar obtidos via estação meteorológica durante o período avaliado.

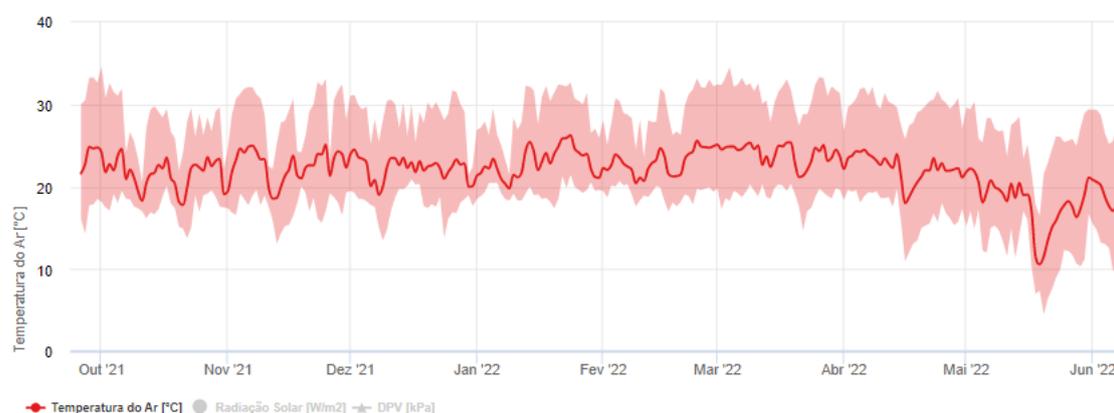


Fonte: FieldClimate (2023).

As variáveis temperatura do ar máxima, mínima e média foram observadas, nas quais demonstraram tendência linear decrescente a partir de abril/2022, conforme apresentado na figura 14. Os menores valores médio e mínimo foram observados no dia 19/05/2022, data em que houve diversos alertas de riscos de geadas para região do Sul de Minas Gerais. Os valores foram de 10,6°C e 7,4°C, respectivamente. O valor máximo da temperatura do ar foi de 34,55°C no dia 03/04/2022 e o maior valor médio foi de 25,86°C e ocorreu no dia 22/01/2022, com temperatura máxima de 32,35°C e mínima de 21,27°C.

A dinâmica da temperatura do ar durante o período observado mostra tendência linear decrescente a partir do mês de março/2022, após a transição da estação do verão para o outono.

Figura 14. Temperaturas do ar máximas, médias e mínimas (°C) observadas durante o período avaliado.

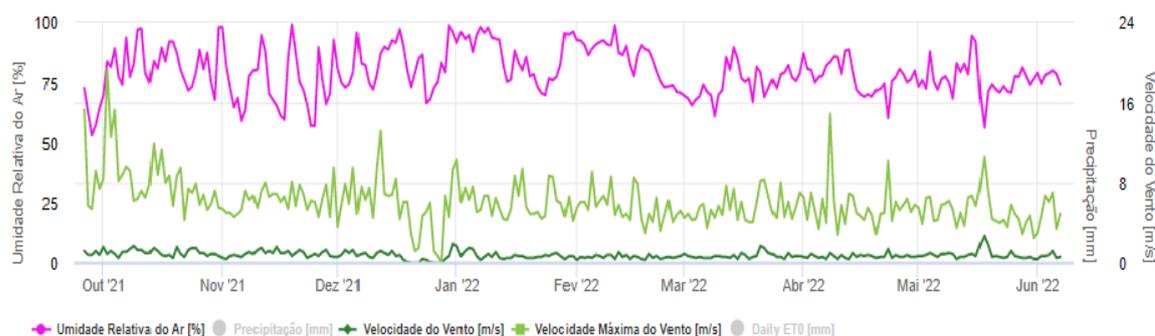


Fonte: FieldClimate (2023).

A figura 15 apresenta os dados de umidade relativa do Ar (%), Velocidade Média do Vento (m/s) e Velocidade Máxima do Vento (m/s). A média da umidade relativa do Ar observada durante o período avaliado na área da fazenda foi de 79,56%. A variação média ficou entre 56,37% e 99,15%.

Analisando os dados de velocidade do vento e velocidade máxima do vento (m/s) foi possível observar uma média durante o período avaliado de 0,78 m/s e 3,08 m/s, respectivamente. O dia com maior valor de velocidade de vento observado foi em 18/05/2022 com 2,7 m/s, o mesmo dia em que houve a menor umidade relativa do ar, enquanto o dia com maior valor de velocidade máxima de vento observada foi em 02/10/2021 com valor de 19,4 m/s.

Figura 15. Umidade relativa do ar, velocidade do vento e velocidade máxima do vento observada durante o período avaliado.

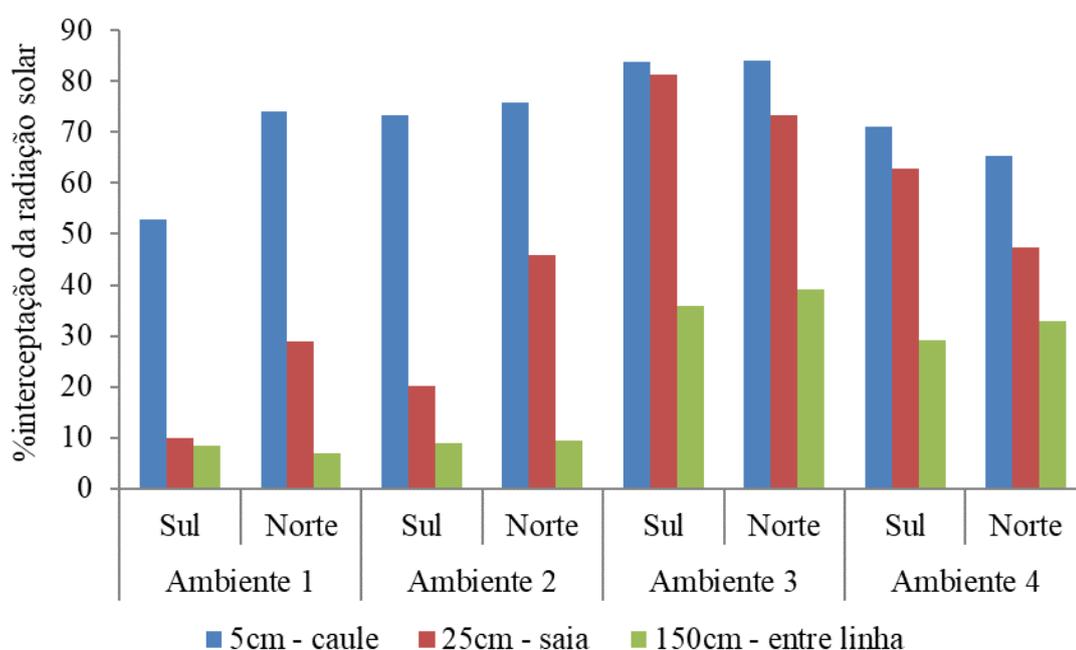


Fonte: FieldClimate (2023).

Os dados apresentados a seguir foram obtidos a partir das avaliações presenciais na fazenda utilizando os equipamentos mencionados na metodologia deste trabalho, com o objetivo de comparar a dinâmica dos diferentes sistemas de produção. Para as avaliações onde foram coletados dados nas faces norte e sul das plantas, foram realizadas médias entre os valores das duas faces para a discussão.

Como demonstrado nas figuras 16 e 17, a dinâmica da radiação solar incidente em duas avaliações. A avaliação 1 foi realizada no dia 25/09/2021 e a avaliação 2 foi realizada no dia 03/03/2022. Foram tomadas medidas utilizando um piranômetro portátil em três diferentes posições, sendo à 5cm de distância do caule, 25cm de distância do caule (saia da planta) e à 150cm de distância do caule das plantas, nas entre linhas, onde há maior incidência de radiação solar direta.

Figura 16. Radiação solar incidente nos ambientes avaliados no dia 25/09/2021.



Fonte: Do autor (2023).

Para o ambiente 1 (Sistema de irrigação por gotejamento cultivar Catuaí Vermelho) a porcentagem média de interceptação solar à 5cm do caule foi de 63,5% e à 25cm de distância do caule, na saia da planta, foi de 19,5%, enquanto nas entre linhas deste ambiente de produção a interceptação solar média foi de 7,6%.

Para o ambiente 2 (Sistema de irrigação por gotejamento cultivar Topázio) a porcentagem média de interceptação solar foi 74,6%, 24,5% e 9,1% nas diferentes posições de avaliação à 5cm do caule, 25cm de distância e nas entre linhas, respectivamente.

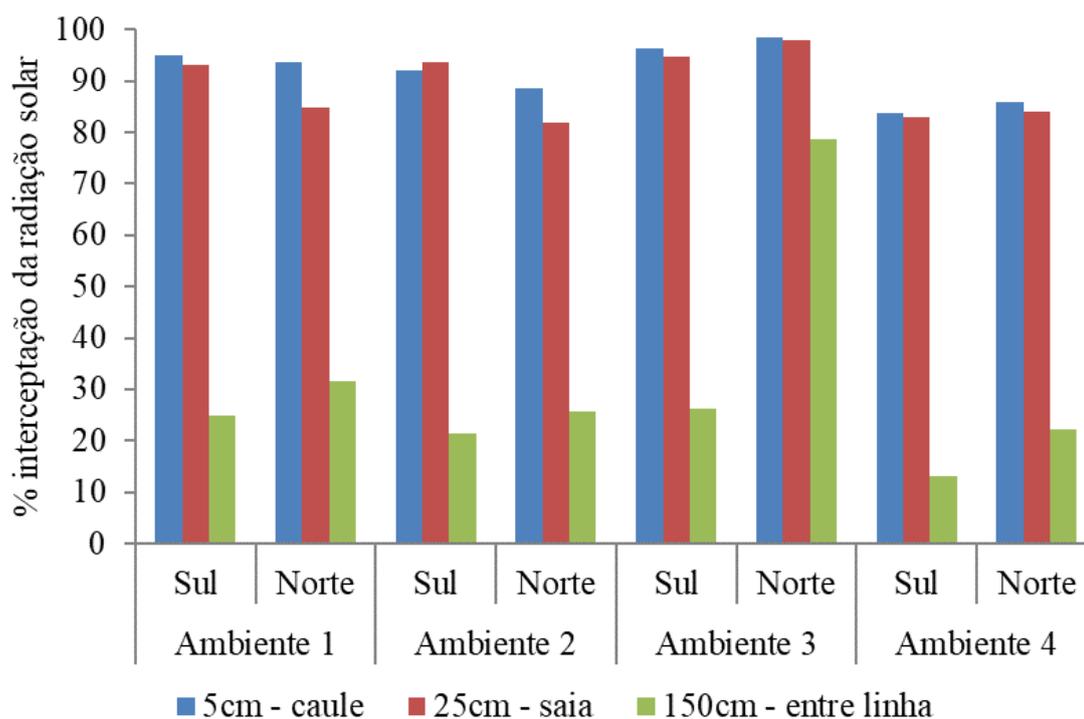
De acordo com os dados foi possível observar que as plantas de café cultivadas no ambiente 3 (Sistema irrigado via Pivô Central cultivar Mundo Novo) apresentaram maior porcentagem de interceptação da radiação solar do total que chega sobre a cultura, se comparado aos demais ambientes. A porcentagem média de interceptação solar foi 83,9%, 77,3% e 37,5% nas diferentes posições de avaliação à 5cm do caule, 25cm de distância e nas entre linhas, respectivamente. A maior interceptação de radiação solar para este ambiente de produção pode estar relacionada ao porte das plantas, tendo em vista que a cultivar Mundo Novo possui maior estrutura se comparada com as demais cultivares apresentando, desta forma, maior área foliar para interceptação da radiação solar.

Para o ambiente 4 (cultivar Mundo Novo em sequeiro) a porcentagem média de interceptação solar foi 68,2%, 55,1% e 31% nas diferentes posições de avaliação à 5cm do caule, 25cm de distância e nas entre linhas, respectivamente, dessa forma, os dados demonstram valores de interceptação de radiação solar inferior ao ambiente de produção 3 que é a mesma cultivar, população e idade de plantas. À 5 cm do caule a interceptação foi 15,7% menor e à 25cm de distância do caule a interceptação foi 22,2% menor. A menor quantidade de interceptação da radiação solar pode estar relacionada à menor área foliar para este ambiente de produção em decorrência da ausência do manejo de irrigação, havendo menor potencial produtivo se comparado ao ambiente 3 onde existe sistema de irrigação via pivô central, demonstrando a importância do manejo de irrigação e possíveis retornos econômicos.

Os valores reduzidos de interceptação da radiação solar observados nas entre linhas e à 25cm do caule se comparados à 5cm do caule são explicadas pela menor área foliar ou sua ausência, no caso das entre linhas.

A figura 17 demonstra dados coletados na segunda avaliação, realizada no dia 03/03/2022, ou seja, 159 dias após a primeira avaliação. Para o ambiente 1 (Sistema de irrigação por gotejamento cultivar Catuaí Vermelho) a porcentagem média de interceptação solar à 5cm do caule foi de 94,2% e à 25cm de distância do caule, na saia da planta, foi de 89%, enquanto que nas entre linhas deste ambiente de produção a interceptação solar média foi de 28,2%, dessa forma, houve aumento da porcentagem média de interceptação solar de 30,7%, 69,5% e 20, 6% nas diferentes posições de avaliação à 5cm do caule, 25cm de distância e nas entre linhas, respectivamente, entre as duas avaliações.

Figura 17. Radiação solar incidente nos ambientes avaliados no dia 03/03/2022.



Fonte: Do autor (2023).

Para o ambiente 2 (Sistema de irrigação por gotejamento cultivar Topázio) a porcentagem média de interceptação solar foi 90,2%, 87,6% e 23,5% nas diferentes posições de avaliação, havendo aumento da porcentagem média de interceptação solar de 15,6%, 63,1% e 14,4% à 5cm do caule, 25cm de distância e nas entre linhas, respectivamente, entre as duas avaliações.

Para o ambiente 3 (Sistema irrigado via Pivô Central cultivar Mundo Novo) a porcentagem média de interceptação solar foi 97,4%, 86,6% e 52,3% nas diferentes posições de avaliação, havendo aumento da porcentagem média de interceptação solar de 13,5%, 9,3% e 14,8% à 5cm do caule, 25cm de distância e nas entre linhas, respectivamente, entre as duas avaliações. Os dados coletados neste ambiente demonstram comportamento similar à avaliação na data anterior, apresentando maior porcentagem de interceptação da radiação solar do total que chega sobre a cultura se comparado aos demais ambientes, o que está relacionado ao maior porte das plantas da cultivar Mundo Novo, resultando em maior área foliar para interceptação da radiação solar.

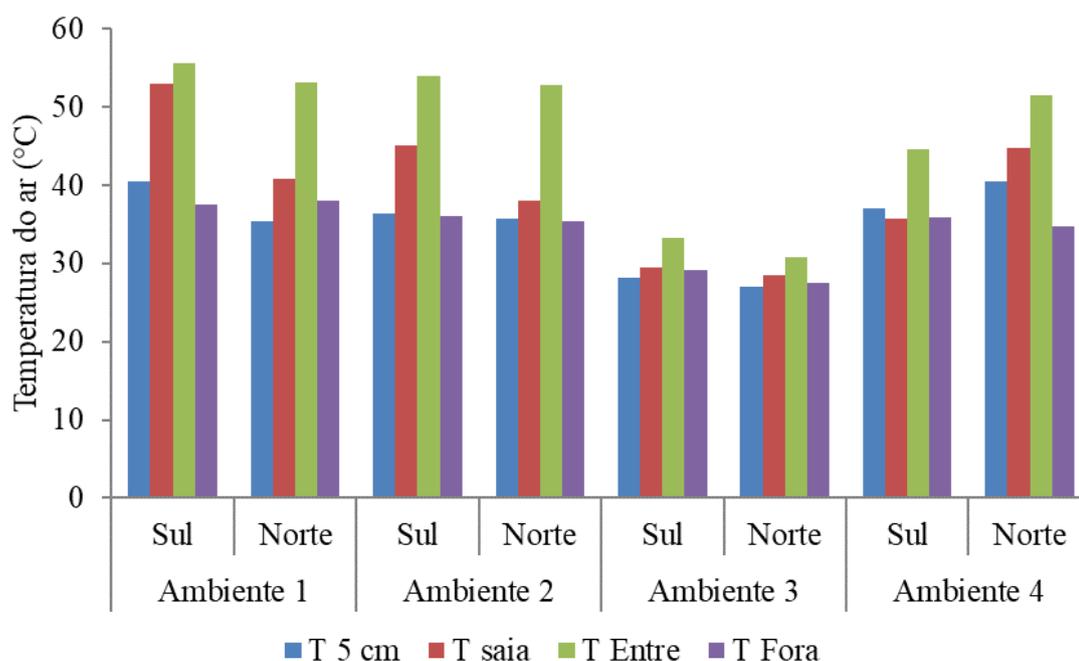
Para o ambiente 4 (cultivar Mundo Novo em sequeiro) a porcentagem média de interceptação solar foi 84,8%, 83,4% e 17% nas diferentes posições de avaliação, havendo aumento da porcentagem média de interceptação solar de 16,6% e 28,3% à 5cm do caule e

25cm de distância, respectivamente, em relação à avaliação anterior. Nas entre linhas, houve diminuição da interceptação da radiação solar em 13,4%, o que pode estar relacionado ao horário de coleta dos dados, tendo em vista a posição do sol em relação às entre linhas do ambiente. Assim como na primeira avaliação, os dados coletados para este ambiente demonstram valores reduzidos em relação ao ambiente 3 (ambiente similar, com irrigação). À 5 cm do caule a interceptação foi 12,6% menor, à 25cm de distância do caule a interceptação foi 3,2% menor e nas entre linhas a interceptação foi 34,7% menor, dessa forma, é possível reafirmar a associação à menor quantidade de área foliar decorrente do ambiente em sequeiro que consequentemente intercepta menor quantidade de radiação solar se comparado ao ambiente onde existe o manejo de irrigação.

O aumento significativo da quantidade da interceptação da radiação entre as avaliações realizadas ambientes avaliados podem ser relacionados ao crescimento e aumento da área foliar das plantas durante o período entre as duas avaliações realizadas.

Para a variável temperatura do ar foram realizadas avaliações nos pontos semelhantes aos de radiação solar visando obter a temperatura dentro do ambiente de produção, além da temperatura fora do ambiente de produção, nas duas datas (25/09/2021 e 03/03/2022), conforme gráficos das figuras 18 e 19.

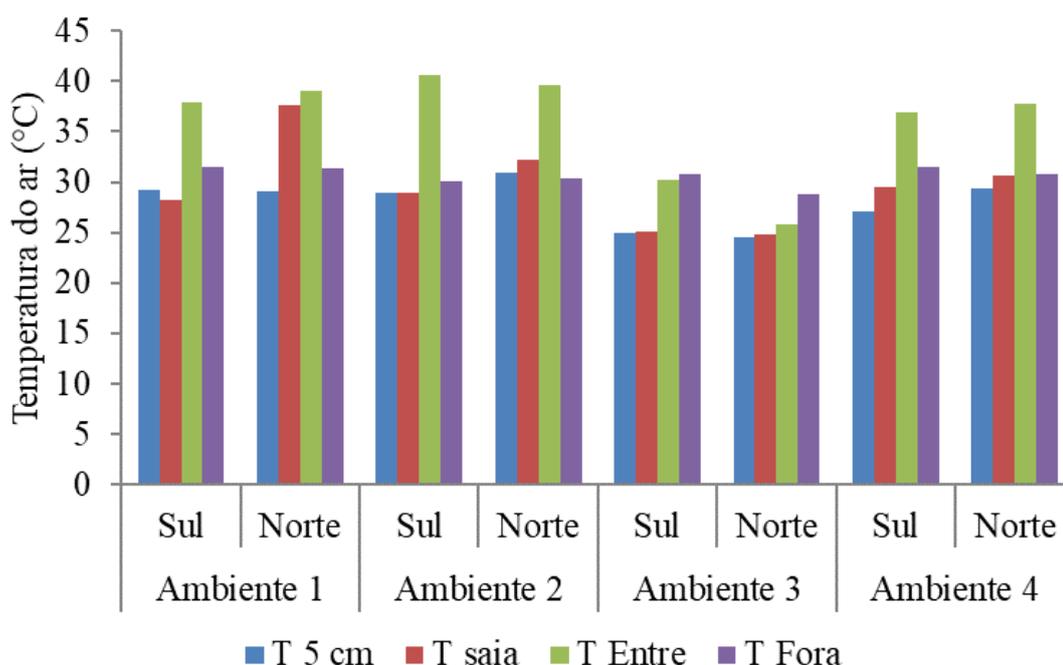
Figura 18. Temperatura do ar (°C) avaliadas em quatro posições nos diferentes sistemas de produção, em 25/09/2021.



Fonte: Do autor (2023).

Para o ambiente 1 (Sistema de irrigação por gotejamento cultivar Catuaí Vermelho) a temperatura do ar na primeira avaliação à 5cm do caule foi de 38°C, à 25cm de distância do caule, na saia da planta, foi de 46,9°C e nas entre linhas foi de 54,4°C, enquanto que fora do ambiente, na mesma área, a temperatura do ar foi de 37,7°C. Na segunda avaliação, a temperatura do ar foi 29,1°C, 33°C, 34,6°C e 31,4°C, dessa forma, houve diminuição da temperatura do ar em 23,4%, 29,63%, 39,4 e 16,7% nas diferentes posições de avaliação à 5cm do caule, 25cm de distância, nas entre linhas, e fora do ambiente, respectivamente, entre as duas avaliações.

Figura 19. Temperatura do ar (°C) avaliadas em quatro posições nos diferentes sistemas de produção, em 03/03/2022.



Fonte: Do autor (2023).

Para o ambiente 2 (Sistema de irrigação por gotejamento cultivar Topázio) a temperatura do ar na primeira avaliação foi 36°C, 41,6°C, 53,4°C e 35,7°C enquanto que na segunda avaliação a temperatura do ar foi 29,9°C, 34,3°C, 40,1°C e 30,2°C, dessa forma, houve diminuição da temperatura do ar em 16,9%, 17,5%, 24,9% e 15,4% nas diferentes posições de avaliação à 5cm do caule, 25cm de distância, nas entre linhas, e fora do ambiente, respectivamente, entre as duas avaliações.

Para o ambiente 3 (Sistema irrigado via Pivô Central cultivar Mundo Novo) a temperatura do ar na primeira avaliação foi 27,6°C, 28,9°C, 32°C e 28,3°C enquanto que na segunda avaliação a temperatura do ar foi 24,7°C, 25°C, 28°C e 29,7°C, dessa forma, houve diminuição da temperatura do ar em 10,5%, 13,5% e 12,5% nas posições avaliadas à 5cm do caule, 25cm de distância e nas entre linhas, respectivamente, entre as duas avaliações. Na

avaliação fora do ambiente, os dados demonstram aumento de 4,9%, entre as duas avaliações, sendo o único caso em que não houve diminuição da temperatura, entretanto, a diferença pode ser considerada pequena (1,4°C).

O ambiente irrigado via pivô central se demonstrou, entre todos os demais ambientes, com os menores valores de temperatura obtidos para todas as posições avaliadas, dessa forma, o comportamento de um ambiente mais ameno pode ser relacionado à distribuição da água via aspersão. Referindo-se às exigências térmicas do café arábica, Matiello (1991) ao estabelecer parâmetros técnicos para o zoneamento climático da cultura para regiões aptas, concluiu que os limites térmicos ideais para o café arábica está entre 19 e 22°C, dessa forma, o sistema de irrigação via pivô central pode auxiliar no desenvolvimento da cultura e explorar o potencial produtivo se bem manejado, contribuindo para alcançar temperaturas desejáveis no ambiente.

Para o ambiente 4 (cultivar Mundo Novo em sequeiro) a temperatura do ar na primeira avaliação foi 38,7°C, 40,2°C, 48°C e 35,3°C enquanto na segunda avaliação a temperatura do ar foi 28,9°C, 30,1°C, 37,3°C e 31,1°C, dessa forma, houve diminuição da temperatura do ar em 25,3%, 25,1%, 22,3% e 11,9% nas diferentes posições de avaliação à 5cm do caule, 25cm de distância, nas entre linhas, e fora do ambiente, respectivamente, entre as duas avaliações.

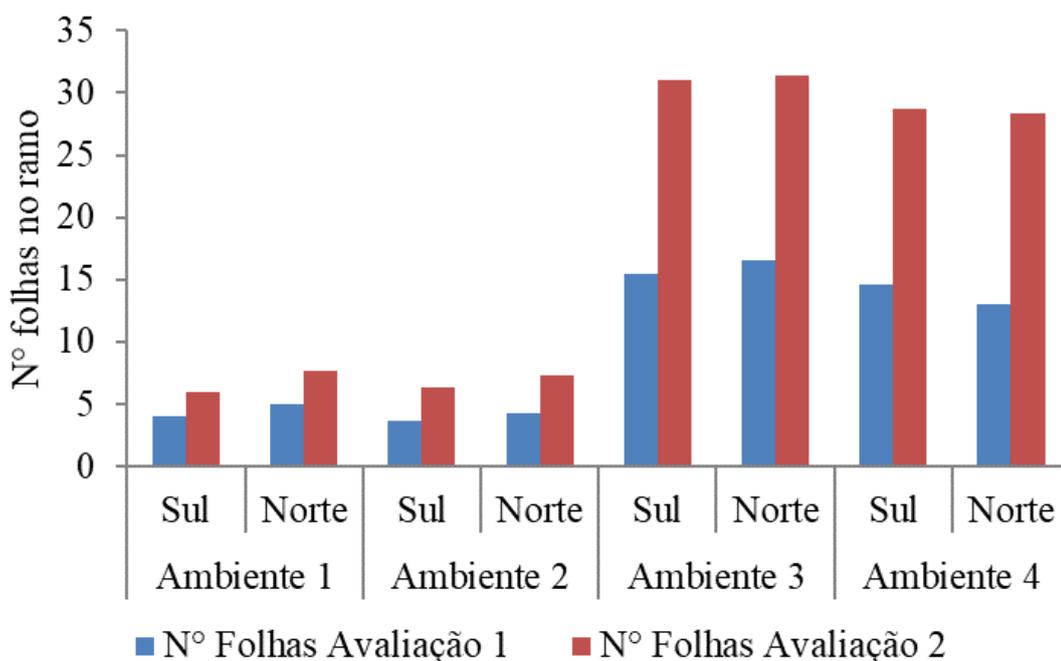
Diante dos dados coletados foi possível observar um crescimento linear da temperatura conforme distanciamento do caule das plantas em todos os ambientes avaliados devido à redução da quantidade de radiação interceptada e conseqüentemente menor sombreamento conforme a região de avaliação se aproxima às entre linhas. A temperatura do ar no fora do ambiente de produção, nas mesmas áreas avaliadas, foi menor se comparado às temperaturas dentro do ambiente de produção.

Semelhante à dinâmica da interceptação da radiação solar citada anteriormente, na segunda avaliação as médias de temperaturas do ar foram menores se comparados à primeira avaliação devido ao aumento da área foliar e conseqüentemente maior interceptação da radiação solar pelas plantas ocasionando, dessa forma, ambientes com quantidades inferiores de radiação que chega ao solo, resultando em ambientes mais amenos.

Os resultados apresentados a seguir foram obtidos a partir das avaliações de crescimento citadas na metodologia deste relatório, sendo: número de folhas no ramo; número de nós no ramo; número de ramos plagiotrópicos; altura (cm) e diâmetro do caule (cm), nos diferentes ambientes de produção. Para as avaliações onde foram coletados dados nas faces norte e sul das plantas, foram realizadas médias entre os valores das duas faces para a discussão.

Para a variável número de folhas no ramo, verificou-se uma tendência crescente no número de folhas emitidos pelas plantas entre as duas avaliações em todos os ambientes avaliados. Os valores médios obtidos na primeira avaliação foram 4,5, 4, 16 e 13,8 enquanto que na segunda avaliação a média de número de folhas foi 6,8, 6,8, 31,1 e 28,5, dessa forma, houve aumento de 51,1%, 70%, 94,4% e 106,5% para os ambientes 1, 2, 3 e 4, respectivamente. Tal resultado é compatível com as expectativas, visto que, de acordo com o crescimento em altura e diâmetro, a planta aumenta a emissão de folhas (Figura 20). Os valores elevados obtidos nas duas avaliações dos ambientes 3 e 4 em relação aos ambientes 1 e 2, pode ser explicado pela poda realizada anteriormente à avaliação nos ambientes 1 e 2, além do maior porte da cultivar Mundo Novo, presente nos ambientes 3 e 4.

Figura 20. Número de folhas no ramo nas duas datas avaliadas nos diferentes sistemas de produção.



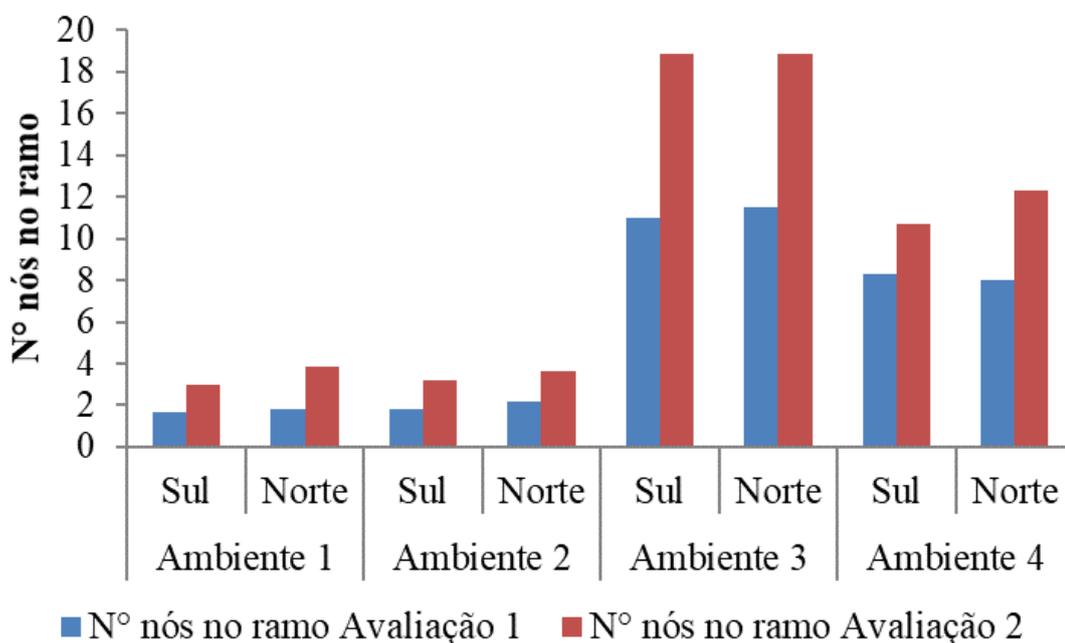
Fonte: Do autor (2023).

De acordo com os dados obtidos é possível observar que o ambiente 3 obteve resultado superior para a variável número de folhas em ambas as avaliações se comparado ao ambiente 4, onde não existe manejo de irrigação (15,9% a mais na primeira avaliação e 9,1% a mais na segunda avaliação). De acordo com Favarin et al. (2002), a eficiência do processo fotossintético depende da taxa de fotossíntese por unidade de área foliar e da interceptação da radiação solar, as quais são influenciadas pela arquitetura do dossel e pela dimensão do sistema fotoassimilador no cafeeiro, dessa forma, o sistema de irrigação utilizado no ambiente de produção 4 auxiliou no desenvolvimento da cultura em que

posteriormente ocasionará a maior exploração do potencial produtivo e conseqüentemente maior retorno econômico ao produtor.

Para a variável número de nós no ramo, os dados obtidos demonstram tendência crescente similar ao número de folhas entre as duas avaliações em todos os ambientes avaliados. Os valores médios obtidos na primeira avaliação foram 1,74, 2, 11,25 e 8,16 enquanto na segunda avaliação a média de número de nós no ramo foi 3,41, 3,41, 18,58 e 11,5, dessa forma, houve aumento de 96%, 70,5%, 65,1% e 40,9% para os ambientes 1, 2, 3 e 4, respectivamente, entre as duas avaliações. Tal resultado é compatível com as expectativas, visto que, de acordo com o crescimento em altura e diâmetro, a planta aumenta a emissão nós nos ramos (Figura 21). Os valores elevados obtidos nas duas avaliações dos ambientes 3 e 4 em relação aos ambientes 1 e 2 pode ser explicado pela poda do tipo esqueletamento realizada anteriormente à avaliação nos ambientes 1 e 2, na qual consiste no corte dos ramos laterais associado a um decote, reduzindo o número de ramos e conseqüentemente o número de nós.

Figura 21. Número de nós no ramo nas duas datas avaliadas nos diferentes sistemas de produção.



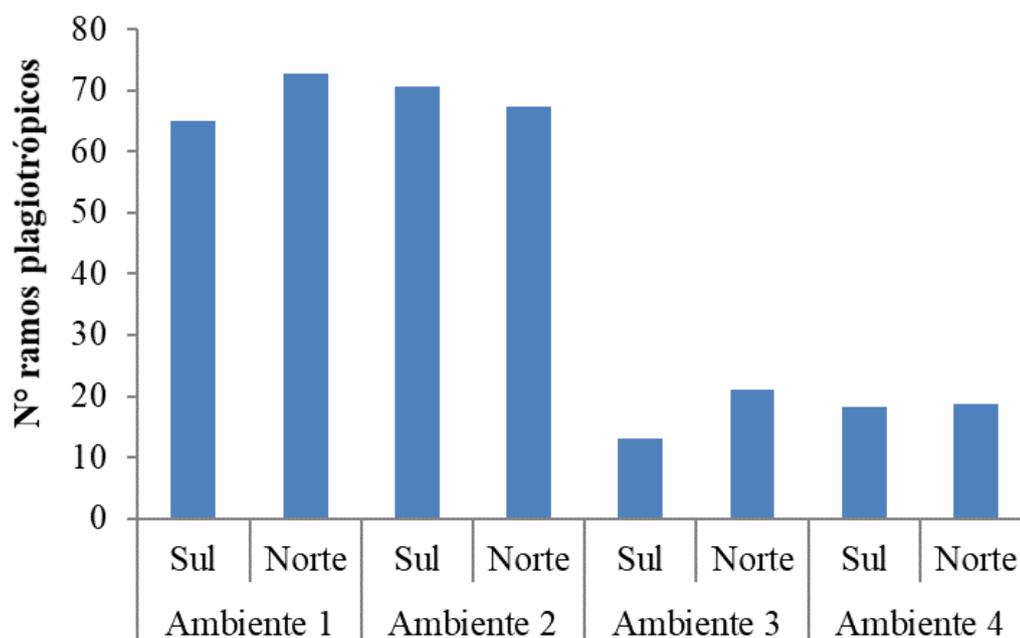
Fonte: Do autor (2023).

O ambiente 3, similar ao comportamento das plantas para a variável número de folhas discutida anteriormente, também obteve resultado superior para a variável número de nós em ambas as avaliações se comparado ao ambiente 4, onde não existe manejo de irrigação (27,4% a mais na primeira avaliação e 38,1% a mais na segunda avaliação), com isso, é possível reafirmar a superioridade do desenvolvimento das plantas para o ambiente

similar com mesma população, manejo, cultivar e mesma idade, entretanto, com a existência do sistema de irrigação, podendo agregar retorno econômico ao produtor.

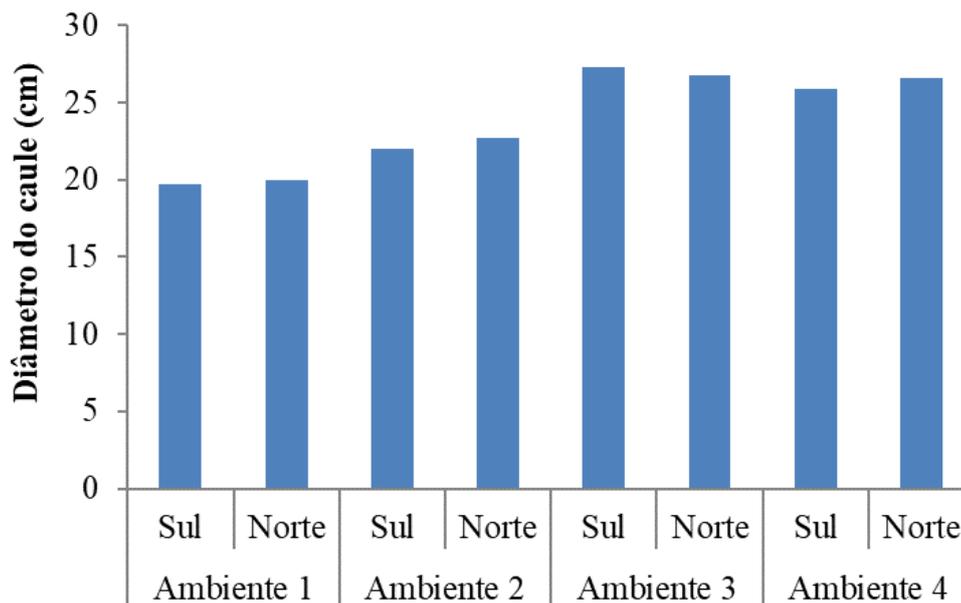
Para a variável número de ramos plagiotrópicos, os dados obtidos demonstram os valores médios 68,8, 69, 17 e 18,5 para os ambientes 1, 2, 3 e 4, respectivamente. Como demonstrado na figura 22, a quantidade de ramos plagiotrópicos foram significativamente maiores nos ambientes 1 e 2. O ambiente 1 obteve valores médios 75,2% e 73,1% maiores que os ambientes 3 e 4, respectivamente, enquanto o ambiente 2 obteve valores médios 75,3% e 73,2% maiores que os ambientes 3 e 4, respectivamente. A diferença entre os ambientes pode ser explicada em função da poda tipo esqueletamento realizada nos ambientes 1 e 2, na qual tem como objetivo estimular o crescimento de novos ramos produtivos nas plantas de café. Para os ambientes 3 e 4, não houve realização de poda anteriormente à avaliação.

Figura 22. Número de ramos plagiotrópicos nos diferentes ambientes de produção.



Fonte: Do autor (2023).

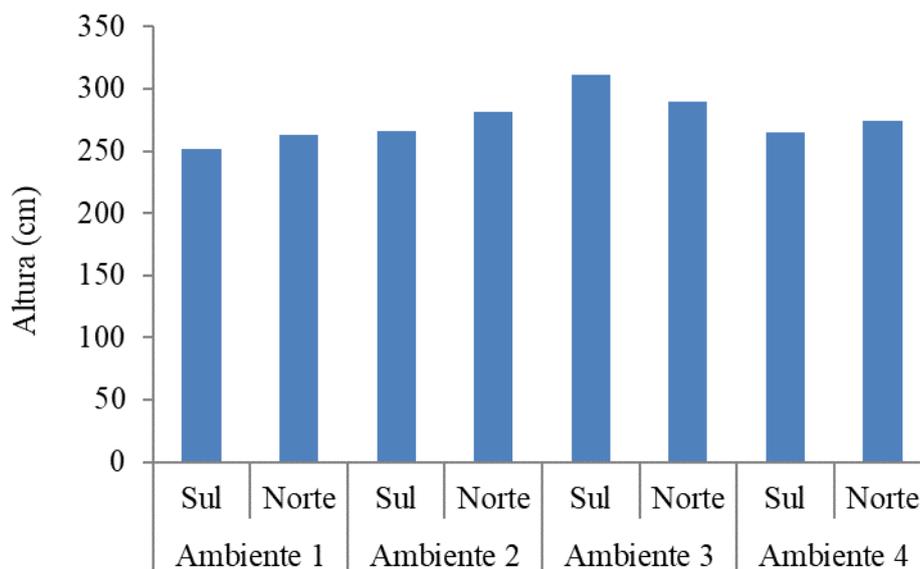
Para a variável diâmetro de caule os dados obtidos demonstram valor médio de 19,8cm, 22,3cm, 27cm e 26,2cm para os ambientes 1, 2, 3 e 4, respectivamente (Figura 23). A diferença dos resultados entre os ambientes está relacionada principalmente a idade das plantas e ao porte de cada cultivar. De acordo com a figura 23, o diâmetro médio do caule foi maior nos ambientes 3 e 4 que possuem a cultivar Mundo Novo, na qual apresenta hábito de desenvolvimento superior às demais, resultando em maior porte e maior desenvolvimento radial de caule, além de idade superior (6 anos a mais) em relação às cultivares Catuaí e Topázio presentes nos ambientes 1 e 2, respectivamente.

Figura 23. Diâmetro de caule nos diferentes ambientes de produção.

Fonte: Do autor (2023).

Para a variável altura de plantas os dados obtidos demonstram valor médio de 257cm, 273cm, 300cm e 270cm para os ambientes 1, 2, 3 e 4, respectivamente. Semelhante aos dados discutidos anteriormente, a diferença dos resultados entre os ambientes está relacionada principalmente à idade das plantas às características do porte de cada cultivar. De acordo com a figura 24, a altura média de plantas foi maior no ambiente 3 no qual possui a cultivar Mundo Novo em sistema irrigado, podendo estar relacionado à característica do material e ao sistema de irrigação. Se comparada ao ambiente similar, sem irrigação, a área irrigada obteve altura de plantas 10,3% superior, demonstrando a importância do fornecimento de água em períodos em que o déficit hídrico pode ser crítico para o desenvolvimento das plantas.

Figura 24. Altura de plantas de café (cm) avaliado nos diferentes ambientes de produção.



Fonte: Do autor (2023).

Entre os objetivos deste trabalho e considerando um dos principais aspectos da pesquisa científica que é a formação e atividades práticas com estudantes, foi possível realizar atividades de extensão demonstrando os principais aspectos relacionados aos diferentes sistemas de produção estudados. Além disso, os participantes puderam interagir e participar das atividades realizadas durante a obtenção dos dados junto ao produtor rural, o que contribui com a premissa básica da pesquisa, que é a geração de informação e formação de pessoas qualificadas.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após os dados apresentados neste trabalho, foi possível observar variações na resposta da planta de acordo com a cultivar, manejo, e com o sistema de irrigação utilizado. A dinâmica da radiação solar e da temperatura do ar depende da posição dentro do dossel de plantas. Próximo a base da cultura foi possível observar uma grande interceptação da radiação solar, e, conseqüentemente, a temperatura foi inferior quando comparado por exemplo com a entre linha das plantas de café. Ainda, a temperatura do ar no ambiente irrigado via Pivô Central foi bem inferior comparado ao sequeiro. Essa informação é importante quando associamos as diferentes práticas agrícolas, incluindo aplicação de defensivos químicos.

Com relação ao crescimento das plantas, pode-se concluir que as plantas crescidas no ambiente irrigado via Pivô Central apresentaram um maior crescimento quando comparado ao sequeiro, principalmente quando relacionado ao número de nós por ramo plagiotrópico e conseqüentemente o número de folhas.

As condições meteorológicas foram favoráveis durante o ciclo de produção. As informações obtidas podem ser utilizadas para melhorar as práticas agrícolas bem como a tomada de decisão durante o ciclo de produção. Além disso, é possível afirmar que a implantação e as avaliações do experimento foram realizadas com êxito. A continuidade de estudos é essencial para a obtenção de dados em longo prazo, como é o caso do tema abordado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDALA, A.; GARCIA, A.; SOUZA, M.; et al. **Interceptação da radiação solar no dossel de plantas de cafeeiro**. Anais da Semana de Ciências Agrárias e Jornada de Pós-Graduação em Produção Vegetal.16, 2019.
- ALVES, M.E.B. **Respostas do cafeeiro (*Coffea arábica*L.) a diferentes lâminas de irrigação e fertirrigação**. 1999.94p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1999
- ALVES, J.D.; LIVRAMENTO, D.E. **Morfologia e fisiologia do cafeeiro**. Lavras: UFLA, 2003. 46p.
- ALVIM, P.T. **Moisture stress as a requirement for flowering of coffee**. Science. 132, 354-354, 1960.
- ARAUJO, W. L., et al. **Limitations to photosynthesis in coffee leaves from different canopy positions**. *Plant Physiology and Biochemistry*. 46, 884-890, 2008.
- CAMARGO, A.P.; PEREIRA, A.R. **Agrometeorology of the coffee crop**. Geneva: World Meteorological Organization, 92, 1994,
- CARVALHO, C.H.M.; COLOMBO, A.; SCALCO, M.S.; et al. **Evolução do crescimento do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) irrigado e não irrigado em duas densidades de plantio**. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, 30, 243-250.
- CARVALHO, L.G.; RIOS, G.F.A.; MIRANDA, W.L.; NETO, P.C. **Evapotranspiração de referência: uma abordagem atual de diferentes métodos de estimativa**. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Goiânia, 41, 456-465, 2011. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/pat/article/view/12760>. Acesso em: 9 jun. 2022.
- ELLI, E.F.; CARON, B.O.; ELOY, E.; et al. **Productive, morphological and qualitative characteristics of sugarcane in the understory tree species in agroforestry systems**. *African Journal of Agricultural Research*, 17, 1576-1584, 2016.
- FAVARIN, J.L.; NETO, D.D. GARCIA, A.; et al. **Equações para a estimativa do índice de área foliar do cafeeiro**. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 37, 6, 769-773, 2002.
- GOMES, N. M.; LIMA, L.A.; CUSTÓDIO, A.A.P. **Crescimento vegetativo e produtividade do cafeeiro irrigado no sul do Estado de Minas Gerais**. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, 11, 564-570, 2007.
- GUERRA A.F.; ROCHA, O.C.; RODRIGUES, G.C.; et al. **Manejo de irrigação do cafeeiro, com estresse hídrico controlado, para uniformização de florada**. In: ZAMBOLIM, L. *Boas práticas agrícolas na produção de café*. Viçosa. 2007. 3, p. 83-116.
- HELDWEIN, A.B.; MEDEIROS, S.P. **Agroclimatologia**. *Agricultura familiar e sustentabilidade*, 2008.
- MANTOVANI, E.C.; SOARES, A.R. **Irrigação do cafeeiro: informações técnicas e coletânea de trabalhos**. Viçosa: Associação dos Engenheiros Agrícolas de Minas Gerais; UFV, p. 260, 2003.

LUNZ, A.M.P.; BERNARDES, M.S.; RIGHI, C.A. **Crescimento e Produtividade do cafeeiro sob diferentes níveis de sombreamento com seringueira**. Embrapa Acre: ciência e tecnologia para o desenvolvimento sustentável do sudoeste da Amazônia. 1ed. Rio Branco, 1,139-154, 2009.

MARTINEZ, H.E.P.; AUGUSTO, H.S.; CRUZ, C.D.; PEDROSA, A.W.; SAMPAIO, N.F. **Crescimento vegetativo de cultivares de café (*Coffea arabica* L.) e sua correlação com a produção em espaçamentos adensados**. Acta Scientiarum Agronomy, 29, 481-489, 2007

MATIELLO, J.B. **O café: do cultivo ao consumo**. São Paulo: Globo, 1991. 320 p.

MATIELLO, J.B. **Escaldadura em folhas e frutos do cafeeiro**. Café Point, 2015.

MONTEIRO, J.E.B.A. **Agrometeorologia dos cultivos: o fator meteorológico na produção agrícola**. 2009.

OLIVEIRA, L.E.; FARIA, M.A; REIS, R.P.; et al. **Manejo e viabilidade econômica da irrigação por gotejamento na cultura do cafeeiro acaia considerando seis safras**. Engenharia Agrícola. 30, 5, 887-896, 2010.

PEZZOPANE, J.R.M.; PEDRO JÚNIOR, M.J.; GALLO, P.B. **Radiação solar e saldo de radiação em cultivo de café a pleno sol e consorciado com banana 'Prata Anã'**.Bragantia, 64, 485-497, 2005.

RIGHI, C.A.; BERNARDES, M.S.; LUNZ, A.M.P.; et al. **Measurement and simulation of solar radiation availability in relation to the growth of coffee plants in an agroforestry system with rubber trees**. Revista Árvore, 31, 195-207, 2007.

RUFINO, J.L.S. **Programa Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento do Café: antecedentes, criação e evolução**. Embrapa Informação Tecnológica: Embrapa Café, 2006.

SAS LEARNING EDITION. Getting started with the SAS Learning Edition. Cary, 2002. 200p.

SCALOPPI, E.D. **Características dos principais sistemas de irrigação**. ITEM – Irrigação e Tecnologia Moderna, 25, 22-27, 1986.

SCHWERZ, F.; CARON, B.O.; NARDINO, M.; et al. **Assessing Yield, Growth and Climate Traits in Agroforestry Systems in Southern Brazil**. Journal of Sustainable Forestry 168-187, 2020.

SCHWERZ, F.; MEDEIROS, S.L.P; ELLI, E.F.; et al. **Growth, radiation use efficiency and yield of sugarcane cultivated in agroforestry systems: An alternative for threatened ecosystems**. Anais da Academia Brasileira de Ciências. 90, 3265-3283, 2018.

SEDIYAMA, G.C.; MELO JUNIOR, J.C.F.; SANTOS, A.R.; et al. **Zoneamento agroclimático do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) para o estado de Minas Gerais**. Revista Brasileira de Agrometeorologia. 9, 3, 501-509, 2001.

SILVA, F.C.D., SILVA, F.M.D., SALES, R.S., et al. **Variáveis meteorológicas e da umidade do solo na força de desprendimento dos frutos do café**. Coffee Science. 12, 4, 480 – 485, 2017.

SILVA, V.A.; SALGADO, S.M.L.; SÁ, L.A.; et al. **Uso de características fisiológicas na identificação de genótipos de café arábica tolerantes ao *Meloidogyne paranaensis***. *Coffee Science*, 10, 2, 242-250, 2015.

SOUSA, V.F.; COELHO, E.F.; SOUZA, V.A.B. **Frequência de irrigação em meloeiro cultivado em solo arenoso**. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 34, 4, 659-664, 1999.

SOUZA, F.F.; SANTOS, J.C.F; COSTA, J.N.M.; et al. **Características das principais variedades de café cultivadas em Rondônia (em línea)**. Embrapa Rondônia. 93: 21. 2004.

SUPLICY, E.M. **Brasil se consolida na tradição de grande produtor mundial de café**. *Visão Agrícola-Esalq*, Piracicaba. 12, 124-126, 2013.

VIEIRA, E.L.; SOUZA, G.S.; SANTOS, A.R.; et al. **Manual de fisiologia vegetal**. EDUFMA, 2010.

VILELLA, W.M.C. **Diferentes lâminas de irrigação e parcelamento de adubação, no crescimento, produtividade e qualidade dos grãos do cafeeiro (*Coffea arábica L.*)** Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2001, p. 96.