



**OTÁVIO JOSÉ DE FIGUEIREDO**

**CAFFEEIROS RECÉM IMPLANTADOS COM DIFERENTES  
TÉCNICAS AGRONÔMICAS VISANDO A OTIMIZAÇÃO DA  
ÁGUA**

**LAVRAS-MG  
2022**

**OTÁVIO JOSÉ DE FIGUEIREDO**

**CAFEEIROS RECÉM IMPLANTADOS COM DIFERENTES TÉCNICAS  
AGRONÔMICAS VISANDO A OTIMIZAÇÃO DA ÁGUA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Mestre.

Prof. Dr. Rubens José Guimarães  
Orientador

**LAVRAS-MG  
2022**

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

Figueiredo, Otávio José de.

Cafeeiros recém implantados com diferentes técnicas  
agronômicas visando a otimização da água / Otávio José de  
Figueiredo. - 2022.

68 p. : il.

Orientador(a): Rubens José Guimarães.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de  
Lavras, 2022.

Bibliografia.

1. *Coffea arabica* L. 2. Déficit hídrico. 3. Manejo da cobertura  
do solo. I. Guimarães, Rubens José. II. Título.

**OTÁVIO JOSÉ DE FIGUEIREDO**

**CAFEIROS RECÉM IMPLANTADOS COM DIFERENTES TÉCNICAS  
AGRONÔMICAS VISANDO A OTIMIZAÇÃO DA ÁGUA**

**NEWLY IMPLEMENTED COFFEE TREES WITH DIFFERENT AGRONOMIC  
TECHNIQUES AIMING TO OPTIMIZE THE WATER**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 31 de janeiro de 2022.

Dr. Rubens José Guimarães	UFLA
Dr. Dalys Toledo Castanheira	UFLA
Dr. Alex Mendonça de Carvalho	UNESP

Prof. Dr. Rubens José Guimarães  
Orientador

**LAVRAS-MG  
2022**

*À minha família, principalmente aos meus pais José Dilmar e Maria Ivone e à minha irmã*

*Maria Luiza, por estarem sempre ao meu lado.*

*Dedico*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por ser a grande fonte de inspiração e foco em todos os momentos difíceis, e por sempre recarregar minha vida de felicidade e otimismo.

A toda a minha família, pela amizade, sabedoria, apoio, ensinamentos, carinho e exemplo de vida.

À Universidade Federal de Lavras, em especial ao Programa de Pós-graduação em Agronomia/Fitotecnia, pela oportunidade de realizar meu Mestrado.

Ao professor e orientador Rubens José Guimarães, pelos ensinamentos compartilhados, paciência, apoio e por toda a orientação.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de Mestrado.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Ao Consórcio Pesquisa Café, pelo financiamento do projeto e por todo o apoio. A todos os integrantes do grupo de pesquisa “Otimização da água na cafeicultura”.

A todos os membros do Núcleo de Estudos em Cafeicultura (NECAF), que contribuíram na condução desse experimento, em especial ao Ademilson Alecrim, Alisson Campos, Marina Vilela e Pedro Menicucci, por todo o apoio e companheirismo em minha trajetória acadêmica.

Aos funcionários do Setor de Cafeicultura, Alexandre, Felipe e Mauro, por toda a ajuda e prontidão para auxiliar na condução do experimento.

Muito obrigado!

*“Nossas dívidas são traidoras e nos fazem perder o que, com frequência, poderíamos ganhar, por simples medo de arriscar”*

*(William Shakespeare)*

## RESUMO

Objetivou-se neste trabalho, avaliar o potencial de diferentes técnicas agronômicas no crescimento e fisiologia do cafeeiro visando a otimização da água. O experimento foi conduzido em campo, na Universidade Federal de Lavras - UFLA, em Lavras - MG, no período de novembro de 2020 a outubro de 2021. Os fatores em estudo foram dispostos em esquema fatorial 3x5, blocos ao acaso, com 3 repetições, perfazendo um total de 45 tratamentos alocados na área experimental em dois experimentos distintos com as cultivares Mundo Novo IAC 376-4 e Arara, em parcelas subdivididas. Foram estudados três ‘manejos/tipos de cobertura’ do solo (filme de polietileno, manejo ecológico da braquiária e manejo convencional sem cobertura) e cinco condicionadores de solo (“casca de café”, composto orgânico, gesso agrícola, quitosana e testemunha-tratamento controle). Foram avaliados o crescimento das plantas, características fisiológicas, potencial hídrico foliar e umidade do solo. Para análise dos dados realizou-se a análise de variância, teste de Tukey a 5% de significância e correlação de matrizes entre as variáveis de crescimento, fisiológicas e as características climáticas no período das avaliações. A utilização do filme de polietileno no manejo da cobertura do solo, contribui para o crescimento das plantas e melhora as condições de umidade do solo nos períodos mais secos, proporcionando bons resultados na retenção de folhas quando combinado o filme de polietileno a “casca de café”, composto orgânico e quitosana.

Palavras-chave: *Coffea arabica* L. Déficit hídrico. Manejo da cobertura do solo. Condicionadores de solo.



## ABSTRACT

The objective of this work was to evaluate the potential of different agronomic techniques in the growth and physiology of the coffee plant, aiming at the optimization of water. The experiment was conducted in the field, at the Federal University of Lavras - UFLA, in Lavras - MG, from November 2020 to October 2021. The factors under study were arranged in a 3x5 factorial scheme, randomized blocks, with 3 replications, making a total of 45 treatments allocated in the experimental area in two different experiments with the cultivars Mundo Novo IAC 376-4 and Arara, in split plots. Three soil “managements/types of cover” (polyethylene film, ecological management of brachiaria and conventional management without cover) and five soil conditioners (coffee husk, organic compost, agricultural gypsum, chitosan and control-treatment control) were studied. Plant growth, physiological characteristics, leaf water potential and soil moisture were evaluated. For data analysis, analysis of variance, Tukey's test at 5% significance and correlation of matrices between growth and physiological variables and climatic characteristics were carried out during the evaluation period. The use of polyethylene film in soil cover management contributes to plant growth and improves soil moisture conditions in the driest periods, providing good results in leaf retention when combining the polyethylene film with coffee husks, organic compound and chitosan.

Keywords: *Coffea arabica* L. Water deficit. Land cover management. Soil conditioners.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>11</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>13</b>
<b>2.1</b>	<b>O cafeeiro e o ambiente de produção .....</b>	<b>13</b>
<b>2.2</b>	<b>Manejo do solo .....</b>	<b>14</b>
<b>2.2.1</b>	<b>Uso de plantas de cobertura.....</b>	<b>15</b>
<b>2.2.2</b>	<b>Cobertura com filme de polietileno.....</b>	<b>16</b>
<b>2.3</b>	<b>Condicionadores de solo.....</b>	<b>16</b>
<b>2.3.1</b>	<b>“Casca de café” e composto orgânico .....</b>	<b>17</b>
<b>2.3.2</b>	<b>Gesso agrícola.....</b>	<b>18</b>
<b>2.4</b>	<b>Quitosana na cafeicultura .....</b>	<b>18</b>
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>20</b>
<b>3.1</b>	<b>Caracterização da área experimental .....</b>	<b>20</b>
<b>3.2</b>	<b>Instalação e condução dos experimentos .....</b>	<b>20</b>
<b>3.3</b>	<b>Delineamento experimental e tratamentos .....</b>	<b>21</b>
<b>3.4</b>	<b>Características avaliadas.....</b>	<b>25</b>
<b>3.4.1</b>	<b>Avaliações de crescimento.....</b>	<b>25</b>
<b>3.4.2</b>	<b>Avaliações fisiológicas .....</b>	<b>26</b>
<b>3.4.3</b>	<b>Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) .....</b>	<b>26</b>
<b>3.4.4</b>	<b>Avaliação da umidade do solo .....</b>	<b>26</b>
<b>3.4.5</b>	<b>Dados meteorológicos .....</b>	<b>27</b>
<b>3.5</b>	<b>Análise estatística.....</b>	<b>27</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>28</b>
<b>4.1</b>	<b>Resultados observados no experimento com a cultivar Arara .....</b>	<b>28</b>
<b>4.1.1</b>	<b>Crescimento vegetativo .....</b>	<b>28</b>
<b>4.1.2</b>	<b>Características fisiológicas.....</b>	<b>31</b>
<b>4.1.3</b>	<b>Comportamento do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) ....</b>	<b>33</b>
<b>4.1.4</b>	<b>Umidade do solo.....</b>	<b>34</b>
<b>4.2.1</b>	<b>Crescimento vegetativo .....</b>	<b>35</b>
<b>4.2.3</b>	<b>Comportamento do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) ....</b>	<b>42</b>
<b>4.2.4</b>	<b>Umidade do solo.....</b>	<b>42</b>
<b>4.3</b>	<b>Correlação entre as variáveis analisadas e as variações climáticas .....</b>	<b>43</b>
<b>5</b>	<b>DISCUSSÃO .....</b>	<b>47</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>51</b>

<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>52</b>
<b>APÊNDICES .....</b>	<b>58</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O café possui notoriedade no mundo, por se tratar de uma bebida amplamente consumida e ainda possuir elevada liquidez, o que o caracteriza como uma importante *commodity*. O Brasil se destaca como o maior produtor e exportador do produto (ICO, 2020). A cadeia produtiva do café representa elevada importância socioeconômica para as regiões produtoras.

No decorrer dos anos, a cafeicultura vem deixando de alcançar maiores produtividades, devido a ocorrência de problemas relacionados ao clima, como as secas e veranicos, geadas e chuvas de granizo. Estes eventos climáticos representam riscos à estabilidade da cafeicultura e dos cafeicultores no país (PELOSO; TATAGIBA; AMARAL, 2017), interferindo na economia de macro e microrregiões, dependentes da cafeicultura. Grande parte das atividades envolvidas no agronegócio são influenciadas por fatores ambientais, como no caso de secas prolongadas e veranicos (ASSAD *et al.*, 2004), especialmente no cultivo em campo. Assim, a cafeicultura tem demonstrado perdas de produtividade e qualidade nas regiões produtoras, devido a ocorrência de déficit hídrico (CARVALHO *et al.*, 2011).

No ano de 2014, foi registrada uma seca prolongada que afetou grande parte das regiões produtoras de café de Minas Gerais e do Brasil, o que impactou diretamente a produtividade das lavouras neste ano. As chuvas escassas e as altas temperaturas no primeiro trimestre do ano, comprometeram as lavouras durante o período crítico de granação dos frutos, causando baixo rendimento do café ao ser beneficiado e, conseqüentemente, contribuiu para que ocorresse uma queda de aproximadamente 15% na produção de café de Minas Gerais (CONAB, 2014). No último verão (2021) o cenário foi parecido, com chuvas escassas e as temperaturas relativamente acima da média em várias regiões produtoras de café, o que ocasionou danos ao crescimento das plantas e prejudicou o desenvolvimento dos frutos. O que poderá ocasionar em perdas de produtividade na safra atual (2022) e, possivelmente, causará nas próximas, por afetar também o crescimento das plantas (CONAB, 2022).

Frente a estas questões, algumas práticas relacionadas à conservação da umidade do solo estão sendo estudadas, com o intuito de melhorar a eficiência hídrica dos sistemas de cultivo (CASTANHEIRA *et al.*, 2019). Essas práticas consistem principalmente na cobertura do solo, com utilização de diferentes materiais, desde o filme de polietileno, já utilizado e difundido nas culturas hortícolas (BRANCO *et al.*, 2010), até materiais orgânicos oriundos da ceifa de plantas de cobertura, cultivadas em concomitância com a cultura (DINIZ *et al.*, 2019). Na cafeicultura, muitas são as plantas cultivadas na entrelinha para produção de matéria orgânica e proteção do

solo, diminuindo a temperatura e a evaporação da água (RAGASSI; PEDROSA; FAVARIN, 2013). Dentre as plantas utilizadas, as do gênero *Urochoa*, são as mais empregadas, com destaque para a *Urochoa decumbens*, devido sua boa produção de massa seca e ao alto índice de cobertura do solo (IKEDA *et al.*, 2013).

Os condicionadores de solo também podem conferir resultados satisfatórios no cultivo do cafeeiro, já que estes melhoram as condições do solo e aumentam a capacidade de desenvolvimento das raízes, que, quando ocupam maior volume no subsolo, conseguem explorar melhor os recursos do solo, conseqüentemente aumentando a disponibilidade de água. Dentre os condicionadores, o mais difundido na agricultura é o gesso agrícola (NOGUEIRA *et al.*, 2016), utilizado principalmente em função das melhorias químicas no solo, insolubilizando o alumínio tóxico ao crescimento do sistema radicular. Também são utilizados como condicionadores os resíduos orgânicos como os compostos orgânicos e a “casca de café” (subproduto da própria produção cafeeira), disponível para a maioria dos cafeicultores. Assim, esses condicionadores de solo são bastante difundidos em função das melhorias estruturais no solo (SILVA *et al.*, 2016).

Algumas técnicas que podem contribuir para o melhor desempenho das plantas, quando em ambientes desfavoráveis, é a aplicação de bioestimulantes e bioativadores. Um destes é a quitosana, que vem sendo bastante estudada, já que a mesma possui o potencial de induzir tolerância à deficiência hídrica nas plantas (DZUNG; KHANH; DZUNG, 2011).

Diante do exposto, a combinação de algumas destas práticas pode vir a ser uma alternativa viável para a cafeicultura, garantido a produtividade de lavouras, em períodos de escassez hídrica. Com a proposta apresentada neste trabalho, os cafeicultores poderão otimizar a água das chuvas, ou mesmo das irrigações, sem lançar mão de grandes investimentos (OLIVEIRA; FARIA; REIS; SILVA, 2010), pois a utilização irracional da água pode levar à escassez severa em períodos de secas e veranicos, podendo faltar água nos mananciais utilizados para a irrigação (ANA 2020). Assim, objetiva-se com o presente trabalho, avaliar técnicas agronômicas (e suas combinações no manejo) que atuam na racionalização e otimização do uso da água na cafeicultura, buscando aumento do crescimento e formação de novas lavouras com sustentabilidade.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 O cafeeiro e o ambiente de produção

A planta de café é muito sensível às adversidades do clima, apresentando graves problemas relacionados com a produtividade (SERAFIM *et al.*, 2011), principalmente a espécie *Coffea arabica* L. que é condicionada a ambientes com boa pluviosidade (precipitações anuais acima de 1200 mm) e temperaturas amenas (faixa ótima de temperatura entre 19 e 22 °C). Dessa forma, temperaturas elevadas e déficit hídrico podem causar maior dano às plantas, principalmente na fase de formação (PELOSO; TATAGIBA; AMARAL, 2017), devido a menor área de exploração das raízes destas plantas mais jovens.

As oscilações climáticas em importantes regiões de cultivo do cafeeiro, podem acarretar problemas no metabolismo e, como consequência, reduzir o crescimento das plantas (ARAUJO *et al.*, 2014; MEIRELLES *et al.*, 2009). Em condições de estresse hídrico, como adaptação para diminuição das perdas de água, os estômatos das folhas se fecham, diminuindo a fixação de CO<sub>2</sub>, o que também compromete a fotossíntese. Toda essa desordem fisiológica pode causar problemas, como o abortamento de flores e má formação de frutos (PIZETTA *et al.*, 2016).

Considerando as alterações climáticas e as respostas do cafeeiro, já se contabiliza perdas significativas de produtividade em áreas aptas ao cultivo do cafeeiro (BRAGANÇA *et al.*, 2016; CARVALHO *et al.*, 2011). Em algumas áreas produtoras no Brasil a elevação da temperatura pode inclusive causar severa redução nas áreas de novos plantios com cafeeiro (BUNN *et al.*, 2015). Em lavouras em produção, as altas temperaturas combinadas com períodos de estiagem causam injúrias como desfolha, escaldadura e retarda o crescimento dos ramos, influenciando diretamente na produtividade (CARVALHO *et al.*, 2011; MARTINS *et al.*, 2015).

Frente a essas questões, estudos relacionados para adaptação edafoclimática de cultivares são realizados em diferentes regiões produtoras de café por meio do melhoramento genético (BATISTA *et al.*, 2010; CARVALHO *et al.*, 2017; SERA *et al.*, 2011). A busca por cultivares mais adaptadas às elevadas temperaturas e estresse hídrico é importante alternativa para a manutenção do cultivo de café em regiões quentes e com baixos índices pluviométricos (CARVALHO *et al.*, 2017). Algumas cultivares já possuem elevada tolerância à seca, como no caso das cultivares Acauã, Acauã Novo, e outras cultivares como Arara e Asa branca, que possuem tolerância moderada (SOUZA *et al.*, 2017).

## 2.2 Manejo do solo

As práticas conservacionistas têm sido estudadas e implementadas na agricultura durante vários anos. Na cafeicultura, o manejo sustentável do solo é amplamente discutido com o propósito de melhorar a utilização dos recursos explorados neste, como aspectos químicos, físicos e biológicos dos solos cultivados (ROCHA *et al.*, 2016). O bom manejo do solo reflete diretamente no desenvolvimento da cultura, já que os métodos conservacionistas atuam nos ambientes de cultivo, impedido a sua degradação (PEDROSA *et al.*, 2014; TIECHER, 2016).

São vários os problemas possíveis em um solo cultivado de forma convencional (sem práticas adequadas de manejo), que em muitas situações ficam totalmente expostos. Estes solos geralmente possuem baixa diversidade de microrganismos benéficos, são facilmente compactados, o que impede a infiltração de água e dificulta seu armazenamento (MOURA *et al.*, 2009). Na maior parte destes solos existem muitas limitações para o crescimento radicular, impedindo que as plantas explorem um maior volume de solo e, conseqüentemente, de água e nutrientes (FERNANDES *et al.*, 2013).

Algumas práticas relacionadas com o armazenamento de água no solo, possuem elevado potencial de minimizar os danos causados às plantas de café, quando submetidas às condições adversas (ROCHA *et al.*, 2016). Práticas que possibilitam melhoras químicas, biológicas e estruturais no solo são fundamentais na exploração sustentável das lavouras de café (SILVA *et al.*, 2007; PARTELLI *et al.*, 2010).

Muitas são as práticas utilizadas no manejo do solo, visando o acúmulo de matéria orgânica, maior retenção da umidade e estruturação física de minerais, como floculação e agregação, ocasionando aumento da porosidade (SERAFIM *et al.*, 2011). Essas práticas consistem na proteção do solo, por meio do uso de plantas de cobertura, aplicação de resíduos orgânicos, como materiais orgânicos oriundos da própria produção agrícola como a “casca de café” e ainda o uso de cobertura com filme de polietileno, prática já difundida em algumas culturas (YURI *et al.*, 2012).

Essas práticas conservacionistas aliadas com os demais manejos do solo podem gerar muitos benefícios como: a correção da acidez pela aplicação de calcário; o fornecimento de bases catiônicas no subsolo, com a aplicação do gesso agrícola; a evolução dos fertilizantes e aumento da eficiência nutricional das plantas. Essas técnicas aplicadas isoladamente ou combinadas, possuem grande capacidade de melhorar o aproveitamento da umidade e a eficiência hídrica das plantas (CASTANHEIRA *et al.*, 2019).

### 2.2.1 Uso de plantas de cobertura

A cobertura do solo é uma prática muito utilizada, que favorece o crescimento e o desenvolvimento das plantas, promovendo inúmeros benefícios (TIECHER, 2016). Várias são as espécies que podem ser utilizadas como plantas de cobertura, sendo que as mais difundidas são as leguminosas e poáceas, que têm como propósito, proteger o solo e acrescentar carbono aos sistemas de cultivo, podendo ainda melhorar as condições para o aumento da microbiota do solo (DINIZ *et al.*, 2019).

Essa prática também pode funcionar como controle cultural e físico contra o crescimento de plantas daninhas que são fortes competidoras com os cultivos por água, luz e nutrientes. Em condições em que o solo é coberto, a baixa incidência de luz é um fator primordial para o retardamento na germinação de algumas espécies indesejadas. A cobertura também atua impedindo a emergência destas, já que há formação de uma barreira física. (PARTELLI *et al.*, 2010).

Dentre as plantas usadas como cobertura, as do gênero *Urochoa*, representadas pelo capim-braquiária, são amplamente adaptadas as mais diversas condições e possuem alta capacidade de produção de matéria seca. Outra vantagem da utilização do capim-braquiária como plantas de cobertura é que apresentam baixa exigência em fertilidade e estrutura dos solos (WUTKE; CALEGARI; WILDNER, 2014). Dentre os capins do gênero, a espécie *Urochoa decumbens* se diferencia das demais espécies, devido a sua arquitetura ser reduzida e ainda apresentar boa cobertura no solo, já que se trata de uma planta estolonífera que se ramifica com bastante facilidade (IKEDA *et al.*, 2013). O capim-braquiária já é cultivado em consórcio com o cafeeiro há alguns anos e tem se mostrado promissor, em associação com o café (manejo ecológico da braquiária) no combate das adversidades atuais de clima (CASTANHEIRA *et al.*, 2019).

Contudo, é importante ressaltar, que o manejo das plantas de cobertura deve ser adequado para evitar a competição com o cafeeiro, principalmente em condições de seca (ROCHA *et al.*, 2016). Indica-se uma faixa livre de plantas de cobertura ou de daninhas de pelo menos um metro para cada lado da linha de plantio do cafeeiro (SOUZA *et al.*, 2006; ALECRIM, 2019)



### 2.2.2 Cobertura com filme de polietileno

Com o intuito de cobrir e proteger o solo e minimizar as perdas de água por evaporação, outra prática que poderá ser utilizada na cafeicultura é o uso do filme de polietileno (SANTOS *et al.*, 2008). Prática já difundida em culturas olerícolas, produtoras de frutos como morango e melancia, o filme de polietileno tem a vantagem de proteger do solo os frutos que tem contato com este, o que melhora a qualidade do produto (LAMBERT *et al.*, 2017).

O uso do filme de polietileno é bastante estudado e vem mostrando bons resultados, principalmente em áreas com baixa pluviosidade e balanço hídrico negativo (BARBOSA 2015). Na cafeicultura, a técnica de cobertura do solo com este material é bastante promissora, podendo ser implementada nos primeiros anos das lavouras priorizando sua formação (CASTANHEIRA *et al.*, 2019). Em certas condições, o filme de polietileno é utilizado em lavouras cafeeiras cultivadas em solos de textura arenosa e com pouca capacidade de armazenamento de água, em concomitância com sistemas de irrigação e fertirrigação, facilitando o manejo nutricional das plantas (NASCIMENTO *et al.*, 2020).

São várias as especificações do filme de polietileno utilizado na agricultura, sendo que suas medidas de largura variam conforme a aplicação deste nas diferentes culturas. Já as cores do material podem variar de acordo com o clima da região onde será utilizado, sendo comum o filme de dupla face, com configurações de cor, branco/preto, prata/preto e preto/preto. Geralmente os de coloração preta são indicados para regiões frias e os brancos para regiões tropicais (YURI *et al.*, 2012). Outras colorações são utilizadas em algumas culturas, como as cores vermelho e azul.

Para a aplicação na cafeicultura é utilizado o filme de polietileno de dupla face branco/preto, sendo que a face branca fica exposta ao sol, com intuito de refletir a luz e impedir o aquecimento do solo e a face inferior preta atua como uma barreira luminosa impedindo a germinação e emergência das plantas daninhas.

### 2.3 Condicionadores de solo

Condicionadores de solo são produtos que quando aplicados melhoram as características físicas e químicas, o que garante às plantas um ambiente propício para o crescimento radicular. Os principais condicionadores de solo utilizados na agricultura são de origem orgânica advinda de resíduos ou de subprodutos industriais, como os compostos orgânicos, esterco, “casca de café” e gesso agrícola (ROCHA *et al.*, 2014).

O incremento de matéria orgânica nos solos pode aumentar a estruturação física destes e garantir melhor armazenamento de água, reduzir a perda de umidade e evitar o processo de compactação (MOURA *et al.*, 2009). Também melhora a atividade química dos solos, devido à alta capacidade de geração de cargas negativas da fração húmica e aumento da capacidade de troca de cátions (CTC), além de disponibilizar gradualmente os nutrientes as plantas. Portanto, a aplicação de matéria orgânica é técnica sustentável e conservacionista, com baixo custo (ARAÚJO *et al.*, 2008).

### **2.3.1 “Casca de café” e composto orgânico**

A “casca de café” é um desses subprodutos, proveniente do processo de beneficiamento dos frutos (especialmente os processados por “via seca”), encontrado em grandes quantidades nas fazendas cafeeiras. A utilização da “casca de café” traz relevantes benefícios para o sistema produtivo do cafeeiro, por ser um material orgânico que apresenta boa composição nutricional, fornecendo nitrogênio e potássio para as plantas (SANTOS *et al.*, 2001), além de melhorar as características do solo e realizar a liberação gradual dos nutrientes em função da decomposição da matéria orgânica (FERNANDES *et al.*, 2013).

Os compostos orgânicos também apresentam essas características, pois também são oriundos de resíduos/subprodutos, amplamente utilizados, apresentando bons resultados, usados com os fertilizantes minerais, proporcionando melhor equilíbrio nutricional às plantas e diminuindo as perdas de nutrientes (MARQUES *et al.*, 2013).

As fontes orgânicas já foram amplamente utilizadas na cafeicultura, porém, com a chegada dos fertilizantes sintéticos e a facilidade no seu uso, a aplicação de matéria orgânica nas lavouras foi reduzida, o que ocasionou efeitos na microbiologia dos solos, como diminuição de populações de organismos benéficos, formação de colônias bacterianas e fungos micorrízios, que ajudam na absorção de nutrientes como fósforo (NOVAK *et al.*, 2018).

A utilização de “casca de café” e composto orgânico na cultura de café favorece os atributos químicos do solo, proporcionando aumento nos teores de cálcio, magnésio e potássio, melhorando a saturação de bases e a disponibilidade dos nutrientes às plantas, além de melhorar as condições de pH e diminuição da atividade do alumínio (VOLTOLINI *et al.*, 2020).

Outro ponto importante é a questão da influência da relação de carbono e nitrogênio (relação C/N) na disponibilidade destes nutrientes e na taxa de decomposição da matéria orgânica, que pode causar a imobilização de nutrientes pelas bactérias, principalmente em condições de baixa quantidade de nitrogênio (CARVALHO *et al.*, 2012; RICCI *et al.*, 2005).

A utilização destes compostos na superfície do solo pode influenciar no aparecimento de plantas daninhas na área, sendo que estes materiais orgânicos também podem funcionar como barreira, uma vez que são aplicados em quantidade suficiente para cobrir o solo (SANTOS *et al.*, 2001).

### **2.3.2 Gesso agrícola**

Outro condicionador de solo muito utilizado é o gesso agrícola, que em muitos sistemas de produção é aplicado para promover o crescimento radicular nas camadas mais profundas do solo (SERAFIM *et al.*, 2013), aumentando a zona de exploração das raízes e, conseqüentemente, facilitando o acesso das plantas à umidade das camadas mais profundas (CARDUCCI *et al.*, 2014). Além de melhorar a eficiência do uso da água na cafeicultura, o gesso ocasiona o fornecimento de parte dos nutrientes como cálcio e sulfatos para as camadas mais profundas do solo, melhorando o ambiente radicular e neutralizando a toxidez do alumínio em profundidade (GUARÇONI, 2013).

Alguns trabalhos demonstram melhorias no crescimento e desenvolvimento de plantas de café, quando são submetidas a escassez hídrica, com o uso de altas doses de gesso agrícola e utilização de plantas de cobertura como a braquiária (CARDUCCI *et al.*, 2015; SERAFIM *et al.*, 2011; SERAFIM *et al.*, 2013). Essa combinação de técnicas ocasiona melhorias da parte biológica, química e física do solo, o que aumenta sua capacidade de armazenamento e disponibilidade de água para as plantas em períodos críticos (RAMOS *et al.*, 2013).

## **2.4 Quitosana na cafeicultura**

A quitosana é um derivado desacetilado do polissacarídeo quitina, constituída de unidades de N-acetilglicosamina e glicosamina, encontrado no exoesqueleto de crustáceos, moluscos e insetos, como os caranguejos e camarões (DUTTA *et al.*, 2004). A maior parte das fontes de obtenção da quitosana são oriundas da indústria pesqueira que processa crustáceos, sendo que alguns fungos também produzem em sua parede celular a quitosana, como os Zygomycetes (BERGER; STAMFORD; STAMFORD, 2011).

São muitas as aplicações da quitosana em diferentes áreas como na biotecnologia, ciências ambientais, farmacêutica, cosmética e agricultura (BADAWY; RABEA, 2011). Na agricultura a quitosana é utilizada por proporcionar maior proteção as plantas contra pragas e

doenças, inclusive na pós-colheita, principalmente de frutos (IRITI, 2009), atuando também no crescimento e regulação metabólica das plantas (DZUNG; KHANH; DZUNG, 2011).

A quitosana é uma molécula capaz de ativar ou potencializar a produção de compostos no metabolismo das plantas (DZUNG; KHANH; DZUNG, 2011), assim como algumas outras moléculas chamadas de bioestimulantes nos vegetais, a quitosana possui características estimulantes no metabolismo vegetal por apresentar capacidade de formação de biofilmes, ativação de enzimas do metabolismo secundário e reações em cascata na defesa de plantas contra microrganismos (BADAWY; RABEA, 2011; IRITI; VARONI, 2015; DZUNG; KHANH; DZUNG, 2011).

Recentemente, muitas pesquisas são realizadas com a quitosana em várias culturas, como milho, soja e arroz (BOONLERTNIRUN *et al.*, 2006; LIU *et al.*, 2008; MONDAL *et al.*, 2013), por ser um bioativador que predispõe a produção de ceras nas plantas e aumenta a deposição de cutina nas folhas, aumentando assim a tolerância das plantas a condições adversas, como a ocorrência de secas e veranicos (GHASEMI PIRBALOUTI *et al.*, 2017; VOSOUGHI *et al.*, 2018).

Na cafeicultura, o uso da quitosana como bioativador e indutor de resistência à seca ainda é pouco expressivo (DZUNG; KHANH; DZUNG, 2011), sendo que na literatura são escassos os trabalhos referentes a utilização da quitosana no cafeeiro, e seus efeitos no metabolismo das plantas ainda não foram totalmente elucidados. Em função das poucas informações sobre os efeitos da quitosana na cafeicultura, como possível condicionador para as plantas, incluiu-se o produto para ser avaliado em combinação com as demais técnicas de manejo de mesmo objetivo.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido em campo, em área experimental do Setor de Cafeicultura do Departamento de Agricultura - DAG, na Universidade Federal de Lavras - UFLA, em Lavras - MG, no período de novembro de 2020 a outubro de 2021. As coordenadas geográficas da área são latitude 21°13'36.63" Sul e longitude 44°57'39.25 Oeste, com altitude média de 977 metros. Segundo a classificação de Koppen, o clima da região é classificado como Cwa, mesotérmico com verões amenos e estiagens de inverno (SÁ JÚNIOR *et al.*, 2012).

O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho Amarelo distrófico (EMBRAPA, 2013). As características químicas do solo avaliadas na camada de 0 a 20 cm, antes da instalação do experimento, estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Análise química do solo da área experimental, na profundidade de 0-20 cm, antes da instalação do experimento. Lavras - MG, 2020.

Prof. (cm)	pH (H <sub>2</sub> O)	P (mg dm <sup>-3</sup> )	K	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	(H + Al)	SB	(t)	(T)	
				----- (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ) -----							
0-20	5,5	15,1	101,7	2,8	0,8	0,0	3,0	3,87	3,87	6,87	
	V	m	M.O	P-Rem	Zn	Fe	Mn	Cu	B	S	
				----- (%) -----		(mg L <sup>-1</sup> )	----- (mg dm <sup>-3</sup> ) -----				
0-20	56,33	0,0	2,4	21,5	1,9	30,3	10,2	1,0	0,26	78,1	

Laudo emitido pelo Laboratório de Análise de solo 3rLab.

Nota: SB = soma de bases trocáveis; (t) = capacidade de troca catiônica efetiva; (T) = capacidade de troca catiônica a pH 7,0; V = índice de saturação de bases; m = índice de saturação por alumínio.

Fonte: Do autor (2021).

#### 3.2 Instalação e condução dos experimentos

Foram instalados dois experimentos em áreas próximas, um com a cultivar Arara e o outro com a cultivar Mundo Novo IAC 376-4, plantados no dia 24 de novembro de 2020, ambos com o espaçamento de 3,6 metros nas entrelinhas de plantio e 0,60 metros entre plantas, na linha de plantio.

Para a correção do solo, utilizou-se calcário para elevar a saturação por bases para 70%. Utilizou-se um calcário dolomítico A, com PRNT de 90%, aplicando-se também 300g. m<sup>-1</sup> de

calcário no sulco de plantio, de forma a corrigir maior volume de solo movimentado durante a confecção dos sulcos de plantio. Posteriormente, realizou-se a aplicação de 640 g de superfosfato simples por metro linear de sulco, após o estabelecimento das mudas foi realizada a adubação de cobertura, aplicando-se 30 g.m<sup>-1</sup> do fertilizante Producot<sup>®</sup>. Sendo que a correção do solo e a adubação fosfatada e cobertura foram realizadas, de acordo com os resultados da análise de solo (TABELA 1), seguindo as recomendações estabelecidas por Guimarães *et al.* (1999).

O monitoramento de pragas e doenças foi feito regularmente, conforme a necessidade, seguindo as recomendações de Matiello *et al.* (2015). As aplicações foliares e o manejo nutricional foi realizado de acordo com as especificações de Guimarães *et al.* (1999).

O controle da vegetação espontânea, nas entrelinhas do cafeeiro, foi feito com utilização de roçadora mecânica em todas parcelas experimentais. No entanto, na linha de plantio, o controle foi realizado, de acordo com o tipo manejo específico de cada tratamento da parcela, que será detalhado posteriormente.

### **3.3 Delineamento experimental e tratamentos**

Os experimentos foram montados com os fatores em estudo dispostos em esquema fatorial 3x5 totalizando 15 tratamentos em parcelas subdivididas, no delineamento experimental de blocos ao acaso com três repetições. Nas parcelas, foram casualizados três manejos de solo (filme de polietileno, manejo ecológico da braquiária e solo exposto-tratamento controle). Nas subparcelas, foram alocados os cinco condicionadores de solo (testemunha- tratamento controle, composto orgânico, “casca de café” (obtida do beneficiamento de café processado por “via seca”), gesso agrícola e quitosana (TABELA 2).

Cada unidade experimental foi composta por seis plantas, sendo consideradas como úteis, as quatro centrais. Entre as linhas de tratamento, utilizou-se uma linha de bordadura, para se evitar interferência.

Tabela 2 - Descrição dos tratamentos. Lavras – MG, 2021 (continua)

ARARA			MUNDO NOVO IAC 376-4		
Tratamentos	Manejos de solo	Condicionadores	Tratamentos	Manejos de solo	Condicionadores
1	Convencional	Testemunha	1	Convencional	Testemunha
2	Convencional	Composto orgânico	2	Convencional	Composto orgânico
3	Convencional	“casca de café”	3	Convencional	“casca de café”
4	Convencional	Gesso agrícola	4	Convencional	Gesso agrícola
5	Convencional	Quitosana	5	Convencional	Quitosana
6	Braquiária	Testemunha	6	Braquiária	Testemunha
7	Braquiária	Composto orgânico	7	Braquiária	Composto orgânico
8	Braquiária	“casca de café”	8	Braquiária	“casca de café”
9	Braquiária	Gesso agrícola	9	Braquiária	Gesso agrícola
10	Braquiária	Quitosana	10	Braquiária	Quitosana
11	Filme de polietileno	Testemunha	11	Filme de polietileno	Testemunha

Tabela 2 - Descrição dos tratamentos. Lavras – MG, 2021 (conclusão)

ARARA			MUNDO NOVO IAC 376-4		
Tratamentos	Manejos de solo	Condicionadores	Tratamentos	Manejos de solo	Condicionadores
12	Filme de polietileno	Composto orgânico	12	Filme de polietileno	Composto orgânico
13	Filme de polietileno	“casca de café”	13	Filme de polietileno	“casca de café”
14	Filme de polietileno	Gesso agrícola	14	Filme de polietileno	Gesso agrícola
15	Filme de polietileno	Quitosana	15	Filme de polietileno	Quitosana

Fonte: Do autor (2021)



Nas parcelas manejadas com o filme de polietileno, utilizou-se o filme dupla face preto e branco, com 1,0 metro de largura. A instalação do filme de polietileno foi realizada na linha de plantio, após o transplante das mudas, adubação de cobertura e aplicação dos condicionadores, com a face preta voltada para baixo e a face branca para cima conforme recomendações do fabricante, para sua fixação foi realizada a amontoa de solo nas suas laterais.

O manejo com braquiária foi estabelecido por meio do consórcio café e braquiária (manejo ecológico da braquiária). A braquiária (*Urochloa decumbens*) foi cultivada, na entrelinha do cafeeiro buscando-se que a linha de plantio fosse mantida sempre coberta pelos resíduos vegetais provenientes da sua ceifa. Porém, a semeadura da braquiária realizada juntamente do plantio do café não teve boa germinação, o que atrasou a formação da cultura nas entrelinhas do café, sendo necessário o replante com mudas de braquiária (*Urochloa decumbens*) retiradas em área adjacente, o que impossibilitou sua ceifa devido à espera do perfilhamento das mudas. Dessa forma, no primeiro ano de avaliação dos experimentos, as parcelas manejadas com a braquiária não receberam deposição de material vegetal na linha de cultivo.

Nas parcelas consorciadas com a braquiária foi mantida uma faixa livre de 1,0 metro, similar ao manejo realizado nas parcelas cultivadas com o solo exposto onde se deixou também 1,0 metro livre de plantas espontâneas. Para o controle da vegetação na linha de cultivo foram utilizadas aplicações de herbicidas pós e pré-emergentes, já o controle nas entre linhas (à exceção das parcelas com o “manejo ecológico da braquiária”, foram utilizadas roçadas mecânicas e aplicações de herbicidas pós-emergentes.

Os tratamentos alocados nas subparcelas, foram os condicionadores de solo: composto orgânico, “casca de café”, gesso agrícola e a aplicação foliar de quitosana, além do tratamento controle.

A aplicação do composto orgânico, “casca de café” e do gesso agrícola foi realizada em cobertura, na projeção da copa do cafeeiro, logo após o plantio. A “casca de café” e o composto orgânico foram aplicados na dose de 10 L.m<sup>-1</sup> distribuídos uniformemente nas respectivas subparcelas. A “casca de café” aplicada foi proveniente do processo de beneficiamento do café processado por via seca. O composto orgânico utilizado foi um produto comercial produzido por meio da compostagem de esterco de aves de postura e maravalha de eucalipto. Nos tratamentos com gesso agrícola, aplicaram-se 0,5 Kg.m<sup>-2</sup>, totalizando uma dose em área total de 5.000 Kg ha<sup>-1</sup>. O produto utilizado apresentava 18% de cálcio e 15% de enxofre (CASTANHEIRA *et al.*, 2019).

As aplicações foliares de quitosana foram realizadas com pulverizador costal elétrico, totalizando três aplicações nos meses de fevereiro (23-02-2021), março (30-03-2021) e maio (04-05-2021). A quitosana foi aplicada em uma concentração de  $300 \text{ mg L}^{-1}$ , solubilizada em ácido acético 0,1 %, sendo que a diluição da quitosana em ácido foi realizada no mesmo dia das aplicações (DZUNG; KHANH; DZUNG, 2011).

A subparcela denominada testemunha não recebeu condicionadores, sendo influenciada apenas pelos fatores manejo de solo.

### **3.4 Características avaliadas**

As avaliações das características foram realizadas em quatro épocas diferentes, Ep1 (abril 2021), Ep2 (junho 2021), Ep3 (agosto 2021), Ep4 (outubro 2021). Os dados climáticos foram monitorados, por meio de uma estação meteorológica automática, instalada próxima à área experimental, obtendo dados como volume das chuvas (precipitação), temperaturas (máxima, média e mínima) e umidade relativa do ar.

#### **3.4.1 Avaliações de crescimento**

As avaliações de crescimento das plantas foram realizadas em todas as quatro épocas observadas, sendo que as características de crescimento avaliadas foram:

- i. Altura de plantas (AP): mesurada em cm, do colo da planta até a gema apical do ramo ortotrópico, com régua graduada.
- ii. Número de ramos plagiotrópicos (NP): Foram contados os ramos plagiotrópicos que possuíam mais de um par de folhas verdadeiras.
- iii. Comprimento do ramo plagiotrópico (CP): mensurado em cm, da inserção do ramo até a sua gema apical, com régua graduada.
- iv. Número de nós no primeiro ramo plagiotrópico (NNP): contagem dos nós no ramo plagiotrópico.
- v. Número de folhas no ramo plagiotrópico (NFP): contagem das folhas no ramo plagiotrópico.
- vi. Diâmetro do caule (DC): mensurado em mm, na região do colo da planta, com paquímetro eletrônico.

### 3.4.2 Avaliações fisiológicas

As avaliações fisiológicas foram realizadas nas quatro épocas de avaliação (condutância estomática, índices de clorofila) exceto a avaliação de potencial hídrico que foi realizada apenas no período seco do ano (EP3, em agosto 2021).

Para as avaliações de condutância estomática, foi utilizado o porômetro (SC-1, Decagon Devices). O aparelho determina o fluxo de vapor real da folha através dos estômatos para o ambiente externo. As leituras foram feitas em dias típicos, claros, sempre em folhas completamente expandidas, no período compreendido entre as 9 h e 11 h da manhã.

Os índices de clorofila “a” (CIA), “b” (CIB) e “total” (CIT), foram obtidos por meio do aparelho digital ClorofiLOG, modelo CFL 1030 (Falker Automação, Porto Alegre, RS). O aparelho fornece os índices proporcionais à absorvância das clorofilas.

Determinou-se o potencial hídrico foliar no período antemanhã (3 h às 5 h da manhã), com uma câmara de pressão tipo Scholander (modelo 1000, PMS Instrument Company), com operação de até 70 bar. As folhas coletadas no campo, completamente expandidas e livres de pragas e doenças, foram inseridas na câmara e, posteriormente, aplicou-se uma pressão até que ocorresse a exsudação pelo corte feito no pecíolo da folha.

### 3.4.3 Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI)

As avaliações do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (*Normalized Difference Vegetation Index* – NDVI) foram feitas no dossel das plantas, utilizando o sensor ótico ativo portátil (GreenSeeker Handheld Crop Sensor, Trimble, USA). Os dados foram coletados posicionando o aparelho a 0,80 metros entre o sensor e o dossel das plantas (POVH *et al.*, 2008; REZNICK, 2017). As leituras foram realizadas de 28 de abril de 2021 a 27 de outubro de 2021, mensalmente, em todas as plantas da parcela útil.

### 3.4.4 Avaliação da umidade do solo

Semelhante à avaliação de potencial hídrico, a avaliação de umidade do solo foi realizada apenas na época mais seca do ano, no mês de agosto de 2021.

A umidade do solo (US) foi determinada pelo método padrão, por meio da coleta de uma amostra deformada na camada de 0 a 20 cm, em cada unidade experimental, com auxílio de uma furadora portátil equipada com uma broca especializada para a retirada de solo.

Mensurou-se o peso úmido, em balança de precisão e mantiveram-se as amostras em estufa a 105 °C por 24 horas, para determinar o peso seco. Posteriormente, calculou-se a umidade gravimétrica do solo, em porcentagem, pela razão da diferença do peso úmido e peso seco (EMBRAPA, 1997).

### **3.4.5 Dados meteorológicos**

Os dados de temperaturas máxima, média e mínima, insolação, precipitação e umidade relativa do ar foram obtidos da estação climatológica principal de Lavras, localizada no campus da Universidade Federal de Lavras (UFLA), pertencente ao 5º Distrito em Meteorologia, do convênio entre o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e a UFLA.

### **3.5 Análise estatística**

Os dados obtidos foram submetidos às pressuposições da ANOVA, com objetivo de verificar a normalidade por meio do teste de Shapiro-Wilk. Utilizando-se o software estatístico R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2020).

Os dados de crescimento vegetativo, fisiologia e NDVI obtidos foram submetidos à análise de variância a 5% de probabilidade, quando verificado significância aplicou-se o teste de Tukey para analisar o comportamento dos dados.

Foi realizada a análise de correlação de matrizes para as variáveis de crescimento, fisiologia e NDVI com as variáveis climatológicas. Para o NDVI foi realizada a Análise de Séries Temporais utilizando-se a média dos valores obtidos de NDVI.

## **4 RESULTADOS**

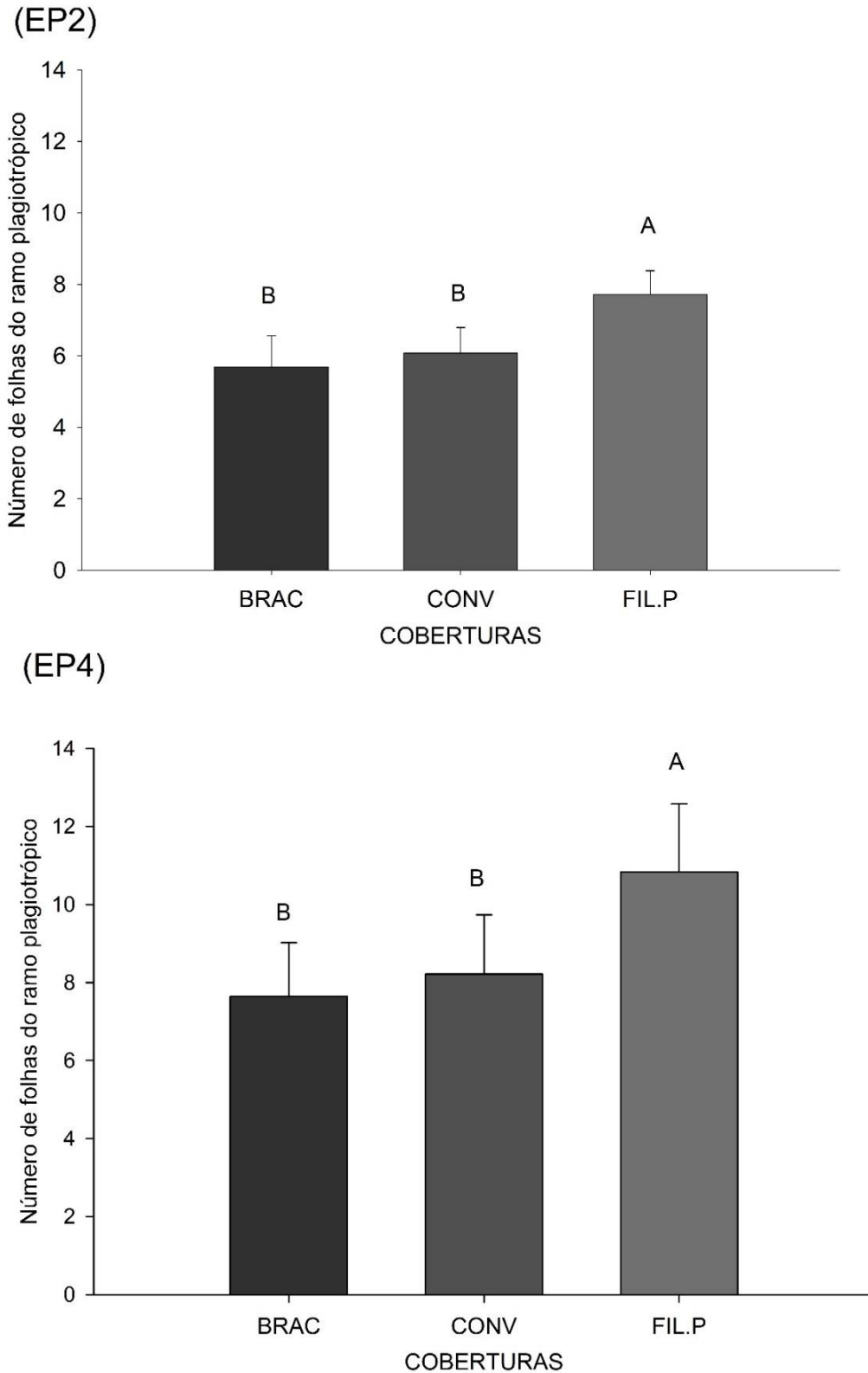
### **4.1 Resultados observados no experimento com a cultivar Arara**

#### **4.1.1 Crescimento vegetativo**

No experimento com a cultivar Arara, entre as avaliações de crescimento, não foram observadas interações entre os fatores para características analisadas, altura de plantas, comprimento do ramo plagiotrópico, número de plagiotrópicos e número de nós do ramo plagiotrópico. Para número de folhas do ramo plagiotrópico houve significância ( $p < 0,05$ ) para o fator manejo de solo, na época Ep2 e Ep4 (FIGURA 1) e interação significativa na época Ep4 (FIGURA 2). Para o diâmetro do caule o fator manejo do solo foi significativo ( $p < 0,05$ ), na época Ep2 (FIGURA 3). Entre os condicionadores de solo não houve efeito significativo nos tratamentos propostos.

Os resultados observados para a variável número de folhas do ramo plagiotrópico, foram semelhantes nas duas épocas em que foram significativos (Ep2 e Ep4), sendo que o manejo do solo com a cobertura do filme de polietileno possibilitou o aumento no número de folhas no ramo plagiotrópico (FIGURA 1).

Figura 1- Representação gráfica do número de folhas do ramo plagiotrópico (NFP) de cafeeiros da cultivar Arara, cultivados em três manejos de solo (braquiária (BRAC), convencional (CONV) e filme de polietileno (Fil.P)), nos meses de junho (Ep2) e outubro (Ep4).

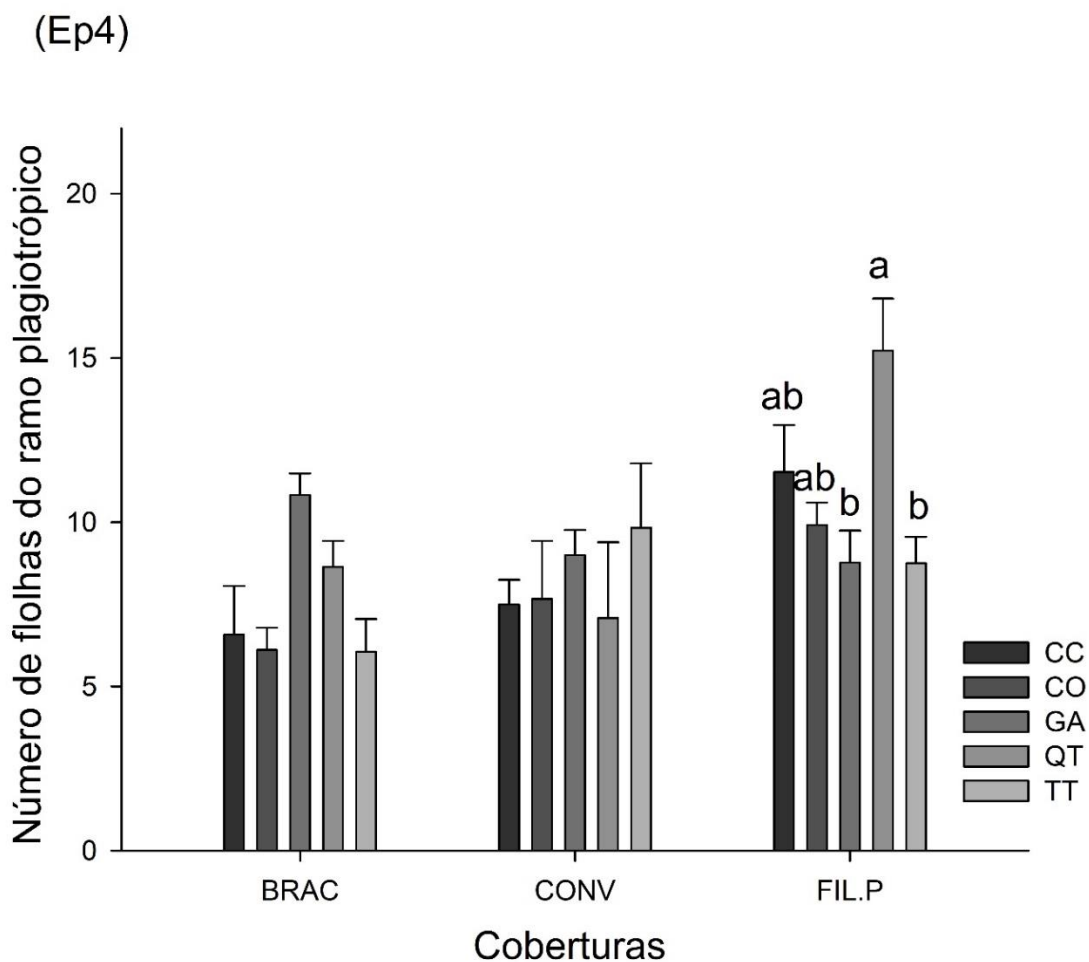


Letras representam teste de Tukey a 5% de significância.

Fonte: Do autor (2022).

A combinação do manejo de cobertura com o filme de polietileno e os condicionadores quitosana e “casca de café” e composto orgânico, também foi favorável no aumento de folhas e no crescimento do ramo plagiotrópico, como é observado na interação entre os manejos de cobertura e condicionadores na época Ep4 (FIGURA 2).

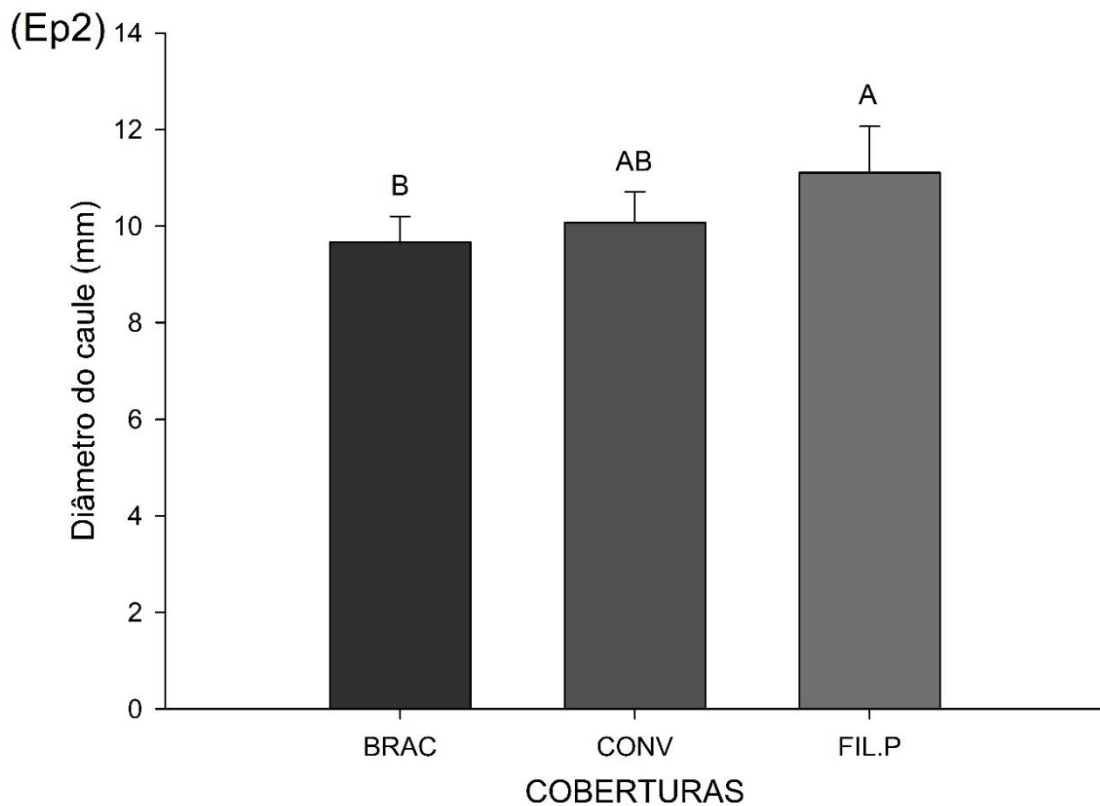
Figura 2 - Representação gráfica do número de folhas do ramo plagiotrópico (NFP) de cafeeiros da cultivar Arara, cultivados em três manejos de solo (braquiária (BRAC), convencional (CONV) e filme de polietileno (FIL.P)) e cinco condicionadores de solo (“casca de café” (CC), composto orgânico (CO), gesso agrícola (GA), quitosana (QT) e testemunha (TT), no mês de outubro (Ep4).



Letras representam teste de Tukey a 5% de significância  
 Fonte: Do autor (2022).

O manejo da cobertura do solo com o filme de polietileno também aumentou o diâmetro de caule das plantas (FIGURA 3).

Figura 3 - Representação gráfica do diâmetro do caule (DC- mm) de cafeeiros da cultivar Arara, cultivados em três manejos de solo (braquiária (BRAC), convencional (CONV) e filme de polietileno (FIL.P)) no mês de junho (Ep2)



Letras representam teste de Tukey a 5% de significância

Fonte: Do autor (2022).

#### 4.1.2 Características fisiológicas

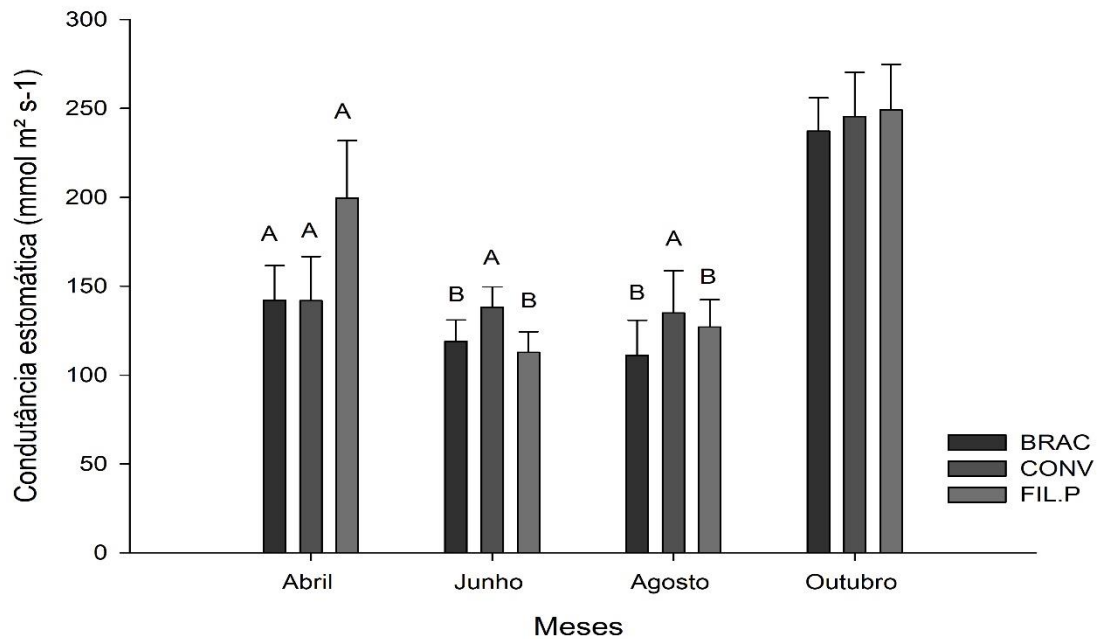
Para as características fisiológicas avaliadas não houveram interações significativas entre os fatores em estudo, sendo que foram observados resultados significativos isolados para o fator coberturas do solo nas variáveis, condutância estomática nas épocas Ep1, Ep2 e Ep3 (Figura 4) e clorofila b (CLB) e total (CLT) na época Ep2 (FIGURA 5).

A condutância estomática apresentou resultados diferentes ao longo das avaliações, caracterizando bem as épocas mais secas do ano. Na época Ep1 não foram observadas diferenças significativas em relação aos manejos de solo utilizados (FIGURA 4).

Nas avaliações realizadas no período mais seco, épocas Ep2 e Ep3, as maiores médias para a condutância estomática foram observadas nos tratamentos manejados de forma convencional. Possivelmente um maior estresse hídrico nas plantas do tratamento convencional tenha estimulado as plantas a uma maior condutância estomática como forma de defesa (FIGURA 4).



Figura 4 - Representação gráfica da condutância estomática ( $\text{gs} - \text{mmol m}^2 \text{s}^{-1}$ ) de cafeeiros da cultivar Arara, cultivados em três manejos de solo (braquiária (BRAC), convencional (CONV) e filme de polietileno (FIL.P)) e cinco condicionadores de solo (“casca de café” (CC), composto orgânico (CO), gesso agrícola (GA), quitosana (QT) e testemunha (TT), nos meses avaliados abril (Ep1), junho (Ep2), agosto (Ep3) e outubro (Ep4).

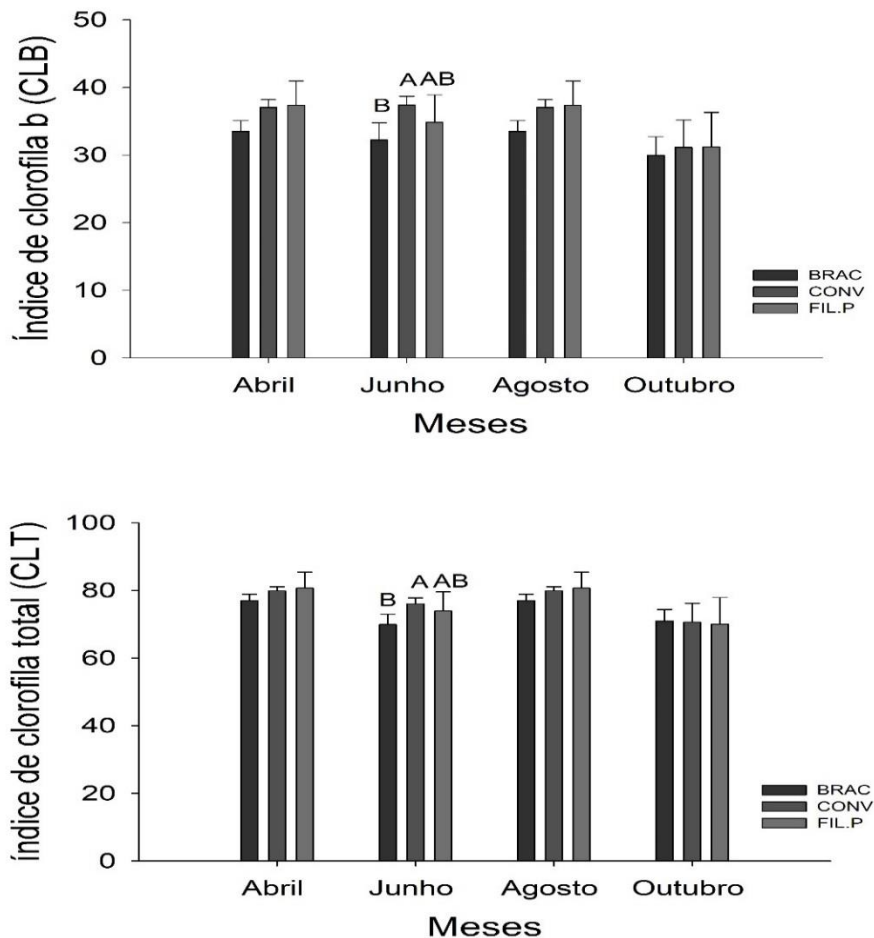


Letras representam teste de Tukey a 5% de significância.

Fonte: Do autor (2022).

Na época Ep2 a clorofila b e, conseqüentemente, a clorofila total, foram maiores nas plantas que receberam o manejo com o filme de polietileno, com comportamento semelhante das plantas que receberam o tratamento convencional. Possivelmente os maiores índices de clorofila b e total ocorreram na época Ep2 em função da necessidade de maior proteção do aparelho fotossintético das plantas, devido a maior insolação, característica da época (FIGURA 5).

Figura 5 - Representação gráfica do índice de clorofila b (CLB) e clorofila total (CLT) de cafeeiros da cultivar Arara, cultivados em três manejos de solo (braquiária (BRAC), convencional (CONV) e filme de polietileno (FIL.P)) nos meses avaliados abril (Ep1), junho (Ep2), agosto (Ep3) e outubro (Ep4).



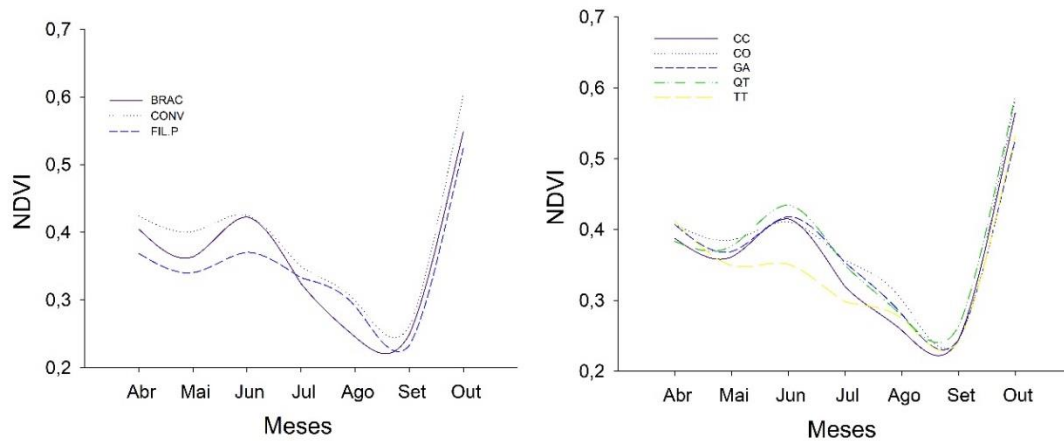
Letras representam teste de Tukey a 5% de significância

Fonte: Do autor (2022).

#### 4.1.3 Comportamento do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI)

Nas medições do NDVI não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos propostos, porém, houveram diferenças entre as épocas avaliadas coincidindo os maiores valores de NDVI com as épocas de maior pluviosidade, pois o perfil de comportamento do NDVI se associa com as características do clima, como precipitação e temperaturas, sendo que o NDVI apresentou rápida resposta com o aumento da precipitação na última época avaliada (FIGURA 6).

Figura 6 - Série temporal do comportamento do índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) de cafeeiros da cultivar Arara, cultivados em três manejos de solo (braquiária (BRAC), convencional (CONV) e filme de polietileno (FIL.P)) e cinco condicionadores de solo (“casca de café” (CC), composto orgânico (CO), gesso agrícola (GA), quitosana (QT) e testemunha (TT), do período de abril de 2021 a outubro de 2021.

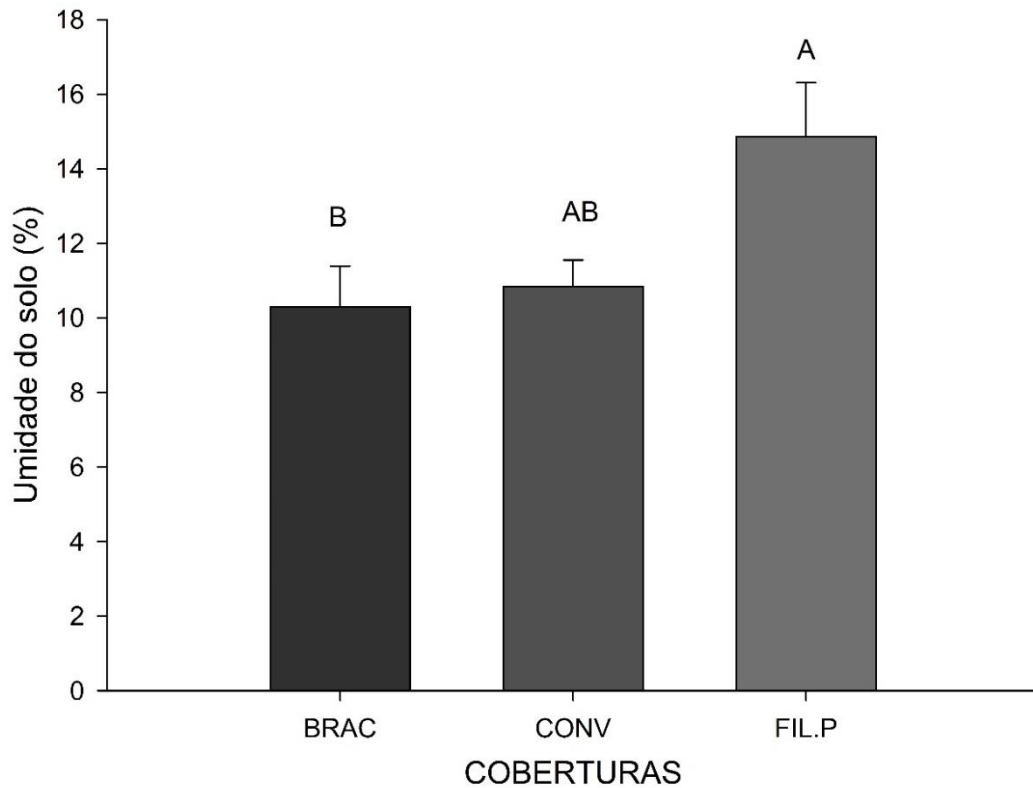


Fonte: Do autor (2022).

#### 4.1.4 Umidade do solo

A umidade do solo, avaliada na época Ep3, apresentou diferenças significativa entre os manejos do solo, com o filme de polietileno obtendo as melhores médias (FIGURA 7). Como nas parcelas manejadas com a braquiária não ocorreu a ceifa da massa produzida e sua deposição na linha de plantio do cafeeiro, as parcelas manejadas com a braquiária não apresentaram seu potencial nos resultados obtidos nos experimentos neste primeiro ano, podendo, inclusive, ter prejudicado a umidade do solo das parcelas desse tratamento concorrendo por água no solo.

Figura 7 - Representação gráfica da umidade de solo (US - %) em cafeeiros da cultivar Arara, cultivados em três manejos de solo (braquiária (BRAC), convencional (CONV) e filme de polietileno (PLAST)), no mês de agosto (Ep3).



Letras representam teste de Tukey a 5% de significância

Fonte: Do autor (2022).

## 4.2 Resultados observados no experimento com a cultivar Mundo Novo IAC 376-4

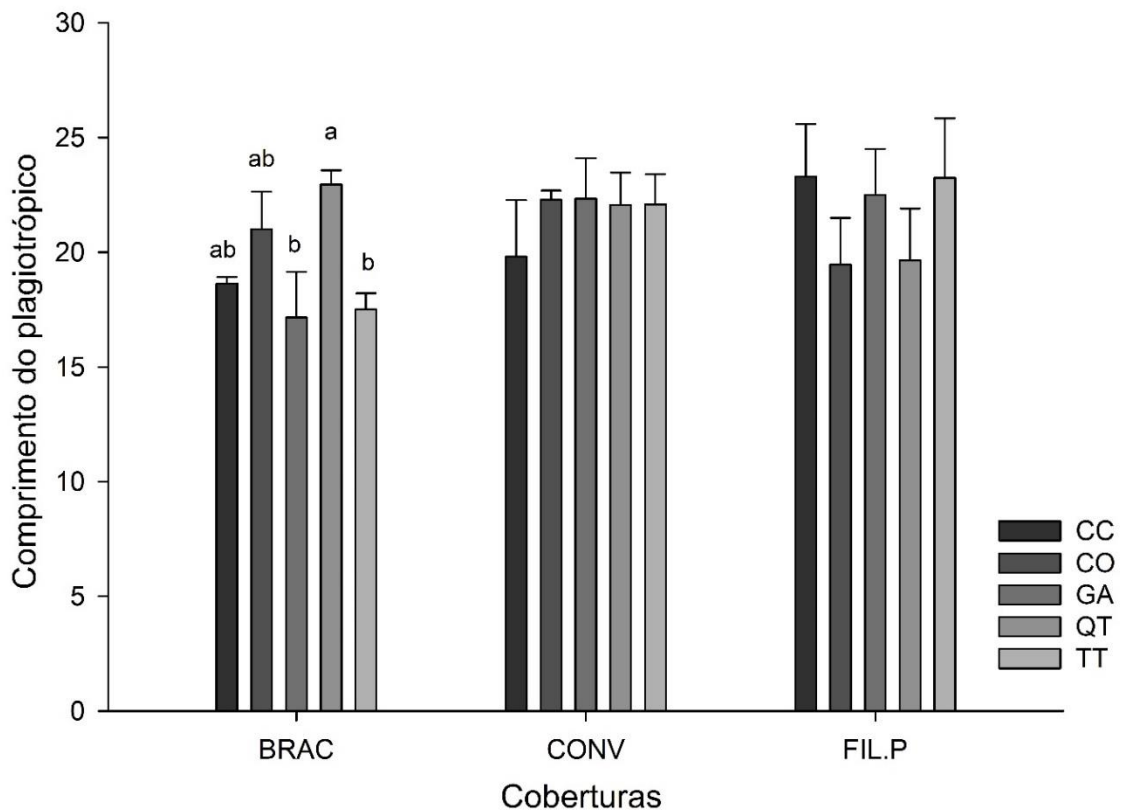
### 4.2.1 Crescimento vegetativo

No experimento com a cultivar Mundo Novo IAC 376-4, não houve interações significativas para as variáveis altura de plantas e diâmetro do caule em nenhuma das épocas avaliadas. Já comprimento do plagiotrópico na época Ep1 (FIGURA 8) e número de folhas do ramo plagiotrópico na época Ep4 (FIGURA 9), apresentaram interação significativa ( $p < 0,05$ ). Para o fator manejo de cobertura do solo foram observadas diferenças significativas nas características, número de folhas do plagiotrópico nas épocas Ep2 e Ep3 (FIGURA 9), número de nós do plagiotrópico nas épocas Ep3 e Ep4 e número de plagiotrópicos na época Ep4 (FIGURA 10).

A variável comprimento do plagiotrópico apresentou interação significativa na época Ep1, no desdobramento dos condicionadores de solo, para o manejo ecológico com a braquiária

os condicionadores quitosana, composto orgânico e “casca de café” promoveram maior crescimento dos ramos plagiotrópicos (FIGURA 8).

Figura 8 - Representação gráfica do comprimento do plagiotrópico (CP- cm) de cafeeiros da cultivar Mundo Novo, cultivados em três manejos de solo (braquiária (BRAC), convencional (CONV) e filme de polietileno (FIL.P)) e cinco condicionadores de solo (“casca de café” (CC), composto orgânico (CO), gesso agrícola (GA), quitosana (QT) e testemunha (TT), no mês de abril (Ep1).



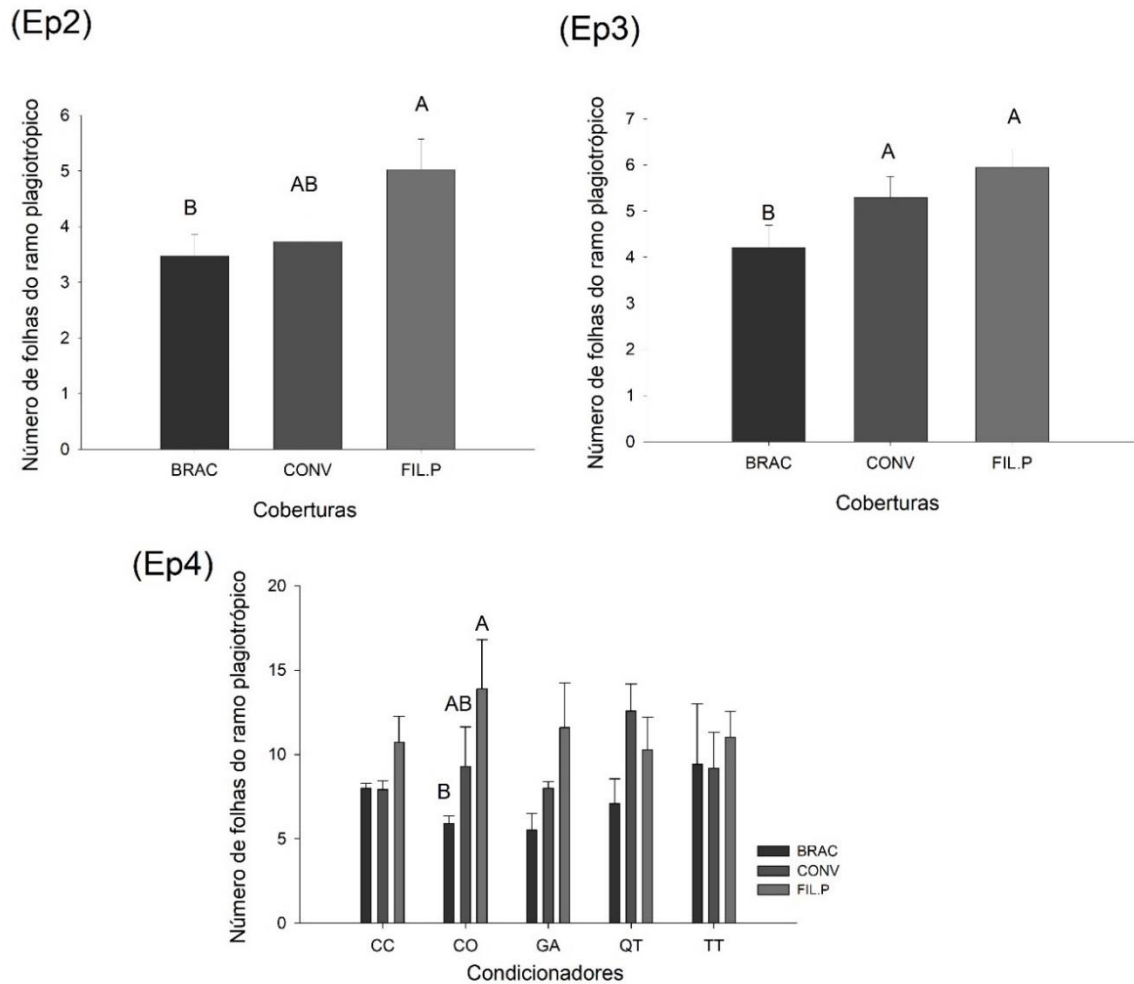
Letras representam teste de Tukey a 5% de significância

Fonte: Do autor (2022).

O número de folhas do ramo plagiotrópico foi significativo para o fator cobertura do solo nas épocas Ep2 e Ep3 e na época Ep4 foi observada a interação entres os fatores. Os resultados obtidos nas épocas Ep2 e Ep3 foram similares, com o Filme de polietileno e o manejo convencional apresentando as maiores médias (FIGURA 9).

Na época Ep4 na interação entre os fatores, não foram apontadas diferenças no desdobramento condicionadores de solo dentro dos manejos de cobertura. No desdobramento manejos de cobertura dentro dos condicionadores de solo, os tratamentos manejados com filme de polietileno e manejo convencional obtiveram os melhores resultados quando combinados com o composto orgânico (FIGURA 9).

Figura 9 - Representação gráfica do número de folhas do ramo plagiotrópico (NFP) de cafeeiros da cultivar Mundo Novo, cultivados em três manejos de solo (braquiária (BRAC), convencional (CONV) e filme de polietileno (PLAST)) e cinco condicionadores de solo (“casca de café” (CC), composto orgânico (CO), gesso agrícola (GA), quitosana (QT) e testemunha (TT), nos meses de junho (Ep2), agosto (Ep3) e outubro (Ep4).

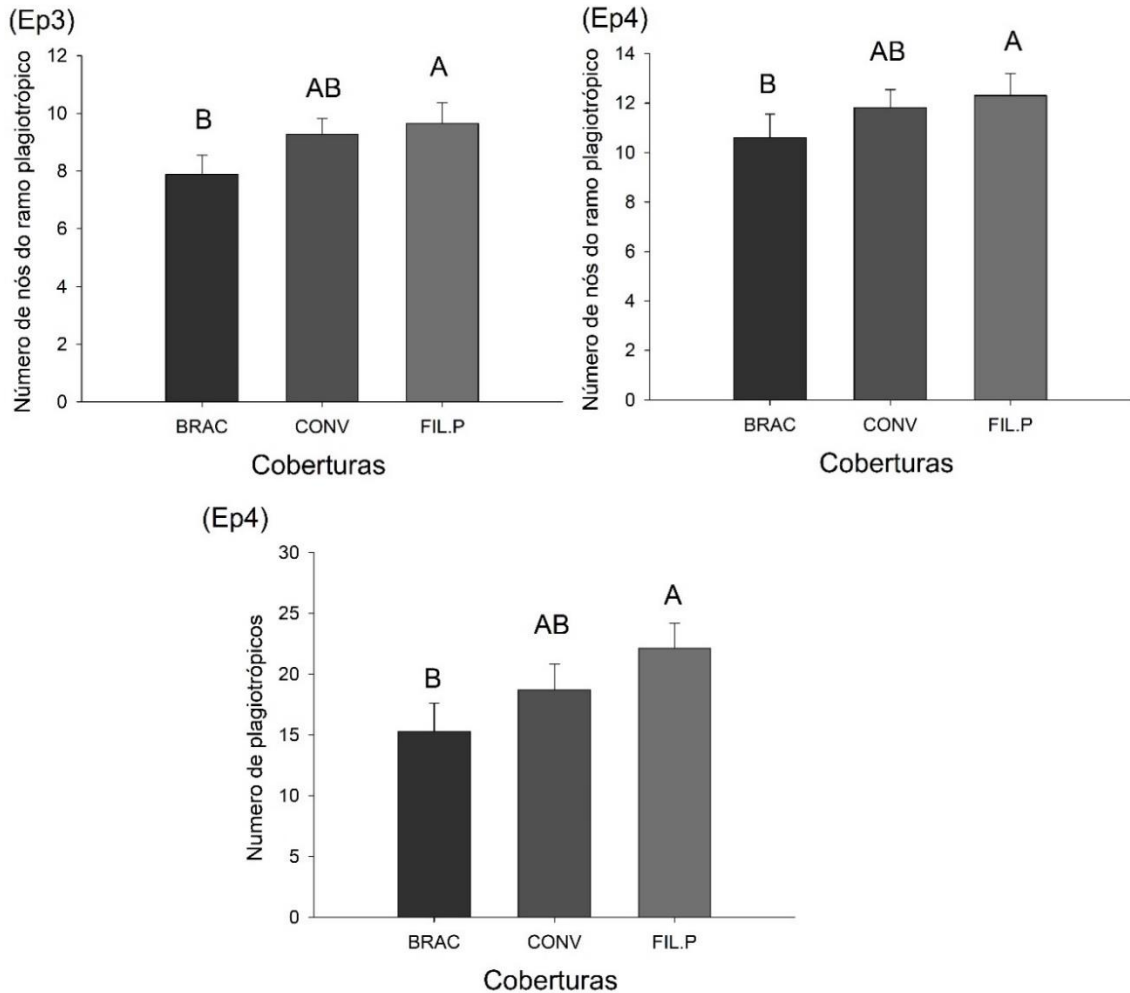


Letras representam teste de Tukey a 5% de significância

Fonte: Do autor (2022).

As plantas cultivadas com o filme de polietileno apresentaram os melhores resultados para as características, número de nós do ramo plagiotrópico nas épocas Ep3 e Ep4 e número de plagiotrópicos na época Ep4 (FIGURA 10).

Figura10 - Representação gráfica do número de nós do ramo plagiotrópico (NNP) e número de plagiotrópicos (NP) de cafeeiros da cultivar Mundo Novo, cultivados em três manejos de solo (braquiária (BRAC), convencional (CONV) e filme de polietileno (FIL.P)), nos meses de Agosto (Ep3) e outubro (Ep4).



Letras representam teste de Tukey a 5% de significância

Fonte: Do autor (2022).

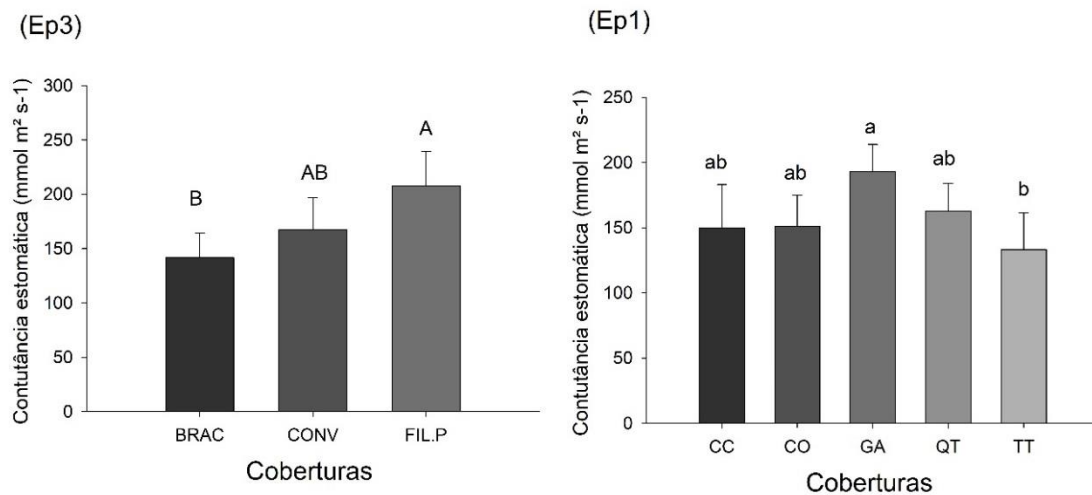
#### 4.2.2 Características fisiológicas

Não foram observadas interações significativas para as características fisiológicas. A condutância estomática foi significativa entre os condicionadores de solo na época Ep1 e entre os manejos de cobertura na época Ep3 (FIGURA 11), as clorofilas a, b e total foram significativas para o fator manejo da cobertura do solo (FIGURA 12). Já o potencial hídrico apresentou interação significativa e resultado entre os condicionadores de solo (FIGURA 13).

A condutância estomática nas plantas avaliadas na época Ep1, foi maior no tratamento gesso agrícola, sem diferença significativa para as plantas dos tratamentos “casca de café”, composto orgânico e quitosana. Na época Ep3 o filme de polietileno foi o tipo de cobertura do

solo que apresentaram os melhores resultados para a condutância estomática das plantas (Figura 11).

Figura 11- Representação gráfica da condutância estomática ( $gs - mmol\ m^2\ s^{-1}$ ) de cafeeiros da cultivar Mundo Novo, cultivados em três manejos de solo (braquiária (BRAC), convencional (CONV) e filme de polietileno (FIL.P)) e cinco condicionadores de solo (“casca de café” (CC), composto orgânico (CO), gesso agrícola (GA), quitosana (QT) e testemunha (TT), nos meses avaliados abril (Ep1), agosto (Ep3).



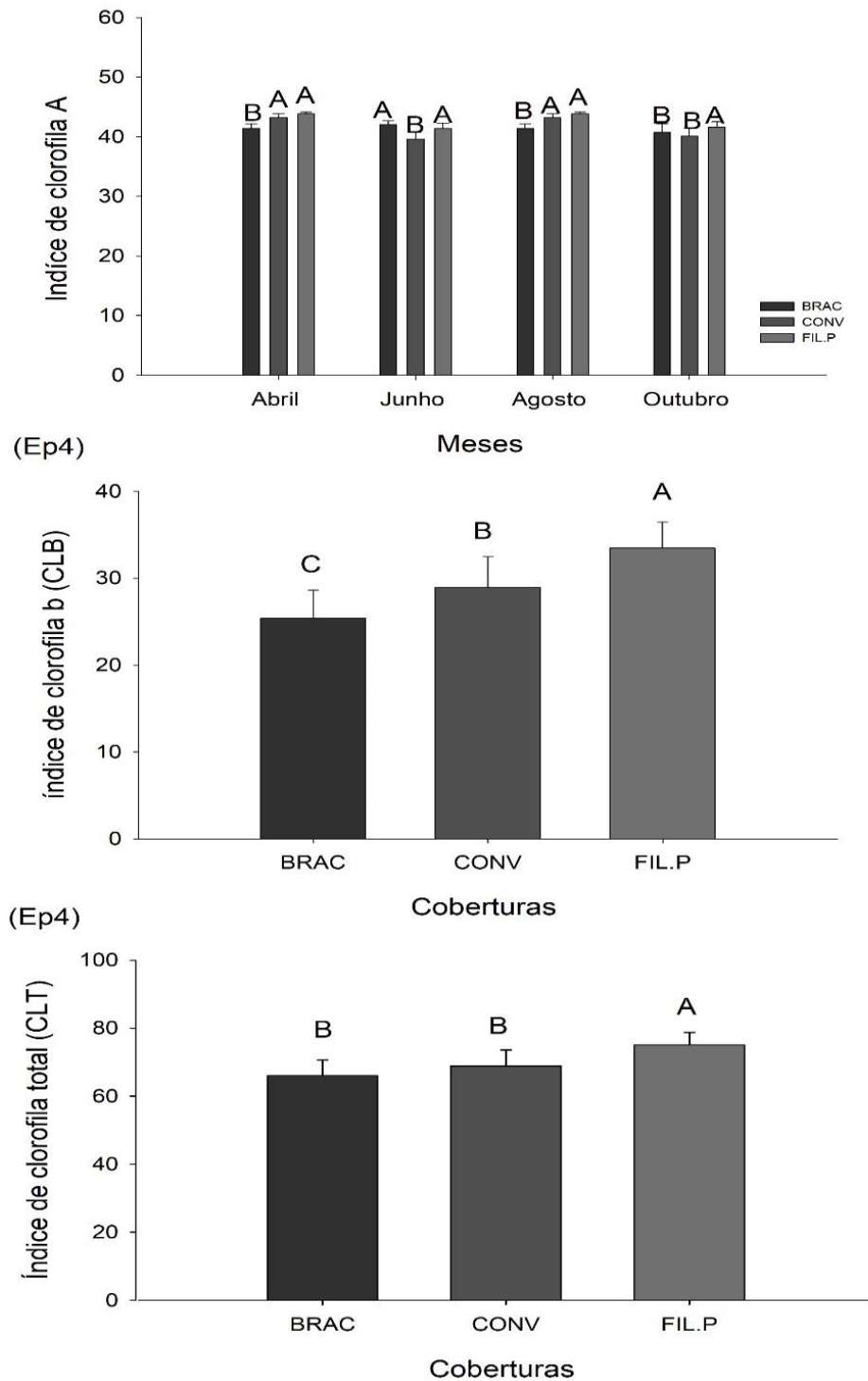
Letras representam teste de Tukey a 5% de significância

Fonte: Do autor (2022).

O índice de clorofila “a” variou significativamente em todas as épocas avaliadas, sendo que as plantas com filme de polietileno apresentaram em todas as épocas os maiores valores de clorofila “a” (FIGURA 12). O manejo com filme de polietileno também proporcionou maiores índices de clorofila b e clorofila total na época Ep4 em relação aos demais (FIGURA 12).



Figura 12 - Representação gráfica do índice de clorofila a (CLA), clorofila b (CLB) e clorofila total (CLT) de cafeeiros da cultivar Mundo Novo, cultivados em três manejos de solo (braquiária (BRAC), convencional (CONV) e filme de polietileno (PLAST)) e cinco condicionadores de solo (“casca de café” (CC), composto orgânico (CO), gesso agrícola (GA), quitosana (QT) e testemunha (TT), nos meses avaliados abril (Ep1), junho (Ep2), agosto (Ep3) e outubro (Ep4).

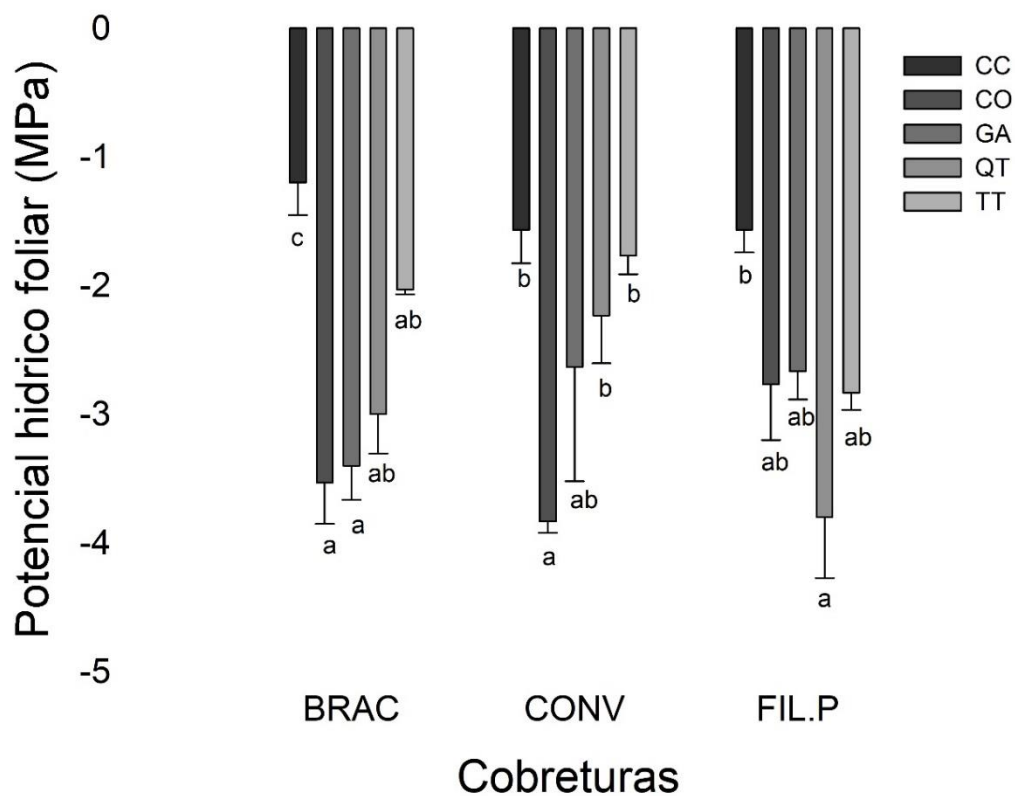


Letras representam teste de Tukey a 5% de significância

Fonte: Do autor (2022).

O potencial hídrico foi significativo com interação entre os condicionadores de solo e os manejos de cobertura, ou seja, os condicionadores tiveram comportamentos diferentes com relação ao potencial hídrico dependendo do manejo de cobertura utilizado. Os valores menos negativos de potencial hídrico foliar foram observados para a “casca de café” em todos os tipos de manejo de solo. No manejo convencional as plantas que não foram tratadas com condicionadores e as tratadas com a quitosana apresentaram valores menos negativos para o potencial hídrico foliar como a “casca de café” (FIGURA 13).

Figura 13 - Representação gráfica do potencial hídrico foliar (Mpa) de cafeeiros da cultivar Mundo Novo, cultivados em três manejos de solo (braquiária (BRAC), convencional (CONV) e filme de polietileno (FIL.P)) e cinco condicionadores de solo (“casca de café” (CC), composto orgânico (CO), gesso agrícola (GA), quitosana (QT) e testemunha (TT), no mês de agosto (Ep3).



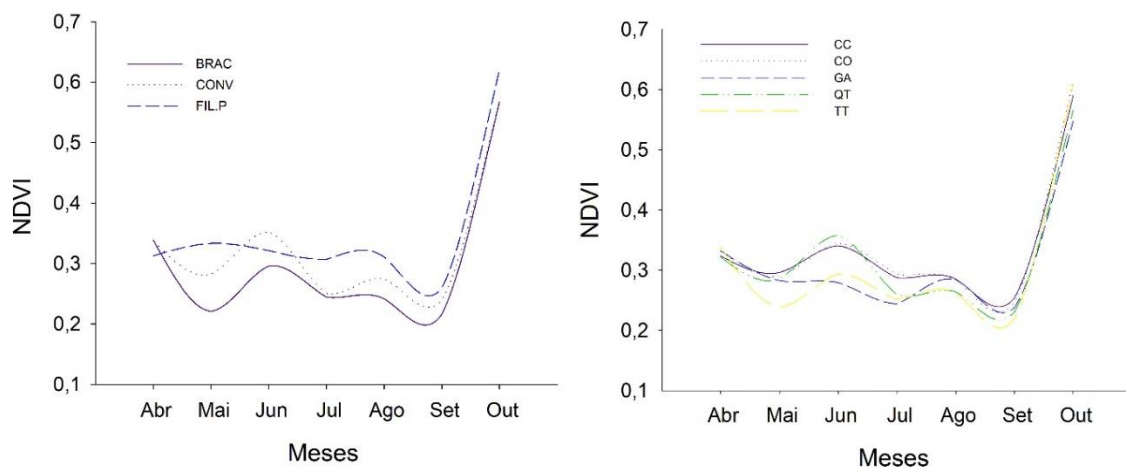
Letras representam teste de Tukey a 5% de significância

Fonte: Do autor (2022).

### 4.2.3 Comportamento do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI)

Nas medições do NDVI não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos, mas como ocorrido no experimento com a cultivar Arara, os resultados de NDVI variaram ao longo das avaliações de acordo com a pluviosidade, apresentando um comportamento associado as características climáticas, principalmente precipitação e temperatura (FIGURA 14).

Figura 14 - Série temporal do comportamento do índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) de cafeeiros da cultivar Mundo Novo, cultivados em três manejos de solo (braquiária (BRAC), convencional (CONV) e filme de polietileno (FIL.P)) e cinco condicionadores de solo (“casca de café” (CC), composto orgânico (CO), gesso agrícola (GA), quitosana (QT) e testemunha (TT), do período de abril de 2021 a outubro de 2021.

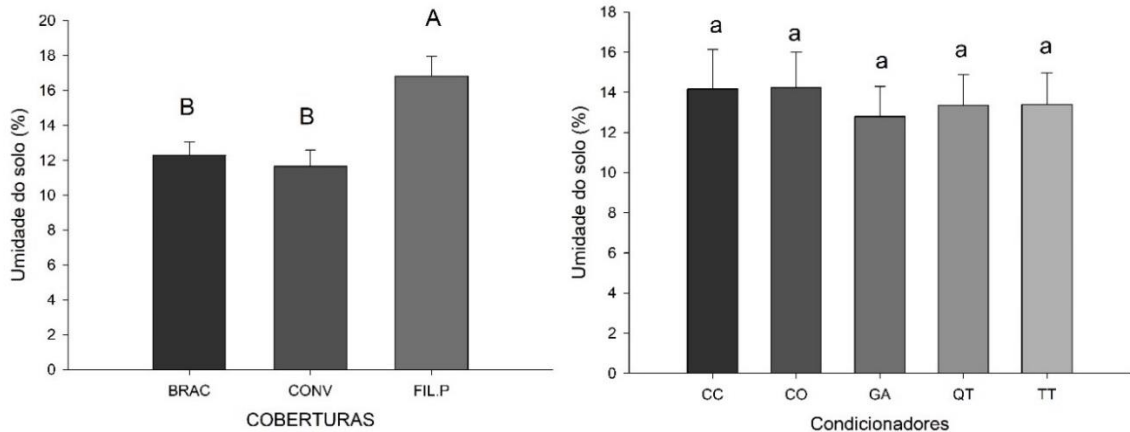


Fonte: Do autor (2022).

### 4.2.4 Umidade do solo

A umidade do solo, avaliada na época Ep3, no experimento com a cultivar Mundo Novo IAC 376-4 apresentou resultados semelhantes com os observados na cultivar Arara, com diferenças significativa entre os manejos do solo. O solo sob as plantas manejadas com o filme de polietileno apresentou maiores valores de umidades os demais tratamentos de cobertura do solo. Entre os condicionadores não foram observadas diferenças significativas (FIGURA 15).

Figura 15 - Representação gráfica da umidade de solo (US - %) em cafeeiros da cultivar Mundo Novo IAC 376-4, cultivados em três manejos de solo (braquiária (BRAC), convencional (CONV) e filme de polietileno (PLAST)) e cinco condicionadores de solo (“casca de café” (CC), composto orgânico (CO), gesso agrícola (GA), quitosana (QT) e testemunha (TT), no mês de agosto (Ep3).



Letras representam teste de Tukey a 5% de significância

Fonte: Do autor (2022).

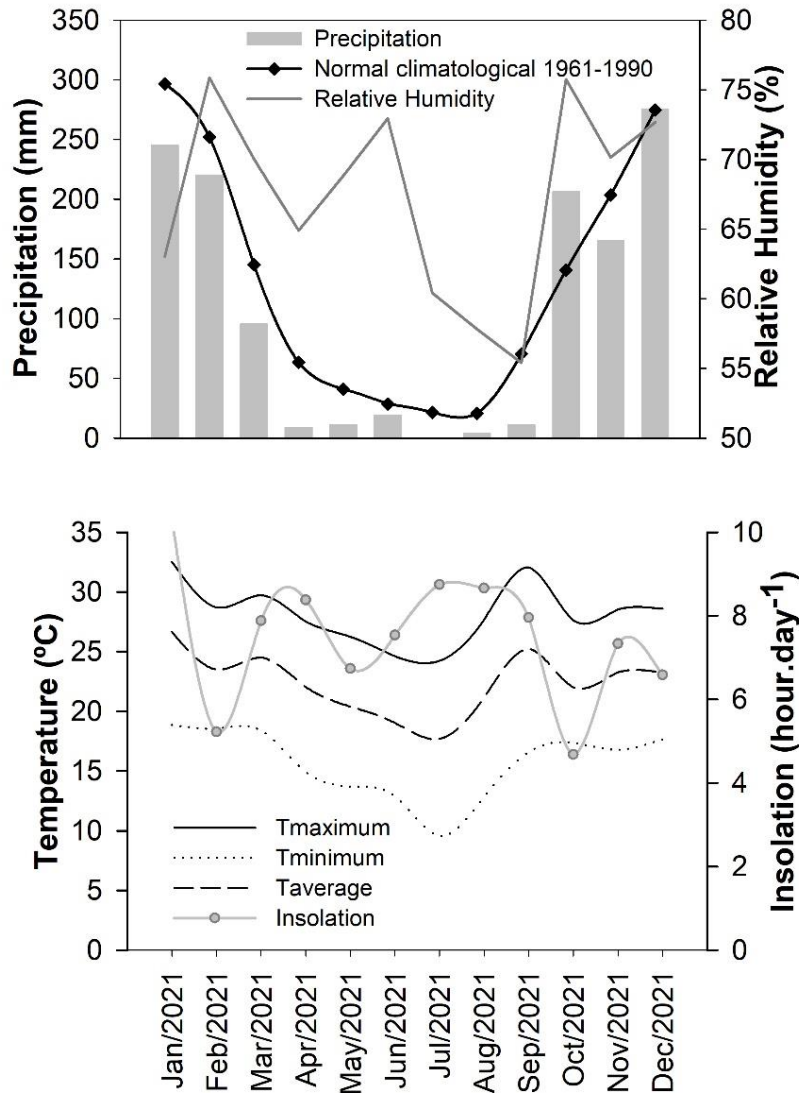
### 4.3 Correlação entre as variáveis analisadas e as variações climáticas

As características analisadas nos experimentos foram influenciadas pelos diferentes manejos de cobertura do solo e condicionadores de solo, ao longo das avaliações realizadas. Neste período, as características do clima também promoveram interferências nas variáveis estudadas.

Durante as avaliações realizadas nos experimentos foram constatadas nos meses de abril, junho e agosto, alta insolação aliada a baixas precipitações e baixas temperaturas, com mínimas registradas com valores muito desfavoráveis ao crescimento e fisiologia do cafeeiro (FIGURA 16).

As médias mensais de precipitação foram abaixo do normal em quase todos os meses do ano, com exceção do mês de outubro e dezembro, considerando as exigências do cafeeiro, apenas o trimestre inicial do ano (janeiro, fevereiro e março) e o último (outubro, novembro e dezembro) foram favoráveis (FIGURA 16).

Figura 16 - Dados de temperatura máxima, média, mínima ( $^{\circ}\text{C}$ ), insolação ( $\text{horas.dia}^{-1}$ ), umidade relativa (%) e precipitação (mm) mensais em 2021 e normal climatológica da precipitação mensal média de 1961 a 1990 obtidos da estação climatológica principal de Lavras.



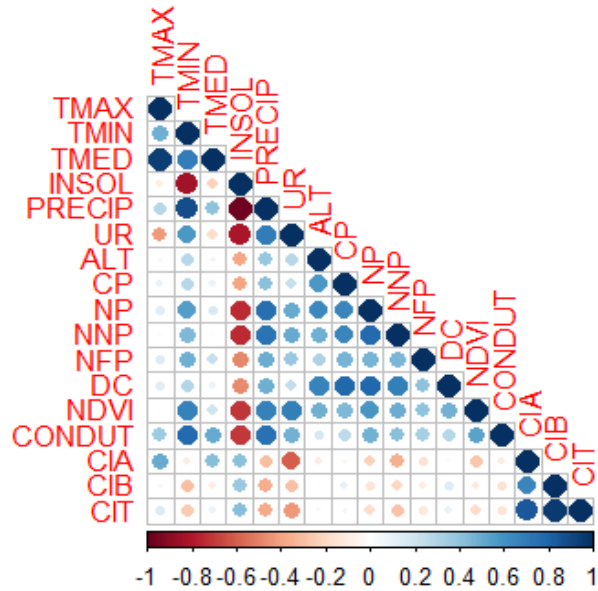
Fonte: Do autor (2022).

De acordo com o teste de correlação realizado foram observadas correlações entre as variáveis estudadas e as condições climáticas em ambos os experimentos. As condições climáticas se correlacionaram entre si, sendo que a insolação apresentou correlação negativa com a temperatura mínima e precipitação (FIGURA 17).

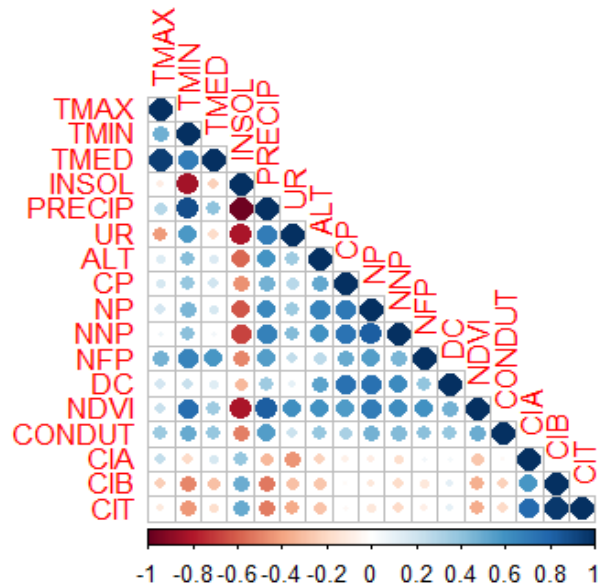
Em geral, a insolação e precipitação correlacionaram com as variáveis morfológicas, NDVI e condutância estomática. A insolação correlacionou negativamente com as variáveis número de plagiotrópicos, número de folhas do plagiotrópico, NDVI e condutância estomática. Já a correlação com precipitação foi positiva para as variáveis NDVI e condutância estomática umidade relativa do ar (FIGURA 17).

Figura 17 - Correlação entre as variáveis morfológicas e fisiológicas avaliadas nos experimentos com as cultivares Arara e Mundo Novo e variáveis climáticas em 2021.

### ARARA



### MUNDO NOVO IAC 376-4



Fonte: Do autor (2022).

Dentre as variáveis morfológicas, na cultivar Arara, o diâmetro do caule correlacionou positivamente com as variáveis altura de plantas, comprimento do plagiotrópico, número de plagiotrópicos e número de nós do plagiotrópico, enquanto as clorofilas a, clorofila b, e clorofila total se correlacionaram entre si, principalmente a clorofila b com clorofila total (FIGURA17).

Na cultivar Mundo Novo IAC 376-4 o diâmetro do caule, NDVI e número de folhas do plagiotrópico correlacionaram com as variáveis morfológicas, altura de plantas, comprimento do plagiotrópico e número de plagiotrópicos (FIGURA 17).

## 5 DISCUSSÃO

Analisando os resultados dos experimentos conduzidos com as cultivares Arara e Mundo Novo IAC 376-4, observou-se que os diferentes manejos de cobertura do solo juntamente com os condicionadores, influenciam as características vegetativas e fisiológicas nas duas cultivares e algumas destas variáveis apresentaram correlação entre si e com as características do clima.

Para cultivar Mundo Novo IAC 376-4, observa-se interação entre os manejos de cobertura do solo e os condicionadores, sendo que a utilização do filme de polietileno melhora o crescimento das plantas (comprimento do plagiotrópico, número de plagiotrópicos, número de nós do plagiotrópico e número de folhas do plagiotrópico), sem diferença significativa para o manejo convencional, nas diferentes épocas avaliadas.

Já para a cultivar Arara, apenas as características diâmetro do caule e número de folhas do plagiotrópico foram influenciadas com o manejo da cobertura do solo, com o filme de polietileno proporcionando maior crescimento das plantas, sem diferença significativa para o manejo convencional.

Esta variação na resposta das diferentes características de crescimento quando se utilizou cada uma das cultivares pode ser explicada pela diferença entre elas (principalmente com relação ao porte e arquitetura das plantas), apesar do efeito positivo da utilização do filme de polietileno e do manejo convencional nas duas cultivares. A cultivar Mundo Novo IAC 376-4 apresenta maior porte e maior crescimento inicial que a cultivar Arara, o que pode explicar o maior crescimento do Mundo Novo IAC 376-4. A cultivar Arara apresenta menor porte, com o crescimento inicial mais lateralizado o que a caracteriza como uma planta mais compacta (CARVALHO, 2007).

Em estudo semelhante Castanheira *et al.*, (2019) descreveram resultados de melhora no crescimento de plantas da cultivar Mundo Novo IAC 379-19, manejadas com o filme polietileno e deposição de massa de braquiária conduzida na entrelinha. O manejo de cobertura com braquiária apresenta grande potencial na proteção do solo, ciclagem de nutrientes e melhora na biologia e fertilidade. Porém, no presente trabalho, a braquiária não foi ceifada devido a problemas no estabelecimento nas parcelas do referido tratamento, razão pela qual não foi depositada na linha de plantio, o que levou aos resultados observados inferiores aos alcançados pelas plantas do manejo convencional do solo. Possivelmente, os problemas advindos do insucesso da implantação da braquiária, potencializaram a concorrência por água com as plantas



do referido tratamento, sendo inclusive com resultados inferiores aos das plantas do tratamento convencional em que se controlou espontâneas com herbicidas.

A utilização do filme de polietileno na cobertura do solo, melhora as condições do solo ajuda na retenção de água e promove o crescimento radicular e da parte aérea de cafeeiros. Segundo Barbosa *et al.* (2015) o uso do filme de polietileno além de promover o crescimento das plantas, melhora as condições de crescimento das raízes, aumenta o diâmetro do caule e ajuda na retenção de folhas em períodos secos, resultado também encontrados no presente trabalho. Como o filme de polietileno atua diretamente no crescimento inicial das plantas por reter maior umidade no solo, mantém o crescimento em períodos de estresse hídrico, e interfere diretamente nas primeiras produtividades em áreas manejadas essa cobertura artificial (NASCIMENTO *et al.*, 2020).

A utilização dos condicionadores do solo combinados com os manejos de solo, principalmente com o filme de polietileno e o convencional contribuiu com o crescimento das plantas. Dentre os condicionadores a “casca de café”, composto orgânico e quitosana foram os que apresentaram melhores resultados, nas duas cultivares estudadas dependendo do manejo de cobertura.

A quitosana quando combinada com o filme de polietileno, atuou no aumento de folhas dos ramos plagiotrópicos e potencializou seu crescimento com a retomada das primeiras chuvas no mês de outubro, devido a sua atividade no metabolismo secundário e capacidade de atenuar o estresse hídrico (SOUZA *et al.*, 2016). Em trabalho realizado na cultura do milho Martins (2016) descreveu a quitosana como um bioativador vegetal capaz de atenuar estresse hídrico nas plantas atuando em seu metabolismo e também na anatomia das plantas.

Dentre os condicionadores de solo a “casca de café” e o composto orgânico mantiveram a umidade do solo no período mais seco, o que influenciou no aumento das folhas do plagiotrópico, já que a presença de umidade diminui o estresse hídrico das plantas, sendo que a utilização da “casca de café” e do composto orgânico também melhora os atributos químicos do solo.

Na avaliação de potencial hídrico foliar realizada na cultivar Mundo Novo IAC 376-4, a “casca de café” possibilitou valores menos negativos nas plantas independente do manejo de cobertura utilizado. Já a aplicação da quitosana proporcionou valores de potencial hídrico semelhantes aos da “casca de café” quando com combinada com o manejo convencional. Já para a cultivar Arara não foram observados resultados significativos para o potencial hídrico foliar.

Em estudo com o potencial hídrico de diferentes cultivares de café Batista *et al.* (2010) observaram resultados de -1,0 e -0,8 MPa para as cultivares Mundo Novo 379-19 e Obatã respectivamente. Considerando que a cultivar Arara é oriunda do melhoramento genético da cultivar Obatã, sua moderada tolerância ao estresse hídrico pode ser explicada.

Considerando que a condutância estomática das plantas está relacionada com o potencial hídrico foliar e a umidade do solo, os resultados observados para essa característica devem estar relacionados. As cultivares Arara e Mundo Novo IAC 376-4 apresentaram resultados parecidos de condutância estomática nos manejos convencional e filme polietileno, nas épocas Ep2 e Ep3, períodos mais secos do ano. Porém no caso da cultivar Arara percebeu-se uma maior condutância estomática nas plantas sob manejo convencional, constatação essa contrária ao que se esperava por haver menor teor de umidade no solo nessas condições, contudo a maior condutância estomática pode ser explicada como defesa das plantas sob estresse hídrico. Avaliando a capacidade de maior retenção de água nas parcelas manejadas com o filme de polietileno, a condutância estomática deveria ser aumentada nestas parcelas, conforme descrito por Peloso *et al.* (2017), que em locais com maior umidade do solo as plantas ficam mais turgidas e aumentam sua taxa fotossintética.

O índice de clorofila “a” também foi semelhante para as duas cultivares, porém a cultivar Mundo Novo IAC 376-4 apresentou variações durante as avaliações, com oscilação entre os três manejos de cobertura do solo. Em todas as época foram observados resultados similares para o manejo convencional e o filme de polietileno. Já os índices de clorofilas b e total foram maiores com a utilização do filme de polietileno na cultivar Mundo Novo IAC376-4. Já na cultivar Arara os índices de clorofila b e total foram menores nas plantas do tratamento com manejo ecológico de braquiária em relação aos demais. A utilização dos condicionadores de solo combinados com os manejos de solo, atuam como fontes de nutrientes e contribuem diretamente no metabolismo das plantas, favorecendo na formação de compostos e estruturas, o que explica o aumento da clorofila a (RESENDE, 2019). A utilização do filme de polietileno também pode favorecer a nutrição das plantas por evitar a perda de nutrientes fornecidos pelos condicionadores (CASTANHEIRA *et al.*, 2019).

De acordo com Souza (2015) a restrição hídrica aliada com altas temperaturas e insolação podem afetar os processos fisiológicos das plantas, como as características climáticas de 2021, não foram favoráveis para o cafeeiro, possivelmente em ambos os manejos de cobertura do solo as plantas foram submetidas a condições de estresse, o que pode ter interferido nas suas respostas fisiológicas.

Além das variáveis fisiológicas, o NDVI e as variáveis morfológicas se correlacionaram com as características climáticas, principalmente precipitação, insolação, umidade relativa e temperatura. Para as duas cultivares foram observadas correlações negativas entre as variáveis de crescimento e a insolação. Segundo Barbosa Junior *et al.* (2019) e Da Silva *et al.* (2019) outras variáveis climáticas como a diminuição da temperatura média e queda da umidade relativa do ar também podem interferir negativamente no crescimento do cafeeiro.

A precipitação apresentou correlação positiva com as variáveis de crescimento, condutância estomática e NDVI. Dentre as variáveis morfológicas, o número de plagiotrópico, comprimento do plagiotrópico e o número de nós do plagiotrópico, foram as variáveis que melhor correlacionaram com o NDVI e precipitação, evidenciando que o NDVI é diretamente relacionado com o crescimento das plantas (MENICUCCI, 2020).

Foram observadas correlações positivas entre as variáveis morfológicas nas duas cultivares. Na cultivar Arara o diâmetro do caule correlacionou com a altura de plantas, comprimento do plagiotrópico, número de plagiotrópicos e número de nós do plagiotrópico. Enquanto na cultivar Mundo Novo IAC 376-4, o diâmetro do caule, número de folhas do plagiotrópico e o NDVI correlacionaram com a altura de plantas, comprimento do plagiotrópico, número de plagiotrópicos.

Como observado na cultivar Mundo Novo IAC 376-4 as características de crescimento se correlacionaram melhor, sendo que os resultados de comparação entre os diferentes manejos de solo e condicionadores foram mais evidentes em comparação a cultivar Arara.

Ainda com relação a resposta das cultivares aos manejos de solo e a utilização dos condicionadores, fica claro que o manejo tanto com utilização de condicionadores quanto com a cobertura com filme de polietileno são práticas fundamentais na otimização de recursos e para um manejo sustentável, principalmente na manutenção do potencial hídrico do solo e melhora na microbiologia, estrutura e fertilidade. Devido as respostas tanto na cultivar Arara quanto na Mundo Novo IAC 376-4 estas são técnicas promissoras para a manutenção da cafeicultura.

## **6 CONCLUSÕES**

A utilização do filme de polietileno no manejo da cobertura do solo, contribui para o crescimento das plantas e melhora as condições de umidade do solo nos períodos mais secos, proporcionando bons resultados no aumento do número de folhas no ramo plagiotrópico, quando combinado o filme de polietileno com “casca de café”, composto orgânico e quitosana.

O emprego das técnicas agronômicas, como a cobertura do solo com filme de polietileno combinada aos condicionadores “casca de café”, composto orgânico e quitosana, possuem o potencial de otimizar a eficiência hídrica na cafeicultura.

As mensurações de NDVI apontam que o crescimento do cafeeiro é diretamente correlacionado com as características climáticas, principalmente pluviosidade e temperatura.

## REFERÊNCIAS

- ANA. Agencia Nacional de Aguas. **Sistema integrado nacional**. ANA. 2020. Disponível em: <http://www.ana.gov.br/>. Acesso em: 29 jun 2020.
- ALECRIM, A. O. **Plantas de Cobertura na Lavoura Cafeeira em Formação**. 2019. 38 p. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2019.
- ARAÚJO, J. B. S. *et al.* Composto orgânico e biofertilizante supermagro na formação de cafeeiros. **Coffee Science**. Lavras, v. 3, p. 115-123, 2008.
- ARAÚJO, P. H. C. *et al.* Uma análise do impacto das mudanças climáticas na produtividade agrícola da região Nordeste do Brasil. **Revista Econômica do Nordeste**, Fortaleza, v. 45, n. 3, p. 46-57, jul./set. 2014.
- ASSAD, E. D. *et al.* Impacto das mudanças climáticas no zoneamento agroclimático do café no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 11, p. 1057-1064, nov. 2004.
- BACA, M. *et al.* An integrated framework for assessing vulnerability to climate change and developing adaptation strategies for coffee growing families in Mesoamerica. **PLoS One**, San Francisco, v. 9, n. 2, p. e88463, Feb. 2014.
- BADAWY, M.E.I; RABEA, E.I. A biopolymer chitosan and Its derivatives as promising antimicrobial agents against plant pathogens and their applications in crop protection. **International Journal of Carbohydrate Chemistry**, [S.l.], v. 2011, p. 1-29, 2011.
- BARBOSA JUNIOR, M. P. *et al.* Brown eye spot in coffee subjected to different drip irrigation and fertilization management. **Australasian Plant Pathology**, [S.l.], v. 48, n. 3, p. 245–252, 2019.
- BARBOSA, S. M. **Condicionamento físico hídrico do solo como potencializador do crescimento inicial do cafeeiro**. 2015. 67 p. Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2015.
- BATISTA, L. A. Anatomia foliar e potencial hídrico na tolerância de cultivares de café ao estresse hídrico. **Ciencia Agronomica**, [S.l.], v. 41, n. 3, p. 475-481, jul./set. 2010.
- BERGER, L. R. R.; STAMFORD, T.C.M.; STAMFORD, N.P. Perspectivas para o uso da quitosana na agricultura. **Revista Iberoamericana de Polímeros**, [S.l.], v.12, p. 195-215, 2011.
- BOONLERTNIRUN, S. **Effects of chitosan on agronomic characters and some physiological responses of rice (*oryza sativa* L.) cultivar suphanburil under drought condition**. 89 p. 2006. A Thesis of Doctor of Philosophy (Tropical Agriculture), 2006.
- BRAGANÇA, R. *et al.* Impactos das mudanças climáticas no zoneamento agroclimatológico do café arábica no Espírito Santo. **Revista Agroambiente**, Boa Vista, v. 10, n. 1, p. 77-82, jan./mar. 2016.

- BRANCO, R. B. F. *et al.* Cultivo orgânico sequencial de hortaliças com dois sistemas de irrigação e duas coberturas de solo. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 28, p. 75-80, 2010.
- BUNN, C. *et al.* A bitter cup: climate change profile of global production of Arabica and Robusta coffee. **Climatic Change**, Cambridge, v. 129, n. 1-2, p. 89-101, mar. 2015.
- CARDUCCI, C. E. *et al.* Distribuição espacial das raízes de cafeeiro e dos poros de dois Latossolos sob manejo conservacionista. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 3, p. 270-278, mar. 2014.
- CARVALHO, H. P. *et al.* Balanço hídrico climatológico, armazenamento efetivo da água no solo e transpiração na cultura de café. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 27, n. 2, p. 221-229, mar./abr. 2011.
- CARVALHO, C. H. S. **Cultivares de café**. Brasília: EMBRAPA, 2007. p. 247.
- CARVALHO, C. H. S. *et al.* Avaliação do potencial hídrico em cafeeiros de novas cultivares. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 43., 2017, Poços de Caldas. **Anais [...]**. Brasília, DF: Embrapa Café, 2017. (1 CD-ROM), 1 p.
- CASTANHEIRA, D. T. *et al.* Técnicas agronômicas para a mitigação dos efeitos da restrição hídrica no cafeeiro. **Coffee Science**, Lavras, v. 14, n. 1, p. 104 - 115, jan./mar. 2019
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de café: safra 2014: quarto levantamento**. Brasília: Conab, 2014. P. 51.
- CUNHA A. J; MELO B; SANTOS J. C. F. Fitossociologia de plantas daninhas em cafezal intercalado com leguminosas perenes. **Cerrado agrociências, [S.l.]**, v. 4 p. 9 – 15. 2013.
- DA SILVA, M. G. *et al.* Spatio-temporal aspects of brown eye spot and nutrients in irrigated coffee. **European Journal of Plant Pathology, [S.l.]**, v. 153, n. 3, p. 931–946, 2019.
- DINIZ, J. F. *et al.* Decomposição Da Palhada De Urochloa Ruziziensis Em Diferentes Sistemas de Semeadura e Correção do Solo. **Engenharia na Agricultura, [S.l.]**, v. 27, p. 370-380, 2019.
- DUTTA, P. K. *et al.* Chitin and chitosan: Chemistry, properties and applications. **Journal of Scientific & Industrial Researchs, [S. l.]**, v. 63, p. 20-31, 2004.
- DZUNG, N. A.; KHANH, V. T. P.; DZUNG, T. T. Research on impact of chitosan oligomers on biophysical characteristics, growth, development and drought resistance of coffee. **Carbohydrate Polymers, [S.l.]**, v. 84, n. 2, p.751-755, mar. 2011.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. rev. e atual. Rio de Janeiro: Embrapa, 1997. 212 p.
- \_\_\_\_\_. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Brasília: Embrapa, 2013. 353 p.
- FERNANDES, A. L. T. *et al.* Redução da adubação mineral do cafeeiro com a utilização de palha de café. **Coffee Science**, Lavras, v. 8, n. 3, p. 324-336, jul./set. 2013.

- GHASEMI, PIRBALOUTI, A. et al. Exogenous application of chitosan on biochemical and physiological characteristics, phenolic content and antioxidant activity of two species of basil (*Ocimum ciliatum* and *Ocimum basilicum*) under reduced irrigation. **Scientia Horticulturae**, [S.l.], v. 217, p. 114-122, mar. 2017.
- GUARÇONI, A. Fatores de sucesso no manejo nutricional do cafeeiro. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, v. 114, p. 1-12, dez. 2013.
- GUIMARÃES, P. T. G. et al. Cafeeiro. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVARES, V. H. (Ed.). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa: UFV, 1999. p. 289-302.
- ICO. International Coffee Organization. **Relatório sobre o mercado de café**: ICO, 2017a. Disponível em: [http://www.ico.org/pt/coffee\\_storyp.asp?section=Sobre\\_o\\_café](http://www.ico.org/pt/coffee_storyp.asp?section=Sobre_o_café). Acesso em: 30 jun. 2020
- IKEDA, F. S. et al. Emergência e crescimento inicial de cultivares de *Urochloa* em diferentes profundidades de semeadura. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 31, n. 1, p. 71-78, 2013.
- IRITI, M. et al. Chitosan antitranspirant activity is due to abscisic acid-dependent stomatal closure, **Environ. Exp. Bot.** [S. l.], v. 66, p. 493-500, 2009.
- LAMBERT, R. A. et al. *Mulching* é uma opção para o aumento de produtividade da melancia. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia, v. 4, n. 1, p. 53-57, jan./mar. 2017.
- LIU, J.; ZHANG, J.; XIA, W. Hypocholesterolaemic effects of different chitosan samples in vitro and in vivo. **Food Chemistry**, United Kingdom, v. 107, p. 419-425, 2008.
- MARQUES, H. M. C. et al. Desenvolvimento inicial do cafeeiro (*Coffea arabica* L.), com doses de co-polímero hidroabsorvente em adubação convencional e de liberação controlada. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 9, n. 16, p. 2994-3002, 2013.
- MARTINS, M. **Aplicação de quitosana em milho não transgênico e transgênico**. 2016. 67 p. Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo) - Universidade Federal de Alfenas, Alfenas, 2016.
- MARTINS, E. et al. Influência das condições climáticas na produtividade e qualidade do cafeeiro produzido na região do Sul de Minas Gerais. **Coffee Science**, Lavras, v. 10, n. 4, p. 499-506, out./dez. 2015.
- MATIELLO, J. B. et al. **Cultura do café no Brasil**: manual de recomendações. Rio de Janeiro: Mapa, 2010. 542 p.
- MENICUCCI, P. N. **Níveis de adubação no crescimento, índice de vegetação, anatomia e fisiologia de cafeeiros em formação**. 2021. 65 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2021.
- MEIRELES, E. J. L. et al. **Fenologia do cafeeiro**: condições agrometeorológicas e balanço hídrico do ano agrícola 2004-2005. Brasília: Embrapa Café, 2009. 130 p.

MONDAL, M. M. A. *et al.* Effect of foliar application of chitosan on growth and yield in okra. **Australian Journal of Crop Science**, Australia, v. 6, p. 918-921, 2012.

MOURA, E. G. *et al.* Patents on periphery of the Amazon rainforest. **Recent Patents on Food, Nutrition & Agriculture**, Sharjah, v. 1, n. 2, p. 142-149, June 2009.

NASCIMENTO, L. G. *Mulching* na cafeicultura: efeitos na produtividade, maturação, formato dos grãos e qualidade de bebida. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 9, n. 9, 2020

NOGUEIRA, K. B. *et al.* Atributos físicos do solo e matéria orgânica sob dois manejos e efeito residual da aplicação de calcário e gesso agrícola. **Revista de la Facultad de Agronomía**, Maracaibo, La Plata, v. 115, n. 1, p. 45-54, 2016.

OLIVEIRA, E. L. de; FARIA, M. A. de; REIS, R. P.; SILVA, M. de L. O. Manejo e viabilidade econômica da irrigação por gotejamento na cultura do cafeeiro acaia considerando seis safras. **Engenharia Agrícola**, [S.l.], v. 30, n. 5, p. 887-896, 2010.

PARTELLI, F. L. *et al.* Aspectos fitossociológicos e manejo de plantas espontâneas utilizando espécies de cobertura em cafeeiro Conilon orgânico. **Semina: ciências agrárias**, Londrina, v. 31, n. 3, p. 605-618, jul./set. 2010

PELOSO, A. F. S.D.; TATAGIBA J. F.T. AMARAL. Limitações do crescimento vegetativo em cafeeiro arábica promovido pelo déficit hídrico **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 25, p 139-147, 2017

PELOSO, A. F. *et al.* Limitações fotossintéticas em folhas de cafeeiro arábica promovidas pelo déficit hídrico. **Coffee Science**, Lavras, v. 12, n. 3, p. 389-399, 2017.

PEDROSA, A. W. *et al.* Brachiaria residues fertilized with nitrogen in coffee fertilization. **Coffee Science**, Lavras, v. 9, n. 3, p. 366-373, 2014.

PIZETTA, S. C. *et al.* Análise do crescimento do cafeeiro arábica, em relação à fração de água transpirável do solo. **Coffee Science**, Lavras, v. 1, n. 1, p. 46-54, jan./mar. 2016.

RAGASSI, C. F.; PEDROSA, A. W.; FAVARIN, J. J. Aspectos positivos e riscos no consórcio cafeeiro e braquiária. **Visão Agrícola**, Piracicaba, n. 12, p. 29-32, jan./jul. 2013.

RAMOS, B. Z. *et al.* Doses de gesso em cafeeiro: influência nos teores de cálcio, magnésio, potássio e pH na solução de um Latossolo Vermelho distrófico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 37, n. 4, p. 1018-1026, jul./ago. 2013.

RESENDE, T. B. **Crescimento e produtividade de cafeeiros fertirrigados com diferentes níveis de N, P e K. 2019.** 2019. 82 p. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2019.

RICCI, M. S. F. *et al.* Growth rate and nutritional status of an organic coffee cropping system. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 62, n. 2, p. 138-144, mar./abr. 2005.



- ROCHA, O. C. *et al.* Chemical and hydrophysical attributes of an Oxisol under coffee intercropped with braquiária in the Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 51, n. 9, p. 1476-1483, set. 2016.
- SÁ JÚNIOR, A. de *et al.* Application of the Koppen classification for climatic zoning in the state of Minas Gerais, Brazil. **Theoretical and Applied Climatology**, Wien, v. 108, n. 1-2, p. 1-7, Apr. 2012.
- SANTOS, J. C. F. *et al.* Influência alelopática das coberturas mortas de casca de café (*Coffea arabica* L.) e casca de arroz (*Oryza sativa* L.) sobre o controle do caruru-de-mancha (*Amaranthus viridis* L.) em lavoura de café. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 25, n. 5, p. 1105-1118, set./out. 2001..
- SANTOS, I. S. *et al.* Economia de água na irrigação do coqueiro em função de áreas de maior concentração do sistema radicular e cobertura do solo. **Ambiente & Água**, Taubaté, v. 3, n. 3, p. 105-113, 2008.
- SANTOS, A. B.; MAZZAFERA, P. Dehydrins are highly expressed in water stressed plants of two coffee species. **Tropical Plant Biology**, New York, v. 5, n. 3, p. 218-232, Sept. 2012.
- SERA, T. *et al.* Desempenho das novas cultivares de café arábica sob diferentes espaçamentos e condições de seca em Londrina - PR- Brasil. *In*: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL. Araxá 7., 2011. **Anais [...]**. Brasília, D.F: Embrapa - Café, 2011 (1 CD-ROM), 6 p.
- SERAFIM, M. E *et al.* Sistema conservacionista e de manejo intensivo do solo no cultivo de cafeeiros na região do alto São Francisco, MG: Um estudo de caso. **Bioscience Jorunal**, [S.l.], v. 27: p. 964-977. 2011.
- SERAFIM, M. E. et al. Disponibilidade hídrica e distinção de ambientes para cultivo de cafeeiros. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 4, p. 362-370, abr. 2013.
- SILVA, M. B. *et al.* Atributos biológicos do solo sob influência da cobertura vegetal e do sistema de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 12, p. 1755-1761, dez. 2007.
- SILVA, E. A. *et al.* Root spatial distribution in coffee plants of different ages under conservation management system. **African Journal of Agricultural Research**, [S.l.], v. 11, n. 49, p. 4970-4978, Dec. 2016.
- SOUZA, L. S. *et al.* Efeitos das faixas de controle do capim-braquiária (*Braquiária decumbens*) no desenvolvimento inicial e na produtividade do cafeeiro (*Coffea arabica*). **Planta Daninha**, Viçosa, v. 24, n. 4, p. 715-720, out./dez. 2006.
- SOUZA, A. J. D. J. *et al.* Quantitative analysis of growth in coffee plants cultivated with a water-retaining polymer in an irrigated system1. **Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 47, n. 1, p. 162-171, jan./mar. 2016.

- SOUZA, B. P. de. **Aspectos fisiológicos e moleculares da absorção e metabolismo do nitrogênio e do déficit hídrico em café arábica**. 78 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa, 2015.
- SOUZA, J. D. C. *et al.* Tolerância à seca de cultivares de *Coffea arabica* resistentes a ferrugem. *In: CONGRESSO DE CAFEICULTURA*, 47., 2017, Poços de Caldas. **Anais [...]**. Poços de Caldas, 2017.
- TIECHER, T. **Manejo e conservação do solo e da água em pequenas propriedades rurais no sul do Brasil**: práticas alternativas de manejo visando a conservação do solo e da água. Porto Alegre: UFRGS, 2016. 186 p.
- VEIGA A. D. *et al.* Cultivares de café arábica em diferentes regimes hídricos no cerrado central. **Coffee Science**, Lavras, v. 14, n. 3, p. 349 - 358, jul./sep. 2019.
- VOSOUGHI, N. *et al.* Essential oil composition and total phenolic, flavonoid contents, and antioxidant activity of sage (*Salvia officinalis* L.) extract under chitosan application and irrigation frequencies. **Industrial Crops & Products**, [S.l.], v.117, p. 366-374, jul. 2018.
- VOLTOLINI, G. B. *et al.* Soil chemical attributes in coffee growing with different agronomic techniques. **Coffee Science**, Lavras, p. e151689, 2020.
- WUTKE, E. B.; CALEGARI, A.; WILDNER, L. P. Espécies de adubos verdes e plantas de cobertura e recomendações para uso. *In: LIMA FILHO, O. F. de; AMBROSANO, E. J.; ROSSI, F.; CARLOS, J. A. D. (Ed.). Adubação verde e plantas de cobertura no Brasil: fundamentos e prática*. Brasília: Embrapa, 2014. v. 1, p. 59-168.
- YURI, J. E. *et al.* Cultivo de morangueiro sob diferentes tipos de *mulching*. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 3, p. 424-427, jul./set. 2012.

## APÊNDICES

### APÊNDICE A – TABELAS DO RESUMO DA ANÁLISE DE VARIANÇIA CULTIVAR ARARA

Tabela 1 - Resumo da análise de variância, das variáveis morfológicas, da cultivar Arara, no mês de abril de 2021 em função dos diferentes técnicas agronômicas no cafeeiro em fase de formação. Lavras-MG, 2022.

FV	GL	Quadrados médios					
		AP	NP	CP	NNP	NFP	DC
Manejo	2	8,12	2,68	10,82	0,28	1,68	2,69
Bloco	2	7,54	7,02	1,30	1,42	1,68	5,76
Erro A	4	14,62	3,28	19,12	0,55	1,95	1,01
Cond	4	4,78	0,44	7,28	0,18	1,64	0,76
Manejo*Cond	8	12,32	1,32	7,26	0,62	0,91	0,55
Erro B	24	17,82	2,86	11,90	0,51	2,00	2,27
Total	44						
CV Manejo %		9,24	23,31	27,22	15,17	20,49	11,02
CV Cond %		10,20	21,76	21,47	14,55	20,75	16,49

Fonte: Do autor (2022).

Tabela 2 - Resumo da análise de variância, das variáveis morfológicas, da cultivar Arara, no mês de junho de 2021 em função dos diferentes técnicas agronômicas no cafeeiro em fase de formação. Lavras-MG, 2022.

FV	GL	Quadrados médios					
		AP	NP	CP	NNP	NFP	DC
Manejo	2	13,39	0,088	3,73	1,75	19,75*	8,31*
Bloco	2	30,33	8,15	1,89	0,022	1,48	1,43
Erro A	4	4,86	3,12	15,45	1,28	1,35	0,97
Cond	4	5,71	0,68	4,13	0,72	1,27	0,17
Manejo*Cond	8	6,11	1,83	2,52	0,58	1,47	0,59
Erro B	24	21,88	4,52	14,81	0,95	1,92	2,30
Total	44						
CV Manejo %		5,10	17,70	22,26	15,02	17,76	9,58
CV Cond %		10,82	21,31	21,80	12,90	21,17	14,76

\*Significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

Fonte: Do autor (2022).

Tabela 3 - Resumo da análise de variância, das variáveis morfológicas, da cultivar Arara, no mês de agosto de 2021 em função dos diferentes técnicas agrônômicas no cafeeiro em fase de formação. Lavras-MG, 2022.

FV	GL	Quadrados médios					
		AP	NP	CP	NNP	NFP	DC
Manejo	2	8,65	0,20	0,77	5,95	4,35	4,43
Bloco	2	5,69	8,06	1,69	5,08	2,02	0,72
Erro A	4	13,22	2,66	20,37	2,92	5,58	1,59
Cond	4	9,09	1,13	3,38	1,47	1,20	0,91
Manejo*Cond	8	12,01	1,95	5,83	1,17	1,38	1,30
Erro B	24	27,59	3,41	14,60	1,72	1,12	2,62
Total	44						
CV Manejo %		8,47	16,66	24,74	23,17	39,11	11,65
CV Cond %		12,24	18,84	20,94	17,81	17,52	14,95

Fonte: Do autor (2022).

Tabela 4 - Resumo da análise de variância, das variáveis morfológicas, da cultivar Arara, no mês de outubro de 2021 em função dos diferentes técnicas agrônômicas no cafeeiro em fase de formação. Lavras-MG, 2022.

FV	GL	Quadrados médios					
		AP	NP	CP	NNP	NFP	DC
Manejo	2	19,83	46,06	50,54	4,46	42,86**	11,03
Bloco	2	27,14	9,80	6,89	0,20	4,46	1,12
Erro A	4	10,64	7,06	17,31	1,16	1,73	3,35
Cond	4	5,22	3,02	9,82	1,25	8,72	0,24
Manejo*Cond	8	9,71	3,78	4,58	0,93	15,75*	2,06
Erro B	24	30,11	9,03	15,73	1,84	5,56	4,37
Total	44						
CV Manejo %		7,00	17,56	19,85	10,38	14,62	14,97
CV Cond %		11,72	19,86	18,92	13,05	26,20	17,09

\*Significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

Fonte: Do autor (2022).

Tabela 5 - Resumo da análise de variância, da variável Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), da cultivar Arara, no mês de agosto de 2021 em função dos diferentes técnicas agronômicas no cafeeiro em fase de formação. Lavras-MG, 2022.

FV	GL	Quadrados médios			
		gs	CIA	CIB	CIT
Manejo	2	16552,8*	190,02	6886,0	5500,1
Bloco	2	9493,8	145,21	979,0	1838,0
Erro A	4	2009,4	360,64	1544,9	3271,9
Cond	4	1600,7	139,77	795,0	1304,6
Manejo*Cond	8	2205,4	272,65	1489,6	2740,2
Erro B	24	1452,9	163,7	1973,7	3055,3
Total	44				
CV Manejo %		27,81	4,39	10,93	7,22
CV Cond %		23,65	2,96	12,35	6,98

Fonte: Do autor (2022).

Tabela 6 - Resumo da análise de variância, das variáveis fisiológicas, da cultivar Arara, no mês de abril de 2021 em função dos diferentes técnicas agronômicas no cafeeiro em fase de formação. Lavras-MG, 2022.

FV	GL	Quadrados médios						
		Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Set	Out
Manejo	2	0,011	0,014	0,014	0,002	0,012	0,002	0,024
Bloco	2	0,003	0,001	0,005	0,002	0,001	0,008	0,0004
Erro A	4	0,017	0,003	0,004	0,003	0,003	0,003	0,004
Cond	4	0,001	0,001	0,009	0,005	0,002	0,0007	0,007
Manejo*Cond	8	0,007	0,003	0,004	0,004	0,001	0,004	0,004
Erro B	24	0,012	0,006	0,007	0,003	0,005	0,002	0,005
Total	44							
CV Manejo %		33,43	16,39	17,27	16,65	21,32	25,27	12,47
CV Cond %		27,41	21,05	21,14	17,93	26,92	21,30	13,46

Fonte: Do autor (2022).

Tabela 7 - Resumo da análise de variância, das variáveis fisiológicas e umidade do solo, da cultivar Arara, no mês de junho de 2021 em função dos diferentes técnicas agronômicas no cafeeiro em fase de formação. Lavras-MG, 2022.

FV	GL	Quadrados médios			
		gs	CIA	CIB	CIT
Manejo	2	2631,8*	796,48	10003,4*	14680,2*
Bloco	2	309,32	1113,6	2763,2	7335,7
Erro A	4	209,25	408,8	622,4	1157,2
Cond	4	175,52	120,39	652,0	1135,0
Manejo*Cond	8	244,13	229,2	1415,3	2624,5
Erro B	24	541,06	375,13	3388,5	5760,3
Total	44				
CV Manejo %		11,73	5,24	7,16	4,63
CV Cond %		18,86	5,02	16,72	10,35

Fonte: Do autor (2022).

Tabela 8 - Resumo da análise de variância, das variáveis fisiológicas e umidade do solo, da cultivar Arara, no mês de agosto de 2021 em função dos diferentes técnicas agronômicas no cafeeiro em fase de formação. Lavras-MG, 2022.

FV	GL	Quadrados médios					
		gs	CIA	CIB	CIT	PH	US
Manejo	2	2218,2*	190,02	6886,0	5500,1	1,10	92,83*
Bloco	2	1508,2	145,21	979,0	1838,0	0,13	10,52
Erro A	4	128,9	360,64	1544,9	3271,9	0,24	10,88
Cond	4	1405,7	139,77	795,0	1304,6	0,64	5,05
Manejo*Cond	8	1187,0	272,65	1489,6	2740,2	0,94	3,61
Erro B	24	1313,9	163,77	1973,7	3055,3	0,48	1,92
Total	44						
CV Manejo %		9,13	4,39	10,93	7,22	25,83	27,49
CV Cond %		29,15	2,96	12,35	6,98	36,74	11,57

Fonte: Do autor (2022).

Tabela 9 - Resumo da análise de variância, das variáveis fisiológicas e umidade do solo, da cultivar Arara, no mês de outubro de 2021 em função dos diferentes técnicas agronômicas no cafeeiro em fase de formação. Lavras-MG, 2022.

FV	GL	Quadrados médios			
		gs	CIA	CIB	CIT
Manejo	2	572,0	1827,8	737,3	321,2
Bloco	2	2605,2	546,07	4938,5	8218,2
Erro A	4	661,66	813,9	4512,6	8578,2
Cond	4	2620,3	1689,6	5897,6	13684,7
Manejo*Cond	8	1799,6	1211,31	5278,1	10965,7
Erro B	24	1467,4	1150,3	4973,6	10296,3
Total	44				
CV Manejo %		10,54	7,16	21,85	13,13
CV Cond %		15,70	8,52	22,93	14,38

Fonte: Do autor (2022).

**APÊNDICE B – TABELAS DO RESUMO DA ANÁLISE DE VARIANCIAS CULTIVAR  
MUNDO NOVO IAC 376-4**

Tabela 1 - Resumo da análise de variância, das variáveis morfológicas, da cultivar Mundo Novo, no mês de abril de 2021 em função dos diferentes técnicas agrônomicas no cafeeiro em fase de formação. Lavras-MG, 2022

FV	GL	Quadrados médios					
		AP	NP	CP	NNP	NFP	DC
Manejo	2	65,44	34,48	24,60	4,35	19,62	23,77
Bloco	2	25,39	0,022	21,79	0,28	1,08	15,18
Erro A	4	76,81	7,25	28,36	1,28	4,02	5,77
Cond	4	21,71	7,07	1,30	0,41	4,80	1,68
Manejo*Cond	8	33,04	2,29	15,75*	0,66	1,40	1,15
Erro B	24	33,81	3,03	4,94	1,01	1,93	1,66
Total	44						
CV Manejo %		14,91	26,69	25,44	16,97	27,26	22,00
CV Cond %		9,89	17,27	10,61	15,03	18,90	11,83

Fonte: Do autor (2022).

Tabela 2 - Resumo da análise de variância, das variáveis morfológicas, da cultivar Mundo Novo, no mês de junho de 2021 em função dos diferentes técnicas agrônomicas no cafeeiro em fase de formação. Lavras-MG, 2022.

FV	GL	Quadrados médios					
		AP	NP	CP	NNP	NFP	DC
Manejo	2	19,58	52,62	60,42	8,06	7,46*	29,85
Bloco	2	32,06	8,15	48,37	1,80	0,46	10,92
Erro A	4	34,62	10,45	35,32	2,26	0,73	7,22
Cond	4	8,04	8,52	3,19	0,52	0,18	1,43
Manejo*Cond	8	23,75	2,78	7,73	3,28	0,68	1,36
Erro B	24	23,39	5,96	10,16	1,66	0,92	1,85
Total	44						
CV Manejo %		9,46	26,03	27,47	16,97	20,71	23,29
CV Cond %		7,77	19,66	14,73	14,56	23,23	11,79

Fonte: Do autor (2022).



Tabela 3 - Resumo da análise de variância, das variáveis morfológicas, da cultivar Mundo Novo, no mês de agosto de 2021 em função dos diferentes técnicas agrônômicas no cafeeiro em fase de formação. Lavras-MG, 2022.

FV	GL	Quadrados médios					
		AP	NP	CP	NNP	NFP	DC
Manejo	2	43,23	19,08	46,49	13,86	11,82**	33,07
Bloco	2	125,58	16,08	23,62	0,60	3,75	16,53
Erro A	4	37,94	12,38	29,15	1,86	0,62	8,89
Cond	4	13,48	11,94	3,27	0,50	1,13	2,07
Manejo*Cond	8	31,89	2,39	9,77	1,70	0,18	2,46
Erro B	24	27,35	6,92	8,43	1,41	0,58	1,94
Total	44						
CV Manejo %		9,74	25,96	24,12	15,18	14,85	23,34
CV Cond %		8,27	19,41	12,97	13,22	14,38	10,90

Fonte: Do autor (2022).

Tabela 4 - Resumo da análise de variância, das variáveis morfológicas, da cultivar Mundo Novo, no mês de outubro de 2021 em função dos diferentes técnicas agrônômicas no cafeeiro em fase de formação. Lavras-MG, 2022.

FV	GL	Quadrados médios					
		AP	NP	CP	NNP	NFP	DC
Manejo	2	52,87	183,75*	183,17	11,62*	74,82	70,01
Bloco	2	167,85	64,62	63,01	7,62	66,42	13,92
Erro A	4	30,15	18,38	29,91	1,08	21,15	13,37
Cond	4	9,17	13,81	3,76	1,18	3,88	2,22
Manejo*Cond	8	22,15	4,39	12,85	2,78	10,98*	1,58
Erro B	24	33,89	12,88	9,45	2,07	4,60	1,98
Total	44						
CV Manejo %		7,68	22,75	20,59	8,92	48,70	26,54
CV Cond %		8,15	19,04	11,57	12,31	22,72	10,22

Fonte: Do autor (2022).

Tabela 5 - Resumo da análise de variância, das variáveis Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), da cultivar Mundo Novo, no mês de agosto de 2021 em função dos diferentes técnicas agronômicas no cafeeiro em fase de formação. Lavras-MG, 2022.

FV	GL	Quadrados médios						
		Abril	Maio	Junho	Julho	Agosto	Set	Out
Manejo	2	0,0032	0,33	0,017	0,017	0,018	0,0064	0,013
Bloco	2	0,0089	0,78	0,001	0,001	0,014	0,011	0,022
Erro A	4	0,026	0,83	0,006	0,006	0,004	0,009	0,009
Cond	4	0,0004	0,81	0,004	0,004	0,001	0,001	0,007
Manejo*Cond	8	0,005	0,99	0,002	0,002	0,0009	0,001	0,002
Erro B	24	0,006	0,96	0,003	0,003	0,003	0,002	0,006
Total	44							
CV Manejo %		49,29	28,22	29,93	27,88	24,27	40,14	16,56
CV Cond %		25,22	29,22	21,32	28,21	21,48	20,23	13,33

Fonte: Do autor (2022).

Tabela 6 - Resumo da análise de variância, das variáveis fisiológicas e umidade do solo, da cultivar Mundo Novo, no mês de abril de 2021 em função dos diferentes técnicas agronômicas no cafeeiro em fase de formação. Lavras-MG, 2022.

FV	GL	Quadrados médios			
		gs	CIA	CIB	CIT
Manejo	2	6492,6	2486,22*	9702,3	22008,4
Bloco	2	3296,3	835,7	1850,6	4178,4
Erro A	4	2806,8	176,85	2528,4	3296,4
Cond	4	4438,2*	61,21	321,5	441,4
Manejo*Cond	8	2645,1	36,77	610,5	675,5
Erro B	24	1199,8	65,02	727,3	798,9
Total	44				
CV Manejo %		33,52	3,10	14,30	7,36
CV Cond %		21,90	1,88	7,67	3,62

Fonte: Do autor (2022).

Tabela 7 - Resumo da análise de variância, das variáveis fisiológicas e umidade do solo, da cultivar Mundo Novo, no mês de junho de 2021 em função dos diferentes técnicas agronômicas no cafeeiro em fase de formação. Lavras-MG, 2022.

FV	GL	Quadrados médios			
		gs	CIA	CIB	CIT
Manejo	2	226,80	2367,5**	1087,31	2849,08
Bloco	2	2722,24	665,86	20,40	903,59
Erro A	4	365,13	97,52	780,7	1250,6
Cond	4	591,77	254,02	700,8	1439,54
Manejo*Cond	8	625,15	316,87	705,6	1796,9
Erro B	24	437,51	224,9	1066,80	1783,1
Total	44				
CV Manejo %		13,47	2,41	7,76	4,59
CV Cond %		14,74	3,66	9,07	5,48

Fonte: Do autor (2022).

Tabela 8 - Resumo da análise de variância, das variáveis fisiológicas e umidade do solo, da cultivar Mundo Novo, no mês de agosto de 2021 em função dos diferentes técnicas agronômicas no cafeeiro em fase de formação. Lavras-MG, 2022.

FV	GL	Quadrados médios					
		gs	CIA	CIB	CIT	PH	US
Manejo	2	16505,2*	2488,07*	9711,0	22041,8	0,40	119,42**
Bloco	2	9932,5	836,7	1851,5	4164,2	1,18	28,72
Erro A	4	2030,6	176,7	2528,9	3286,5	0,35	2,42
Cond	4	1423,4	61,17	321,4	444,9	5,28***	3,32*
Manejo*Cond	8	2463,7	36,69	610,7	677,4	0,99*	1,04
Erro B	24	1993,7	65,08	727,4	797,0	0,30	1,09
Total	44						
CV Manejo %		26,17	3,10	14,30	7,35	23,12	11,45
CV Cond %		25,93	1,88	7,67	3,62	21,36	7,71

Fonte: Do autor (2022).

Tabela 9 - Resumo da análise de variância, das variáveis fisiológicas e umidade do solo, da cultivar Mundo Novo, no mês de outubro de 2021 em função dos diferentes técnicas agronômicas no cafeeiro em fase de formação. Lavras-MG, 2022.

FV	GL	Quadrados médios			
		gs	CIA	CIB	CIT
Manejo	2	2241,5	864,91*	24651,7	31822,0
Bloco	2	705,7	1001,42	286,1	2486,0
Erro A	4	2500,1	40,82	542,7	978,0
Cond	4	2247,7	274,55	328,4	580,0
Manejo*Cond	8	2447,3	528,63	2631,7	4602,0
Erro B	24	1224,5	555,33	4459,8	7930,0
Total	44				
CV Manejo %		21,89	1,56	7,96	4,46
CV Cond %		15,32	5,77	22,82	12,72

Fonte: Do autor (2022).