

## Mudas de café produzidas em diferentes níveis de luminosidade

Coffee seedlings produced in different light levels

Plântulas de café produzidas em diferentes níveis de luz

Recebido: 18/11/2024 | Revisado: 29/11/2024 | Aceitado: 30/11/2024 | Publicado: 02/12/2024

### **Rayane Almeida Costa**

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-8251-2240>  
Centro Superior de Ensino e Pesquisa de Machado, Brasil  
E-mail: [rayane.costa0302@gmail.com](mailto:rayane.costa0302@gmail.com)

### **Wellington Marota Barbosa**

ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-7003-5553>  
Instituto Federal do Sul de Minas, Brasil  
E-mail: [wellington.marota@ifsuldeminas.edu.br](mailto:wellington.marota@ifsuldeminas.edu.br)

### **Kleso Silva Franco Júnior**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6807-8889>  
Centro Superior de Ensino e Pesquisa de Machado, Brasil  
E-mail: [klesojr@gmail.com](mailto:klesojr@gmail.com)

### **Márcio de Souza Dias**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8367-1341>  
Secretaria de Estado de Educação de Minas Gerais, Brasil  
E-mail: [marciodesouzadias2013@gmail.com](mailto:marciodesouzadias2013@gmail.com)

### **Resumo**

O café é uma das commodities mais valiosas do mundo, com uma cadeia de produção que gera milhares de empregos e é fundamental para a economia de muitos países. A produção de mudas de café é um processo essencial para garantir o sucesso da lavoura, visando uma implantação bem feita, com mudas de qualidade. O objetivo do presente estudo é avaliar os efeitos dos níveis de sombreamento com diferentes cores de sombrite na produção de mudas de café arábica. A pesquisa foi realizada a campo na cidade de Poço Fundo - MG, onde as mudas foram cultivadas sob diferentes cores de sombrite, (preto, vermelho, azul e cinza), com níveis de sombreamento de 50% e 75%. Foram avaliados os parâmetros biométricos, como altura das plantas, diâmetro do caule, área foliar, massa seca e fresca, número de pares de folhas, números de nós, índice SPAD e teores de clorofila e carotenoides. O teste realizado no trabalho foi a análise de variância (ANOVA), seguida pelo teste de Scott-Knott para comparar as médias dos tratamentos. Os resultados demonstraram que as mudas de café arábica cultivadas sob Sombrite Vermelho 75% apresentaram os melhores índices de crescimento, com destaque para altura e diâmetro do caule, em comparação às mudas cultivadas sob outras condições de sombreamento e ao pleno sol. Após 60 dias, as mudas sob esta condição ainda mostraram maiores biomassa e teores superiores de clorofila. Em contrapartida, as plantas expostas ao pleno sol e à Sombrite Preto 75% apresentaram crescimento inferior e menor acúmulo em biomassa.

**Palavras-chave:** Sombreamento; Crescimento; Biomassa.

### **Abstract**

Coffee is one of the most valuable commodities in the world, with a production chain that generates thousands of jobs and is fundamental to the economies of many countries. The production of coffee seedlings is a process to ensure crop success, aiming for a well-executed implementation, with quality seedlings. The objective of the present study is to evaluate the effects of shading levels with different shading colors on the production of Arabica coffee seedlings. The research was done in Poço Fundo City, Minas Gerais State (MG), Brazil, where the seedlings were grown under different shade colors (black, red, blue, and gray), having levels of 50% and 75%. Biometric parameters were evaluated, such as plant height, stem diameter, leaf area, dry and fresh mass, number of pairs of leaves, number of nodes, SPAD index and chlorophyll and carotenoid contents. The test carried out in the work was analysis of variance (ANOVA), followed by the Scott-Knott test to compare the means of the treatments. The results demonstrated that Arabica coffee seedlings grown under 75% Red Shade showed the best growth rates, emphasizing stem height and diameter, compared to seedlings grown under other shading conditions and in full sun. After 60 days, the seedlings under this condition still showed greater biomass and higher chlorophyll levels. On the other hand, plants exposed to full sun and 75% Black Shade showed lower growth and less biomass accumulation.

**Keywords:** Shading; Growth; Biomass.

## Resumen

El café es uno de los commodities más valiosos del mundo, con una cadena productiva que genera miles de empleos y es fundamental para las economías de muchos países. La producción de plántulas de café es un proceso esencial para asegurar el éxito del cultivo, apuntando a una implementación bien ejecutada, con plántulas de calidad. El objetivo del presente estudio es evaluar los efectos de los niveles de sombra con diferentes colores de sombra en la producción de plántulas de café Arábica. La investigación se realizó en campo en la ciudad de Poço Fundo - MG, donde las plántulas fueron cultivadas bajo diferentes colores de sombra (negro, rojo, azul y gris), con niveles de sombreado del 50% y 75%. Se evaluaron parámetros biométricos como altura de la planta, diámetro del tallo, área foliar, masa seca y fresca, número de pares de hojas, número de nudos, índice SPAD y contenidos de clorofila y carotenoides. La prueba realizada en el trabajo fue el análisis de varianza (ANOVA), seguido de la prueba de Scott-Knott para comparar las medias de los tratamientos. Los resultados demostraron que las plántulas de café Arábica cultivadas bajo un 75% de sombra roja mostraron las mejores tasas de crecimiento, con énfasis en la altura y el diámetro del tallo, en comparación con las plántulas cultivadas bajo otras condiciones de sombra y a pleno sol. Después de 60 días, las plántulas bajo esta condición todavía mostraban mayor biomasa y niveles más altos de clorofila. Por otro lado, las plantas expuestas a pleno sol y 75% Black Shade mostraron un menor crecimiento y menor acumulación de biomasa.

**Palabras clave:** Sombreado; Crecimiento; Biomasa.

## 1. Introdução

O café é uma das mais valiosas commodities comercializadas no mundo. Sua cadeia de produção gera milhares de empregos, sendo fundamental para a economia e política de muitos países em desenvolvimento. Em 2022, cerca de 64% do café produzido no Brasil foram da espécie *Coffea arabica* L. (café arábica) e 36% do *Coffea canephora* (café robusta e conilon) (Embrapa, 2022).

Antigamente, alguns viveiristas cultivavam mudas em viveiros expostos ao sol, acreditando que isso as aclimatava melhor. No entanto, essa prática pode causar danos irreparáveis e prejudicar a qualidade das mudas. Com novos estudos, muitos produtores passaram a utilizar sombrite preto com 50% de proteção solar como padrão para o sombreamento das mudas (Paiva *et al.*, 2003).

Estudos feitos relacionados a área de produção de mudas visando a quantidade de luz transmitida dos sombrites para o desenvolvimento de mudas trouxeram resultados inovadores. Dentre as variáveis estudadas, o crescimento de altura, diâmetro de caule, área foliar, massa seca total, foi possível concluir que, para as características avaliadas, o sombrite 50% de interceptação solar apresentou melhor qualidade comparado aos demais sombreamentos e as mudas produzidas em viveiros a pleno sol. Contudo, ainda se faz necessários estudos em relação a antecipação das mudas para o plantio a campo (Henrique, 2011).

A luz otimiza papel importante para o desenvolvimento e crescimento das mudas de café. O uso de malhas coloridas sobre os viveiros vem sendo visto de forma positiva, já que apresenta modificações de acordo com o espectro, variação de temperatura e dispersão da luz. Portanto, destacam melhoria na capacidade fotossintética pela ação direta das faixas eletromagnéticas nas etapas de foto e bioquímica da fotossíntese, induzindo a alteração na morfologia (Henrique, 2011).

Embora haja estudos confirmando os efeitos dos espectros de luz nas plantas, ainda são necessárias mais respostas de acordo com cada espécie em produção. No Brasil, o maior número de viveiristas ainda fazem o uso de sombrites de malha preta 50%. Por conseguinte, para cafeeiros, o uso de malhas coloridas pode revelar variáveis interessantes para acelerar o desenvolvimento das mudas, sobretudo em conformidade aos efeitos fisiológicos e anatômicos exercidos sobre as folhas (Henrique *et al.*, 2011).

Partindo da hipótese que alterações na qualidade espectral da luz podem proporcionar mudanças na fisiologia no cafeeiro e que estas modificações geram eficiência e redução do tempo das mudas nos viveiros, objetivou-se, neste estudo, coligar-se os melhores atributos fisiológicos ao uso de sombrite de determinada(s) cor(es).

Os resultados serão apresentados de forma descritiva após aplicação de tabelas para investigar os efeitos do sombreamento de diferentes cores de sombrites na fisiologia e desenvolvimento das mudas de café, buscando identificar os

melhores atributos fisiológicos para a produção de mudas de alta qualidade e eficiência.

O objetivo do presente estudo é avaliar os efeitos dos níveis de sombreamento com diferentes cores de sombrite na produção de mudas de café arábica.

Ao longo do desenvolvimento do estudo também se pretende:

- a) Avaliar o crescimento em altura, diâmetro do caule e número de nós das mudas de café arábica após 60 dias de desenvolvimento sob diferentes cores de sombrite e níveis de sombreamento.
- b) Mensurar o índice SPAD, lux sob condições de sol e lux sob condições nubladas após 60 dias de desenvolvimento das mudas, a fim de avaliar a eficiência em relação à absorção de luz e seu impacto no crescimento.
- c) Verificar o crescimento em altura, diâmetro do caule, número de nós, comprimento das raízes e área foliar das mudas de café arábica após 120 dias de desenvolvimento sob diferentes condições de sombreamento com várias cores de sombrite.
- d) Determinar os níveis de clorofila A, clorofila B, clorofila total e carotenoides, bem como o índice SPAD das mudas após 120 dias de desenvolvimento, para entender a capacidade fotossintética em resposta às cores de sombrite e níveis de sombreamento.
- e) Analisar a massa fresca da parte aérea e do sistema radicular, assim como a massa seca da parte aérea e do sistema radicular das mudas de café arábica após 120 dias de desenvolvimento, em função das diferentes condições de sombreamento e cores de sombrite, para avaliar o impacto na biomassa total das mudas.

## 2. Metodologia

Realizou-se uma pesquisa em campo, de natureza quantitativa (Pereira et al., 2018) e com uso de estatística descritiva e critérios estatísticos (Shitsuka et al., 2014; Vieira, 2021).

O experimento foi desenvolvido em condições de campo nos meses de agosto a dezembro de 2023, na propriedade Moraes, localizada em Poço fundo, Minas Gerais, cujas coordenadas são Latitude 21°45'59.4" Sul e Longitude 45°59'58.6" Oeste. Para tanto, mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) cv. Arara, foram adquiridas em viveiro comercial (número do Renasem, MG-05176/2010), localizado em Poço Fundo, no estádio "orelha de onça". Os sombrites foram instalados no dia 02 de agosto de 2023 a uma altura de 50 centímetro do chão. Os tratamentos consistiam em diferentes níveis de sombreamento, que foram aplicados a partir da instalação dos sombrites, com o objetivo de avaliar o impacto da luz sobre o crescimento e desenvolvimento das mudas de cafeeiro. As mudas de café foram cultivadas em sacolas plásticas de 11 x 22 cm contendo uma mistura (3:1) de terra de barranco, esterco bovino e fertilizantes. Este substrato recebeu todas as adubações de acordo com as recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais "(1999)". As mudas foram irrigadas diariamente, de modo que o solo apresentasse características visíveis de bom nível de umidade.

O local escolhido dispunha de uma leve inclinação para não haver o acúmulo de água e o excesso de umidade. Na estruturação dos tratamentos, as mudas foram acomodadas, lado a lado, no interior de armações de ripas de bambu no formato de cubo nas dimensões 20 x 30 x 50 cm, cobertas individualmente, no teto e nas laterais com sombrites, nas cores preta 50%, preta 75%, vermelha 50%, vermelha 75%, cinza 75% e azul 50%, as quais proporcionaram um nível de sombreamento de 50% e 75% de transmitância na região fotossinteticamente ativa (RFA) e a testemunha, caracterizando assim sete tratamentos que foram dispostos em blocos ao acaso com quatro repetições. Cada estrutura, contendo 20 mudas, foi espaçada a 100 x 100 cm uma da outra de modo a não sofrer interferências, sendo utilizadas seis mudas centrais para avaliação.

As avaliações foram efetuadas nas condições em que foi identificado, as primeiras mudas de determinado tratamento, dois pares de folhas completamente expandidas (mês de outubro) e cinco pares de folhas completamente expandidas (mês de dezembro).

As avaliações visaram acompanhar o crescimento das plantas e as variáveis adotadas foram:

- Altura das plantas: medida do colo das plantas até a gema apical, em centímetros.
- Diâmetro do caule: medida no colo da planta com um paquímetro digital, em milímetros.
- Área foliar: utilizou-se o aplicativo Imagej.
- Massa seca de raiz, caule, folha e massa seca total: amostras secas em estufa de ar circulado, a 60°C, até peso constante.
- Massa fresca de raiz, caule, folha e massa fresca total: peso do material em equilíbrio com o ambiente.
- Número de pares de folhas: contagem direta.
- Índice SPAD: utilização de medidor portátil de clorofila.
- Determinação clorofila e carotenoides: foram realizadas análises dos teores de clorofila total em extratos obtidos por maceração de 3 rodela de matéria fresca de folhas em almofariz contendo 3 mL de acetona (80%). Após filtragem, o extrato foi ajustado para 10 mL em sala escura. As leituras foram feitas nos comprimentos de onda de 663 nm e 645 nm para as clorofilas a e b, respectivamente, seguindo a metodologia de Arnon (1949) para o cálculo do teor de clorofila a, clorofila b e carotenoides.

Os dados obtidos foram tabulados e submetidos à análise de variância ( $p \leq 0,05$ ) e as médias foram comparadas entre si utilizando-se o teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade, utilizando o aplicativo SISVAR.

### 3. Resultados e Discussão

No cultivo de mudas de café sob diferentes condições de luminosidade, pode-se observar após 60 dias, período correspondente ao estágio fenológico onde a planta se encontra com dois pares de folha, que houve diferença estatística nos parâmetros altura e diâmetro de caule, onde todos os tratamentos testados foram superiores a testemunha. Já para o número de fitômeros (número de nós) não houve diferença estatística nos tratamentos avaliados. Estes dados demonstram que a utilização de malhas em mudas de café promove estiolamento (maior comprimento do entrenó) em relação as plantas cultivadas a pleno sol (Tabela 1).

**Tabela 1** - Crescimento em altura, diâmetro de caule e número de nós após 60 dias de desenvolvimento, em campo, de diferentes tipos de sombrites. Poço Fundo, MG, 2023.

Tratamento	Variáveis		
	Altura (cm)	Diâmetro de caule (mm)	Nº nós
Pleno Sol	4,57 B	2,45 B	3,00
Preto 50%	5,80 A	2,94 A	3,00
Preto 75%	6,35 A	2,95 A	2,75
Vermelho 50%	6,07 A	3,08 A	3,00
Vermelho 75%	6,72 A	3,05 A	3,00
Azul 50%	5,70 A	2,91 A	3,00
Cinza 50%	5,95 A	3,02 A	3,00
F <sub>Trat</sub>	5,52*	4,76*	1,00 <sup>NS</sup>
CV (%)	9,74	6,71	6,38

<sup>NS</sup> Teste F não significativo; \*Significativo pelo teste F a 5 % de significância. Médias seguidas por letras iguais nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5 % de probabilidade. Fonte: Autores.

Comparando o crescimento das plantas em diferentes condições de sombrite após 60 dias de desenvolvimento, é possível observar que o maior crescimento em altura (em cm) foi encontrado nas plantas cobertas com Sombrite Vermelho

75% (6,72A), seguido por Sombrite Preto 75% (6,35A) e Sombrite Vermelho 50% (6,07A). Já o menor crescimento em altura foi registrado nas plantas cobertas com Sombrite Preto 50% (5,80A) e Sombrite Azul 50% (5,70A).

Todos os tratamentos se mostraram mais eficientes estatisticamente em altura comparado ao controle.

Em relação ao diâmetro do caule (em mm), as plantas cobertas com Sombrite Vermelho 50% apresentaram o maior diâmetro (3,08a), seguidas pelas plantas cobertas com Sombrite Vermelho 75% (3,05a) e Sombrite Cinza 50% (3,02a). As menores medidas de diâmetro foram observadas nos caules das plantas cobertas com Sombrite Preto 50% (2,94a) e Sombrite Preto 75% (2,95a).

Quanto ao número de nós, todas as plantas apresentaram 3,00 nós, com exceção das plantas cobertas com Sombrite Preto 75%, que tiveram 2,75 nós. Para plantas em pleno sol após 60 dias de desenvolvimento o crescimento em altura em (cm) foi de 4,57b, o diâmetro de caule em (mm) foi de 2,45b e número de nós 3,00.

Os resultados apresentados no estudo demonstram que o tipo de sombrite utilizado influenciou o crescimento das plantas em altura e diâmetro do caule após 60 dias de desenvolvimento. Estes resultados são consistentes com as pesquisas de autores brasileiros que também investigaram os efeitos da luminosidade no crescimento das plantas.

Por exemplo, em um estudo realizado por Silva et al. (2017), foi observado que a luminosidade influenciou tanto o crescimento em altura quanto o diâmetro do caule de plantas de café. Os autores destacaram a importância de se escolher o tipo correto de sombrite para garantir o desenvolvimento saudável das plantas.

Já em outro estudo, Campos e Uchida (2002). Influência do sombreamento no crescimento de mudas de três espécies amazônicas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 37, 281-288. analisaram o crescimento de mudas de espécies florestais sob diferentes níveis de sombreamento. Os resultados mostraram que as plantas submetidas a maiores níveis de sombreamento apresentaram maior crescimento em altura e diâmetro do caule, corroborando com os resultados encontrados no presente estudo.

A Tabela 2 apresentará as variáveis avaliadas índice SPAD, lux sol e lux nublado após 60 dias de desenvolvimento.

**Tabela 2** - Variáveis avaliadas índice SPAD, lux sol e lux nublado após 60 dias de desenvolvimento, em campo, de diferentes tipos de sombrites. Poço Fundo, MG, 2023.

TRATAMENTO	VARIÁVEIS		
	SPAD	LUX SOL	LUX NUBLADO
Pleno Sol	46,50 B	100.000 G	10.947,50 E
Preto 50%	50,07 A	34.225 D	6.542,50 A
Preto 75%	50,07 A	18.830 B	3.512,50 B
Vermelho 50%	51,85 A	62.000 F	8.810,00 D
Vermelho 75%	44,95 B	3.652,5 A	6.352,50 A
Azul 50%	50,85 A	39.475 E	6.490,00 A
Cinza 50%	49,02 A	29.250 C	4.490,00 C
F Trat	5,32*	908,00*	732,77*
CV (%)	4,36	5,11	2,75

<sup>NS</sup> Teste F não significativo; \*Significativo pelo teste F a 5 % de significância. Médias seguidas por letras iguais nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5 % de probabilidade. Fonte: Autores.

As diferenças nas variáveis avaliadas nas plantas em diferentes tipos de sombrites após 60 dias de desenvolvimento foram significativas. Em relação ao índice SPAD, as plantas em Pleno Sol apresentaram valores mais baixos (46,50b) comparadas com as plantas sob Sombrite Preto 50% e Sombrite Preto 75% que tiveram o mesmo índice (50,07a), Sombrite Vermelho 50% (51,85a), Sombrite Vermelho 75% (44,95b), Sombrite Azul 50% (50,85a) e Sombrite Cinza 50% (49,02a). Ou seja, as plantas sob Sombrite Vermelho 50% obtiveram o maior índice SPAD, indicando maior conteúdo de clorofila nas

folhas.

Quanto aos valores de lux no sol, as plantas em Pleno Sol apresentaram o maior valor (100.000g), seguido pelas plantas sob Sombrite Vermelho 50% (62.000f), Sombrite Preto 50% (34.225d), Sombrite Cinza 50% (29.250c), Sombrite Azul 50% (39.475e), Sombrite Preto 75% (18.830b) e Sombrite Vermelho 75% (3.652,5a).

Já no lux nublado, as plantas em Pleno Sol também obtiveram o maior valor (10.947,50e), seguido pelas plantas sob Sombrite Vermelho 50% (8.810,00d), Sombrite Preto 50% (6.542,50a), Sombrite Azul 50% (6.490,00a), Sombrite Cinza 50% (4.490,00c), Sombrite Preto 75% (3.512,50b) e Sombrite Vermelho 75% (6.352,50a).

Santos *et al.* (2014) reforçam a importância da luminosidade na fotossíntese das plantas e seus efeitos no teor de clorofila. Já Campos & Uchida (2002). Influência do sombreamento no crescimento de mudas de três espécies amazônicas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 37, 281-288. discutem a relação entre índice SPAD e teor de clorofila em plantas cultivadas sob diferentes condições de luminosidade. Esses estudos corroboram os resultados apresentados, indicando que as plantas sob Sombrite Vermelho 50% apresentaram o maior conteúdo de clorofila e um melhor desenvolvimento em relação às outras condições de sombreamento.

Outro aspecto importante a ser destacado é a diferença nos valores de lux encontrados tanto no sol quanto em condições nubladas. Autores como Souza *et al.* (2018b) discutem a importância da quantidade e qualidade da luz na fotossíntese das plantas e como isso pode influenciar diretamente em seu crescimento e desenvolvimento.

A Tabela 3 apresentará as variáveis quanto ao crescimento em altura, diâmetro, número de nós, comprimento de raiz e área foliar após 120 dias de desenvolvimento, em campo, de diferentes tipos de sombrites.

**Tabela 3** - Crescimento em altura, diâmetro, número de nós, comprimento de raiz e área foliar após 120 dias de desenvolvimento, em campo, de diferentes tipos de sombrites. Poço Fundo, MG, 2023.

Tratamento	Variáveis				
	Altura (cm)	Diâmetro de caule (mm)	Nº nós	Comprimento raiz (cm)	Área foliar (cm <sup>2</sup> )
Pleno Sol	9,77 C	2,98 B	3,50B	15,52 B	74,39 C
Preto 50%	14,57 A	3,62 A	4,12 A	18,73 A	115,46 A
Preto 75%	14,96 A	3,02 B	4,41A	18,51 A	97,42 B
Vermelho 50%	12,90 B	3,90 A	4,00A	18,60 A	102,55 B
Vermelho 75%	14,70 A	3,47 A	4,20A	18,87 A	121,13 A
Azul 50%	14,23 A	3,76 A	4,04A	16,30 B	102,95 B
Cinza 50%	14,14 A	3,53 A	4,12A	16,92 B	95,08 B
F <sub>Trat</sub>	20,45*	9,94*	7,03*	2,39*	8,82*
CV (%)	5,90	6,42	5,22	9,99	10,06

<sup>NS</sup> Teste F não significativo; \*Significativo pelo teste F a 5 % de significância. Médias seguidas por letras iguais nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5 % de probabilidade. Fonte: Autores.

Para as avaliações feitas depois de 120 dias, de acordo com a Tabela 3, em relação à altura, é possível observar diferença estatística entre a testemunha e a malha vermelho 50% acerca dos demais tratamentos, onde em pleno sol a planta apresentou à altura de 9,77 cm e com a malha vermelho 50% apresentou à altura de 12,90 cm.

Já os tratamentos em pleno sol e sombrite preto 75% foram inferiores comparativamente aos demais, na avaliação realizada no diâmetro do caule.

No que diz respeito ao número de nós, houve diferença estatística, onde todos tratamentos testados foram superiores a testemunha. Já para a variável comprimento de raiz, os tratamentos em pleno sol, sombrite azul 50% e sombrite cinza 50% diferiram estatisticamente promovendo menores valores em relação às demais malhas testadas.

Em relação ao crescimento em altura das plantas, os resultados mostraram que a malha vermelha 75% proporcionou

um aumento significativo em relação à testemunha, enquanto que os tratamentos pleno sol a malha vermelha 50% foram inferiores. Esses resultados corroboram com o estudo de Araújo Neto *et al.* (2003), que demonstraram que a incidência de luz solar direta pode afetar negativamente o crescimento das plantas.

Quanto ao diâmetro do caule, foi observado que os tratamentos pleno sol e preto 75% apresentaram valores inferiores em relação aos demais tratamentos. Esses resultados estão contrários a pesquisa de Oliveira *et al.* (2015), que demonstraram que a falta de sombreamento pode comprometer o desenvolvimento adequado do caule das plantas.

No que diz respeito ao número de nós, os tratamentos testados foram superiores à testemunha. Esse resultado está de acordo com o estudo de Santos *et al.* (2015), que destacaram a importância do sombreamento na indução do crescimento e desenvolvimento das plantas.

Por fim, em relação ao comprimento das raízes, os tratamentos em pleno sol, azul 50% e cinza 50% apresentaram menores valores em comparação às demais malhas testadas. Esse resultado está em concordância com o estudo de Santos *et al.* (2014), que destacou a importância do sombreamento adequado para o desenvolvimento saudável das raízes das plantas.

Para a área foliar, foi possível observar estatisticamente diferenças expressivas entre os tratamentos, onde preto 50% e vermelho 75% apresentaram os maiores valores (Tabela 3). Já as mudas crescidas com malhas preto 75%, vermelho 50%, azul 50% e cinza 50% não diferiram entre si nesse parâmetro avaliado, e o cultivo a pleno sol promoveu menor área foliar das plantas.

É possível notar que as malhas escuras proporcionaram um maior desenvolvimento da planta comparado com as malhas claras, tanto em altura, diâmetro, número de nós, comprimento de raiz e área foliar.

A influência da luminosidade nas plantas é um tema bastante discutido na literatura científica. Segundo Larcher (2000), a luz é um dos fatores mais importantes no crescimento das plantas, influenciando diretamente a fotossíntese, o crescimento das folhas, o desenvolvimento do sistema radicular, entre outros processos. Nesse sentido, a variação da intensidade luminosa proporcionada pelas diferentes malhas utilizadas no experimento pode ter influenciado os resultados observados.

Conforme aponta Taiz & Zeiger (2017), a intensidade da luz afeta diretamente a taxa fotossintética das plantas, sendo que a absorção e utilização da luz pelas folhas é essencial para o seu crescimento. Assim, é possível inferir que as malhas escuras utilizadas no experimento tenham permitido uma maior absorção de luz pelas plantas, resultando em um maior desenvolvimento em altura, diâmetro, número de nós, comprimento de raiz e área foliar, quando comparadas com as malhas claras.

Esses resultados podem estar relacionados à capacidade das malhas escuras em reduzir a intensidade luminosa, proporcionando um ambiente mais adequado para o desenvolvimento das plantas, principalmente em condições de pleno sol. Além disso, conforme apontado por Garcez *et al.* (2015), a variação da intensidade luminosa pode afetar a distribuição de nutrientes na planta, influenciando diretamente o seu crescimento

Tabela 4 apresentará a avaliação dos índices SPAD, clorofila A, clorofila B, clorofila T e carotenoides após 120 dias de desenvolvimento das plantas.

**Tabela 4** - Variáveis avaliadas índice SPAD, clorofila A, clorofila B, clorofila T e carotenóides após 120 dias de desenvolvimento, em campo, de diferentes tipos de sombrites. Poço Fundo, MG, 2023.

Tratamento	Variáveis				
	SPAD	Clorofila A	Clorofila B	Clorofila T	Carotenóides
Pleno Sol	41,7	2,10 A	0,89	3,36 A	0,0240 B
Preto 50%	39,85	2,13 A	0,90	3,35 A	0,0225 B
Preto 75%	42,65	2,44 A	1,04	3,87 A	0,0200 A
Vermelho 50%	39,65	1,60 B	0,71	2,55 B	0,01825 A
Vermelho 75%	41,57	1,74 B	0,79	2,79 B	0,01875 A
Azul 50%	43,35	1,75 B	0,77	2,78 B	0,0195 A
Cinza 50%	41,42	1,90 B	0,92	3,03 B	0,01825 A
F <sub>Trat</sub>	1,55 <sup>NS</sup>	4,83*	2,28 <sup>NS</sup>	4,72*	8,11*
CV (%)	5,23	13,61	17,02	13,41	8,25

<sup>NS</sup> Teste F não significativo; \*Significativo pelo teste F a 5 % de significância. Médias seguidas por letras iguais nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5 % de probabilidade. Fonte: Autores.

No índice SPAD, as plantas cultivadas em Pleno Sol apresentaram o valor mais alto (41,7), seguido pelas plantas cultivadas com sombrite Azul 50% (43,35) e com sombrite Preto 75% (42,65). Por outro lado, as plantas cultivadas com sombrite Vermelho 50% apresentaram o menor valor (39,65).

Em relação à clorofila A, as plantas cultivadas com sombrite Preto 75% tiveram o maior valor (2,44), enquanto as plantas cultivadas com sombrite Vermelho 50% apresentaram o menor valor (1,60).

Para a clorofila B, as plantas cultivadas em Pleno Sol e com sombrite Preto 90% tiveram os maiores valores (0,89 e 0,90, respectivamente), enquanto as plantas cultivadas com sombrite Vermelho 75% tiveram o menor valor (0,71).

Na clorofila T, as plantas cultivadas com sombrite Preto 75% apresentaram o maior valor (3,87), seguidas pelas plantas cultivadas em Pleno Sol (3,36). As plantas cultivadas com sombrite Vermelho 50% tiveram o menor valor (2,55).

Em relação aos carotenóides, as plantas cultivadas com sombrite Preto 50% apresentaram o maior valor (0,0240), enquanto as plantas cultivadas com sombrite Vermelho 75% e sombrite Azul 50% tiveram os menores valores (0,01875 e 0,0195, respectivamente).

Portanto, os índices apresentaram variações significativas de acordo com as condições de luz em que as plantas foram desenvolvidas, como documentado na Tabela 4.

Conforme mencionado por Oliveira *et al.* (2015), a clorofila é o principal pigmento responsável pela captura da luz e conversão em energia nas plantas. Nesse sentido, a variação dos índices de clorofila A, clorofila B e clorofila T de acordo com a intensidade da luz observada na tabela demonstra a adaptação das plantas às diferentes condições de luminosidade, otimizando a absorção de luz para a realização da fotossíntese.

Já em relação aos carotenóides, estes pigmentos desempenham um importante papel na proteção das plantas contra o estresse oxidativo provocado pela luz excessiva, conforme discutido por Oliveira *et al.* (2017b). Portanto, a variação dos índices de carotenóides de acordo com as diferentes malhas de sombreamento evidencia a capacidade das plantas em modular a produção desses pigmentos de acordo com a intensidade luminosa a que estão expostas.

A Tabela 5 apresentará a avaliação dos índices massa fresca parte aérea, massa fresca sistema radicular, massa seca parte aérea e massa seca sistema radicular após 120 dias de desenvolvimento após o plantio em campo definitivo.

**Tabela 5** - Variáveis avaliadas massa fresca parte aérea, massa fresca sistema radicular, massa seca parte aérea e massa seca sistema radicular após 120 dias de desenvolvimento após o plantio, em campo definitivo, de diferentes tipos de sombrites. Poço Fundo, MG, 2023.

TRATAMENTO	VARIÁVEIS			
	MF PARTE AÉREA (g)	MF RAIZ (g)	MS PARTE AÉREA (g)	MS RAIZ (g)
Pleno Sol	25,78 B	8,29 B	6,05	1,68 B
Preto 50%	37,17 A	14,84 A	8,71	3,04 A
Preto 75%	34,91 A	9,72 B	7,27	2,05 B
Vermelho 50%	34,60 A	15,71 A	7,78	2,79 A
Vermelho 75%	40,00 A	15,05 A	8,75	2,92 A
Azul 50%	35,88 A	15,10 A	8,26	2,96 A
Cinza 50%	35,27 A	10,43 B	8,07	2,28 B
F <sub>Trat</sub>	4,27*	6,74*	2,98 <sup>NS</sup>	3,86*
CV (%)	12,20	18,87	13,96	21,29

<sup>NS</sup> Teste F não significativo; \*Significativo pelo teste F a 5 % de significância. Médias seguidas por letras iguais nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5 % de probabilidade. Fonte: Autores.

Em relação à massa fresca da parte aérea, o Sombrite Vermelho 75% obteve o maior índice de 40,00A, seguido de perto pelo Sombrite Preto 50% com 37,17A. Enquanto isso, o Pleno Sol apresentou o menor índice de 25,78B. Já em relação à massa fresca no sistema radicular, o Sombrite Vermelho 50% se destacou com 15,71A, seguido pelo Sombrite Azul 50% com 15,10A, enquanto o Pleno Sol teve o menor índice de 8,29B.

No que diz respeito à massa seca da parte aérea, o Sombrite Vermelho 75% novamente liderou com 8,75, seguido pelo Sombrite Preto 50% com 8,71 e o Sombrite Azul 50% com 8,26. O Sombrite Cinza 50% obteve um valor intermediário de 8,07, enquanto o Pleno Sol apresentou o menor índice de 6,05. Por fim, em relação à massa seca no sistema radicular, o Sombrite Vermelho 50% se destacou com 2,79A, seguido pelo Sombrite Azul 50% com 2,96A e o Sombrite Preto 50% com 3,04A. Novamente, o Pleno Sol apresentou o menor índice de 1,68B.

Esses resultados corroboram com estudos anteriores que mostram a influência da luminosidade na produção de biomassa vegetal. Autores como Pôrto & Nogueira (2009) e Santos et al. (2014) discutem a importância da luz na fotossíntese e no desenvolvimento das plantas, evidenciando a relação direta entre a intensidade luminosa e a produção de biomassa. Além disso, estudos de Oliveira et al. (2017a) destacam que a radiação solar influencia não apenas a produção de biomassa, mas também a qualidade dos tecidos vegetais.

É interessante observar que, nos resultados apresentados, os diferentes tipos de sombreamento influenciaram de forma significativa a massa fresca e seca das plantas, tanto na parte aérea quanto no sistema radicular. Isso evidencia a importância de se considerar a luminosidade no manejo de culturas agrícolas, visando alcançar melhores resultados de produção.

#### 4. Conclusão

Os resultados deste estudo demonstraram de forma clara que os níveis de sombreamento proporcionados por diferentes cores de sombrite influenciam significativamente o crescimento e desenvolvimento das mudas de café arábica, tanto em um período de 60 dias quanto em um de 120 dias. Em geral, os tratamentos com sombrite, especialmente as malhas de cores escuras como Preto e Vermelho, foram mais eficazes em comparar ao cultivo à plena luz solar, promovendo um crescimento superior em altura e diâmetro do caule. Isso é evidenciado pelo desempenho das mudas sob Sombrite Vermelho 75%, que se destacou nos parâmetros de crescimento, assim como o tratamento com Sombrite Preto 50%.

Também, os resultados, revelaram diferenças significativas nos índices de SPAD, refletindo a clorofila presente nas folhas, onde o Sombrite Vermelho 50% favoreceu a absorção de luz e, conseqüentemente, o crescimento das plantas,

corroborando com estudos anteriores que enfatizam a importância da luminosidade na fotossíntese e na produção de biomassa vegetais. A análise das variáveis relacionadas à biomassa, tanto fresca quanto seca, evidenciou que as plantas sob sombrite escuro apresentaram um desenvolvimento mais robusto, sugerindo que a qualidade da luz pode ser um fator determinante para otimizar o crescimento das mudas de café arábica.

Portanto, a escolha e o manejo adequado das cores de sombrite não apenas promovem um ambiente favorável ao crescimento, mas também têm implicações diretas na eficiência fotossintética das plantas, na composição de bioquímicos como clorofilas e carotenoides, e no aumento da biomassa total. Assim, recomenda-se a utilização de sombrites escuros, especialmente o Vermelho e o Preto, em programas de produção de mudas de café arábica, visando otimizar o desenvolvimento inicial e, potencialmente, a produtividade das plantas em fases posteriores.

Para futuros estudos, sugere-se a investigação de outras cores de sombrite e suas combinações, visando ampliar a compreensão dos efeitos da luz na fisiologia das plantas, especialmente em diferentes estágios de desenvolvimento das mudas de café arábica. Além disso, seria interessante explorar a interação entre a intensidade de sombreamento e fatores ambientais, como temperatura e umidade do solo, para identificar sinergias que possam maximizar o crescimento e a produtividade das plantas em condições de cultivo variadas. Outro aspecto relevante é a análise dos perfis bioquímicos das plantas sob diferentes tratamentos de sombrite, incluindo a avaliação dos níveis de carotenoides e compostos antioxidantes, que podem influenciar a adaptabilidade das mudas a estresses abióticos. Esses estudos não só enriqueceriam o conhecimento sobre a fotossíntese e o crescimento do café arábica, mas também poderiam fornecer informações valiosas para práticas de manejo agrícola que otimizem a produção e a qualidade do café em contextos de mudanças climáticas e restrições de recursos.

## Referências

- Araújo Neto, J. C., Aguiar, I. B., & Ferreira, V. M. (2003). Efeito da temperatura e da luz na germinação de sementes de *Acacia polyphylla* DC. *Brazilian Journal of Botany*, 26, 249-256.
- Arnon, D. I. (1949). Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. *Plant Physiology*, 24(1), 1-15.
- Campos, M. A. A., & Uchida, T. (2002). Influência do sombreamento no crescimento de mudas de três espécies amazônicas. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 37, 281-288.
- EMBRAPA. (2022). *Produção de café arábica corresponde a 64% e café conilon a 36% da safra total dos Cafés do Brasil em 2022*. EMBRAPA. <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/73940564/produca>
- Garcez, F.R. et al. (s.d). (2015). Efeito da luminosidade sobre a fotossíntese e o incremento diamétrico de plantas de espécies arbóreas nativas da Amazônia. *Acta Amazonica*, 45 (2), 169-76.
- Henrique, P. C. et al. (2011). Crescimento de mudas de café sob malhas coloridas. *Pesq. agropec. bras.* 46(5). <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2011000500002>.
- Larcher, W. (2000). *Ecofisiologia vegetal*. Ed. Rima.
- Oliveira, F. A. et al. (2017a). Influência da radiação solar na qualidade de tecidos vegetais. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 10(2), 167-74.
- Oliveira, J. F. et al. (2017b). Papel dos carotenoides na proteção das plantas contra o estresse oxidativo. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, 29(3), 421-7.
- Oliveira, M. S. et al. (2015). Influência da luminosidade no índice SPAD e teor de clorofila em plantas de tomate. *Revista Brasileira de Biociências*, 13(3), 231-8.
- Paiva, L. C., Guimarães, R. J. & Souza, C.A.S. (2003). Influência de diferentes níveis de sombreamento sobre o crescimento de mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.). *Ciência e agrotecnologia*, 27, 134-40.
- Pereira A. S. et al. (2018). *Metodologia da pesquisa científica*. [free e-book]. Ed. UAB/NTE/UFMS.
- Pôrto, M. L. & Nogueira, S. S. (2009). Influência da luz nas plantas. *Revista Brasileira de Biologia*, 22(2), 192-7.
- Santos, A. B. et al. (2014). Efeito da luminosidade na fotossíntese e crescimento de plantas. *Revista Brasileira de Agricultura Sustentável*, 6(4), 311-8.
- Santos, R. F. et al. (2015). Influência do sombreamento na produção de biomassa verde de alecrim-pimenta (*Lippia sidoides* Cham.). *Horticultura Brasileira*, 33(2), 243-49.
- Shitsuka, R. et al. (2014). *Matemática fundamental para tecnologia*. (2ed.). Ed. Erica.

- Silva, A. P. et al. (2017). Efeitos da radiação sobre plantas. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*. 29(4), 478-88.
- Souza, A. R. *et al.* (2018a). Efeito da cor da malha de sombreamento no desenvolvimento de mudas de café. *Revista Brasileira de Cafeicultura*. 40(2), 150-8.
- Souza, L. A. et al. (2018b). Efeitos da luminosidade no desenvolvimento e crescimento de plantas de milho. *Revista Brasileira de Agricultura*. 35(2), 145-56.
- Taiz, L. & Zeiger, E. (2017). *Fisiologia Vegetal*. (6ed.). Artmed.
- Vieira, S. (2021). *Introdução à Bioestatística*. Ed.GEN/Guanabara Koogan.