

Aspectos fisiológicos do desenvolvimento de mudas de café cultivadas sob telas de diferentes colorações

Paôla de Castro Henrique⁽¹⁾, José Donizeti Alves⁽¹⁾, Sidnei Deuner⁽²⁾,
Patrícia de Fátima Pereira Goulart⁽³⁾ e Dárlan Einstein do Livramento⁽¹⁾

⁽¹⁾Universidade Federal de Lavras, Departamento de Biologia, Caixa Postal 3037, CEP 37200-000 Lavras, MG. E-mail: paolahenrique@yahoo.com.br, jdalves@dbi.ufla.br, delivramento@dbi.ufla.br ⁽²⁾Embrapa Cerrados, Caixa Postal 08223, CEP 73310-970 Planaltina, DF. E-mail: sidnei.deuner@cpac.embrapa.br ⁽³⁾Centro Universitário de Lavras, Rua Padre José Poggel, nº 506, Centenário, CEP 37200-000 Lavras, MG. E-mail: patriciagoulart@unilavras.edu.br

Resumo – O objetivo deste trabalho foi avaliar aspectos fisiológicos do desenvolvimento de mudas de café, cultivadas sob telas com diferentes características espectrais. Mudas de Catucaí Amarelo 2SL, no estágio "orelha de onça", foram dispostas em blocos ao acaso, com cinco repetições, sob estruturas cobertas individualmente com telas nas cores azul, branca, cinza, preta e vermelha, com sombreamento de 50%. Quatro meses depois, foram avaliados: o crescimento das mudas, os teores de pigmentos nas folhas, e os de açúcares solúveis totais e o amido das folhas e raízes. A tela vermelha foi a mais eficiente em promover o crescimento em quatro das sete características estudadas: altura das plantas, área e massa de matéria seca foliar e massa de matéria seca total. Para as demais características, não houve diferença entre as telas. A análise dos pigmentos mostrou que, à exceção da tela cinza, as demais não diferiram entre si quanto a esta característica. Nas folhas, a tela vermelha proporcionou maior teor de açúcar e de amido. Na raiz, os teores de carboidratos foram mais elevados com as telas vermelha e preta. Entre as cinco colorações de tela, a vermelha foi a mais eficiente na produção de mudas de café com maior vigor e qualidade, em que se destacam os teores de carboidrato e a fitomassa.

Termos para indexação: *Coffea arabica*, carboidratos, crescimento, pigmentos, qualidade da radiação, viveiro.

Physiological aspects of seedling development of coffee grown under colored screens

Abstract – The objective of this work was to evaluate the physiological aspects of the development of coffee seedlings grown under colored screens with different spectral characteristics. Seedlings of Catucaí Amarelo 2SL, in the stage known as "orelha de onça", were arranged in a randomized block design, with five replicates, under structures individually covered with blue, white, gray, black or red screens with 50% shade. Four months after, evaluations were done for seedling growth, pigment content of the leaves, total soluble sugars and starch contents of the leaves and roots. The red screen was the most effective in promoting growth in four out of the seven studied traits: plant height, leaf area and leaf dry weight and total dry matter. For the other characteristics, there was no difference among the screens. The pigment analysis showed that, except for the gray screen, the other ones did not differ for this trait. In leaves, the red screen promoted higher levels of carbohydrates and starch. At the root, carbohydrate contents were higher under the red and black screens. Among the five screen colors, the red one was the most efficient in the production of coffee seedlings with higher vigor and quality, with outstanding carbohydrate contents and biomass.

Index terms: *Coffea arabica*, carbohydrates, growth, pigments, radiation quality, nursery house.

Introdução

O plantio de mudas de café vigorosas garante um bom "pegamento", diminui os gastos com a operação de replantio e promove um rápido crescimento inicial das plantas, o que é desejável, principalmente, quando as mudas são submetidas a algum tipo de estresse ambiental em seu primeiro ano no campo (Alves & Guimarães, 2010). Mudas vigorosas são caracterizadas por apresentar folhas verdes e brilhantes, caule espesso e sistema radicular abundante de raízes absorventes.

Na grande maioria dos casos, a formação das mudas de café é realizada em viveiros sombreados das mais variadas formas e materiais (Paiva et al., 2003). Alguns cafeicultores, para melhorar a adaptação das mudas às condições de campo e economizar no custo da estrutura para o viveiro, optam pela formação a pleno sol (Alves & Guimarães, 2010). A adoção da formação de mudas nessas condições pode acarretar, na maioria das vezes, danos irreparáveis e comprometer a qualidade fisiológica dessas mudas. Como opção intermediária, tem-se adotado como padrão o sombreamento das

mudas, para uma interceptação da radiação solar em torno de 50% pelo uso de telados de cor preta (Paiva et al., 2003).

Apesar de a maioria das lavouras de café no Brasil ser cultivada a pleno sol, estudos apontam essa espécie como uma planta de sombra, especialmente na fase de muda (Alves & Guimarães, 2010). Em razão disso, experimentos com mudas de café são realizados em viveiros parcialmente cobertos, o que permite uma transmitância da radiação próxima do ponto de saturação de luz para cafeeiros que é de $300 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$.

Embora haja muita informação relacionada à influência da intensidade da luz no crescimento e desenvolvimento de cafeeiros jovens e adultos (Paiva et al., 2003; Pereira et al., 2007), não foram encontrados, para essa cultura, estudos relacionados à qualidade da radiação incidente nas mudas em viveiro. Além disso, para várias culturas, tem sido cada vez mais comum a adoção, com sucesso, de telados de diferentes colorações (Oren-Shamir et al., 2001; Meirelles et al., 2007). Essas telas são projetadas, especificamente, para modificar a radiação incidente em termos de espectro e dispersão (Elad et al., 2007). Conforme a cor do telado, é possível verificar modificações nos padrões de crescimento (Macedo et al., 2011) e mudanças em várias características anatômicas, fisiológicas, morfológicas e bioquímicas das plantas (Brant et al., 2009).

Como já observado em alguns estudos sobre características espectrais, a radiação vermelha e a azul são as mais eficientes para otimizar várias respostas fisiológicas desejáveis nas plantas (Braga et al., 2009). Destaca-se nesse caso, a melhoria na capacidade fotossintética, pela ação direta dessas duas faixas do espectro eletromagnético nas etapas fotoquímica e bioquímica da fotossíntese (Matsuda et al., 2004; Hogewoning et al., 2007). Matsuda et al. (2004) concluíram que plantas cultivadas sob luz vermelha, em combinação com a azul, mostraram maior taxa fotossintética e maior ativação no metabolismo do nitrogênio nas folhas, em comparação àquelas cultivadas somente sob luz vermelha. Os resultados acima descritos, entretanto, não podem ser generalizados, pois alguns autores citam que a influência da qualidade da radiação, sobre o crescimento e o desenvolvimento, está associada à espécie vegetal (Braga et al., 2009). Wang et al. (2009) mostraram que plantas de *Cucumis*

sativus L., cultivadas sob luzes monocromáticas, apresentaram taxa de assimilação de CO_2 e crescimento reduzidos, em comparação àquelas cultivadas sob luz branca, e atribuíram esses resultados aos efeitos na expressão e ativação de enzimas do ciclo de Calvin. No entanto, estudos recentes, realizados com *Alternanthera brasiliana* Kuntze (Amaranthaceae), mostraram que é possível obter mudas com alta qualidade dessas espécies, sob combinações de luz azul e vermelha (Macedo et al., 2011). Os efeitos dessa combinação podem estar diretamente relacionados à melhoria na fotossíntese (Matsuda et al., 2004).

As telas coloridas representam, então, um novo conceito agrotecnológico, tendo como finalidade combinar a proteção física com a filtração diferencial da radiação solar, para promover respostas fisiológicas específicas que são reguladas pela luz (Brant et al., 2009). Assim, pode ser colocada a hipótese de que alterações nas características espectrais da radiação solar podem modificar características estruturais e fisiológicas das plantas.

O objetivo deste trabalho foi avaliar aspectos fisiológicos do desenvolvimento de mudas de café, cultivadas sob telas com diferentes características espectrais.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido em condições de campo, no Setor de Fisiologia Vegetal da Universidade Federal de Lavras (Ufla), em Lavras, MG. Para tanto, mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) cv. Catucaí Amarelo 2SL foram cultivadas em sacolas de plástico de 11x22 cm, que continham uma mistura (3:1) de "terra de barranco" e esterco bovino. Esse substrato recebeu todas as adubações conforme as "Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais" (Ribeiro et al., 1999), e foi irrigado, diariamente, para mantê-lo com teor de umidade à capacidade de campo.

O experimento foi implantado no início da primavera de 2010, quando as mudas, no estágio "orelha de onça", foram acondicionadas, lado a lado, no interior de estruturas de madeira em forma de paralelepípedo com dimensões de 50x70x100 cm. Cada estrutura foi coberta, individualmente, no teto e nas laterais, com telas ChromatiNET (Polysack Plastic Industries, Kibbutz Nir Yitzhak, D. N. Negev,

Israel) nas cores azul, branca, cinza, preta e vermelha, que constituíram cinco tratamentos relacionados ao espectro de luz transmitido, porém, com o mesmo índice de sombreamento, 50% de transmitância na região fotossinteticamente ativa (RFA). As estruturas, cada uma com 14 mudas, foram espaçadas umas das outras de modo a não causar sombreamento. Segundo o fabricante, essas telas, confeccionadas com filme de polietileno de alta densidade e fios de monofilamento, bloqueiam a passagem da radiação ultravioleta e, em consequência da refração da luz direta pela estrutura de cristais, alteram o espectro da luz que as atravessa, reduzindo ou aumentando picos de transmitância de radiação de determinados comprimentos de onda. Ademais, pelo entrelaçamento de seus fios, essas telas aumentam a percentagem de luz difusa, o que gera maior cobertura luminosa sobre as plantas, principalmente sobre as folhas inferiores. A tela de cobertura tem espessura de 0,5 mm e furos oblongos. Como proporciona 50% de sombra, admite-se que a proporção entre os espaços vazios e aqueles ocupados pelos fios do tecido é a mesma.

Os tratamentos constituídos de telas, com diferentes espectros de luz transmitida, foram dispostos em blocos ao acaso com cinco repetições. No total, foram utilizadas, neste experimento, 350 mudas. De acordo com o fabricante, a tela vermelha tem maior transmitância em comprimentos de onda na faixa de 590 a 750 nm (vermelho e vermelho-distante) e reduz as ondas de comprimento nas faixas de azul, verde e amarelo. A tela azul reduz o espectro vermelho-distante e apresenta pico principal de transmitância em 470 nm (azul). A tela cinza tem aumento no espectro vermelho e uma ligeira diminuição no espectro azul. A tela preta é considerada neutra e não altera o espectro de luz, apenas reduz a irradiância, e a branca não interfere no espectro da luz transmitida.

Quatro meses após a implantação do experimento, foram avaliados o crescimento das mudas, que já estavam com três a quatro pares de folhas completamente expandidas, bem como, os teores de clorofila e de carotenoides, os açúcares solúveis totais (AST) e o amido das folhas e do sistema radicular. O crescimento foi avaliado por: altura de plantas medida a partir do colo até a gema apical, pelo número de pares de folhas, por contagem direta nas plantas; área foliar estimada pela fórmula $AF = \{[(\text{comprimento} \times \text{largura}) \times 0,667] \times 2\}$ (Barros et al., 1973); massa de matéria

seca de folhas, caules e radículas (menores ou iguais a 2 mm), após as amostras terem sido secas em estufa com circulação de ar a 60°C, até massa constante; relação entre parte aérea/raiz e razão de área foliar (RAF), determinadas conforme Magalhães (1979), a partir da relação entre os valores de área foliar e massa de matéria seca total.

Os teores de clorofila foram avaliados em extratos obtidos após a maceração de 0,1 g de matéria fresca de folhas, em almofariz com 5 mL de acetona a 80%; o extrato foi filtrado, e o volume completado para 10 mL, em sala escura mantida com luz verde. Leituras dos extratos foram realizadas nos comprimentos de onda de 663 e 645 nm para clorofila a e b, respectivamente. O teor de clorofila total foi calculado conforme metodologia de Arnon (1949). A extração dos carotenoides foi realizada conforme Duke & Kenyon (1986), e seus teores foram quantificados com os coeficientes de absorvidade molar de Sandmann & Börger (1983), tendo-se realizado a leitura espectrofotométrica a 445 nm.

Os açúcares solúveis foram extraídos da massa de matéria seca de folhas e raízes, pela homogeneização de 50 mg de tecido em 2 mL de água, seguido de banho-maria por 30 min a 40°C e centrifugação a 5.000 g por 10 min; o sobrenadante foi coletado. O processo foi repetido duas vezes e os sobrenadantes foram combinados. Para a extração do amido, o pélete foi novamente ressuspenso com 8 mL do tampão acetato de potássio a 200 mmol L⁻¹, pH 4,8 e colocado em banho-maria a 100°C por 5 min. Em seguida, foram adicionadas 16 unidades da enzima amiloglucosidase, e o material foi novamente incubado em banho-maria a 40°C por 2 horas. Após a centrifugação a 5.000 g por 20 min, o sobrenadante foi coletado, e o volume foi completado para 15 mL. Para a quantificação dos açúcares solúveis totais (AST) e do amido, foi utilizado o método da Antrona (Dische, 1962).

Os resultados foram avaliados por análise de variância (ANAVA), e as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade, pelo SISVAR (Ferreira, 2008).

Resultados e Discussão

A análise do desenvolvimento das mudas de cafeeiro, após quatro meses da implantação do experimento, considerando-se a altura, número de

folhas e área foliar, mostrou o comportamento distinto das mudas em razão da cor das telas de cobertura utilizadas (Tabela 1). As telas vermelha, azul e preta proporcionaram os maiores incrementos em altura. O número de folhas não diferiu entre os tratamentos, e a área foliar foi significativamente maior nas plantas sob tela vermelha, seguida da azul, preta e cinza que não diferiram entre si. A tela de coloração branca foi a que proporcionou o menor incremento da área foliar. Costa (2004) estudou o desenvolvimento de mudas de cafeeiro, produzidas em tubetes sob telas termorrefletoras e tela negra, e também verificou que o primeiro tipo de cultivo protegido foi superior em aumentar a altura das plantas.

A produção de massa de matéria seca também variou em razão da qualidade do sombreamento sobre o cultivo das mudas. Enquanto as plantas apresentaram maior massa de matéria seca de folhas, quando sombreadas com telas da cor vermelha e preta, as massas de matéria seca de caule e raízes não diferiram entre os tratamentos (Figura 1). A massa de matéria seca total apresentou aumento significativo somente com a tela vermelha, e foi favorecida pela maior massa de matéria seca das folhas nesse ambiente. A análise geral dos dados mostra que, das cinco telas utilizadas nesse experimento, a de cor vermelha foi a mais eficiente na promoção do crescimento e desenvolvimento das mudas de café. Entre os sete parâmetros analisados nas plantas, essa cor promoveu melhor crescimento em quatro: altura das plantas, área foliar e massa de matéria seca foliar e total. Nas demais características, o efeito dessa coloração de tela foi igual ao das demais e nunca inferior. Costa (2004) comparou as massas de matéria seca de parte aérea e raízes de mudas de cafeeiro, cultivadas sob telas termorrefletoras e pretas, e não observou diferença significativa entre os tratamentos.

Tabela 1. Altura, número de folhas e área foliar de mudas de cafeeiro, cultivadas sob diferentes colorações de telas⁽¹⁾.

Tela	Altura (cm)	Nº de folhas	Área foliar (cm ²)
Branca	9,27b	7,41a	214,27c
Cinza	9,42b	7,42a	284,38b
Preta	10,05a	7,42a	287,84b
Azul	10,53a	7,51a	303,42b
Vermelha	10,93a	7,55a	339,22a
CV (%)	8,21	6,43	12,72

⁽¹⁾Médias seguidas de letras iguais, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

A intensidade e a qualidade da radiação são fatores importantes para o crescimento e o desenvolvimento

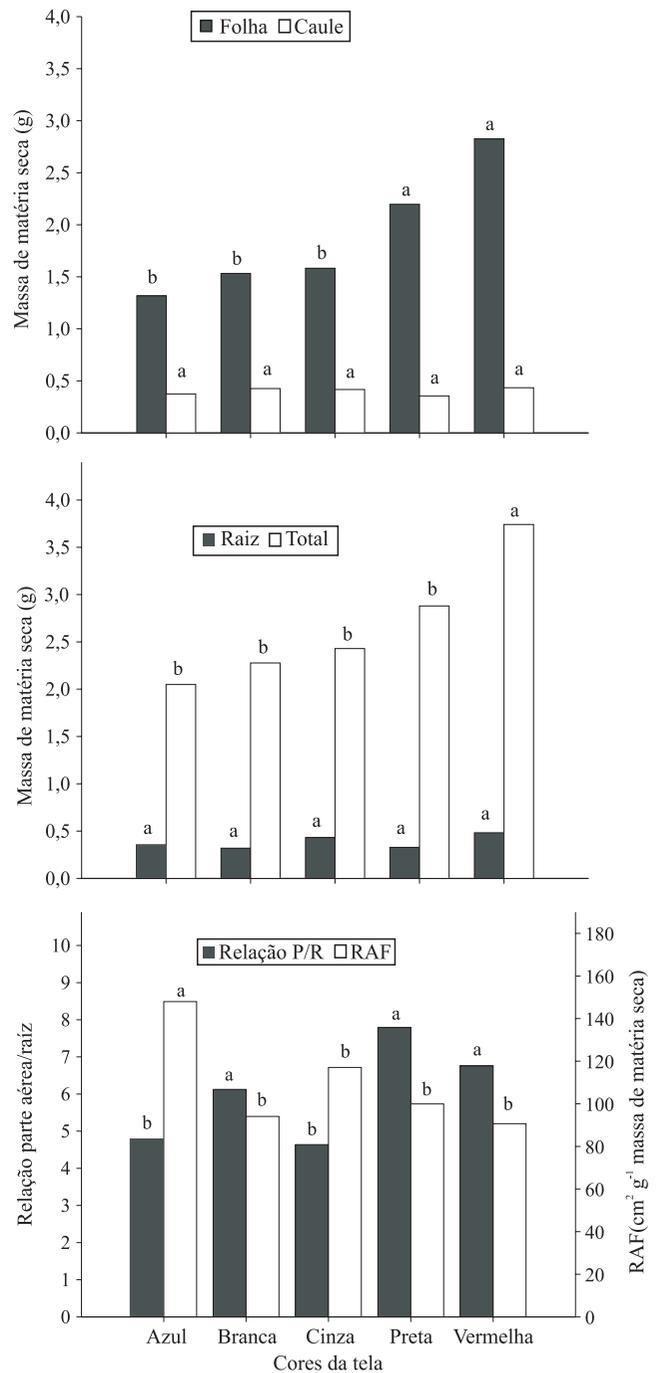


Figura 1. Massa de matéria seca de folha e caule; de raiz e total; e relação parte aérea/raiz (P/R) e razão de área foliar (RAF) de mudas de cafeeiro, cultivadas sob diferentes colorações de telas. Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. CV (%): folha, 16,50; caule, 11,24; raiz, 17,98; massa total, 14,87; P/R, 22,56; RAF, 8,99.

das plantas, impondo-lhes fortes variações morfoanômicas (Gomes et al., 2008). Assim, as telas coloridas, por sua capacidade de alterar o espectro de radiação transmitida, constituem um elemento novo no cultivo protegido. Para a cultura do café, não foram localizados estudos sobre a influência da coloração do telado do viveiro no desenvolvimento das plantas. No entanto, para diversas espécies, as pesquisas mostram que, sob tela de cor vermelha, as plantas apresentam maiores taxas de crescimento, em relação ao sombreamento com tela azul ou preta (Oren-Shamir et al., 2001).

Quando viveiristas optam pelo telado, aproximadamente 100% fazem uso de tela de sombreamento de fios de ráfia da cor preta, com cerca de 50% de sombreamento (Alves & Guimarães, 2010). A opção pela cor preta do telado se deu, até então, pela força do uso, por se considerar que, além de produzir o sombreamento, tem características que melhoram as condições microclimáticas do ambiente a elas submetidas, ou por serem largamente adotadas na produção de mudas de diversas culturas. No cafeeiro, as modificações do microclima interferem no comportamento alterando as trocas gasosas, a anatomia, a morfologia, o crescimento e o desenvolvimento reprodutivo, refletindo-se, conseqüentemente, em produtividade (Lunz, 2006). Para Costa (2004), quando se deseja modificar o microclima, tem-se como primeira opção o uso de sombreamento, como forma de alterar o metabolismo vegetal e, assim, o desenvolvimento das mudas.

No entanto, ainda não está bem esclarecida a razão das alterações que ocorrem na alocação de fitomassa entre os órgãos da planta, em resposta a alterações espectrais. A maioria dos relatos aponta o fitocromo, um pigmento proteico, que absorve luz mais fortemente na região do vermelho e vermelho-distante, e em menor intensidade, a luz azul (Mathews, 2010). Com o sombreamento, ocorre maior proporção de luz vermelho-distante, convertida em vermelho, o que induz as plantas a alocar maior parte de seus recursos para o crescimento em altura (Taiz & Zeiger, 2010).

O cafeeiro, por sua origem, é considerado uma cultura de sombra, embora cresça e produza abundantemente em ambientes ensolarados (Alves & Guimarães, 2010). Portanto, a constatação do maior crescimento sob tela de coloração vermelha pode ser tomada como indicação do envolvimento do fitocromo na percepção

da sombra em cafeeiro (Tabela 1). Assim, mudas de café se comportam tipicamente como "plantas de sol", ao direcionar a alocação de seus recursos em direção a um crescimento mais rápido da parte aérea. Plantas com parte aérea bem desenvolvida melhoram suas chances de absorver radiação fotossinteticamente ativa, de forma a manter um crescimento mais vigoroso. Cafeeiros adultos, em condições naturais de campo, parecem se valer dessa propriedade, pois passam a exibir um rápido crescimento em altura e evitam o autossombreamento, principalmente em plantios adensados. Alternativamente, o maior crescimento do caule sob tela de cor vermelha pode ser atribuído à menor transmitância da luz azul sob este tipo de cobertura. Esse efeito, que não é mediado pelo fitocromo ou pelos pigmentos fotossintéticos, provavelmente está envolvido com a ação de fotorreceptor para luz azul (Almeida & Mundstock, 2001).

Na análise da relação parte aérea/raiz, verifica-se maior alocação de massa de matéria seca na parte aérea, quando as mudas de café são cultivadas sob telas de cor vermelha, preta e branca (Figura 1). Sob tela branca, houve estiolamento, o que contribuiu para uma queda na qualidade das mudas. Walters et al. (1993) sugerem que o menor crescimento das raízes, quando as plantas são submetidas à menor luminosidade, pode ser uma resposta adaptativa, que proporciona maior ganho de carbono, como um aumento na razão de área foliar, ou que reflete uma estratégia na busca por luminosidade, como o aumento na altura. Almeida & Mundstock (2001) também verificaram melhoria da qualidade da luz, obtida pela adição de luz vermelha, o que proporcionou maior acúmulo de massa de matéria seca em todas as partes de plantas de trigo. No entanto, há também relatos na literatura que mostram que a utilização de telas no cultivo favorece o crescimento das plantas, independentemente da cor (Meirelles et al., 2007; Brant et al., 2009).

Em relação à razão de área foliar (RAF), verifica-se que as mudas sob a tela azul apresentaram incremento significativo em comparação às demais, as quais não se diferenciaram (Figura 1). Segundo Magalhães (1979), a RAF é a medida da dimensão do aparelho assimilador e serve como parâmetro apropriado para as avaliações de efeitos climáticos e do manejo de comunidades vegetais sobre a fotossíntese. Ela expressa um componente morfofisiológico que representa a relação entre a área foliar, responsável pela interceptação da

energia luminosa, CO₂ e a massa de matéria seca total, resultante da fotossíntese. Neste caso, observa-se que, sob tela branca, cinza, preta e vermelha, foram necessárias menores áreas de folhas para produzir um grama de massa de matéria seca. Como a última tela foi a que proporcionou maior massa de matéria seca total, conclui-se que folhas sob tela vermelha apresentam aparelho assimilador de CO₂ mais aperfeiçoado. Alternativamente, essas folhas poderiam se valer da maior disponibilidade de radiação vermelha, que é mais eficiente para o desempenho da etapa fotoquímica da fotossíntese, uma vez que possui maior transmitância em comprimentos de ondas acima de 590 nm (vermelho).

A tela vermelha destacou-se na produção de massa de matéria seca das folhas e total, relação parte aérea/raiz, altura das plantas e área foliar, entre todas as características avaliadas. De acordo com Taiz & Zeiger (2010), este conjunto de respostas é uma estratégia adaptativa, que pode proporcionar melhor absorção de luz e permitir maior eficiência fotossintética para maior ganho de carbono, em consequência da maior área foliar para absorção da energia luminosa. A tela preta foi a segunda mais eficiente quanto ao aumento de massa de matéria seca das folhas e altura.

A análise dos pigmentos mostrou que, à exceção da tela cinza, que proporcionou menor teor de clorofila a, para as demais colorações não foi observada diferença significativa quanto à clorofila b, clorofila total e carotenoides (Tabela 2). Amarante et al. (2007) verificaram que o sombreamento das plantas de macieira, sob telado preto, foi eficiente em aumentar o teor de clorofila foliar em comparação àquelas

plantas cultivadas a céu aberto. Essa adaptação foliar ao sombreamento, no entanto, ocasionou redução nos valores de fotossíntese máxima, em consequência de limitações impostas pelas reações de carboxilação. No presente trabalho, as folhas de todas as mudas, à exceção daquelas sob tela branca, apresentavam-se com aparência verde brilhante. Como a coloração da tela não influenciou os teores foliares de clorofilas e carotenoides, sugere-se que o sombreamento per si manteve as temperaturas no dossel das plantas de forma mais adequada à síntese de pigmentos do que à sua degradação.

Quanto à fotossíntese, apesar de não ter sido avaliada especificamente a taxa fotossintética, foi possível verificar, por meio do acúmulo de massa de matéria seca, que ela foi favorecida, principalmente sob telas de coloração vermelha e azul. Esta resposta tem suporte nas observações de Almeida & Mundstock (2001) e Matsuda et al. (2004), que relataram que a melhoria da qualidade da luz pela emissão de luz vermelha aumentou a produção de massa de matéria seca das plantas, em razão da melhoria de componentes da maquinaria fotossintética.

Os teores foliares e radiculares de carboidratos também foram influenciados pela qualidade da luz incidente (Figura 2). Nas folhas, a tela de coloração vermelha proporcionou maiores teores de AST e amido. A tela azul foi a segunda mais eficiente, e a branca foi a que proporcionou os menores valores. Em relação aos AST e ao amido radicular, de maneira geral, as telas vermelha e preta foram mais eficientes em aumentar os teores desses carboidratos em comparação às demais. Já está estabelecido que radiações na faixa do azul e vermelha são as mais efetivas em aumentar a fotossíntese. Portanto, os maiores teores de carboidratos, em folhas de mudas de café sob esses dois tipos de tela, indicam uma fotossíntese mais eficiente nessas condições. Todavia, não se pode descartar uma possível relação entre AST e amido (Wang et al., 2009). Nesse caso, os teores de hexoses permaneceram altos em razão da grande disponibilidade de amido na folha e raízes, de forma a atender o seu metabolismo e ainda permanecer estocado nas células em elevada concentração. Ainda que não fosse objeto de estudo nesta pesquisa, a literatura mostra que alterações na morfologia e anatomia foliar, em consequência da

Tabela 2. Teores de clorofilas a, b e total e carotenoides de mudas de cafeeiro, cultivadas sob diferentes colorações de telas⁽¹⁾.

Tela	Clorofila a	Clorofila b	Clorofila total	Carotenoides
	----- (µg mg ⁻¹ matéria fresca) -----			
Azul	12,30a	10,31a	22,61a	2,49a
Branca	11,33a	06,77a	18,10a	1,30a
Cinza	9,34b	8,24a	17,59a	2,21a
Preta	12,07a	10,32a	22,40a	2,02a
Vermelha	12,29a	12,61a	24,90a	2,14a
CV (%)	6,69	22,91	14,97	16,46

⁽¹⁾Médias seguidas de letras iguais, nas colunas, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

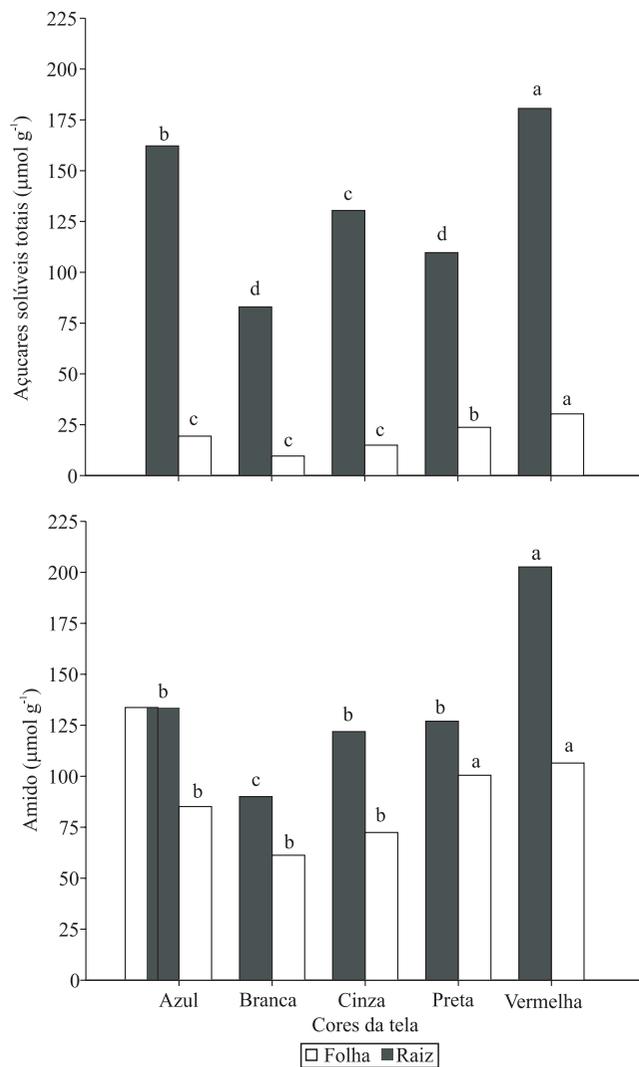


Figura 2. Teores de açúcares solúveis totais e amido, em massa de matéria seca de folhas e raízes de mudas de cafeeiro, cultivadas sob diferentes colorações de telas. Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. CV (%): açúcares solúveis totais de folha, 10,07; açúcares solúveis totais de raiz, 19,88; amido de folha, 3,46; amido de raiz, 9,72.

qualidade da radiação, influenciam potencialmente a fotossíntese (Martins et al., 2009). Em plantas de alface-cravo, a radiação espectral transmitida pela tela vermelha resultou em menor densidade estomática na face adaxial, enquanto na face abaxial as maiores densidades estomáticas foram verificadas nos tratamentos sob telas vermelha e preta (Martins et al., 2009). Segundo esses autores, o aumento da densidade estomática está geralmente relacionado à maior

condutância estomática, o que evita que a fotossíntese seja limitada sob condições adversas.

Conclusões

1. A coloração da tela de cobertura do viveiro afeta o crescimento e o desenvolvimento das mudas de cafeeiro.

2. Entre as cinco colorações de tela estudadas, a de cor vermelha é mais eficiente na produção de mudas de cafeeiro com maior vigor e qualidade, em que se destacam os teores de carboidratos e a fitomassa.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais, pelo apoio financeiro; e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, por concessão de bolsa.

Referências

- ALMEIDA, M.L. de; MUNDSTOCK, C.M.O. O afilamento da aveia afetado pela qualidade da luz em plantas sob competição. **Ciência Rural**, v.31, p.393-400, 2001.
- ALVES, J.D.; GUIMARÃES, R.J. Sintomas de desordens fisiológicas em cafeeiro. In: GUIMARÃES, R.J.; MENDES, A.N.G.; BALIZA, D.P. (Ed.). **Semiologia do cafeeiro: sintomas de desordens nutricionais, fitossanitárias e fisiológicas**. Lavras: UFLA, 2010. p.169-215.
- AMARANTE, C.V.T. do; STEFFENS, C.A.; MOTA, C.S.; SANTOS, H.P. dos. Radiação, fotossíntese, rendimento e qualidade de frutos em macieiras 'Royal Gala' cobertas com telas antigranizo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, p.925-931, 2007.
- ARNON, D.I. Cooper enzymes in isolated chloroplasts - Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. **Plant Physiology**, v.24, p.1-15, 1949.
- BARROS, R.S.; MAESTRI, M.; VIEIRA, M.; BRAGAFILHO, L.J. Determinação da área de folhas do café (*Coffea arabica* L. cv. Bourbon Amarelo). **Ceres**, v.20, p.44-52, 1973.
- BRAGA, F.T.; PASQUAL, M.; CASTRO, E.M. de; DIGNART, S.L.; BIAGIOTTI, G.; PORTO, J.M.P. Qualidade de luz no cultivo in vitro de *Dendranthema grandiflorum* cv. Rage: características morfofisiológicas. **Ciência e Agrotecnologia**, v.33, p.502-508, 2009.
- BRANT, R. da S.; PINTO, J.E.B.P.; ROSA, L.F.; ALBUQUERQUE, C.J.B.; FERRI, P.H.; CORRÊA, R.M. Crescimento, teor e composição do óleo essencial de melissa cultivada sob malhas fotoconversoras. **Ciência Rural**, v.39, p.1401-1407, 2009.
- COSTA, V.M. **Desenvolvimento de mudas de cafeeiro produzidas em tubetes, sob malhas termo-refletoras e malha negra**. 2004.

- 64p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.
- DISCHE, Z. General color reactions. In: WHISTLER, R.L.; WOLFRAM, M.L. (Ed.). **Carbohydrate chemistry**. New York: Academic, 1962. p.477-520.
- DUKE, S.O.; KENYON, W.H. Effects of dimethazone (FMC 57020) on chloroplast development. II. Pigment synthesis and photosynthetic function in cowpea (*Vigna unguiculata* L.) primary leaves. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v.25, p.11-18, 1986.
- ELAD, Y.; MESSIKA, Y.; BRAND, M.; DAVID, D.R.; SZTEJNBERG, A. Effect of colored shade nets on pepper powdery mildew (*Leveillula taurica*). **Phytoparasitica**, v.35, p.285-299, 2007.
- FERREIRA, D.F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, v.6, p.36-41, 2008.
- GOMES, I.A.C.; CASTRO, E.M. de; SOARES, A.M.; ALVES, J.D.; ALVARENGA, M.I.N.; ALVES, E.; ALVES, J.P.R.; BARBOSA, D.; FRIES, D.D. Alterações morfofisiológicas em folhas de *Coffea arabica* L. cv. Oeiras sob influência do sombreamento por *Acacia mangium* Willd. **Ciência Rural**, v.38, p.109-115, 2008.
- HOGEWONING, S.; MALJAARS, H.; HARBINSON, J. The acclimation of photosynthesis in cucumber leaves to different ratios of red and blue light. **Photosynthesis Research**, v.91 p.287-288, 2007.
- LUNZ, A.M.P. **Crescimento e produtividade do cafeeiro sombreado e a pleno sol**. 2006. 94p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.
- MACEDO, A.F.; LEAL-COSTA, M.V.; TAVARES, E. S.; LAGE, C.L.S.; ESQUIBEL, M. A. The effect of light quality on leaf production and development of in vitro-cultured plants of *Alternanthera brasiliana* Kuntze. **Environmental and Experimental Botany**, v.70, p.43-50, 2011.
- MAGALHÃES, A.C.N. Análise quantitativa do crescimento. In: FERRI, M.G. **Fisiologia vegetal**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 1979. v.1, p.331-350.
- MARTINS, J.R.; ALVARENGA, A.A.; CASTRO, E.M. de; SILVA, A.P.; OLIVEIRA, C.; ALVES, E. Anatomia foliar de plantas de alfavaca-cravo cultivadas sob malhas coloridas. **Ciência Rural**, v.39, p.82-87, 2009.
- MATHEWS, S. Evolutionary studies illuminate the structural-functional model of plant phytochromes. **The Plant Cell**, v.22, p.4-16, 2010.
- MATSUDA, R.; OHASHI-KANEKO, K.; FUJIWARA, K.; GOTO, E.; KURATA, K. Photosynthetic characteristics of rice leaves grown under red light with or without supplemental blue light. **Plant and Cell Physiology**, v.45, p.1870-1874, 2004.
- MEIRELLES, A.J.A.; PAIVA, P.D.O.; OLIVEIRA, M.I.; TAVARES, T.S. Influência de diferentes sombreamentos e nutrição foliar no desenvolvimento de mudas de palmeira-ráfia (*Rhapis excelsa*) (Thunberg) Henry ex. Rehder. **Ciência e Agrotecnologia**, v.31, p.1884-1887, 2007.
- OREN-SHAMIR, M.; GUSSAKOVSKY, E.G.; SHPIEGEL, E.; NISSIM-LEVI, A.; RATNER, K.; OVADIA, R.; GILLER, Y.E.; SHAHAK, Y. Colored shade nets can improve the yield and quality of green decorative branches of *Pittosporum variegatum*. **Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, v.76, p.353-361, 2001.
- PAIVA, L.C.; GUIMARÃES, R.J.; SOUZA, C.A.S. Influência de diferentes níveis de sombreamento sobre o crescimento de mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, v.27, p.134-140, 2003.
- PEREIRA, S.P.; GUIMARÃES, R.J.; BARTHOLO, G.F.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVES, J.D. Crescimento vegetativo e produção de cafeeiros (*Coffea arabica* L.) recepados em duas épocas, conduzidos em espaçamentos crescentes. **Ciência e Agrotecnologia**, v.31, p.643-649, 2007.
- RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V., V.H. (Ed.). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª Aproximação**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. 359p.
- SANDMANN, G.; BÖGER, P. Comparison of the bleaching activity of norflurazon and oxyfluorfen. **Weed Science**, v.31, p.338-341, 1983.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4.ed. Porto Alegre: Artmed, 2010. 819p.
- WALTERS, M.B.; KRUGER, E.L.; REICH, P.B. Growth, biomass distribution and CO₂ exchange of northern hardwood seedlings in high and low light: relationship with successional status and shade tolerance. **Oecologia**, v.94, p.7-16, 1993.
- WANG, H.; GU, M.; CUI, J.; SHI, K.; ZHOU, Y.; YU, J. Effects of light quality on CO₂ assimilation, chlorophyll-fluorescence quenching, expression of Calvin cycle genes and carbohydrate accumulation in *Cucumis sativus*. **Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology**, v.96, p.30-37, 2009.

Recebido em 4 de outubro de 2010 e aprovado em 31 de março de 2011