ASPECTOS FISIOLÓGICOS DE MUDAS DE CAFEEIRO (*Coffea arabica* L.) FORMADAS A PLENO SOL

PAIVA, L.C.[1]; GUIMARÃES, R.J[2]; SOUZA, C.S.[3]

[1]UFLA, Lavras-MG, <leandrocpaiva@zipmail.com.br>; [2] UFLA; Campus Universitário, Caixa Postal 37, CEP-37200-000, Lavras-MG, <rubensjg@ufla.br>; [3] UFLA; Campus Universitário, Caixa Postal 37, CEP-37200-000, Lavras-MG, Tel: 35-3829-1581; <carlosspanggiari@bol.com.br>.

RESUMO: O presente experimento teve como objetivo elucidar alguns dos processos fisiológicos que acontecem na formação de mudas de cafeeiro a pleno sol, por se tratar de uma técnica já utilizada por alguns produtores e viveiristas sem ainda haver uma pesquisa cientifica mais aprofundada. O experimento foi conduzido no Centro de Treinamento e Pesquisa do Agronegócio Café, no setor de cafeicultura da UFLA. Mudas de cafeeiro foram formadas em quatro diferentes tipos de luminosidade, mudas a pleno sol e em sombrites de 30, 50 e 90% de sombreamento, onde os tratamentos foram dispostos em um delineamento em blocos casualizados, sendo 4 o número de blocos por tratamento e 5 plantas úteis. Esse experimento foi conduzido até o terceiro/quarto par de folhas. As análises constituíram-se de: determinações de clorofilas “a” , “b” e total e análises fisiológicas (através do aparelho IRGA-LCA4) de radiação fotossinteticamente ativa, transpiração, temperatura foliar, condutância estomática, fotossíntese líquida e concentração de CO_2. Através dos resultados dos experimentos, concluiu-se que existe maior produção de clorofila “b” à medida que se aumenta o sombreamento. As maiores taxas de fotossíntese líquida foram obtidas a 50% de sombreamento, devido ao fato de essa condição proporcionar taxas maiores de transpiração e condutância estomática, seguidos dos demais tratamentos que não diferiram entre si.

Palavras chave: café, fisiologia, pleno sol, mudas.

PHYSIOLOGIC FEATURES OF COFFEE SEEDLINGS (*Coffea arabica* L.) GROWN UNDER FULL SUNLIGHT

ABSTRACT: The present experiment was intended to elucidate some physiological processes which take place in the formation of coffee seedlings under full sunlight. This technique is already in use by some farmers and nurserymen without deeper scientific research basis. The present experiment was conducted in the Centro de Treinamento e Pesquisa do Agronegócio Café, in the coffee culture sector of UFLA,

southestern Brazil. Coffee seedlings were grown under four different intensities of luminosity, seedlings under full sunshine and under plastic screens with 30%, 50% and 90% of shading. The treatments were arranged in a randomized block design , with four replications and 5 useful plants per experimental unit. The experiment was conducted up to the third/fourth pair of leaf. The analyses consisted of: determination of chlorophyll a and b and total, and physiological analyses (through the IRGA-LCA4 apparatus) of photosyntetically active radiation, transpiration, leaf temperature, stomata conductance, net photosynthesis and concentration of CO_2. From the results of the experiments, it follows that there is a greater production of chlorophyll b as shading is increased. The highest rates of net photosynthesis were obtained at 50% of shading due to the fact that there were greater rates of transpiration and stomata conductance, followed by the other treatments which did not differ from each other.

Key words: coffee, physiology, full sunshine, seedlings.

INTRODUÇÃO

Apesar da tradição de formação de mudas a 50% de sombreamento, alguns produtores vêm experimentando formar estas mudas a pleno sol, visando principalmente economizar em estrutura para o viveiro, diminuindo o custo da muda. Há, porém, certa dificuldade na manutenção da umidade, sendo a irrigação, por sua vez, mais necessária e usada nesse tipo de formação de mudas. Isso restringe seu uso em propriedades onde a água é mais difícil, mas, por outro lado, essa técnica traz economia na construção do viveiro e torna sua construção mais fácil de se implantar, viabilizando o processo àqueles produtores que não formam muda todos os anos, como os viveiristas profissionais.

Devido ao fato de os experimentos nesta área, de formação de mudas a pleno sol, serem escassos e sem uma conclusão voltada à formação de mudas de cafeeiro é que se pensou em iniciar este trabalho e estudar a real viabilidade dessa técnica.

O objetivo do presente trabalho foi avaliar as mudanças fisiológicas de mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) a pleno sol e sob diferentes tipos de sombreamento.

A produção de mudas de cafeeiro a pleno sol já é uma técnica utilizada por viveiristas e produtores. Seus resultados e utilizações são feitos na maioria das vezes por observações, havendo a necessidade de trabalhos científicos que possam mostrar a real possibilidade de utilização do método. Matiello et al., (1997) observou, em dois viveiros de um milhão de mudas produzidas a pleno sol, na região de Manhuaçu e Lajinha, na Zona da Mata mineira, que mudas formadas a pleno sol tiveram seus

valores de comprimento de sistema radicular, peso da parte aérea e peso do sistema radicular, praticamente iguais e altura com tendência a ser superior para mudas a pleno sol, sendo a relação sistema radicular / parte aérea maior em mudas a pleno sol. Com esses resultados observados, criou-se grande expectativa para a produção de mudas a pleno sol.

De maneira geral, considera-se que as razões entre clorofilas “a” e “b” tendem a cair com a diminuição da intensidade da irradiação (Boardman, 1977; Kramer & Koslowski, 1979). Vários autores têm relatado diminuições dessa razão em folhas submetidas a baixas intensidades de irradiância (Tinoco & Vasques-Yanes, 1985; Engel, 1989), enquanto outros não encontraram diferenças (Inoue, 1983; Nygren & Kellomaki, 1983/1984).

O cafeeiro é uma espécie originalmente de ambiente sombreado e atende bem a essas condições. Segundo Kumor & Tieszen (1980) e Fahl et al. (1994) o ponto de saturação de irradiância para essa espécie está entre 300 e 600 $\mu mol\ m^{-2}\ s^{-1}$.

Uma adaptação da planta quanto ao excesso de luz é através da taxa de respiração. O aumento do fluxo de fótons acima do de compensação de luz resulta em aumento proporcional na taxa fotossintética. A fotossíntese é limitada pela luz; fornecendo-se mais luz, aumenta-se a fotossíntese até chegar ao ponto de saturação, a partir do qual maiores aumentos de fótons não alteram a fotossíntese.

Carvalho (1975) foi um dos primeiros autores a pesquisar a atividade da enzima redutase do nitrato em plantas de café. Ele observou que mudas formadas a pleno sol apresentavam deficiência de nitrogênio e sugeriu então a existência de um associação direta entre a utilização de nitrogênio e a formação de mudas. O autor utilizou em seu experimento duas fontes de adubo nitrogenado, uma amoniacal e outra nítrica, em duas condições de luminosidade, à meia sombra e a pleno sol. Os resultados mostraram que a meia sombra diferiu significativamente do pleno sol e os tratamentos de nitrogênio não diferiram entre si , mas a interação nível de luz e adubação foi significativa. As plantas à meia sombra desenvolveram-se mais em altura, área foliar, número de folhas e peso seco total do que a pleno sol. O autor termina concluindo que a redução do nitrato está envolvida no desenvolvimento deficiente das mudas a pleno sol, que não aproveitaram eficientemente a disponibilidade de nitrogênio nas condições estudadas.

Ainda com relação à atividade da enzima redutase do nitrato, Cordeiro et al. (1984) encerram sua pesquisa afirmando que o cacaueiro e o cafeeiro jovens são as únicas plantas estudadas que apresentam atividade de redutase do nitrato foliar maior no escuro do que na luz. Posteriormente outros autores chegaram à mesma conclusão (Fahl et al., 1994; Carelli, 1990).

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no período de setembro de 1999 a abril de 2001, no viveiro de mudas do setor de cafeicultura, do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras (UFLA), no município de Lavras, localizado na região sul do Estado de Minas Gerais.

O viveiro onde foi instalado o experimento é do tipo cobertura alta e foi dividido em partes; em cada uma foi colocado um tipo de cobertura, da seguinte maneira: área sem sombrite (pleno sol), sombrite de 30%, sombrite de 50%, sombrite de 90%. Os canteiros formados foram dispostos no centro de cada área respectiva, de modo que não fossem influenciados por outros tipos de sombreamento em nenhuma hora do dia.

As mudas foram formadas de maneira padrão, em saquinhos de polietileno 11 x 22 cm e substrato-padrão para mudas de café, constituído de 700 l de terra de subsolo peneirada, 300 l de esterco de curral curtido e peneirado, 5 kg de superfosfato simples e 0,5 kg de cloreto de potássio.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, sendo 4 o número de blocos por tratamento. Foram usadas 4 plantas úteis para as análises com o aparelho IRGA. Durante a condução do experimento, com mudas, as regas foram feitas diariamente de forma manual, sempre visando manter a capacidade de campo do substrato para todos os tratamentos.

As avaliações de radiação fotossintetivamente ativa, temperatura foliar, condutância estomática, fotossíntese líquida, transpiração e concentração interna de carbono foram feitas em 4 repetições por tratamento, através do aparelho IRGA-LCA4. Essas avaliações foram feitas obedecendo à mesma orientação cardeal, no período de 10 horas da manhã a 12 horas.

A estimativa da clorofila seguiu o método de Armon (1949). Foram coletadas 10 folhas de cada tratamento; destas, foram retiradas 4 repetições de 0,250 g, que foram maceradas em almofariz juntamente com 10 ml de acetona 80% em ambiente de luz negra, devido à grande oxidação que sofre a folha do cafeeiro. Esse volume foi filtrado em lã de vidro e completado para 50 ml, para leitura em absorbância a 663 nm para clorofila “a” e 645 nm para clorofila “b”. Os cálculos de mg de clorofila / g de matéria fresca seguiram as equações 1 e 2:

(1) - Clorofila “a” = $(12{,}7 \times A_{663} - 2{,}69 \times A_{645})$ - **(2)**- Clorofila “b” = $(22{,}9 \times A_{645} - 4{,}68 \times A_{663})$

Tabela 1 - Variáveis medidas no experimento de desenvolvimento de plantas jovens de café, sua descrição, codificação e unidades referentes

Natureza	Medidas	Código	Unidades
	Clorofila “b”	[CLFB]	$mg.ml^{-1}$
	Clorofila “a”	[CLFA]	$mg.ml^{-1}$
Clorofila	Clorofila Total	[CLFT]	$mg.ml^{-1}$
	Clorofila “a” (%)	[%CLFA]	%
	Clorofila “b” (%)	[%CLFB]	%
	Clorofila “b” / A	[CLFB/A]	$mg.ml^{-1}$
	Radiação fotossinteticamente ativa	[RFA]	$\mu molquanta.m^{-2}.s^{-1}$
	Transpiração	[TRANS]	$mmol.m^{-2}.s^{-1}$
Fisiológicas	Temperatura	[TEMP]	°C
	Condutância estomática	[CNDEST]	$molCO_2.m^{-2}.s^{-1}$
	Fotossintese liquida	[FOTLQ]	$\mu mol.m^{-2}.s^{-1}$
	Concentração de CO_2	[CCO2]	vpm

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Todas as medidas de clorofila avaliadas foram altamente influenciadas pelo nível de sombreamento.

Uma maior concentração de clorofila total, b/a, “a” e “b” foi encontrada em todos os níveis de sombreamento acima de 0%.

Tabela 2 - Valores médios de clorofila total [CLFT], “a” [CLFA] e “b” [CLFB] e proporção das clorofilas “a” [%CLFA] e “b” [%CLFB] em função dos tratamentos de irradiação solar, ordenados segundo o teste de Tukey (α=0,05)

Sombreamento	**[CLFB]**		**[CLFA]**		**[CLFB/A]**		**[CLFT]**		**[%CLFA]**		**[%CLFB]**	
0%	0,014	b	0,028	b	0,49	b	0,043	b	0,658	a	0,327	b
30%	0,030	a	0,032	a	0,93	a	0,061	a	0,532	b	0,496	a
50%	0,030	a	0,032	a	0,95	a	0,063	a	0,500	b	0,476	a
90%	0,031	a	0,031	a	1,00	a	0,063	a	0,498	b	0,495	a
Media Geral	0,026		0,031		0,74		0,058		0,547		0,448	
CV %	24,25		9,51		9,21		15,64		8,63		7,56	

Valores precedidos de mesma letra não diferem no nível de 5%, segundo o teste de Tukey.

A resposta foi concordante também no caso das proporções de clorofilas, à exceção da clorofila “a”, que apresentou maiores valores na ausência de sombreamento e redução com o aumento do nível de sombreamento (Figura 1a, b).

Através dos resultados relativos à quantificação das clorofilas (Figura 1a, b) podemos observar que o sombreamento, de forma geral, aumentou os teores de clorofila “a”, “b” e total, e isso tem grande importância no acúmulo de matéria seca da planta, visto que são os pigmentos de clorofila os responsáveis diretos pela absorção da luz para o processo de fotossíntese (Boardman, 1977).

Com relação à proporção de clorofila “a” e “b” relacionada com a total, demonstrada pelas variáveis [%CLFA] e [%CLFB] observamos uma tendência de que nas plantas sombreadas existe maior concentração de clorofila “b”, pois tais pigmentos absorvem um espectro de luz mais abundante nesta situação (Devlin & Witham, 1983).

Para as variáveis analisadas através do aparelho IRGA, somente a variável concentração de CO_2 na câmara subestomática da folha não foi significativa, ou seja, independentemente da temperatura, que influencia a quantidade de CO_2, ou sombreamento, o CO_2 chega até os estômatos da folha; já as demais variáveis tiveram diferença significativa entre os tratamentos.

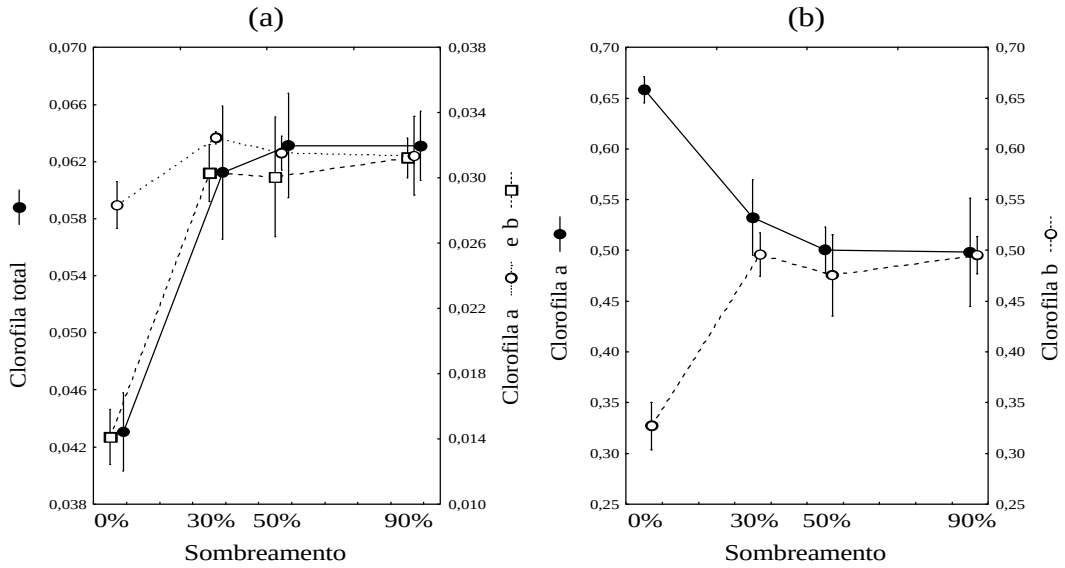

Figura 1 - Valores médios e intervalo de confiança de 95% de (a) clorofila total, “a” e “b” e (b) proporção das clorofilas “a” e “b” em função dos níveis de sombreamento.

A radiação fotossinteticamente ativa analisada foi diferente estatisticamente a 5% de probabilidade em todos os tratamentos, sendo esta maior a pleno sol e menor à medida que aumentou o sombreamento (Tabela 3).

A temperatura foliar teve seus valores máximos observados a pleno sol e 30% de sombreamento, não diferindo entre eles, mas com 30% de sombra apresentando tendência a ter uma temperatura maior do que a pleno sol nas condições em que foram tomados os dados. Os demais tratamentos não diferiram entre si com relação a esse parâmetro (Tabela 3, Figura 3a).

A transpiração das plantas, a condutância estomática e a fotossíntese liquida apresentaram o mesmo comportamento (Tabela 3, figura 3a, b) - 50% como valor máximo apresentado -, sendo este diferente estatisticamente dos demais, que por sua vez não diferiram entre si. Isso se explica devido ao fato de que uma condição mais favorável à transpiração e um número de estômatos razoável (como é o caso do tratamento de 50% de sombreamento) leva a uma maior condutância estomática, que permite, então, condições totalmente favoráveis a uma atividade fotossintética maior. Essa resposta nos leva novamente ao tratamento de 50% de sombreamento, no qual todas essas condições favoráveis possibilitaram às plantas nessa condição apresentarem ganho significativo em todas as variáveis de crescimento apresentadas anteriormente.

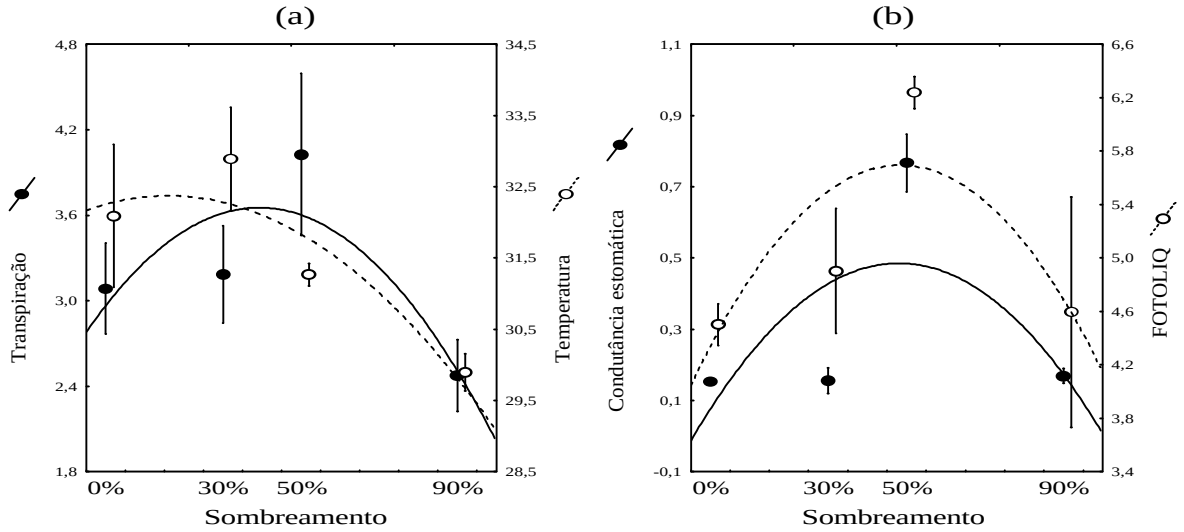

Figura 3 - Valores médios e intervalo de confiança de 95% de (a) taxa de transpiração e temperatura da folha e (b) condutância estomática e FOTOLIQ em função dos níveis de sombreamento e os respectivos ajustes obtidos.

Tabela 3 - Valores médios de radiação fotossinteticamente ativa [RFA], transpiração [TRANS], temperatura [TEMP], condutância estomática [CNDEST], FOTOLIQ [FOTLQ] e Concentração de CO2 na câmara subestomática [CCO2] em função dos níveis de sombreamento, ordenados segundo o teste de Tukey (α=0,05)

Sombrea-mento	**[RFA]**		**[TRANS]**		**[TEMP]**		**[CNDEST]**		**[FOTLQ]**		**[CCO2]**	
0%	1689,13	a	3,09	b	32,09	ab	0,154	b	4,50	b	265,34	a
30%	1085,88	b	3,19	b	32,89	a	0,156	b	4,90	b	272,06	a
50%	802,13	c	4,03	a	31,27	bc	0,766	a	6,24	a	291,10	a
90%	321,50	d	2,48	b	29,90	bc	0,169	b	4,60	b	276,92	a
Média geral	974,66		3,19		31,54		0,356		5,06		276,36	
CV%	35,06		21,59		22,56		15,36		30,65		24,56	

Valores precedidos de mesma letra não diferem no nível de 5%, segundo o teste de Tukey.

CONCLUSÃO

Por meio dos resultados dos experimentos, concluiu-se que existe maior produção de clorofila “b” à medida que se aumenta o sombreamento. As maiores taxas de fotossíntese líquida foram obtidas a 50% de sombreamento, devido ao fato de essa condição proporcionar taxas maiores de transpiração e

condutância estomática, seguidos dos demais tratamentos, que não diferiram entre si. As maiores taxas de radiação fotossinteticamente ativa foram observadas a pleno sol; já quanto aos sombrites, essas taxas tiveram valores bem aproximados dos valores de porosidade indicados pelo fabricante..

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BOARDMAN, N.K. Comparative phothosynthesis of sun and shade plants. **Annual Review of Plant Physiology,** Califórnia, v.28, p.355-377, 1977.

CARELLI, M.L.C.; FAHL J.I.; MAGALHÃES A.C. Redução de nitrato em plantas jovens de café cultivadas em diferentes níveis de luz e de nitrogênio. **Bragantia,** Instituto Agronômico de Campinas, Campinas-SP, v.49, n.1, p.1-9, 1990.

CARVALHO F. Estudo da atividade da redutase do nitrato em mudas de café (*Coffea arabica* L.) cultivadas a meia sombra e a pleno sol sob as formas nítricas a amoniacal de adubação nitrogenada. Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, 3, **Resumos...** Curitiba, PR, Nov., 1975, p. 208-210.

CORDEIRO A.T.; RENA A.B.; ALVES J.D.; PEREIRA A.A. Atividade da redutase do nitrato em plantas jovens e adultas de café (*Coffea arabica* L.) na luz e na obscuridade. Congresso de Pesquisas Cafeeiras,11, **Anais...** Londrina , Pr, Out., 1984, p.77-79.

DEVLIN R.M.; WITHAM, F.H. **Plant Physiology,** Belmont Califórnia, ed. 4, 1983, il, p.222-243.

ENGEL, V.L. **Influência do sombreamento sobre o crescimento de mudas de essências nativas, concentração de clorofila nas folhas e aspectos de anatomia.** Piracicaba: ESALQ, 1989. 202p. (Tese - Mestrado em Ciências Florestais).

FAHL J.I.; CARELLI M. L.C.; VEGA J.; MAGALHÃES A.C. Nitrogen and iradiance levels affecting phothossinthesis and growth of young coffee plants (*Coffea arabica* L.), **Jornal of Horticulture Science,** Ashford, v.69, n.1, p.161-169, Ja, 1994.

INOUE, M.T. Bases fisiológicas para a silvicultura de espécies nativas. **FUPEF,** Curitiba, 1983, p.1-18.

KRAMER, P.J.; KOZLOWSKI, T. **Physiology of wood plants.** New York: Academic Press, 1979. 811p.

KUMAR D.; TIESZEN L.L. Phothosyntesis in C*offea arabica* L.; Effects of light and temperature, **Experimental Agriculture,** Cambridge, v.16, n.1, p.13-19, Jan, 1980.

MATIELLO, J.B.; BARROS, U.V.; BARBOSA, C.M.; ARAÚJO, P.; VIDIGAL, J.E. Viveiro de mudas a pleno Sol na Zona da Mata de Minas Gerais. **Anais...** Congresso de Pesquisas Cafeeiras, 23, 1997, Curitiba. Manhuaçu: 28-31 de Outubro. pag. 47.

NYGREN, M.; KELL OMAKI, S. Effect of shading on leaf structure and photosynthesis in young birches, *Betula pendula*. Roth and *B. pubescens* Ehrh. **Forest ecology and Management.** Amsterdam, v.7, p.119-132, 1983/1984.

TINOCO, C.D.; VASQUEZ-YANES. Diferencias en poblaciones de Piper hispidum bajos condiciones de luz contrastante en uma selva alta perenifolia.In: GOMEZ-POMPA, A.; AMO, S.R. del. (eds.). **Investigaciones sobre la regeneracion de selva alta en Vera Cruz, México.** México: Editorial Alhambra Mexicana, 1985. Tomo II, p.267-281.