

Sombreamento de cafeeiros durante o desenvolvimento das gemas florais e seus efeitos sobre a frutificação e produção

Shading of coffee plants during floral buds development and its effects on fructification and production

Heverly Morais* Paulo Henrique Caramori¹ Mirian Sei Koguishii¹¹ José Carlos Gomes¹
Ana Maria de Arruda Ribeiro¹¹

RESUMO

O objetivo neste trabalho foi avaliar a influência do sombreamento, durante o período de desenvolvimento de gemas florais, sobre o desenvolvimento dos frutos, produção e tamanho dos grãos de *Coffea arabica* L. O experimento foi conduzido com cafeeiros adultos no Município de Londrina, os quais foram sombreados nos meses de abril, maio, junho, julho e agosto de 2004, com malhas de sombrite com 50% de sombreamento. As coberturas foram retiradas, simultaneamente, no início de outubro do mesmo ano. A interceptação de 50% da radiação incidente sobre o dossel dos cafeeiros em diferentes épocas do desenvolvimento de gemas florais não alterou o crescimento e o desenvolvimento dos frutos. As altas temperaturas e a deficiência hídrica anteciparam a maturação dos frutos, porém sem diferenças significativas nos estádios de maturação entre os tratamentos. O sombreamento, em diferentes épocas, também não afetou a produção e o tamanho dos grãos.

Palavras-chave: *Coffea arabica*, sombreamento artificial, sombrite, produtividade, maturação.

ABSTRACT

The objective of this paper was to evaluate the influence of shading during the period of floral buds development on the growth and maturation of coffee fruits, production and grain size of *Coffea arabica* L. The experiment was carried out in Londrina, PR, Brazil. Plots of adult coffee plants were shaded monthly in April, May, June, July and August of 2004 using shading screens with 50% of porosity. The coverings were removed simultaneously at the beginning of October of the same year. The interception of 50% of incident radiation over the coffee canopy in different periods of floral

buds development did not alter fruit growth and development. Fruit maturation was anticipated due to high temperatures and water deficit, however without significant differences on maturation periods among treatments. Grain yield and size were not affected by shading in the different periods.

Key words: *Coffea arabica*, artificial shading, shading screens, productivity, maturation.

INTRODUÇÃO

O sombreamento de cafezais é uma técnica tradicionalmente utilizada em países da América Latina, como Colômbia, Costa Rica, Equador e Guatemala. Nesses países, o cultivo a pleno sol geralmente não é recomendado, pois apresenta maior risco econômico e menor sustentabilidade, com exceção dos locais que possuem condições ótimas para a produção e qualidade do café, como cultivos em altitudes acima de 1200m com boa disponibilidade hídrica e nutricional (VAAST et al., 2005). No Brasil, apesar de predominar o cultivo a pleno sol, a técnica de sombreamento de cafezais tem se expandido em virtude da necessidade de se produzir com menor uso de insumos, como no sistema orgânico. Outra razão é a possibilidade de renda adicional para o agricultor e manutenção do sistema equilibrado, com preservação da biodiversidade, solo, qualidade dos recursos hídricos e seqüestro de carbono. Para o cafeeiro, o sombreamento protege contra temperaturas

¹Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR), Rod. Celso Garcia Cid, km 375, CP 481, 86001-970, Londrina, PR, Brasil. E-mail: heverly@iapar.br. *Autor para correspondência.

¹¹Departamento de Agronomia, Centro de Ciências Agrárias (CCA), Universidade Estadual de Londrina (UEL), Londrina, PR, Brasil.

extremas, reduz a bienalidade de produção, a incidência de seca dos ponteiros e melhora a qualidade do café (RENA & MAESTRI, 1985; VAAST et al., 2005). Nas regiões brasileiras produtoras de café que estão sujeitas às geadas, o sombreamento tem a vantagem adicional de proteção contra baixas temperaturas, evitando perdas na produção e prejuízos para os cafeicultores.

Todavia, o sombreamento modifica o microclima no qual o cafeeiro se encontra e, dependendo da intensidade e duração, ocasiona mudanças fisiológicas, anatômicas e reprodutivas nas plantas, podendo afetar negativamente a produção (MORAIS, 2003). A produtividade de uma cultura, além de sua expressão genética e outras condições como *status* nutricional, suprimento hídrico, sanidade, controle de ervas daninhas e características do solo, também é resultado da eficiência do aproveitamento da radiação fotossintética. A esse respeito FERERES (1995) relata que a produção das culturas depende de três processos: interceptação da radiação solar incidente em um nível adequado pelos órgãos fotossintéticos da planta; conversão da energia nas ligações químicas dos produtos fotossintetizados e, por último, translocação destes nos distintos órgãos da planta. A eficiência fotossintética será maior na medida em que as condições ambientais (solo e clima) forem adequadas. Segundo MUSCHLER (1997), o sucesso do sombreamento depende, principalmente, das condições edáficas e da altitude. Em condições ambientais adequadas e com a utilização intensiva de insumos, plantios a pleno sol, usualmente, sobrepõem-se aos arborizados em termos de produção (BEER et al., 1998). Em contrapartida, o sombreamento pode alterar o ciclo reprodutivo do cafeeiro e beneficiá-lo em termos de redução da bienalidade da produção, aumento da longevidade da planta e qualidade dos frutos. Vários estudos têm demonstrado que a altitude e o sombreamento incrementam a qualidade do café, à medida que as condições climáticas amenas prolongam a maturação dos frutos, produzindo grãos maiores e superiores acúmulos de açúcares e sólidos solúveis (VAAST, et al., 2005; LUNZ, 2006).

É importante destacar que, além do espaçamento entre árvores, outros aspectos referentes ao manejo da sombra, como época e duração, também devem ser considerados e avaliados, a fim de se conhecerem os limites do sombreamento, seleção de espécies arbustivas e/ou

arbóreas e épocas de podas, de tal forma que favoreça a produção e ao mesmo tempo proporcione aos cafeeiros os outros benefícios do sombreamento, anteriormente citados.

O objetivo neste trabalho foi avaliar a influência do sombreamento artificial, durante o período de desenvolvimento de gemas reprodutivas (outono/inverno), sobre o desenvolvimento e maturação dos frutos, produção e tamanho dos grãos de *Coffea arabica*.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido no campo experimental do IAPAR, em Londrina, PR, cujas coordenadas geográficas são: altitude 610m, latitude 23° 23' S e longitude 50° 11' W. O clima da região é do tipo Cfa, caracterizado como subtropical úmido com verão quente, segundo a classificação de Köppen. A temperatura média anual é de 21°C, sendo a média do mês mais quente (janeiro) de 24°C e a média do mês mais frio (junho) 17°C. A precipitação média anual é de 1.500mm, sendo dezembro, janeiro e fevereiro os meses mais chuvosos e junho, julho e agosto os mais secos (CAVIGLIONE et al., 2000).

Foram avaliados cafeeiros da espécie *Coffea arabica* da cultivar 'IAPAR 59', plantados em junho de 1993, em um espaçamento de 2,5m entre linhas e 1,5m entre plantas, com duas plantas por cova. Em outubro de 2000 foram recepadados em decorrência de geada. Os tratamentos constituíram de cobertura das plantas no início de abril (T1), maio (T2), junho (T3), julho (T4) e agosto (T5) de 2004, utilizando malhas do tipo "sombrite" com 50% de sombreamento e dimensão de 12m de comprimento, 7,5m de largura e 2,5m de altura, mantendo-se um tratamento sem cobertura. As coberturas foram retiradas, simultaneamente, no início de outubro do mesmo ano. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com quatro repetições. Em cada parcela, foram cobertas três linhas de cafeeiros com oito covas cada. Foram marcados e avaliados em dois ramos, oito nós florais produtivos: quatro voltados para a direção norte e outros quatro para a direção sul, localizados no terço superior de quatro plantas da linha central. As avaliações foram feitas por meio de observações visuais externas do tamanho, quantidade e coloração dos frutos nas seguintes datas: 20/10/2004, 08/11/2004, 24/11/2004, 05/

12/2004, 26/01/2005, 15/03/2005, 29/03/2005, 12/04/2005, 26/04/2005, 10/05/2005 e 20/05/2005.

O crescimento dos frutos foi classificado como: F₁ - frutos de até 3mm de comprimento; F₂ - 3,1 a 4mm; F₃ - 4,1 a 5mm; F₄ - 5,1 a 10mm; F₅ - 10 a 15mm; F₆ - maior que 15mm. Na fase de maturação fisiológica os frutos foram avaliados de acordo com a coloração: verde - frutos verdes; verde cana - frutos amarelados; cereja - frutos vermelhos ou iniciando a coloração vermelha; passa - frutos vermelho-escuro; e seco - frutos desidratados com coloração externa escura. Para avaliação da produção foram colhidas doze plantas/parcela, as quais foram pesadas imediatamente após a colheita para se obterem os pesos de café da "roça". Para determinação do peso de café em coco, foram retirados dois quilos de cada parcela e secados em uma estufa.

Após o beneficiamento foram retiradas amostras de duzentos gramas de grãos de cada parcela, que passaram por uma máquina elétrica vibratória contendo peneiras de malhas de diferentes diâmetros (18, 17, 16, 15, 14, 13mm), grãos moca e "fundo". Os grãos tipo moca são de formato ovóide com ranhura

central no sentido longitudinal (BRASIL, 2003). Os grãos classificados com "fundo" foram aqueles não retidos em nenhuma das peneiras e recolhidos em uma bandeja situada na parte basal da máquina. Em seguida pesaram-se, separadamente, os grãos contidos em cada extrato.

A maturação dos frutos foi avaliada por meio de estatística descritiva, determinando as frequências de cada estágio de desenvolvimento em relação ao total de estádios em cada avaliação. Os dados de produção e peneiras foram submetidos à comparação de médias pelo teste estatístico de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O número de frutos nos diferentes estádios de crescimento, avaliados no período de outubro de 2004 a janeiro de 2005, é apresentado na tabela 1. A média dos tratamentos para o número total de frutos foi de 1248 em 20/10 e 1652 em 09/11, ou seja, houve um acréscimo médio de 404 frutos por tratamento. Esse aumento do número de frutos ocorreu devido ao segundo florescimento, no qual foram quantificadas

Tabela 1 - Número de frutos, em diferentes estádios de crescimento (F₁ a F₆), de cafeeiros sombreados artificialmente em diferentes épocas.

Data	Estádio	T1	T2	T3	T4	T5	Sem cobertura
20/10/2004	F1	1542	1004	915	1345	1232	1451
09/11/2004	F1	438	728	401	499	399	580
	F2	1457	852	863	1284	1146	1266
	Total	1895	1580	1264	1783	1545	1846
24/11/2004	F1	179	176	88	72	50	252
	F2	303	536	319	420	313	289
	F3	1184	744	760	1139	973	1154
	F4	207	120	92	132	169	76
05/12/2004	Total	1873	1576	1259	1763	1505	1771
	F1	75	85	110	92	45	126
	F2	324	518	311	341	281	348
	F3	842	452	135	288	199	780
	F4	433	335	381	771	680	441
26/01/2005	F5	162	164	308	245	247	4
	Total	1836	1554	1245	1737	1452	1699
	F2	48	40	19	16	20	32
	F3	18	34	33	21	13	13
	F4	8	17	31	39	6	38
	F5	88	95	102	209	27	217
26/01/2005	F6	1602	1306	1037	1340	1285	1150
	Total	1764	1492	1222	1625	1351	1450

383 flores por tratamento, em média. O cafeeiro tem o crescimento vegetativo e reprodutivo simultâneo, à medida que os ramos crescem as gemas se diferenciam, ocorrendo mais de uma florada e, conseqüentemente, frutos em diferentes estádios no mesmo ramo e até no mesmo nó. Na avaliação do dia 24/11 o número de frutos estabilizou (média de 1625). Já nas avaliações seguintes, nos dias 05/12 e 26/01, a média dos tratamentos diminuiu para 1587 e 1484, respectivamente. A abscisão de frutos é um aspecto comum no cafeeiro, mas ainda não totalmente esclarecido. Neste trabalho não foram feitas avaliações endógenas hormonais, mas as épocas de queda dos frutos condizem com os resultados de OPILLE (1979), que analisou o conteúdo endógeno de fitormônios ao longo do desenvolvimento dos frutos de cafeeiros no Quênia e observou que nos estádios de desenvolvimento dos frutos correspondentes a F_3 e F_4 , a concentração de giberelinas foi baixa e do ácido abscísico alta. O autor supôs que a combinação de fitormônios poderia ser responsável pela queda de frutos mesmo em condições favoráveis de umidade.

Na primeira avaliação (20/10) todos os frutos estavam no estádio F_1 . No dia 09/11 havia frutos nos estádios F_1 e F_2 , ou seja, seis semanas após o primeiro florescimento todos os frutos não tinham diâmetros maiores que 4mm. Esses resultados condizem com CANNELL (1971), o qual observou que, durante as 5-6 semanas posteriores à antese, os frutos exibem um crescimento lento. Isso ocorreu porque os frutos são incapazes de competir por nutrientes com o crescimento vegetativo, que é rico em giberelinas (KUMAR, 1979).

No dia 24/11, apenas duas semanas após a avaliação anterior, já havia frutos nos estádios F_3 e F_4 . Esse resultado corrobora com SALAZAR et al. (1994), que observaram que, a partir desse estádio, os frutos se expandem rapidamente até atingirem seu tamanho máximo, em torno da 16ª semana (F_6).

Na avaliação do dia 05/12 não foi observada tendência de concentração de um estádio de crescimento entre os tratamentos. Isso ocorreu devido aos vários florescimentos associados à queda dos frutos e competição por nutrientes entre eles, fazendo com que frutos da mesma planta, mesmo ramo e até mesmo nó tivessem tamanhos diferentes. Na avaliação do mês de janeiro, a maioria dos frutos já estava na fase final de enchimento (F_6), em todos os tratamentos.

Não houve diferença estatística significativa entre os tratamentos para o número total de frutos. Também não foi evidenciada nenhuma tendência de concentração de determinado estádio de crescimento do fruto entre os tratamentos. Isso ocorreu porque durante essa fase todas as plantas estavam na condição de pleno sol, uma vez que as coberturas foram retiradas logo após o florescimento e a interferência do sombreamento nos frutos se dá por sombreamento direto sobre os cafeeiros no período de frutificação.

Houve maturação antecipada dos frutos dos cafeeiros (Tabela 2). A cultivar 'IAPAR 59' é classificada como precoce e a maturação e a colheita ocorrem normalmente a partir do final de junho, mas neste experimento ocorreu no final de maio. Isso aconteceu devido às altas temperaturas e deficiência hídrica registrada no final da maturação (Figura 1). Segundo KUMAR (1979), o tempo necessário para a completa maturação dos frutos varia de acordo com as condições climáticas vigentes e o genótipo da cultivar.

Na evolução da maturação dos frutos nota-se uniformidade entre os tratamentos em todas as avaliações. Isso indica ausência de influência do sombreamento artificial sobre a maturação dos frutos nos diferentes períodos durante o desenvolvimento da gema floral. Vários autores observaram que a maturação ocorre mais lentamente em frutos de cafeeiros sombreados, comparado com cafeeiros cultivados a pleno sol (MORAIS, 2003; VAAST et al., 2005; LUNZ, 2006). Todavia, em todos esses trabalhos, o sombreamento teve influência direta no crescimento e maturação dos frutos, ou seja, o estádio de frutificação ocorreu sob sombra, diferentemente deste experimento em que as coberturas foram retiradas após a floração.

Na tabela 3 são apresentados os valores médios de produção de 2005, referentes à colheita de doze plantas por parcela. Verifica-se que as produções médias de café da roça, coco e beneficiado não diferiram, estatisticamente, entre os tratamentos. Isso significa que o sombreamento nas diferentes épocas, durante o desenvolvimento das gemas florais, não interferiu na produção do ano seguinte (2005). Analisando o ciclo fenológico do cafeeiro, constata-se que o crescimento dos nós produtivos ocorreu na estação anterior ao sombreamento, portanto a pleno sol e, de acordo com GOUVEIA (1984), a produção depende da interação entre o número de nós formados na estação de crescimento e as condições ambientais favoráveis à

Tabela 2 – Maturação de frutos de cafeeiros sombreados artificialmente em diferentes épocas.

Data	Estádio	T1(%)	T2(%)	T3(%)	T4(%)	T5(%)	Sem cobertura (%)
15/03	Verde	72	90	90	88	87	81
	Cana	24	6	6	7	9	13
	Cereja	3	2	4	3	3	5
	Passa	0	0	0	0	0	0
	Seco	1	1	1	2	1	1
29/03	Verde	53	81	77	77	73	67
	Cana	31	12	10	11	15	17
	Cereja	10	2	9	7	8	6
	Passa	0	0	1	0	0	0
	Seco	5	5	2	5	4	10
12/04	Verde	32	65	43	46	47	40
	Cana	33	16	23	20	17	28
	Cereja	26	11	27	23	29	14
	Passa	1	0	2	1	1	0
	Seco	8	8	5	10	7	18
20/05	Verde	14	41	28	27	25	18
	Cana	24	28	11	16	15	28
	Cereja	53	28	52	50	53	44
	Passa	4	0	2	0	1	0
	Seco	5	2	7	7	6	10

diferenciação das gemas florais. Em estudos com sombreamento artificial de cafeeiros durante todo o ciclo reprodutivo, JARAMILLO et al. (2003)

encontraram maior produção em plantas sob 48% de bloqueio da radiação fotossinteticamente ativa com menor quantidade de fertilizantes. Em contrapartida,

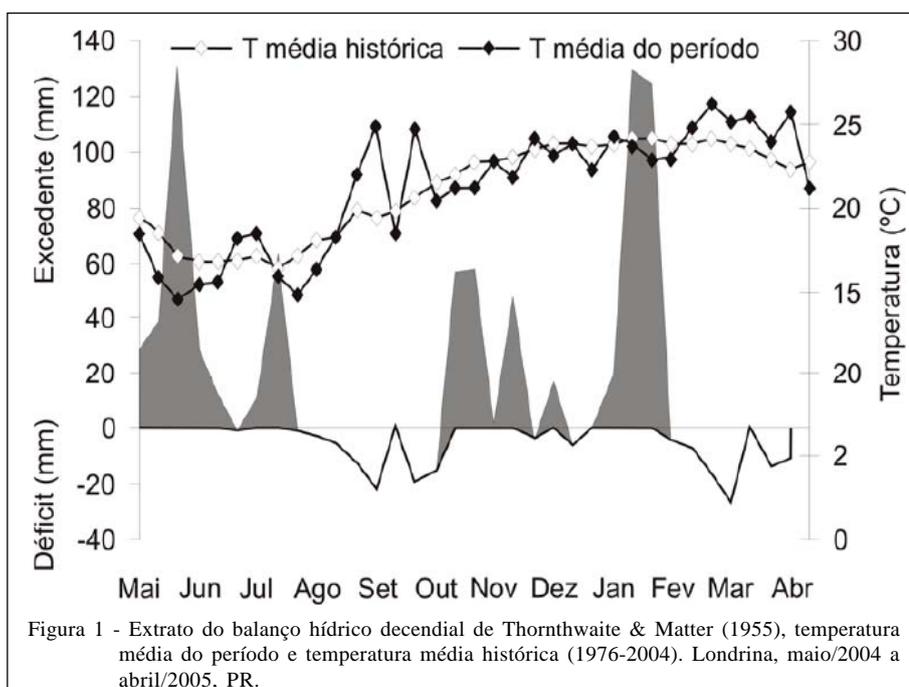


Figura 1 - Extrato do balanço hídrico decenal de Thornthwaite & Matter (1955), temperatura média do período e temperatura média histórica (1976-2004). Londrina, maio/2004 a abril/2005, PR.

Tabela 3 - Produção (Kg⁻¹.parcela) de cafeeiros sombreados artificialmente em abril (T1), maio (T2), junho (T3), julho (T4), agosto (T5), safra 2005.

Tratamento	Café da roça	Café em coco	Café beneficiado
T1	50,39 a*	26,45 a	12,37 a
T2	53,51 a	21,73 a	12,45 a
T3	53,94 a	24,85 a	13,84 a
T4	56,07 a	26,27 a	14,63 a
T5	54,19 a	26,91 a	14,64 a
Sem cobertura	52,19 a	25,20 a	13,93 a
CV%	13,07	15,20	13,97
DMS	16,03	8,81	4,38

*Médias com a mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro.

CARELLI et al. (2001) observaram redução na produção acumulada de dois anos em condições moderadas de sombreamento (50% e 30%). Em condições de sombreamento natural, LUNZ (2006) encontrou maiores produtividades de café consorciados com seringueiras em Piracicaba, SP, até um limite de 70% de irradiância. No México, SOTO-PINTO et al. (2000) não observaram redução na produtividade de café por planta até um limite de 50% de sombreamento. Sistemas de cultivos arborizados e consorciados com atenuações de, aproximadamente, 20% de radiação solar global não produziram efeitos negativos na produção de café (PEETERS et al., 2002; PEZZOPANE, 2004). Por outro lado, MORAIS et al. (2006) comprovaram que o sombreamento excessivo em períodos prolongados, reduz significativamente a produção.

Em todos os tratamentos (Tabela 4) a maior parte dos grãos de café ficou retida na peneira média

(grãos com 15 a 16mm de diâmetros), característica própria da cultivar avaliada. Isso mostra que não houve efeito dos tratamentos para tamanho de grão do café. Resultados encontrados por MANOEL et al. (2002), VAAST et al. (2005) e LUNZ (2006) mostraram grãos maiores em cafeeiros sombreados durante todo o ciclo reprodutivo em relação àqueles cultivados a pleno sol. Isso indica que o sombreamento, durante o período de formação dos frutos, tem influência direta sobre tamanho dos grãos.

CONCLUSÃO

A interceptação de 50% da radiação incidente sobre cafeeiros, em diferentes épocas do desenvolvimento de gemas florais, não alterou o crescimento, a maturação, a produção e o tamanho dos grãos.

Tabela 4 - Massa (g⁻¹.parcela) e porcentagem (%) de grãos beneficiados de cafeeiros sombreados artificialmente em diferentes épocas.

	T1	T2	T3	T4	T5	Sem cobertura	CV%	DMS
Peneira grande (18 e 17)	12,92 a* (6%)	12,15 a (6%)	12,92 a (6%)	8,15 a (4%)	14,37 a (7%)	11,12 a (6%)	40,04	10,98
Peneira média (16 e 15)	106,15 a (53%)	98,78 a (49%)	109,65 a (55%)	96,44 a (48%)	102,29 a (50%)	85,89 a (43%)	12,18	27,96
Peneira pequena (14 e 13)	41,69 a (21%)	47,57 a (23%)	39,32 a (20%)	45,35 a (23%)	39,95 a (20%)	48,92 a (25%)	17,23	17,34
Grãos moca	18,91 a (9%)	17,07 a (8%)	18,83 a (9%)	23,15 a (12%)	25,05 a (12%)	18,21 a (9%)	41,31	19,18
Fundo	20,91 a (10%)	28,02 a (14%)	18,06 b (9%)	26,13 a (13%)	20,96 a (10%)	33,54 a (17%)	26,03	14,71

*Médias com a mesma letra na linha não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro.

REFERÊNCIAS

- BEER, J. et al. Shade management in coffee and cacao plantations. *Agroforestry Systems*, v.38, p.39-164, 1998.
- BRASIL. Decreto-Lei nº. 4.629, de 21 de março de 2003. Estabelece critérios técnicos de identidade e de qualidade para a classificação do café beneficiado grão cru. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil** de 13-06-2003, Brasília, p.4. Seção 1. Online. Disponível na internet <http://www.agricultura.gov.br/legislação/SISLEGIS>.
- CANNELL, M.G.R. Effect of the presence of fruits on net photosynthesis. **Annual Report Coffee Research Station**, v.6, p.41-42, 1971.
- CARELLI, M.L.C. et al. Efeitos de níveis de sombreamento no crescimento e produtividade do cafeeiro. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 2., 2001, Vitória, ES. **Resumos...** Vitória: EMBRAPA, 2001. p.16.
- CAVIGLIONE, J.H. et al. **Cartas climáticas do Paraná**. Londrina: IAPAR, 2000. CD.
- FERERES, C.E. Productividad de los sistemas de cultivo en invernadero. In: SIMPOSIUM IBEROAMERICANO SOBRE APLICACIÓN DE LOS PLÁSTICOS EM LAS TECNOLOGIAS AGRÁRIAS, 1995, Almeria. **Actas...** Almeria: FIAPA/CEPLA, 1995. p.287-296.
- JARAMILLO, B.C. et al. Desenvolvimento reprodutivo e produção de cafeeiros sob níveis de sombreamento e adubação. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 3., 2003, Porto Seguro, BA. **Resumos...** Porto Seguro: EMBRAPA, 2003. p.285-286.
- KUMAR, D. Some aspects of plant-water-nutrient relationship in *Coffea arabica* L. **Kenya Coffee**, v.43, n.10, p.9-47, 1979.
- LUNZ, A.M.P. **Crescimento e produtividade do cafeeiro sombreado e a pleno sol**. 2006. 94f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.
- GOUVEIA, N. **Estudo da diferenciação e crescimento de gemas florais de *Coffea arabica* L.; observações sobre antese e maturação dos frutos**. 1984. 237f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP.
- MANOEL, R.M. et al. Influência da sombra de bananeira (*Musa* spp) na qualidade do café arábica (*Coffea arabica* L) cultivados sob sistema orgânico de produção. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 28., 2002, Caxambu. **Trabalhos apresentados...** Caxambu: MAA/ Procafé, 2002. p.299-300.
- MORAIS, H. **Efeito do sombreamento de cafeeiros (*Coffea arabica* L.) com guandu (*Cajanus cajan* (L) Millsp.) no Norte do Paraná**. 2003. 118f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina, PR.
- MORAIS, H. et al. Microclimatic characterization and productivity of coffee plants grown under shade of pigeonpea in Southern Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.5, p.763-770, 2006.
- MUSCHLER, R.G. Sombra o sol para un cafetal sostenible: un nuevo enfoque de una vieja discusion. In: SIMPÓSIO LATINOAMERICANO DE CAFICULTURA, 18., 1997, San José Costa Rica. **Anais...** San José: Echeverri J and Zamora L (eds), 1997. p.471-476.
- OPILE, W.R. Hormonal relations in fruit growth and development of *Coffea arabica* L. **Kenya Coffee**, v.44, n.520, p.13-21, 1979.
- PEETERS, L.Y.K. et al. Coffee production, timber and firewood in traditional and Ingá-shaded plantations in Southern México. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.82, p.1-13, 2002.
- PEZZOPANE, J.R.M. **Avaliações microclimáticas, fenológicas e agronômicas em café arábica cultivado a pleno sol e consorciado com banana 'Prata Anã'**. 2004. 136f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.
- RENA, A.B.; MAESTRI, M. Fisiologia do cafeeiro. **Informe agropecuário**, v.11, p.26-40, 1985.
- SALAZAR, G.M.R. et al. Crecimiento del fruto de *Coffea arabica* var. Colômbia. **Cenicafé**, v.45, n.2, p.41-50, 1994.
- SOTO-PINTO, L. et al. Shade effect on coffee production at the northern Tzeltal zone of the state of Chiapas, México. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.80, p.61-69, 2000.
- VAAST, P. et al. Fruit thinning and shade improve bean characteristics and beverage quality of coffee (*Coffea arabica* L.) under optimal conditions. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.86, n.2, p.197-204, 2005.
- THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. The water balance. **Publication in Climatology**, v.8, n.1, p.1-104, 1955.