

## MICROCLIMA EM SISTEMA DE CULTIVO DE CAFEIROS ARBORIZADOS E A PLENO SOL<sup>1</sup>

Juliana Carbonieri<sup>2</sup>; Heverly Morais<sup>3</sup>; Patrícia Helena Santoro<sup>4</sup>; Joaquim André<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Trabalho financiado pelo Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do Café – Consórcio Pesquisa Café

<sup>2</sup>Bolsista Consórcio Pesquisa Café, IAPAR, Londrina, PR, jcarbonieri@iapar.br

<sup>3</sup>Pesquisadora, DSc. IAPAR, Londrina, PR, heverly@iapar.br

<sup>4</sup>Pesquisadora, DSc. IAPAR, Londrina, PR, patriciasantoro@iapar.br

<sup>5</sup>Assistente de Ciência e Tecnologia, IAPAR, Londrina, PR, joaquimandre@iapar.br

**RESUMO:** O cafeeiro consorciado com espécies arbóreas promove por meio da diversificação da área de cultivo o incremento da fitomassa, o aumento da fertilidade do solo, a proteção dos cafeeiros contra as geadas e insolação excessiva e aumento da renda do agricultor com a produção de madeira, frutos, resinas etc. Além disso, o uso da arborização em cafeeiros é uma das técnicas de mitigação para os cenários de aquecimento global e seus efeitos na cafeicultura. Porém, são necessários estudos microclimáticos para quantificar o efeito da arborização sobre os cafeeiros. O objetivo deste trabalho foi avaliar o microclima em sistema de produção de café arborizado e cultivado a pleno sol. Por meio de estações meteorológicas automáticas instaladas em uma área experimental no Instituto Agrônomo do Paraná – Londrina, PR, dados de microclima foram coletados no período de outubro de 2014 a março de 2015. Os resultados indicaram que houve atenuação da radiação solar incidente nos cafeeiros arborizados provocado pelas copas das árvores, variando de 45 a 62% de acordo com o manejo árvore (poda) e sazonalidade. A presença das árvores no cafezal foi importante na redução das temperaturas máximas e incremento das temperaturas mínimas, comparada com cafeeiros a pleno sol. Desta forma, do ponto de vista climático, cafeeiros em consórcio com espécies arbóreas apresentam características favoráveis em relação aos cafeeiros a pleno sol.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Coffea arabica*, temperatura do ar, radiação solar global, sistema agroflorestal.

## MICROCLIMATE IN INTERCROPPING COFFEE TREE AND UNSHADED COFFEE

**ABSTRACT:** Intercropping coffee tree with wood species promotes by its diversification, the growing of green mass, increased soil fertility, protection against frost and excessive insolation and increases the farmers' incomes with wood, fruits and latex production etc. Besides, intercropping coffees with wood species is considered one of the techniques for mitigation to global warming scenarios and its effects over the coffee crop. However, microclimate studies are necessary to quantify the effect of the trees over the coffee plants. The aim of this work was to evaluate the microclimate in intercropping coffee with wood species system and unshaded coffee. By using automatic weather stations installed in an experimental area at Instituto Agrônomo do Paraná – Londrina, PR, microclimates data were collected from October 2014 to march 2015. The results indicates that there was attenuation of incident solar radiation over the shaded coffee, caused by the treetop, ranging 45% to 62%, according to the tree management (pruning) and seasonality. The presence of the wood species in the coffee crop was important to reduce the maximum temperature and increase the minimum temperature comparing to unshaded coffee. Thus, from the climatic point of view, intercropping coffee with wood species presents positive characteristics comparing to unshaded and unprotected coffees.

**KEYWORDS:** *Coffea arabica*, air temperature, global solar radiation, agroforestry system.

## INTRODUÇÃO

O cafeeiro, originado de condições de sub-bosques de florestas tropicais da Etiópia, tolera e se adapta bem ao sistema agroflorestal. Tal sistema tem sido alvo de estudos devido seus inúmeros benefícios, dentre eles o aumento da biodiversidade, a manutenção do equilíbrio ecológico de pragas e inimigos naturais, aumento da fertilidade do solo, melhoria na qualidade do café e incremento da renda do agricultor (Beer et al., 1998; Cardoso et al., 2001; Campanha et al., 2004; Vaast et al., 2006). Do ponto de vista microclimático, o sistema agroflorestal de cafeeiros ameniza as altas temperaturas, as quais comprometem a produtividade e longevidade dos cafeeiros (Pereira et al., 1998). De acordo com Fazuoli et al. (2007) e Camargo (2010), o uso da arborização é uma das técnicas de mitigação para os cenários de aquecimento global e seus efeitos na cafeicultura. Outra vantagem do sistema agroflorestal é a proteção contra geadas (Caramori et al., 1999; Morais et al., 2006). As árvores exercem proteção sobre os cafeeiros, uma vez que suas copas interceptam a radiação eletromagnética de ondas longas emitidas pela superfície, promovendo um aquecimento no interior do dossel em noites frias de geadas.

A radiação solar é um dos principais elementos meteorológicos modificados nos sistemas agroflorestais e o conhecimento do total de radiação que atinge os cafeeiros é importante, pois a radiação solar determina a disponibilidade de energia para processos de evapotranspiração, aquecimento do ar e solo, fotossíntese e produção (Monteith & Unsworth, 2008). Pezzopane et al. (2003a), Farfan-Valencia et al. (2003) e Pezzopane et al. (2005)

realizaram estudos para quantificar a radiação solar interceptada em cafeeiros consorciados com coqueiro anão verde, consórcios de café na Colômbia (*Cordia alliodora*, *Pinus oocarpa*, *Eucalyptus grandis* e *Inga sp*) e banana-prata, respectivamente. O sombreamento denso geralmente implica em menor produção de café (Morais et al., 2003, 2006; Moraes et al., 2010). Caramori et al., (2000) recomendam realizar a arborização da lavoura sob uma densidade de árvores que possa proteger os cafeeiros contra as intempéries climáticas e, concomitantemente, propiciar retorno econômico ao produtor.

Nos sistemas agroflorestais de cafeeiros há a influência de inúmeras variáveis e possibilidades de arranjos como: espécie e cultivar do cafeeiro; espécie arbórea; tipo de solo; características climáticas do local; espaçamento dos cafeeiros e das árvores; posição geográfica das linhas de cultivo dos cafeeiros e das árvores; e frequência, intensidade, tipo e época da poda das árvores. Isso, aliado ao fato de serem espécies perenes, torna complexos os sistemas agroflorestais de cafeeiros do ponto de vista científico. Entretanto, se faz necessária a realização de estudos microclimáticos para quantificar o efeito dos diferentes tipos de arborização sobre o microclima.

Assim, o objetivo do presente trabalho foi avaliar o microclima em sistema de produção de café arborizado e cultivado a pleno sol.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado na estação experimental do IAPAR – Instituto Agrônomo do Paraná – Londrina, PR (23°21'27''S; 51°09'34''O; 573m). Segundo Köppen, o clima da região é classificado como Cfa. 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) de 17°C. A precipitação média anual é de 1600 mm, sendo os meses mais chuvosos dezembro, janeiro e fevereiro e os meses mais secos junho, julho e agosto (Iapar, 2015).

O cafezal, composto pela cultivar Iapar 98, foi plantado no em abril de 2012 no espaçamento de 2,5 m entre linhas e 0,60 m entre plantas, com uma muda por cova. A linha do cafeeiro foi instalada no sentido leste-oeste. O delineamento experimental utilizado foi blocos casualizados com parcelas de 19,8m x 22,5m com quatro repetições contendo 10 linhas de café. Os tratamentos consistiram na arborização do cafeeiro com seis espécies arbóreas: Gliricidia (*Gliricidia sepium*), Moringa (*Moringa oleifera*), Capixingui (*Croton floribundus*), Trema (*Trema micrantha*), Jangada (*Heliocarpus popayensis*) e Manduirana (*Senna macranthera*), comparativamente ao tratamento de cafeeiro cultivado a pleno sol. As árvores foram plantadas entre 11 a 15 de maio de 2012, com 20 plantas de cada espécie arbórea por parcela, no espaçamento 2,5 m x 6,0 m distribuídos na linha do café, arranjadas em grupos de cinco com uma árvore no centro. Foi realizada a poda das árvores em agosto de 2014. Em outubro do mesmo ano foram instaladas duas estações meteorológicas automáticas localizadas no centro da parcela dos cafeeiros a pleno sol e no centro da parcela de cafeeiros sob a espécie arbórea *Heliocarpus popayensis* (Jangada). As variáveis meteorológicas avaliadas foram: temperatura do ar (sensor modelo HMP45C, ref. com. Campbell Scientific), temperatura da folha (termopar do tipo cobre-constantan) e radiação solar global (piranômetros LI-COR - Modelo LI200X). Os dados foram armazenados em um coletor digital de dados (ref. com. Campbell Scientific, Datalogger CR10), e posteriormente transferidos para um computador e analisados no software Excel.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A radiação global total diária incidida sobre cafeeiros cultivados a pleno sol e arborizados durante o período de outubro de 2014 a março de 2015 é demonstrada na figura 1. Nota-se que no início do período avaliado (outubro) a radiação incidente sobre os cafeeiros arborizados foi maior, isso ocorreu devido à poda das árvores realizada em agosto. À medida que os ramos das árvores foram se desenvolvendo, a transmissão da radiação solar para o interior do sistema arborizado foi reduzindo. Observa-se que em 08 de outubro, dois meses após a poda, a radiação solar incidente sobre os cafeeiros arborizados era de 55% e, 6 meses depois (fevereiro) a radiação incidente era de 38%. Durante todo o período, independente da presença ou não de nuvens, radiação média, incidente dentro do dossel sombreado foi de 55%.

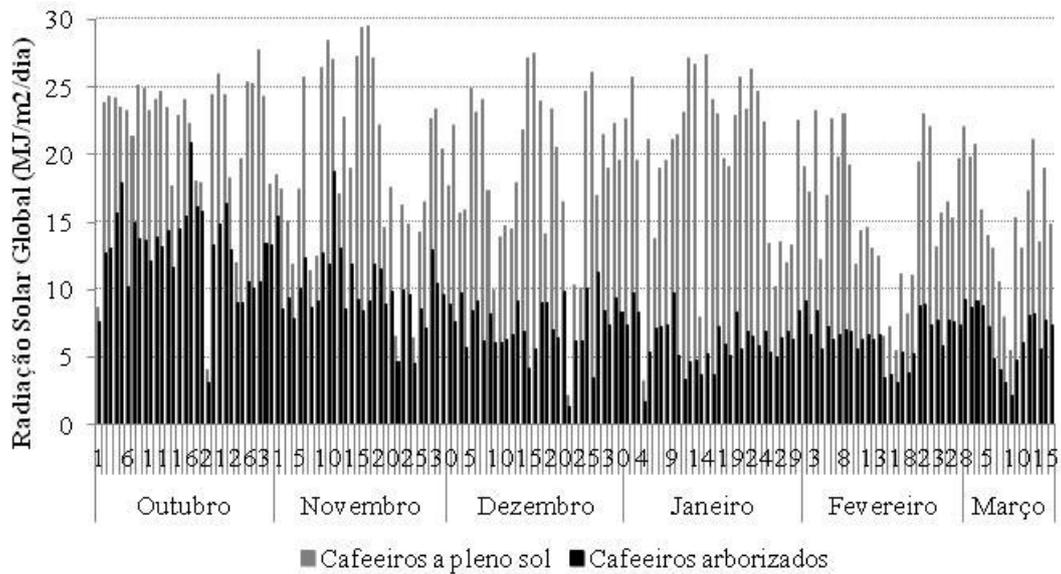


Figura 1. Radiação solar global diária ( $\text{MJ}/\text{m}^2/\text{dia}$ ) incidente sobre cafeeiros cultivados a pleno sol e sob arborização. Londrina, PR, outubro de 2014 a março de 2015.

O ângulo de incidência da radiação solar varia de acordo com a sazonalidade (Hardy et al., 2004). Assim, a descontinuidade de cobertura vegetal nos sistemas arborizados e o movimento da terra em relação ao sol causaram variação quantitativa da radiação solar que atingiram os cafeeiros arborizados (Figura 2A e B). Analisando o dia 08 de outubro de 2015, nota-se que a radiação solar foi drasticamente atenuada somente no horário das 11:15 às 13:15 h, quando o sol estava a pino, no período da manhã (lado leste) e no período da tarde (lado oeste) a interceptação da radiação solar pelas árvores foi pequena devido a poda realizada 60 dias antes. Apesar da curta duração da interceptação de radiação (2 horas), o fato de ter ocorrido no horário em que foi mais intensa, contribuiu para que 55% da radiação solar diária fossem transmitidas para dentro do dossel arborizado (Figura 2A). No dia 22 de fevereiro de 2015, seis meses após a poda, a radiação incidente sobre os cafeeiros arborizados foram atenuadas durante quase todo o dia, a radiação máxima (100%) incidiu sobre os cafeeiros durante uma hora, aproximadamente das 10:15 às 11:30h (Figura 2B). Essas informações são importantes para a tomada de decisão da melhor posição geográfica das linhas dos cafeeiros e das árvores e também para a determinação da periodicidade e manejo da poda (intensidade e localização na árvore).

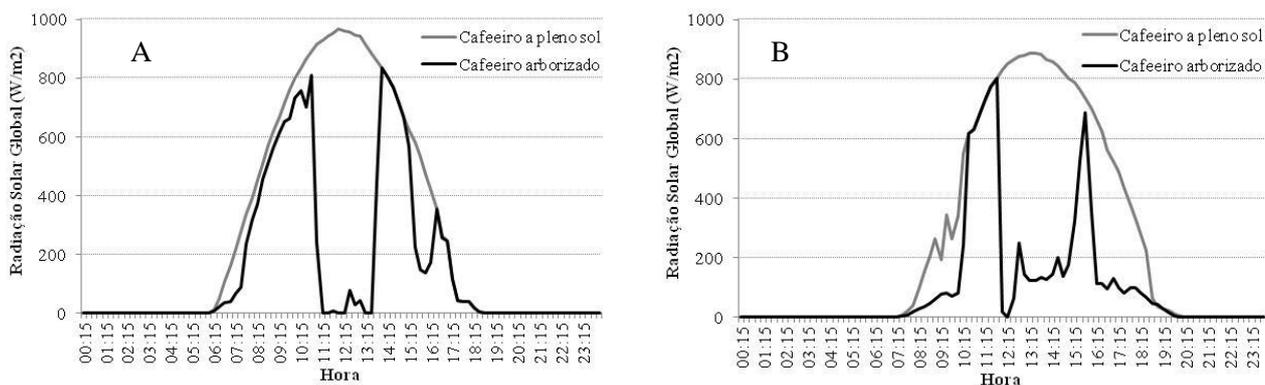


Figura 2. Radiação solar global ( $\text{W}/\text{m}^2$ ) incidente sobre cafeeiros cultivados a pleno sol e sob arborização. Londrina, PR, 8 de outubro de 2014 (A) e 22 de fevereiro de 2015 (B).

Na figura 3 é apresentada a temperatura do ar registrada nos cafeeiros arborizados e cultivados a pleno sol em outubro de 2014 e março de 2015. Em outubro, na condição de 45% de sombreamento, a temperatura dos cafeeiros arborizados durante o período mais quente do dia foi, em média,  $0,5^\circ\text{C}$  menor comparado com os cafeeiros a pleno sol (Figura 3A). Em março, na condição de sombreamento mais denso (62%), a temperatura foi menor no sistema arborizado durante o período da tarde (12:00 as 18:00h). Neste período do dia, as copas das árvores atenuaram em média  $1^\circ\text{C}$  no interior do dossel. O inverso ocorreu no período noturno e nas primeiras horas da manhã, em que a temperatura dos cafeeiros arborizados foi maior que nos cafeeiros cultivados a pleno sol. A diferença de temperaturas noturnas e nas primeiras horas da manhã, entre os sistemas de cultivo foi mais pronunciada nos dias 4 e 5 de março, com duração de 11 horas (20:00 as 7:00 h) e média de  $2,5^\circ\text{C}$  mais elevada nos cafeeiros arborizados (Figura 3B). Isso ocorreu porque a presença do estrato arbóreo impediu a perda da radiação de onda longa emitida pelas superfícies (solo e plantas) durante a noite,

conservando o calor no sistema. Observa-se que durante todo o período experimental (outubro a março) a temperatura mínima absoluta foi mais elevada nos cafeeiros arborizados (Figura 4).

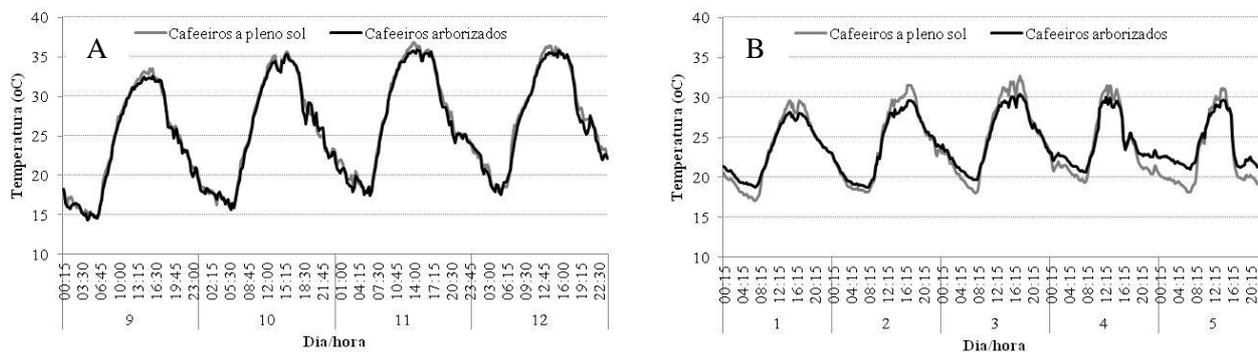


Figura 3. Temperatura média do ar em cafeeiros cultivados a pleno sol e sob arborização. Londrina, PR, 9 a 12 de outubro de 2014 (A) e 1 a 5 de março de 2015 (B).

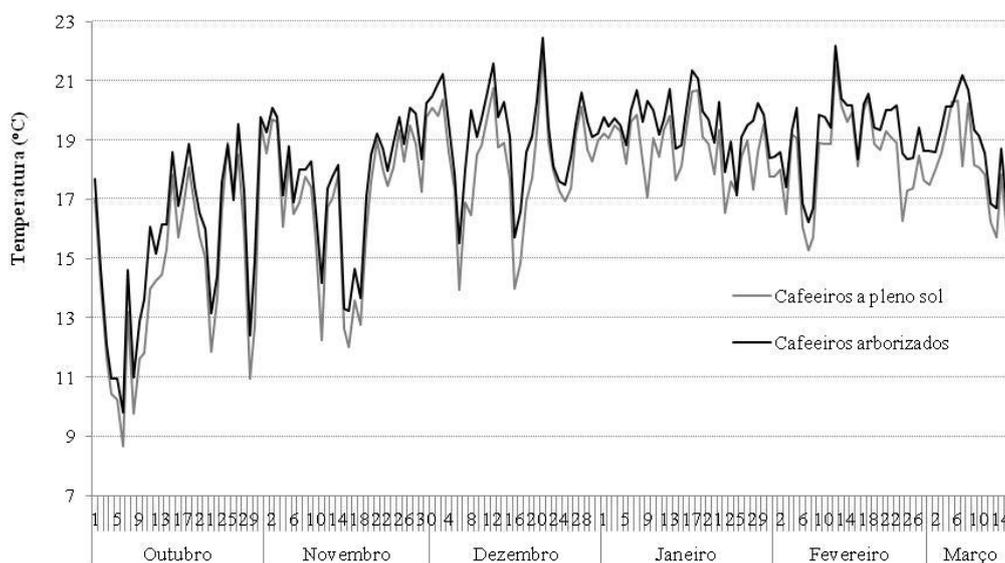


Figura 4. Temperatura mínima de folha em cafeeiros cultivados a pleno sol sob e arborização. Londrina, PR, outubro de 2014 a março de 2015.

Segundo Pezzopane et al. (2007), o principal efeito do sombreamento sobre a cultura do café é a atenuação da temperatura do ar em 2 a 3°C. Coltri (2012) encontrou menores temperaturas máximas em cafeeiros arborizados no Estado de São Paulo, inferindo que a arborização é capaz de atenuar a temperatura no microclima local, principalmente nos meses de seca (de maio a setembro). Moraes et al. (2006), avaliando a temperatura do café sombreado com feijão-guandu (*Cajanus cajan*) no Paraná, encontraram redução de 4°C na temperatura do ar na época mais quente do ano. Valentini et al. (2010) avaliaram café arábica arborizado com seringueira em Mococa, São Paulo, e encontraram redução de até 3°C nos dias quentes, sem nebulosidade, nas estações da primavera e verão. Barradas e Fanjul (1986) avaliando café com *Inga jinicuil* na região central de Vera Cruz, México, encontraram temperatura máxima de 5,4°C, em média, menor durante o ano, no sistema arborizado quando comparado ao pleno sol. Os mesmos autores encontraram que no mês mais quente do local de estudo (maio), a temperatura máxima do sistema arborizado com Ingá foi 4,2°C inferior que o pleno sol. Pinto et al. (2008) ressalta que em um possível clima mais quente, como o descrito pelo IPCC (Intergovernmental Panel of Climate Change), a arborização pode se apresentar como uma técnica importante de adaptação da cultura.

## CONCLUSÃO

O sistema agroflorestal de cafeeiros atenua as temperaturas extremas no interior do dossel, e isso ocorre em função da densidade de sombreamento. Assim, do ponto de vista climático, cafeeiros em consórcio com espécies arbóreas apresentam características favoráveis comparados aos cafeeiros cultivados a pleno sol.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARRADAS, V. L.; FANJUL, L. Microclimatic characterization of shaded and open-grow coffee (*Coffea arabica* L.) plantations in Mexico. *Agricultural and Forest Meteorology*, v. 38, n. 1-3, p. 101-112, 1986.
- BEER, J.; MUSCHLER, R.; KASS, D. and SOMARRIBA, E. Shade management in coffee and cacao plantations. *Agroforestry Systems*, v.38, p.139-164, 1998.
- CAMARGO, M.B.P.de. The impact of climatic variability and climate change on arabic coffee crop in Brazil. *Bragantia*, v. 69, n. 01, p. 239-247, 2010.
- CAMPANHA, M.M.; SANTOS, R.H.S.; FREITAS, G.B.; MARTINEZ, H.E.P.; GARCIA, S.L.R.; FINGER, F.L. Growth and yield of coffee plants in agroforestry and monoculture systems in Minas Gerais, Brazil. *Agroforestry Systems*, v. 63, n. 01, p. 75-82, 2004.
- CARAMORI, P. H.; LEAL, A. C.; MORAIS, H. Temporary shading of young coffee plantations with pigeonpea (*Cajanus cajan*) for frost protection in southern Brazil. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, v.7, n.2, p.195-200, 1999.
- CARAMORI, P.H.; MANETTI FILHO, J.; LEAL, A. C; MORAIS, H. *Geada: técnicas para proteção dos cafezais*. IAPAR, 2000. 36p. Circular, 112.
- CARDOSO, I.M.; GUIJT, I.; FRANCO F.S.; CARVALHO, A.F. Continual learning for agroforestry system design: university, NGO and farmer partnership in Minas Gerais, Brazil. *Agricultural Systems*, v. 69, n. 3, p. 235-257, 2001.
- COLTRI, P.P. *Mitigação de emissão de gases de efeito estufa e adaptação do café arábica e condições climáticas adversas*. Tese de Doutorado, UNICAMP, 2012.
- FARFAN-VALENCIA, F.; ARIAS-HERNANDEZ, J.J.; RIANO-HERRERA, N.M. Desarrollo de una metodología para medir sombrio en sistemas agroflorestales con café. *Cenicafé*, v. 54, n.1, p. 24-34, 2003.
- FAZUOLI, L.C.; THOMAZIELLO, R.A.; CAMARGO, M.B.P. Aquecimento global, mudanças climáticas e a cafeicultura paulista. *O Agrônomo*, v. 59, n. 01, p. 19-20, 2007.
- HARDY, J.P.; MELLOH, R.; KOENING, G; MARKS, D; WINSTRAL, D; POMEROY, J.W.; LINK, T. Solar radiation transmission through conifer canopies. *Agric. Forest Meteorol.*, v.126, p.257-270, 2004.
- IAPAR. *Médias históricas em estações do IAPAR*. Disponível em: [http://www.iapar.br/arquivos/Image/monitoramento/Medias\\_Historicas/Palmas.htm](http://www.iapar.br/arquivos/Image/monitoramento/Medias_Historicas/Palmas.htm) Acesso em fevereiro de 2015.
- MONTEITH, J.L.; UNSWORTH, M.L. *Principles of environmental physics*. London: Edward Arnold, 2008. 418p.
- MORAES G.; CHAVES A.; MARTINS S.C.V.; BARROS R.S.; DAMATTA F.M. Why is it better to produce coffee seedlings in full sunlight than in the shade? A morphophysiological approach. *Photosynthetica*, v.48, p.199-207, 2010.
- MORAIS, H., CARAMORI, P.H., RIBEIRO, A.M.A., GOMES, J.C., KOGUISHI, M.S. Microclimatic characterization and productivity of coffee shaded with pigeonpea and unshaded in southern Brazil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.41, 2006.
- MORAIS, H.; MARUR, C.J.; CARAMORI, P.H.; RIBEIRO, A.M.A.; GOMES, J.C. Características fisiológicas e de crescimento de cafeeiro sombreado com guandu e cultivado a pleno sol. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.38, n.10, p.1131-1137, 2003.
- PEREIRA, A.V.; PEREIRA, E.B.C.; FIALHO, J.F.; JUNQUEIRA, N.T.V.; MACEDO, R.L.G.; GUIMARÃES, R.J. *Sistemas agroflorestais de seringueiras com cafeeiro*. Planaltina: Embrapa Cerrados, 77p. (Embrapa Cerrados. Documentos, 70). 1998.
- PEZZOPANE, J.R.M.; GALLO, P.B.; PEDRO JÚNIOR, M.J.; ORTOLANI, A.A. Caracterização microclimática em cultivo consorciado café/coqueiro-anão verde. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*, v. 11, n. 2, p. 293-302, 2003.
- PEZZOPANE, J.R.M.; PEDRO JÚNIOR, M.J.; GALLO, P.B. Caracterização microclimática em cultivo consorciado café/banana. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. v.11, n.3, p.256-264, 2007.
- PEZZOPANE, J.R.M.; PEDRO JÚNIOR, M.J.; GALLO, P.B. Radiação solar e saldo de radiação em cultivo de café a pleno sol e consorciado com banana 'Prata Anã'. *Bragantia*, v.64, p.487 - 499, 2005.
- PINTO, H. S.; ASSAD, E. D.; ZULLO JUNIOR, J.; EVANGELISTA, S. R. de M.; OTAVIAN, A. F.; ÁVILA, A. M. H. de; EVANGELISTA, B. A.; MARIN, F.; MACEDO JUNIOR, C.; PELLEGRINO G.; COLTRI, P. P.; CORAL, G. *A nova geografia da produção agrícola no Brasil*. In: DECONTO, J. G. (Coord.). Aquecimento global e a nova geografia da produção agrícola no Brasil. Campinas: Embrapa Informática Agropecuária: Unicamp, 2008. 82p.
- VAAST, P.; BERTRAND, B.; PERRIOT, J.J.; GUYOT, B.; GÉNARD, M. 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. 02, p. 197-204. 2006.
- VALENTINI, L.S.P.; CAMARGO, M.B.P.; ROLIM, G.S.; SOUZA, P.S.; GALLO, P.B. Temperatura do ar em sistemas de produção de café arábica em monocultivo e arborizados com seringueira e coqueiro-anão na região de Mococa, SP. *Bragantia*, v.69, n.4, 2010.