

## CARACTERIZAÇÃO MICROCLIMÁTICA DE SISTEMA AGROFLORESTAL DE CAFÉ E SERINGUEIRA<sup>1</sup>

Heverly Morais<sup>2</sup>, Joaquim André<sup>3</sup>, Marcos Aurélio de Souza<sup>4</sup>, Angela B. Ferreira da Costa<sup>5</sup>

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

<sup>2</sup>Pesquisadora, Dra, IAPAR, Londrina-PR, heverly@iapar.br

<sup>3</sup>Agente de Pesquisa, IAPAR, Londrina-PR, joaquimandre@iapar.br

<sup>4</sup>Bolsista Consórcio Pesquisa Café, BS, IAPAR, Londrina-PR, souza.ma@yahoo.com.br

<sup>5</sup>Meteorologista Contratada, Dra, IAPAR, Londrina-PR, angelabcosta@gmail.com

**RESUMO:** O cafeeiro, originado de condições de sub-bosques de florestas tropicais da Etiópia, tolera e se adapta bem ao sistema agroflorestal. Do ponto de vista microclimático, o sistema agroflorestal de cafeeiros ameniza as altas e baixas temperaturas, as quais comprometem a produtividade e longevidade dos cafeeiros. O objetivo deste trabalho foi caracterizar as temperaturas em cafeeiros consorciado com seringueira (*Hevea brasiliensis*) e conduzidos a pleno sol no norte do Paraná. O experimento foi instalado em 1999/2000 na estação experimental do IAPAR, em Londrina, PR. Os tratamentos avaliados foram: café intercalado com fileiras duplas de seringueiras, posicionadas perpendicularmente aos cafeeiros, espaçadas a 13 metros, 16 metros, 22 metros e cafeeiros conduzidos sem sombreamento a pleno sol. Analisaram-se os dados em um dia quente datado em 01/07/2019. Analisou-se também em um período frio entre os dias 5 e 7 de julho de 2019, devido à entrada de massa polar, cujas temperaturas declinaram expressivamente com formação de geadas. O sombreamento de cafeeiros com a seringueira provocou modificações microclimáticas favoráveis, visto que atenuou as temperaturas máximas da folha e solo durante o dia e reduziu a queda noturna de temperatura da folha e solo durante as noites de ocorrência de geadas.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Coffea arabica*, *Hevea brasiliensis*, microclima, café sombreado.

### MICROCLIMATE CHARACTERIZATION OF COFFEE AND RUBBER TREE AGROFORESTRY SYSTEM

**ABSTRACT:** The coffee plants (*Coffea arabica*), sourced from Ethiopian rainforest understory conditions, tolerates and adapts well to the agroforestry system. From the microclimatic point of view, the agroforestry coffee system mitigates the high and low temperatures, which compromise the productivity and longevity of the coffee trees. The objective of this work was to characterize the temperatures in coffee trees intercropped with rubber tree (*Hevea brasiliensis*) and conducted in full sun in northern Paraná. The experiment was installed in 1999/2000 at the IAPAR experimental station in Londrina, PR. The evaluated treatments were: coffee interspersed with double rows of rubber trees, positioned perpendicular to the coffee trees, spaced 13 meters, 16 meters, 22 meters and coffee trees conducted without shading in full sun. Data were analyzed on a hot day dated 7/1/2019. It was also analyzed in a cold period between July 5 and 7, 2019, due to the entry of polar mass, whose temperatures declined significantly with frost formation. Microclimatic differences between coffee agroforestry and full sun cultivation are significant. The shading of coffee trees with the rubber tree led to favorable microclimate modifications, as it attenuated the maximum leaf and soil temperatures during the day and reduced the nightly drop in leaf and soil temperature during frost nights.

**KEY WORDS:** *Coffea arabica*, *Hevea brasiliensis*, microclimate, shaded coffee.

### 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.

Nos sistemas agroflorestais de cafeeiros há 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.

O objetivo deste trabalho foi caracterizar as temperaturas do ar e solo em período quente e frio em cafeeiros consorciado com seringueira e conduzidos a pleno sol no norte do Paraná.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado em 1999/2000 na estação experimental do IAPAR, em Londrina, PR, utilizando cafeeiros (*Coffea arabica*) cultivar IAPAR 59. Os tratamentos avaliados foram: café intercalado com fileiras duplas de seringueiras, posicionadas perpendicularmente aos cafeeiros, espaçadas a 13 metros, 16 metros, 22 metros e cafeeiros sem sombreamento, conduzidos a pleno sol. Os cafeeiros foram plantados no espaçamento de 2,5 x 1,0 m com duas plantas por cova e as seringueiras a 4,0 x 2,5 m entre plantas na fila dupla. Em cada tratamento foi instalada uma estação meteorológica, as quais registraram dados de temperatura da folha e temperatura do solo a 5 cm de profundidade. O sensor utilizado para medir a temperatura foi termopar (cobre-constantã), os quais foram conectados a um sistema automático de aquisição de dados (Campbell Sci. Datalogger CR10X). Os dados foram coletados a cada dez segundos e obtidas médias a cada quinze minutos. Analisaram-se os dados em um dia quente datado em 01/07/2019. Analisou-se também em um período frio ocorrido entre os dias 5 e 7 de julho de 2019, devido à entrada de massa polar, cujas temperaturas declinaram expressivamente com formação de geadas.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1 são apresentadas as temperaturas da folha dos cafeeiros nos espaçamentos de 13 m, 16 m e 22 m entre filas duplas de seringueiras, bem como em cafeeiros cultivados a pleno sol, durante um período frio. Analisando as temperaturas registradas após o pôr do sol, quando elas começaram a diminuir, nota-se que as menores temperaturas ocorreram nos cafeeiros cultivados a pleno sol, inclusive foi o único tratamento que registrou temperaturas negativas. As temperaturas mínimas registradas dia 06 de julho foram 0,84; 0,05; 0,09 e -0,98 nos tratamentos 13 m, 16 m, 22 m e pleno sol, respectivamente. Essa diferença ocorreu devido à proteção das copas das árvores, as quais evitaram a queda noturna da temperatura do ambiente. Durante a noite a superfície do solo e das plantas emite radiação de onda (infravermelho) que possui a propriedade de aquecimento. A copa das árvores acima do dossel dos cafeeiros funciona como um interceptador dessa radiação emitida, impedindo um resfriamento mais intenso como ocorre na condição de céu aberto. Moraes et al. (2006) também encontraram, sob condição de geada fraca, temperaturas mínimas do ar 1°C a 4°C mais elevadas em cafeeiros conduzidos dentro do túnel do guandu (*Cajanus cajan*), quando comparadas ao ambiente sem cobertura. Caramori et al. (1987) observaram temperaturas mínimas do ar, sob áreas arborizadas com *Leucena leucocephala*, cerca de 2°C mais elevadas durante noites típicas de ocorrência de geadas de radiação. Resultados semelhantes foram encontrados por Pezzopane et al. (2000) no uso de espécies arbóreas permanentes intercaladas a cafeeiros, os quais observaram temperatura mínima do ar 1°C a 3°C mais elevada em cafeeiros consorciados com coqueiro anão no sudeste do Brasil. Em estudos com a espécie *Mimosa scabrella* (bracatinga), durante noites com geadas, Caramori et al. (1996) registraram temperaturas mínimas de folha entre 2°C a 4°C mais elevadas que em cafeeiros cultivados a céu aberto.

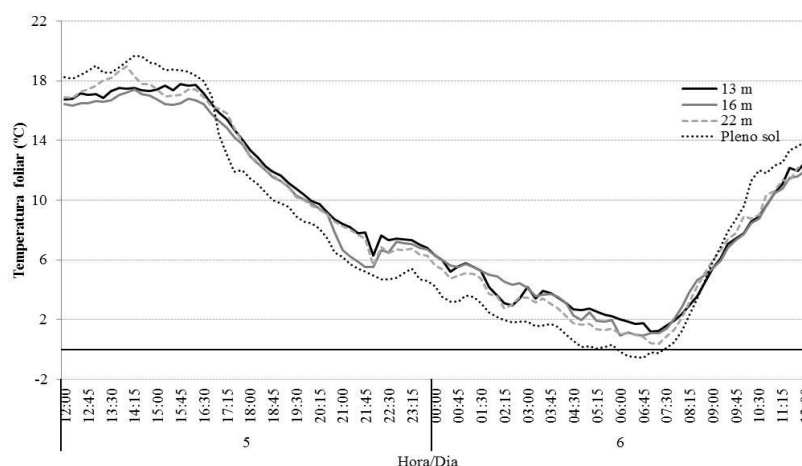


Figura 1. Temperatura de folha de cafeeiros sob sistema agroflorestal de seringueiras, dispostas em filas duplas perpendiculares às linhas dos cafeeiros, espaçadas entre si a 13 m, 16 m e 22 m e cafeeiros cultivados a pleno sol. Londrina, 5 e 6 de julho de 2019.

Quanto a temperatura do solo a 5 cm de profundidade (Figura 2), observa-se que o tratamento a pleno sol se destaca dos demais por apresentar grande amplitude térmica. Os valores de amplitude térmica registrados foram de 1,4; 3,9; 5,7 e 23,8 °C nos tratamentos 13 m, 16 m, 22 m e pleno sol, respectivamente. As temperaturas do solo registradas a noite e ao amanhecer durante a passagem de uma massa intensa de ar frio foram menores na condição de cultivo a pleno sol, comparado ao sistema sombreado. As temperaturas mínimas do solo no dia 06 de julho foram 13,9; 6,9; 8,5 e 0,6 °C nos tratamentos 13 m, 16 m, 22 m e pleno sol, respectivamente. Belsky et al. (1993), Vandembeldt & Williams (1992) e Barradas & Fanjul (1986) também registraram menores temperaturas de solo em culturas sombreadas, comparativamente àquelas cultivadas a pleno sol. O solo funciona como um estabilizador do balanço térmico de um local, absorvendo uma considerável quantidade de calor durante o dia e se resfriando durante a noite. Sob a vegetação, essa estabilização é mais eficiente, com menores oscilações térmicas, pois, durante o dia está protegido contra as fortes radiações e durante a noite contra a perda de radiação térmica (Larcher, 2000).

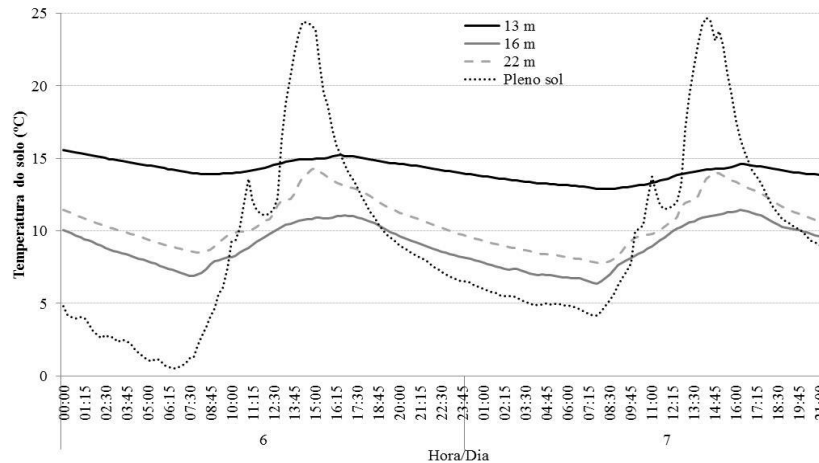


Figura 2. Temperatura do solo a 5 cm de profundidade em cafeeiros sob sistema agroflorestal de seringueiras, dispostas em filas duplas perpendiculares às linhas dos cafeeiros, espaçadas entre si a 13 m, 16 m, 22 m e cafeeiros cultivados a pleno sol. Londrina, 6 e 7 de julho de 2019.

Analisando a temperatura da folha de cafeeiros de sistemas agroflorestais de seringueira durante um dia quente (Figura 3), observa-se que houve diferenças entre os tratamentos. As temperaturas foram aproximadamente 2°C mais elevadas nos cafeeiros cultivados a pleno sol iniciando as 9h30 da manhã até às 17h, comparativamente aos cafeeiros arborizados. A copa das árvores interceptou a radiação solar amenizando as temperaturas elevadas. Morais et al. (2016; 2018) em estudos de arborização de cafeeiros com Jangada (*Heliocarpus popayensis*) observou que o sistema agroflorestal reduziu a temperatura durante todo o período diurno. Miguel et al. (1995) em estudos de arborização de cafezais com grevilea em Varginha-MG, constataram boa proteção térmica aos cafeeiros, com redução das temperaturas máximas.

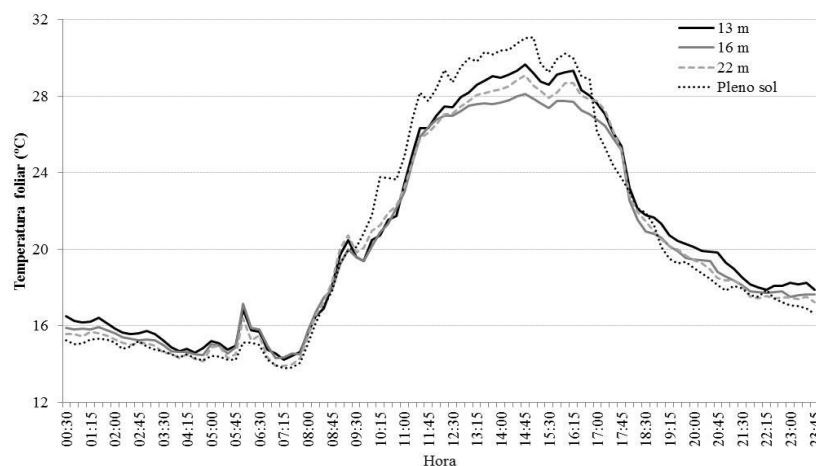


Figura 3. Temperatura da folha em cafeeiros sob sistema agroflorestal de seringueiras, dispostas em filas duplas perpendiculares às linhas dos cafeeiros, espaçadas entre si a 13 m, 16 m e 22 m e cafeeiros cultivados a pleno sol. Londrina, 01 de julho de 2019.

Quanto à temperatura do solo de cafeeiros sob o sistema agroflorestal de seringueira em um dia quente (Figura 4), observa-se que o sistema agroflorestal manteve as temperaturas mais estáveis, sem grandes oscilações durante o dia e a noite. Essa é uma característica favorável do sistema agroflorestal. Segundo Furlani et al. (2008), temperaturas do solo muito altas têm efeitos negativos sobre plântulas e raízes e na atividade microbiana do solo, podendo comprometer também a absorção de nutrientes pelas plantas. A copa das árvores constitui-se em uma barreira física, evitando a incidência direta da radiação solar, diminuindo a transferência de energia e vapor de água para a atmosfera e reduzindo a magnitude das oscilações diárias da temperatura do solo, principalmente próximo à superfície, além de manter a umidade do solo em níveis adequados para o desenvolvimento das plantas (Gasparim et al., 2005).

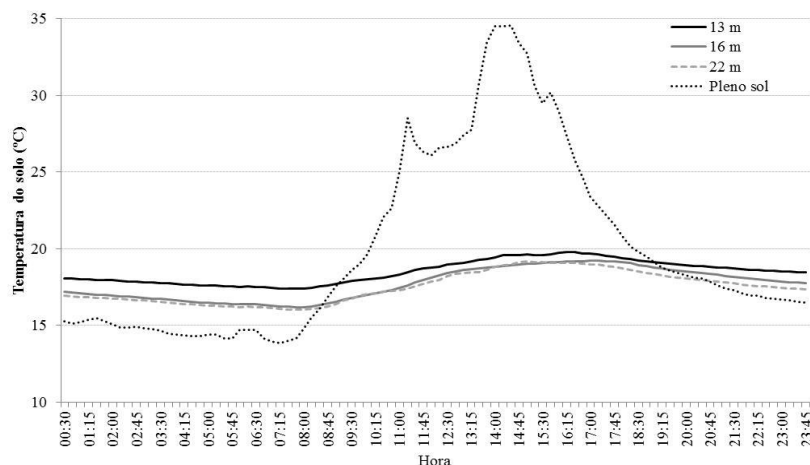


Figura 4. Temperatura do solo a 5 cm de profundidade em cafeeiros sob sistema agroflorestal de seringueiras, dispostas em filas duplas perpendiculares às linhas dos cafeeiros, espaçadas entre si a 13 m, 16 m e 22 m e cafeeiros cultivados a pleno sol. Londrina, 01 de julho de 2019.

## CONCLUSÕES

1 - São evidentes as diferenças microclimáticas entre o sistema agroflorestal de cafeeiros e cultivo a pleno sol. O sombreamento de cafeeiros com a seringueira provocou modificações microclimáticas significativas e favoráveis, visto que atenuou as temperaturas máximas da folha e solo durante o dia e reduziu a queda noturna de temperatura da folha e solo durante as noites de ocorrência de geadas.

## 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.; SOMARRIBA, E. Shade management in coffee and cacao plantations. *Agroforestry Systems*, v.38, p.139-164, 1998.
- BELSKY, A. J.; MWONGA S. M.; DUXBURY, J. M. Effects of widely spaced trees and live-stock grazing on understory environments in tropical savannas. *Agroforestry Systems*, n. 24, p.1-20, 1993.
- CAMARGO, M. B. P. 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.; ANDROCIOLI FILHO, A.; LEAL, A. C. Coffee shade wit *Mimosa scabrella* Benth. For frost protection in southern Brazil. *Agroforestry Systems*, n. 33, p.205-214, 1996.
- 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.; COSTA, A. C. S.; MARUR, C. J. SEREIA, V. J. Arborização de cafeeiros com *Leucena leucocephala* para proteção contra geadas. In. Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, 5., 1987, Belém, PA. Coletânea de Trabalhos... CPATU, Belém, 1987, p.337-339.
- 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.

- 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.
- FURLANI, C. E. A.; GAMEIRO, C. A.; LEVIEN, R.; SILVA, R. P.; CORTEZ, J. W. Temperatura do solo em função do preparo do solo e do manejo da cobertura de inverno. *R. Bras. Ci. Solo*, v. 32, n. 1, p. 375-380, 2008.
- GASPARIM, E.; RICIERI, R. P.; SILVA, S. L.; DALLACORT, R.; GNOATTO, E. Temperatura no perfil do solo utilizando duas densidades de cobertura e solo nu. *Acta Scientiarum. Agronomy*, v. 27, n. 1, p. 107-115, 2005.
- LARCHER, W. Ecologia Vegetal. Tradução: Carlos H. B. A. Prado. São Paulo: RiMa, 2000.
- MIGUEL, A. E.; MATIELLO, J. B.; CAMARGO, A. P.; ALMEIDA, S. R.; GUIMARÃES, E. S. Efeitos da arborização de cafezal com *Grevillea robusta* nas temperaturas do ar e na umidade do solo. In: Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, 21., 1995, Caxambu, MG. Trabalhos apresentados... MARA/Procafé Caxambu, 1995, p.55-57.
- MORAIS, H., CARAMORI, P. H., RIBEIRO, A. M. A., GOMES, J. C., KOGUSHI, 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.; PERINI, L. J. ; SANTORO, P. H. Temperaturas em sistemas agrofloreais de cafeeiros e jangada (*Heliocarpus popayensis*) no norte do Paraná. In: XIX Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2016, João Pessoa. XIX Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2016.
- MORAIS, H.; SOUZA, M. A.; SANTORO, P. H. Mitigação dos efeitos da mudança climática em um sistema agroflorestal de café e jangada (*Heliocarpus popayensis*) no sul do Brasil. In: 27th ASIC Conference, Portland, Oregon, United States, 2018.
- PEREIRA, A. V.; PEREIRA, E. B. C.; FIALHO, J. F.; JUNQUEIRA, N. T. V.; MACEDO, R. L. G.; GUIMARÃES, R. J. *Sistemas agrofloreais de seringueiras com cafeeiro*. Planaltina: Embrapa Cerrados, 77p. (Embrapa Cerrados. Documentos, 70). 1998.
- PEZZOPANE, J. R. M.; GALLO, P. B.; ORTOLANI, A. A. Efeito micrometeorológico em café consorciado sob passagem de anticiclone polar. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 1., v.1, 2000, Poços de Caldas, MG. Resumos expandidos... EMBRAPA/Café, Poços de Caldas, 2000b, p. 76-79.
- 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.
- VANDENBELDT, R. J.; WILLIAMS, J. H. The effect of soil surface temperature on the growth of millet in relation to the effect of *Faidherbia albida* trees. *Agricultural and Forest Meteorology*, n.60, p.93-100, 1992.