

VARIAÇÃO DIÁRIA DA TEMPERATURA DO SOLO EM UM SISTEMA AGROFLORESTAL DE CAFEIEIRO (*Coffea arabica* L.) COM SERINGUEIRAS (*Hevea brasiliensis* MÜELL. ARG.)¹

Ciro A. Righi^{1*}; Marcos S. Bernardes²; Aureny M.P. Lunz¹; Sérgio O. Moraes³; Quirijn de Jong Van Lier, Q.³

¹ Doutorando em Fitotecnia - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – Universidade de São Paulo – ESALQ/USP, Dept. Produção Vegetal - Av. Pádua Dias, 11 - Cx.P. 09, CEP: 13418-900 Piracicaba/SP - Brasil; Tel: (19) 3429-4115 r.32 E-mail: carighi@yahoo.com e amplunz@esalq.usp.br

² Prof. Dr. Dept. Produção Vegetal - ESALQ/USP, Piracicaba/SP – Brasil - E-mail: msbernar@esalq.usp.br

³ Prof. Dr. Dept. Ciências Exatas - ESALQ/USP, Piracicaba/SP, Brasil - E-mail: somoraes@esalq.usp.br e qdjvlier@esalq.usp.br

Resumo:

A temperatura afeta praticamente todos os processos fisiológicos das plantas. A germinação, respiração, transpiração, atividade fotossintética, e demais processos fisiológicos são afetados e, em certa extensão, controlados pela temperatura. Em solo nu ocorre grande amplitude de variação, podendo atingir altas temperaturas, inadequadas ao desenvolvimento radicular. Com o intuito de observar a variação da temperatura do solo em um Sistema Agroflorestal (SAF) foi realizado em Piracicaba, SP um experimento do consórcio de seringueiras e cafeeiros. Foi medida a temperatura do solo - Terra Roxa estruturada (Nitossolo vermelho eutrófico) a 5 cm de profundidade nas entre-linhas dos cafeeiros plantados em 3,4x0,9m em função de sua distância das seringueiras. As distâncias avaliadas (a contar da borda do seringal) foram: -12; -4, 3,2; 6,6; 10; 13,4; 16,8; 20,2 m e em monocultivo no período de setembro a dezembro de 2003. Também foi quantificada a disponibilidade de radiação aos cafeeiros acima de suas copas nas linhas de plantio. As temperaturas máximas do solo no período avaliado foram de 38,6; 29,5; 31,8; 32,9; 38,4; 35,7; 39,9; 39,4; 52,7 °C para as posições, respectivamente. Ocorreu uma grande variação da temperatura do solo na condição de monocultivo, atingindo variações de até 30 °C em um único dia. A elevação da temperatura do solo ocorreu em um período médio de 10 h, enquanto que sua diminuição demorou um período de aproximadamente 14 h. As menores amplitudes diárias de temperatura foram observadas nas condições mais sombreadas (distâncias -12 e -4 m), estas não oscilando mais do que 8 °C em um mesmo dia. Isto representa uma variação quase 4 vezes menor que a ocorrida na posição mais distante (monocultivo). As árvores atuaram no sentido de minimizar as oscilações térmicas do solo advindas de sua exposição direta à radiação, porém tanto as temperaturas máximas como mínimas foram inferiores nas posições mais sombreadas. Pôde-se observar ainda que a temperatura do solo sempre foi mais alta nas condições mais iluminadas e sua variação parece depender de sua exposição direta à radiação solar. As posições mais sombreadas apresentaram as menores temperaturas e amplitudes de variação, o que certamente proporciona uma condição mais adequada ao desenvolvimento vegetal.

Palavras-chave: solo, temperatura, sistema agroflorestal, irradiância, seringueira, luz

DAILY SOIL TEMPERATURE VARIATION IN AN AGROFORESTRY SYSTEM OF COFFEE (*Coffea arabica* L.) AND RUBBER TREES (*Hevea brasiliensis* MÜELL. ARG.)

Abstract:

Temperature affects all the physiological processes of the plants. For example, germination, respiration, transpiration, photosynthetic activity and other physiological processes are affected and, in a certain extension, controlled by temperature. In soils that are not provided with any cover presents big variation in temperature that's can reaches level not suitable for the radicular development. With the propose to observe the variation on soil temperature in an Agroforestry System (AFS) an experiment was carried out at Piracicaba, SP with the mixture of rubber trees and coffee plants. It was measured the soil temperature – Terra Roxa Estruturada (Nitossolo vermelho eutrófico) at 5 cm deep between coffee rows planted in the spacing 3,4x0,9m, in function of its distance from rubber trees plantation. The distances evaluated (counting from the border of the rubber plantation) were: -12; -4, 3,2; 6,6; 10; 13,4; 16,8; 20,2 m and in monocrop from September to December/2003 The available irradiance to the coffee plants were quantified above its canopy at row plantation. The available light percentage to the positions counting from the border of rubber trees plantation: (inside) -13,7; -10,3; -5,7; -2,3 m; (aside) 1,5; 4,9; 8,3; 11,7; 15,1; 18,5 m and in monocrop were accordingly: 25%; 30%; 35%; 40%; 45%; 80%; 90%; 95% and about 100% to the 3 farthest positions. Maximum soil temperature during the experimental time were - accordingly to the distances: 38,6; 29,5; 31,8; 32,9; 38,4; 35,7; 39,9; 39,4; 52,7 °C. Monocrop presented the biggest soil temperature variation reaching variation up to 30°C in one day. The rise of temperature happened in a average time of 10 h, besides its cooling took about 14 h. The smallest daily variation were observed under more shaded conditions

¹ trabalho financiado pela FAPESP

(distances -12 and -4), with variation no more than 8 °C at the same day. This means a variation about 4 times less the one presented at farthest positions (monocrop). Trees acted in a way to minimize soil temperature oscillation due to its direct exposition to solar radiation, besides maximum and minimum temperatures were inferior at more shaded conditions. It was possible to observe yet that soil temperature was higher at illuminated conditions and its variation seems to depend on its direct exposition to solar radiation. Shaded positions presented smaller soil temperature variation that certainly propitiates better conditions for vegetable development.

Key-words: soil, temperature, Agroforestry, irradiance, rubber tree, light

Introdução

O café arábica (*Coffea arabica* L.) é originário das áreas elevadas do sul da Etiópia, localizadas próximo à linha equatorial, com latitude variando de 6 a 9°N, longitude de 34 a 40°E e altitude entre 1400 e 1800 m. Esta região possui uma estação seca de 3 a 4 meses e precipitação pluviométrica anual variando entre 1200 e 2000mm distribuída ao longo do restante do ano e temperaturas variando entre 18 e 22°C. Nesta zona, o cafeeiro cresce permanentemente sob sombreamento em habitat de floresta tropical (Krug, 1959).

A temperatura afeta praticamente todos os processos fisiológicos das plantas. A germinação, respiração, transpiração, atividade fotossintética, permeabilidade das membranas celulares, velocidade das reações químicas e demais processos fisiológicos são afetados pela temperatura. Existe uma faixa de temperatura favorável ao crescimento das plantas, podendo ser diferente para cada órgão ou fase de desenvolvimento desta. O aumento da temperatura acima deste ótimo pode prejudicar o metabolismo das plantas, ocorrendo em situações extremas a desnaturação de proteínas, inativação de enzimas e desidratação de células (Souza, 1996).

Em solos cobertos as variações térmicas são pequenas, o teor de água é maior, enquanto que em solo nu ocorre maior amplitude de variação, podendo atingir altas temperaturas, inadequadas ao desenvolvimento radicular. A cobertura do solo evita seu aquecimento excessivo e é fator preponderante para a preservação e o acúmulo de matéria orgânica. Há portanto uma dupla ação da cobertura do solo: proteção e incorporação progressiva da matéria orgânica (Medrado & Costa, 1990). A temperatura do solo ainda influencia o crescimento do sistema radicular (Nye & Tinker, 1977), a absorção de íons e água (Epstein, 1972) e a atividade microbiana (Voss & Sidiras, 1985).

Para Stanford & Epstein² (citado por Souza, 1996) existe grande correlação entre temperatura e umidade do solo para a mineralização do nitrogênio. Segundo Freitas (1984) o fator umidade favorece a maior nitrificação do N atmosférico. Segundo estudos de Derpsch et al. (1983) a cobertura do solo com leguminosas promoveu a redução da temperatura do solo, ativando a vida microbiológica e conseqüentemente favoreceu a transformação da palha em húmus além de contribuir para a maior aeração do terreno. Tal estudo ainda demonstrou o aumento da umidade do solo, podendo representar acréscimos de 100% na produção final na época de estiagem. A matéria orgânica, que consiste em resíduos de plantas e animais em diferentes estágios de decomposição, a depender da quantidade e período de sua adição, pode beneficiar o solo por melhorar suas condições físicas e estruturais; aumentar a retenção de água; diminuir a perda por erosão e fornecer nutrientes às plantas (Lopes, 1989).

Medcalf (1956) observou a diminuição acentuada da temperatura do solo em cafezal com cobertura vegetal morta. Souza (1996) também observou que a cobertura permanente do solo com guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millps) ou mucuna-preta (*Mucuna aterrima* Merr.) evitou a erosão e o aquecimento excessivo do solo. Para Bavel (1972) e Haynes (1980) temperaturas do solo mais baixas podem ser benéficas para o desenvolvimento das plantas durante o verão ou prejudiciais às culturas perenes durante o inverno. Souza (1996) em estudo de coberturas na formação de um seringal encontrou que a maior umidade do solo foi com este nu. Todas as demais coberturas, sejam com guandu; cobertura morta de guandu ou cobertura morta de mucuna-preta, reduziram a umidade do solo. Tal resultado é conflitante com os obtidos por Derpsch et al. (1983 e 1985) e Bragagnolo (1986).

Entre as principais vantagens da cobertura da superfície, têm-se a redução das perdas de água por evaporação (Lal, 1974) e diminuição das temperaturas máximas do solo em períodos quentes e secos, com diminuição de até 13 °C a 5 cm de profundidade em comparação com o solo descoberto (Derpsch et al., 1983). Derpsch et al. (1985) encontraram temperaturas de 40 a 50 °C a 3 cm de profundidade em solos descobertos na época de verão. Lal (1974) encontrou temperaturas ao redor de 38 a 42 °C a 5 cm de profundidade e Costa & Godoy (1962) observaram temperaturas superiores a 48 °C na superfície do solo. Primavesi (1992) relata que a temperatura em solos descobertos pode chegar a 76 °C no verão, sendo a absorção de água pelas plantas paralisada a partir de 32 °C e somente o algodoeiro seria capaz de absorver água a temperaturas de até 39 °C. Franco (1958) submetendo o sistema radicular do cafeeiro a diferentes temperaturas observou que a máxima transpiração ocorreu a 33 °C, sendo que abaixo de 28 °C e acima de 33 °C ocorreu um decréscimo. Ainda, Franco (1961) observou o aparecimento de lesões no colo de mudas de cafeeiros quando submetidos a temperaturas de 44 a 51 °C.

Têm-se observado que 90% do solo nas áreas de seringais jovens são deixados desprotegidos durante o período de formação, até que a copa das árvores se encontrem, cobrindo desta forma toda a área. É importante alguma forma de proteção do solo para evitar-se os efeitos negativos das chuvas torrenciais, altas temperaturas, etc., que contribuem para a

² Stanford, G.; Epstein, E. Nitrogen mineralization – water relations in soils. Soil Science Society of America. **Proceeding**. 1974. v. 38, p. 103-107.

sua degradação. O manejo inadequado do solo pode leva-lo à degradação, apresentando baixa fertilidade e de recuperação difícil e cara. Nos solos tropicais, susceptíveis a tais problemas, a adoção de práticas para minimizar o problema é especialmente recomendada (Mello & Brasil Sobrinho, 1960). A presença de plantas cultivadas entre as linhas de cultivo durante os primeiros anos após o plantio do seringal contribui muito para impedir processos erosivos, auxiliar na ciclagem de nutrientes e ainda viabilizar economicamente sua implantação, provendo renda adicional aos produtores (Planter's Bulletin, 1972).

Dada a importância da temperatura do solo em vários processos fisiológicos foi instalado um experimento procurando-se evidenciar os efeitos das árvores de seringueiras na interceptação e atenuação da luz aos cafeeiros e sua influência na temperatura do solo.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido no campo experimental do Departamento de Produção Vegetal da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" da Universidade de São Paulo (ESALQ/USP) em Piracicaba-SP (22°42'30"S, 47°38'00"W - altitude 554 m) durante o ano de 2002. O seringal foi plantado em 1991 no espaçamento de 8 x 2,5 m, com mudas enxertadas em sacolas plásticas com dois lançamentos foliares maduros do enxerto, sendo todos os blocos experimentais compostos por árvores do mesmo clone – PB-235. A cultura do cafeeiro foi plantada no espaçamento de 3,4 x 0,9 m durante a primeira quinzena de janeiro de 2003 sob o bosque de seringueiras, interfaceando as árvores e em monocultivo. Utilizou-se o cultivar Obatã, IAC - 1669-20. As mudas tinham 9 meses de idade e eram oriundas de semeadura direta em sacolas plásticas com permanência em viveiro com sombrite apropriado.

O terreno com declividade variando de 0 a 1,5%, constitui-se de um solo Terra Roxa estruturada, eutrófica, horizonte A moderado e textura argilosa também classificado como Nitossolo vermelho eutrófico (Embrapa, 1999) ou Kandialfíc Eutrodox na classificação norte-americana. A fertilidade do solo e a existência de sistema de irrigação instalado na área do ensaio evitaram limitações no crescimento e no desenvolvimento das plantas além daquelas oriundas do tratamento experimental.

A primeira linha interfaceando a cultura do cafeeiro representa árvores em sistema agroflorestal (SAF) em renque (cultivo em faixas) de linha dupla. A segunda linha representa árvores de seringueira em monocultivo. A cultura do cafeeiro foi irrigada por gotejamento. A evapotranspiração da cultura foi estimada pelo uso do tanque Classe A, da estação Meteorológica Principal do Departamento de Ciências Exatas da ESALQ-USP localizada ao lado do experimento.

O experimento foi conduzido em quatro blocos com 11 tratamentos cada, sendo estes as distâncias das árvores medidas a partir da primeira fileira de seringueiras interfaceando o cafezal (distância zero). A condição de luz acima do dossel dos cafeeiros foi medida continuamente por tubos solarímetros (TS-UM-3, Eijkelpamp) instalados nas distâncias, a contar da borda do seringal: (dentro do seringal) -13,7; -10,3; -5,7; -2,3; (ao lado do seringal) 1,5; 4,9; 8,3; 11,7; 15,1; 18,5 m e em monocultivo e conectados a um sistema de aquisição de dados (Delta-T Devices) instalado no campo experimental. Essas medições permitiram a estimativa da transmissão e absorção de luz pelas árvores e sua disponibilidade ao cafeeiro. Todos os cafeeiros foram plantados no mesmo espaçamento, e mantidos livres da concorrência com plantas daninhas.

Foram instalados sensores de temperatura do solo construídos com termopares de cobre-constantan (tipo T) e conectados ao mesmo sistema de aquisição de dados. Os sensores foram instalados a uma profundidade de 5 cm nas entre-linhas da cultura do cafeeiro nas distâncias: -12; -4, 3,2; 6,6; 10; 13,4; 16,8; 20,2 m e em monocultivo no período de setembro a dezembro de 2003.

Resultados e Discussão

A Figura 1 apresenta os dados de radiação solar coletados durante a execução do experimento e cada ponto refere-se à integral da radiação solar ($\text{MJ.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$) disponível no respectivo dia. A radiação disponível aos cafeeiros submetidos às diferentes condições (distâncias da borda da cultura de árvores: (dentro) -13,7; -10,3; -5,7; -2,3 m; (ao lado) 1,5; 4,9; 8,3; 11,7; 15,1; 18,5 m e em monocultivo) em termos percentuais, foi de 25%; 30%; 35%; 40%; 45%; 80%; 90%; 95% e cerca de 100% para as 3 posições mais distantes, respectivamente.

Na figura 2 podemos observar o padrão de variação da temperatura do solo ($^{\circ}\text{C}$) a 5 cm de profundidade nas distâncias avaliadas em dois dias consecutivos. A variação da temperatura ocorreu de forma contínua ao longo do dia crescendo com a intensidade de radiação. A temperatura do solo aumentou de modo linear e acentuado nas primeiras horas do dia com forte inclinação desta reta. Seus valores máximos foram atingidos ao redor de 13:30 a 15:00 Hs coincidindo com as maiores temperaturas do ar. As temperaturas máximas do solo no período avaliado foram de 38,6; 29,5; 31,8; 32,9; 38,4; 35,7; 39,9; 39,4; 52,7 $^{\circ}\text{C}$ para as posições. Pode-se observar a enorme amplitude de variação da temperatura do solo na condição de monocultivo, atingindo variações de até 30 $^{\circ}\text{C}$ em um único dia. De outro modo, a temperatura do solo foi decrescendo de maneira mais gradual atingindo suas temperaturas inferiores no período das 4:00 às 5:00 h da manhã. A elevação da temperatura do solo ocorreu em um período médio de 10 h, enquanto que para atingir seus valores mínimos esta demorou um período maior, de aproximadamente 14 h.

Todas as posições avaliadas apresentaram o mesmo padrão de variação com suas temperaturas atingindo valores mais altos com o distanciamento das seringueiras. Nas horas mais frias, as temperaturas do solo tendem a se igualarem em todas as posições, porém nunca atingem perfeita coincidência sendo que as temperaturas foram sempre menores nas posições mais sombreadas. As menores temperaturas do solo observadas no período experimental foram de 15,7; 16,6;

14,8; 15,2; 14,7; 15,2; 15,3; 15,3; 15,3 °C respectivamente para as distâncias avaliadas. É interessante notar que a temperatura do solo em monocultivo começa a subir antes e mais rapidamente que as demais posições. Estas outras, após um curto período de aumento da temperatura quase que concomitante, distanciam-se umas das outras atingindo valores máximos diferentes. O início da queda da temperatura também ocorreu diferentemente para as posições, iniciando-se primeiro nas posições mais sombreadas provavelmente devido ao caminhamento da sombra das árvores no decorrer do dia. A temperatura média observada foi de 21,8; 21,5; 23,2; 24,3; 25,2; 25,0; 25,3; 25,5; 28,2 °C para as diversas posições avaliadas.

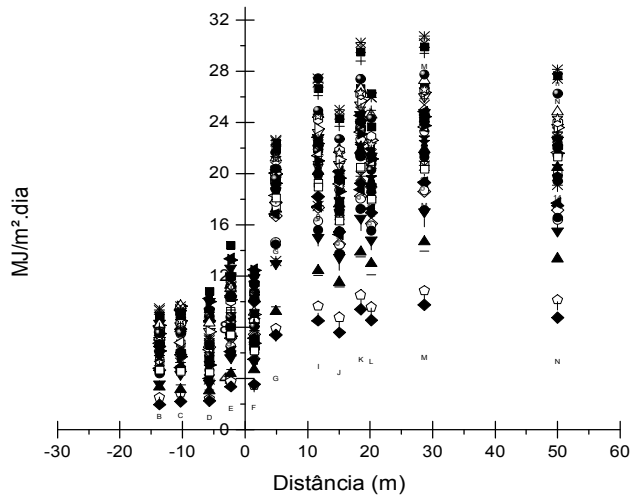


Figura 1. Radiação ($\text{MJ}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{dia}^{-1}$) disponível aos cafeeiros, medida com os tubos solarímetros (TS-UM-3, Eijkelkamp) em função da distância das árvores sombreadoras. Distâncias negativas referem-se a posições no interior do seringal. Cada ponto refere-se a integral da radiação disponível em um único dia.

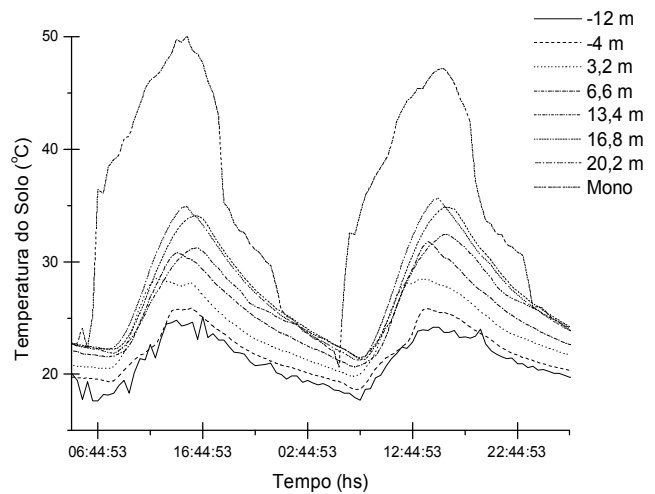


Figura 2. Variação da temperatura ($^{\circ}\text{C}$) do solo a 5 cm de profundidade nas entre-linhas do cafeeiro nas diferentes distâncias das árvores de seringueira (m)

As menores amplitudes diárias de temperatura foram observadas nas condições mais sombreadas (distância -12 e -4 m), estas não oscilando mais do que 8 °C. Isto representa uma variação quase 4 vezes menor que a ocorrida na posição mais distante (monocultivo). Todas as demais posições apresentaram uma oscilação térmica variando de 6 a 12 °C em um mesmo dia.

As observações relatadas ganham importância quando relacionadas com a conservação e fertilidade do solo, sendo que nas menores amplitudes e temperatura absoluta do solo ocorre um aumento do teor de matéria orgânica e conseqüente aumento da CTC do solo (Bernardes et al., 2000 e Muschler, 2000).

Conclusões

A temperatura do solo sempre foi mais alta nas condições mais iluminadas e sua variação parece depender de sua exposição direta à radiação solar. Assim, as árvores atuaram no sentido de minimizar as oscilações térmicas do solo advindas de sua exposição direta à radiação, porém tanto as temperaturas máximas como mínimas foram inferiores nas posições mais sombreadas.

As posições mais sombreadas apresentaram as menores temperaturas e amplitudes de variação, o que certamente proporciona uma condição mais adequada ao desenvolvimento vegetal.

Agradecimentos

Os autores expressam seus agradecimentos à Fundação de Ampara à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP pelo apoio financeiro para a execução da pesquisa.

Referências

- Bavel, C.H.M. Soil temperature and crop growth. In: Hillel, D. (ed.) Optimizing the soil physical environment toward greater crop yields. New York. Academic Press. 1972. p. 23-33.
- Bernardes, M.S.; Lima, S.F.F; Teramoto, E R.; Righi, C.A.; Bernardes, A.S. Recuperação de solo degradado com sistema agroflorestal no extremo sul da Bahia. In: Reunião Brasileira Ciência do Solo e da Água, 13., Ilhéus, 2000. **Anais**. Ilhéus: SBCS, 2000. 1v.

- Bragagnolo, N. Efeito da cobertura do solo por resíduos de culturas sobre a temperatura e umidade do solo, germinação e crescimento do milho. Porto Alegre, 1986. 119 p. Dissertação (Mestrado). Faculdade de agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Costa, A.L. Godoy, H. Contribuição para o conhecimento do clima do solo de Ribeirão Preto. **Bragantia**. 1962. v. 21: p. 689-742.
- Derpsch, R. Sidiras, N.; Heinzmann, F.X. Efeito da adubação verde de inverno sobre a umidade e temperatura do solo e rendimentos de culturas de verão. In: Congresso Brasileiro de Ciências do Solo, 19. Curitiba, 1983. **Anais**. Campinas. Sociedade Brasileira de Ciências do Solo. 1983. 110 p.
- Derpsch, R. Sidiras, N.; Heinzmann, F.X. Manejo do solo com coberturas verdes de inverno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. 1985. v. 20, n. 7: p. 761-773.
- Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro - RJ) **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos** – Brasília: Embrapa, Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. (xxvi) 412p.: il.
- Epstein, E. **Mineral nutrition of plants: principles and perspectives**. New York. John Willey Ed. 1972. 412 p.
- Franco, C.M. Lesão do colo do cafeeiro causada pelo calor. **Bragantia**. 1961. v. 20, n. 24: p. 645-652.
- Franco, C.M. **Influence of temperature on growth of coffee plants**. São Paulo. International Basic Economic Cooperation Institute. 1958. 24 p. (Boletim nº 16)
- Freitas, J.R. Dinâmica do nitrogênio em um solo Terra Roxa Estruturada (TRE) tratado com matéria orgânica vegetal e sulfato de amônio enriquecidos com o isótopo ¹⁵N. Piracicaba, 1984. 113p. il. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- Haynes, R.J. Influence of soil management practice on the orchard agroecosystem. **Agro-ecosystems**. 1980. v.6, p.3-32.
- Krug, C.A. **World coffee survey**. Roma: FAO, 1959. 292 p.
- Lal, R. Role of mulching techniques in tropical soil and water management. IBADAN. International Institute of Tropical Agriculture. 1974. 37 p. (Technical Bulletin, nº 1)
- Lopes, A.S. **Manual de fertilidade do solo**. Piracicaba. Anda/Patafos. 1989. 155 p.
- Medcalf, J.C. **Estudos preliminares sobre a aplicação da cobertura morta em cafeeiros novos no Brasil**. São Paulo. International Basic Economic Cooperation Institute. 1956. 59 p. (Boletim nº 12)
- Medrado, M.J.S., Costa, J.D. **Clones de seringueira para a região do planalto paulista**. Piracicaba, PCAP/USP. 1990. 12 p. (Informativo técnico nº 9)
- Mello, F.A.F.; Brasil Sobrino, M.O.C. Efeitos da incorporação de resíduos de mucuna-preta, *Crotalaria juncea* (L.) e feijão baiano. I. Influência sobre a produção de arroz. **Revista Agricultura**. 1960. v. 35, n. 1: p. 33-40.
- Muschler, R.G. **Árboles en cafetales**. Turrialba, Costa Rica. CATIE. 2000. 139p. (Colección Módulos de Enseñanza Agroflorestal, n. 5)
- Nye, P.H.; Tinker, P.B. **Solute movement in the soil-root system**. Oxford, Blackwel. 1977. 342 p.
- Planter's Bulletin Cycle of nutrients in rubber plantations. **Planter**. 1972. v. 120: p. 73-81.
- Primavesi, A. **Agricultura sustentável**. São Paulo. Ed. Nobel. 1992. 142 p.
- Souza, M.M.S.R. de Ação da cobertura com leguminosas sobre o solo e o seringal em formação. Piracicaba, 1996. 88p. il. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.
- Voss, M.; Sidiras, N. Nodulação da soja em plantio direto em comparação com plantio convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. 1985. v. 20: p. 775-782.