

SISTEMA RADICULAR E CONCENTRAÇÃO DE NUTRIENTES NA FOLHA DE CAFEIROS (*Coffea arabica* cv. CATUAÍ) FERTIRRIGADOS E CULTIVADOS SOB DIFERENTES DENSIDADES DE PLANTIO EM MOCOCA, SP

Emilio Sakai²; Viviane Aparecida Queiroz³; Emilio Seigui Kobayashi⁴; Jane Maria C. Silveira⁵; Paulo Boller Gallo⁵; Eduardo Augusto Agnellos Barbosa⁶

¹ Trabalho financiado pelo Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do Café – CBP&D/Café

² Pesquisador científico, Eng. Agro., Dr, Instituto Agronômico (IAC/APTA), Campinas -SP, emilio@iac.sp.gov.br

³ Graduanda em Ciências Biológicas/ UNIP; bolsista PIBIC/CNPq/IAC, Campinas-SP, vivianiqueiroz@yahoo.com.br

⁴ Eng. Agri., MsC. em Agricultura Tropical e Subtropical, Prefeitura municipal de Sumaré – seiguik@yahoo.com.br,

⁵ Pesquisadora científica, Dra., Pólo Nordeste Paulista (DDD/APTA), Mococa –SP, jane@apta.sp.gov.br,

⁶ Pós graduando em Agricultura Tropical e Subtropical, Instituto Agronômico (IAC/APTA), Campinas -SP

RESUMO: Avaliou-se a influência da fertirrigação no desenvolvimento do sistema radicular e na concentração de nutrientes na folha de cafeeiros cv catuaí amarelo cultivado sob diferentes densidades de plantio. O experimento foi realizado em Mococa-SP, onde os tratamentos constituíram-se da combinação de dois espaçamentos entre linhas de plantio (1,60 e 3,20 m) e de três espaçamentos entre plantas (0,50; 0,75 e 1,00 m), ou seja, correspondentes a 12500, 8333, 6250, 6250, 4167 e 3125 plantas ha⁻¹, e subdividas em parcelas irrigadas (I) e não irrigadas (NI), com quatro repetições. As condições hídricas no perfil do solo foram avaliadas semanalmente através de sondas até a 1 m de profundidade. Os dados climáticos foram obtidos na estação meteorológica automática situada próxima à área experimental. Para o monitoramento das fertirrigações periodicamente foram determinados a condutividade elétrica, o pH e a concentração de nitrato e de amônia na solução do solo coletados através extratores instalados em diferentes posições e profundidade. As avaliações das raízes e das folhas foram efetuadas no período de maior desenvolvimento vegetativo e reprodutivo. O sistema radicular do cafeeiro foi avaliado em todos os tratamentos de duas repetições, coletando-se amostras em 3 posições perpendiculares às linhas de plantio, tomando-se como referência o tubo gotejador (localizado a 0,10 m da planta) e a partir deste a 0,4 e 0,8 m, e entre as plantas de cafeeiros. A análise foliar foi efetuada em amostras coletadas no terceiro par de folhas de ramos situados no terço médio das plantas. A diagnose foliar indicou deficiência generalizada em todos os tratamentos, irrigados ou não, dos macronutrientes nitrogênio e de potássio, consequência da demanda dos frutos e lixiviação causada pelas precipitações. Os resultados do sistema radicular indicam que o volume de solo explorado pelas raízes de cafeeiros irrigados foi menor que os sem irrigação, independentemente da densidade de plantas. Tal fato permite maior controle das irrigações para imposição do déficit hídrico para sincronização e uniformidade das floradas.

Palavras-chave: Cafeicultura irrigada, desenvolvimento radicular, diagnose foliar.

ROOT SYSTEM AND NUTRIENT CONCENTRATION IN THE LEAF OF FERTIRRIGATED COFFEE TREE (*Coffea arabica* cv. CATUAÍ) CULTIVATED UNDER DIFFERENT DENSITIES OF PLANTATION IN MOCOCA, SP.

ABSTRACT: The influence of fertirrigation on the development of root system and the concentration of nutrients in the leaf of coffee tree cv yellow catuaí cultivated under different densities of plantation was observed. The experiment was carried out in Mococa-SP, where the treatments consisted of the combination of two spacing regimes between rows of plantation (1.60 and 3.20 m) and three spacing regimes between plants (0.50; 0.75 and 1.00 m), i.e., corresponding to 12500, 8333, 6250, 6250, 4167 and 3125 plants ha⁻¹, and subdivided in irrigated (I) and non-irrigated (NI) factors, with four repetitions. Humidity conditions in the soil profile were evaluated weekly with the use of probes up to 1 m depth. Climatic data were obtained at the automatic meteorological station placed near the experimental area. In order for periodical monitoring of fertirrigation, the electric conductivity, pH, and nitrate and ammonium concentration in the soil solution collected with extractors installed at different positions and depth were determined. Assessments of the coffee tree root system and leaves were performed during the period of the greatest vegetative and reproductive development. The coffee tree root system was evaluated in all of the two-repetition treatments, through sample collection in 3 areas perpendicularly to the rows of plantation, using the drip irrigation tubing (placed at 0.10 m far from the plant) as a reference, at 0.4 and 0.8 m far from the drip irrigation pipe and between the coffee trees. Leaf analysis was performed in samples collected in the third pair of leaves from branches located at the medium third of the plants. Leaf diagnosis indicated widespread lack of nitrogen and potassium macronutrients in all treatments, irrigated or not, as consequence of fruit requirement and lixiviation caused by precipitations. The root system results indicate that the ground volume explored by the irrigated coffee tree roots was smaller than that explored by the non-irrigated ones, irrespective of plant density. This fact allows for a greater irrigation control in order to establish the water deficit imposition for the synchronization and uniformity of the flowering.

Key words: Irrigated coffee plantation, root development, leaf diagnosis.

INTRODUÇÃO

O Brasil é atualmente o principal produtor mundial de café com participação média de 25,3% na produção mundial (FAO, 2008). Seu plantio situa-se geralmente em regiões onde as condições climáticas são favoráveis. Porém, é grande o avanço da cultura em regiões limitadas pela deficiência hídrica, nas quais é de extrema importância o uso de sistemas de irrigação.

Para Drumond et al. (2006) a geração e adaptação de tecnologias de produção do cafeeiro sob regime de irrigação total ou suplementar são imprescindíveis, de forma a permitir altas produtividades contínuas e econômicas, sem que haja degradação do ambiente. Mantovani & Soares (2003) afirmam que apesar da maior concentração das áreas irrigadas de café onde o déficit hídrico é prejudicial à cultura, é grande também a implantação de projetos de irrigação em regiões tradicionais de cafeicultura de sequeiro. Com essa expansão, aumenta-se a demanda pela implantação de projetos de irrigação; contudo, esta deve ser realizada de forma criteriosa, pois representa um alto investimento e, tanto a aplicação excessiva de água, mesmo que em curtos períodos, quanto sua ausência podem provocar efeitos deletérios no processo produtivo. Desse modo, para quantificar adequadamente o volume de água e a frequência a ser aplicada por um determinado método de irrigação, é importante conhecer a zona de exploração do sistema radicular.

A distribuição de raízes no solo é resultante de uma série de processos dinâmicos, que incluem as interações entre o ambiente, o solo e as plantas em pleno crescimento. Soares (2005) observou que o aumento na porcentagem de área molhada em cafeeiros de 5 anos promoveu uma maior distribuição do sistema radicular. Para Li et al. (2004), a variabilidade na distribuição de água aliada às variações da distribuição de nutrientes no bulbo úmido pode interferir no desenvolvimento radicular do cafeeiro. Isso ocorre em função das raízes desta planta crescerem condicionadamente à fertilidade e à presença de água no solo.

A fertirrigação visa fornecer as quantidades de nutrientes requeridas pela cultura no momento adequado ao seu desenvolvimento, atendendo de forma mais eficiente os diferentes estádios fenológicos e reprodutivo redundando em maior eficiência de uso da água e de nutrientes. Os nutrientes mais aplicados através da fertirrigação são aqueles com maior mobilidade no solo e usualmente requeridos nas adubações de cobertura, como o N e o K. Em alguns casos, a fertirrigação com P e Ca, principalmente via gotejamento e em solos com baixos a médios teores destes nutrientes, pode proporcionar melhor rendimento das culturas, favorecendo o desenvolvimento radicular na região do bulbo molhado.

A diagnose foliar é muito eficiente, pois permite diagnóstico nutricional direto e preciso já que a planta é considerada o próprio extrator de nutrientes do solo (Beaufils, 1973). Por conta destes fatores, este trabalho avaliou a concentração de nutrientes nas folhas no período de maior demanda e a distribuição do sistema radicular do cafeeiro cv catuaí no perfil do solo sob condições naturais de precipitação e de fertirrigação.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado no Pólo Regional de Desenvolvimento Tecnológico dos Agronegócios do Nordeste Paulista (21°28'S, 47°01'O e altitude de 663 m), no município de Mococa, utilizando-se plantas de *Coffea arabica* L. da cultivar Catuaí com três anos de idade. O solo foi classificado como Argissolo Vermelho eutrófico de textura média (Embrapa, 1999). O delineamento experimental foi em esquema fatorial 6 x 2 (densidade de plantio e irrigação) em blocos ao acaso. Os tratamentos consistiram de seis espaçamentos: E1 (1,60 x 0,50), E2 (1,60 x 0,75), E3 (1,60 x 1,00), E4 (3,20 x 0,50), E5 (3,20 x 0,75) e E6 (3,20 x 1,00), I e NI, sendo o sistema de irrigação utilizado do tipo localizado por gotejamento na superfície.

As adubações foram realizadas de acordo com Fazuolli et al. (1998), a partir do resultado obtido da análise química do solo. As adubações nas parcelas irrigadas foram realizadas semanalmente através da injeção no sistema de irrigação do fertilizante solúvel Maxsol 20-08-16 + 1Mg + 1,4S + ME, enquanto que nas parcelas sem irrigação as adubações convencionais 20-05-20 foram parceladas em três vezes e efetuadas no período das águas. Para avaliação periódica da solução do solo para auxiliar no monitoramento das fertirrigações foram instalados extratores de solução em três profundidades (0,30; 0,60 e 0,90 m) e em três posições em relação aos emissores (0,0; 0,15 e 0,30m). Para a extração da solução do solo foi utilizada uma bomba de vácuo para produzir uma sucção a 0,6MPa por um período de 12 horas. Na solução do solo foi determinada a condutividade elétrica, o pH, a concentração de amônia e nitrato, além dos principais macro e micronutrientes, conforme métodos descritos por Raij et al. (2001).

Amostras de solo em três camadas (0,0 a 0,20; 0,20 a 0,40 e de 0,40 a 0,60m) das parcelas I e NI foram coletadas para fins de acompanhamento da disponibilidade de nutrientes.

Os tratamentos culturais para controle de ferrugem, bicho mineiro e plantas invasoras foram efetuados de acordo com a necessidade ao longo do ano.

Os dados climáticos foram obtidos da Estação Meteorológica Automática (EMA) situada próximo à área experimental. A umidade do solo foi determinada em intervalos semanais a cada 0,10 m até a profundidade 1 m, utilizando-se uma sonda Sentek (modelo Diviner 2000).

O critério adotado para a avaliação do sistema radicular foi através de amostragens sucessivas de 0,10 em 0,10 m até a profundidade de 1,00 m, em todas as parcelas, de duas repetições, no período de intenso desenvolvimento vegetativo e reprodutivo. Utilizou-se de um trado tipo caneca (Fujiwara et al., 1994) para as amostragens, que foram

retiradas na linha de plantio entre duas plantas e nas entre linhas, sob o tudo gotejador (0,1 m do tronco) e a 0,50 e 0,90 m da planta. Para auxiliar na separação das raízes, foi adicionada uma solução alcoólica de 5% nas amostras, as quais, após 24h, foram lavadas em água corrente. Após a lavagem, foram separadas as etiquetas das amostras que não apresentaram raízes, e através destas foi possível determinar a porcentagem de raízes contidas em cada uma das profundidades.

Para a realização da análise foliar foram coletadas folhas totalmente expandidas e não danificadas, do terceiro par a partir do ápice de ramos plagiotrópicos do terço médio superior das plantas. Após a coleta, as folhas foram encaminhadas para a realização da análise laboratorial, sendo fornecidos valores de macro e micronutrientes, os quais foram comparados a valores considerados adequados, ao nível de desenvolvimento do cafeeiro.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os volumes mensais de precipitações pluviométricas e irrigações são apresentados na figura 1. Apesar do volume anual de chuvas observado em 2008, de 1306 mm ser considerada adequada ao desenvolvimento do cafeeiro, a forma concentrada como ocorreu, de janeiro a abril e de outubro a dezembro, tornou a prática da irrigação fundamental para o desenvolvimento da cultura. Nesta safra, houve perda total das folhas no período de defice.

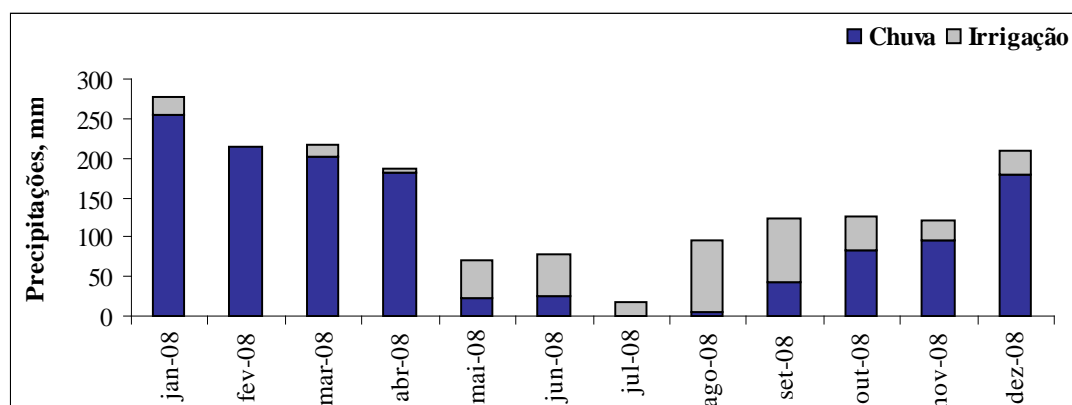


Figura 1 - Valores da precipitação acumulada mensal e da irrigação (mm) observados no ano de 2008, em Mococa-SP.

Os resultados das análises de solo encontram-se na Tabela 1. Nota-se que os valores de V% encontram-se numa faixa adequada para o desenvolvimento do cafeeiro (Fazuoli et al., 1998), porém apresentando algum desequilíbrio entre as bases K, Ca e Mg. O potássio apresentou valores distribuídos entre médios e altos, não havendo grandes diferenças entre as profundidades. O teor de cálcio estava abaixo do adequado. Tal deficiência reflete na acidez do solo e na disponibilidade de alumínio, tornando-se necessária a correção do solo via calagem. O teor de fósforo apresentou-se baixo, principalmente nos tratamentos irrigados.

Tabela 1. Dados analíticos de amostras de terra coletados em novembro de 2008 nas parcelas experimentais em Mococa.

Prof. cm	pH		M.O. %	P mg dm ⁻³	K mmol _c dm ⁻³	Ca	Mg mmol _c dm ⁻³	Al	CTC	V%
	CaCl ₂	H ₂ O								
Tratamentos irrigados										
0-20	4,7	5,3	24,5	14,9	3,6	20,0	11,0	2,0	53,6	64,4
20-40	4,6	5,2	21,0	8,0	2,9	19,0	8,0	1,5	47,9	62,4
40-60	5,0	5,6	17,0	6,1	2,9	18,5	8,5	1,0	45,9	65,1
Tratamentos não irrigados										
0-20	4,3	5,0	20,5	24,0	3,4	17,0	6,5	5,5	46,9	57,4
20-40	4,8	5,4	15,0	6,7	3,2	19,5	7,0	2,0	48,7	61,0
40-60	4,8	5,2	16,0	6,1	2,9	19,0	8,5	1,0	49,4	61,7

Os dados de análises foliares (Tabela 2) indicam deficiência generalizada para a maioria dos macronutrientes nos tratamentos fertirrigados ou não, com teores abaixo dos considerados adequados para o cafeeiro. O nitrogênio e o potássio apresentaram-se em déficit, apesar de as plantas não mostrarem sintomas visuais de tais carências. Provavelmente esse déficit foi causado pela combinação de alguns fatores sazonais de clima, do solo e do estágio reprodutivo, com drenos ativos para os grãos em fase de crescimento e enchimento, bem como menor quantidade de matéria orgânica no solo (Malavolta et al., 1989). Os teores mais elevados de cálcio e de magnésio nas folhas de cafeeiros irrigados em relação aos não irrigados são conseqüências da forma de absorção desses elementos no sistema água-solo-planta-atmosfera. Os dados de micronutrientes (Tabela 3) indicam teores próximos aos considerados adequados para a maioria dos elementos em cafeeiros supridos adequadamente de nutrientes no solo. O ferro e o

mangânês apresentaram valores acima do considerado adequado para o bom desenvolvimento da cultura. Esse aumento provavelmente se deve à baixa aeração no solo devido à compactação bem como à acidez. De forma geral, o excesso de chuvas promove a lixiviação de alguns elementos móveis no solo ou a redução de outros em condições de má drenagem.

Tabela 2 - Teores de macronutrientes observados na análise foliar de cafeeiros Catuaí fertirrigados e sem irrigação com adubação convencional, dezembro de 2008.

	N	P	K	Ca	Mg	S
	%					
Irrigados	2,67 ± 0,05	0,18 ± 0,01	1,56 ± 0,03	1,38 ± 0,05	0,33 ± 0,01	0,47 ± 0,01
Sem irrigação	2,61 ± 0,06	0,20 ± 0,01	1,63 ± 0,03	1,06 ± 0,05	0,27 ± 0,01	0,44 ± 0,02
Adequado	2,9 a 3,2	0,16 a 0,19	2,2 a 2,5	1,3 a 1,5	0,4 a 0,45	0,15 a 0,20

Tabela 3 - Teores de micronutrientes observados na análise foliar de cafeeiros Catuaí fertirrigados e em não irrigados com adubação convencional, dezembro de 2008.

	Fe	Mn	Cu	Zn	B
	mg dm ⁻³				
Irrigados	207,3 ± 24,7	209,5 ± 11,0	15,4 ± 0,9	21,3 ± 1,0	51,1 ± 3,7
Sem irrigação	157,8 ± 19,1	250,8 ± 18,9	14,8 ± 1,5	21,5 ± 2,5	47,7 ± 3,4
Adequado	100 a 150	80 a 100	11 a 14	15 a 20	50 a 60

Em relação ao sistema radicular do cafeeiro (figura 2), observam-se de forma clara duas condições distintas de desenvolvimento. Houve maior presença de raízes, tanto em profundidade quanto lateralmente, nos tratamentos sem irrigação, independentemente da densidade de plantas, provavelmente relacionada à maior necessidade da planta, quando comparado à condição irrigada, de obter água para a manutenção de seus processos vitais. Segundo Freitas (2000), a distribuição espacial do sistema radicular de diferentes cultivares de cafeeiros pode refletir na sensibilidade ao déficit hídrico, sendo que a maior profundidade de raízes é importante para que planta tolere períodos secos, visto que nessas épocas, as camadas superficiais do solo podem apresentar valores abaixo do ponto de murcha permanente (Rena e Guimarães, 2000). Quando irrigados, o sistema radicular ficou restrito num volume menor de solo, corroborando com Fageria (1998), o qual afirma que existem inúmeros fatores que afetam o sistema radicular, dentre eles a umidade do solo. Esses achados foram contrários aos observados por SOARES (2005), o qual demonstrou haver maior distribuição de raízes com o aumento de porcentagem de área molhada. Tal fato permite maior controle na suspensão da irrigação na indução do estresse para sincronização e uniformidade de florescimento. Por outro lado, são necessários cuidados para que não ocorram falhas nas irrigações em períodos de ocorrência de veranicos.

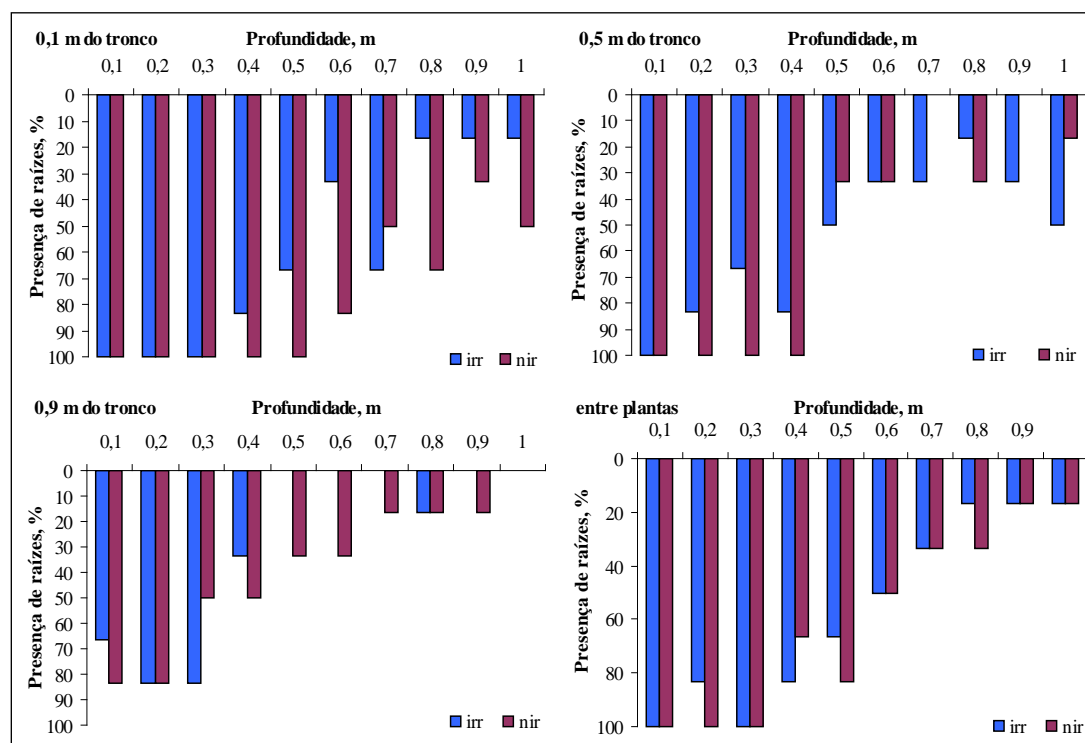


Figura 2 - Presença de raízes (%) observadas no perfil de amostras do sistema radicular de cafeeiros cultivados no espaçamento de 3,2 m entre plantas, até 1,0 m de profundidade, coletas a 0,1 m do tronco e sob a linha de emissor; a 0,5 m do tronco e a 0,4 m do emissor; a 0,9 m do tronco e a 0,8 m do emissor e a 0,4 m entre plantas.

CONCLUSÕES

O presente trabalho possibilitou observar a concentração do sistema radicular num volume de solo, provavelmente restrito ao bulbo úmido formado pelo sistema de irrigação utilizado. Essa condição do sistema radicular facilita o manejo da irrigação para imposição de déficit para sincronização e uniformidade do florescimento. Por outro lado, o maior desenvolvimento do sistema radicular em profundidade e lateralmente nos tratamentos sem irrigação, presume-se maior dispêndio de energia para atender a demanda da planta.

A análise foliar indicou necessidade de ajustes na aplicação de fertilizantes em ambas as situações, fertirrigada e sem irrigação com adubação convencional, de nutrientes de maior mobilidade no solo e também os mais aplicados através da fertirrigação e usualmente requeridos nas adubações de cobertura, como o N e o K.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- FILLIN, E. A.; DADALTO, G. G. Avaliação da fertilidade do solo e do estado nutricional das plantas. In: DADALTO, G. G.; FILLIN, E. A. (Ed). Manual de recomendação de calagem e adubação para o Estado do Espírito Santo: quarta aproximação. Vitória: See; Incaper, 2001. p. 21-55.
- BEAUFILS, E. R. Diagnosis and recommendation integrated system (DRIS): a general scheme of experimentation and calibration based on principles developed from research in plant nutrition. Pietermaritzburg, South Africa: University of Natal, 1973. 132 p. (Soil science bulletin, 1).
- DRUMOND, L. C. D.; FERNANDES, A. L. T.; SANTINATO, R.; MARTINS, C. A. de; SOUSA, G. F.; OLIVEIRA, C. B. de; TEIXEIRA, M. P. de Avaliação da produtividade e qualidade do cafeeiro cultivado em condições de cerrado e irrigado por diferentes sistemas. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA EM CAFEICULTURA IRRIGADA. 8, 2006, Araguari, Anais... p. 26-29.
- EMBRAPA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília, DF. 1999. 412 p.
- FUJIWARA, M., KURACHI, S.A.H., ARRUDA, F.B., PIRES, R.C.M., SAKAI, E. A técnica de estudo de raízes pelo método do trado. Campinas: Instituto Agrônomo, 1994. 9p. (IAC. Boletim Técnico, 153).
- CHRISTOFÍDIS, D. Água: gênese, gênero e sustentabilidade alimentar no Brasil, Brasília, p, 18, [2006].
- FAO. FAOSTAT Data base Query. Disponível em <http://faostat.fao.org/>. Acessado em 07/02/2008.
- MANTOVANI, E. C.; SOARES, A. R. Irrigação do cafeeiro: informações técnicas e coletânea de trabalhos. Viçosa: Associação dos Engenheiros Agrícolas de Minas Gerais: UFV, DEA, 2003, 260p. (Boletim Técnico, 80).
- ALÈGRE, C. Climates et caféiers d'Arabica. Agronomie Tropicale, v.14, p.23-58, [1959].
- RAIJ, B. van. Avaliação da fertilidade do solo. Piracicaba: Instituto da potassa e fosfato, 142p. 1981.
- FAGERIA, N. K. Otimização da eficiência nutricional na produção das culturas. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.2, n.1, p.616,1998.
- FREITAS, R.B., OLIVEIRA, L.E.M., SOARES, A.M., FARIA, M.A., DELÚ FILHO, N. Comportamento fisiológico de dois cultivares de Coffea arabica L. submetidos à duas condições de disponibilidade hídrica. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 1, 2000, Poços de Caldas. Anais... Brasília: Embrapa Café, 2000. v2, pg 917 – 919.
- RENA, A.B. e GUIMARÃES, P.T.G. *Sistema Radicular do Cafeeiro: Estrutura, Distribuição, Atividade e Fatores que o influenciam*. Belo Horizonte: Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais. 2000. 80 p.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. Avaliação do estado nutricional das plantas. Piracicaba: POTAFOS, 1989. 60p.
- MATIELLO, J. B. MIGUEL, A. E.; VIEIRA, E. e Aranha, E. Novas observações sobre os efeitos hídricos no pagamento da florada de cafeeiros. 21º Congresso Brasileiro de Pesquisa Cafeeira. Caxambu, (MG). p. 60.1995.