



UTILIZAÇÃO DA SUBSOLAGEM NA REDUÇÃO DA COMPACTAÇÃO DO SOLO PARA PRODUÇÃO DE CAFÉ CULTIVADO NO CERRADO MINEIRO

André Luís Teixeira Fernandes¹, Felipe Santinato²; Roberto Santinato³

1. Eng. Agrônomo, Ms. Irrigação e Drenagem, Dr. Engenharia Agrícola, Professor e Pesquisador – Universidade de Uberaba e Faculdades Associadas de Uberaba, Av. Nenê Sabino, 1801 – Bloco M, CEP 38055 - 500, Uberaba, MG. Brasil. Fone: (0xx34) 3319 8963, Fax: (0xx34) 3314-8910. E-mail: (andre.fernandes@uniube.br)

2. Agronomo, UNESP, Jaboticabal – SP. E-mail: (fpsantinato@hotmail.com)

3. Engenheiro Agrônomo e Pesquisador, MAPA – Procafé, Campinas - SP. E-mail: (robertosantinato@agricultura.gov.br)

Recebido em: 06/10/2012 – Aprovado em: 15/11/2012 – Publicado em: 30/11/2012

RESUMO

A presença da camada compactada no solo diminui sua profundidade útil, provocando nos cafeeiros prejuízos tanto em época de grande pluviosidade, por excesso de água, que não se escoia através da camada problemática, como em épocas de veranico, por terem um sistema radicular restrito. A dificuldade de expansão do sistema radicular prejudica a absorção de água e nutrientes para a cultura, acarretando em baixas produtividades. Recomenda-se a utilização de subsolador a fim de descompactar essas camadas. No entanto, não se sabe com exatidão o número de passadas do implemento e qual o número de hastes o mesmo deve possuir para a realização de uma operação bem sucedida. Diante disto, objetivou-se no presente trabalho, conduzido em Araguari, MG, por um período de três anos, avaliar a produtividade do cafeeiro Catuaí IAC 51 em função de uma e de duas passadas do subsolador com uma, duas, três e quatro hastes, em três safras consecutivas. Após três safras, concluiu-se que: a) a subsolagem promoveu aumento de produtividade com qualquer número de hastes, de 26 a 65%, comparando-se com a testemunha; b) com duas hastes paralelas à linha de café e com uma subsolagem, verificou-se a maior produtividade média no primeiro triênio de avaliação; c) a utilização de duas subsolagens aumentou a produtividade, na média, em relação a uma só, independente do número de hastes utilizadas.

PALAVRAS-CHAVE: *Coffea arabica* L., subsolagem, camada compactada.

SUBSOILING FOR REDUCTION OF SOIL COMPACTION IN PRODUCTION OF COFFEE GROWN IN BRAZILIAN SAVANNA

ABSTRACT

The presence of the compacted layer in the soil decreases its depth useful in the coffee causing damage both in times of heavy rainfall, by excessive water which

does not flow through the layer problematic, such as in times of moisture stress, by having a root restricted. The difficulty of expansion of the root affect the uptake of water and nutrients to the crop, resulting in low productivity. It is recommended to use the subsoiler in order to decompress these layers. However, no one knows exactly the number of passes of the implement and the number of rods which he must have to carry out a successful operation. The aim of the present study, conducted in Araguari, MG, for a period of 3 years, was study the productivity of coffee Catuaí IAC 51 in function of one and two passes of the subsoiler with one, two, three and four rods in three consecutive seasons. After three crops, it is concluded that: a) the increase in productivity subsoiling promoted with any number of rods, from 26 to 65% comparing with control, b) with two rods parallel to the line of coffee and a subsoiling, there was the highest average productivity in the first period of evaluation and c) the use of two subsoiling increased productivity on average, over one, independent of the number of rods used.

KEYWORDS: *Coffea arabica* L., subsoiling, compacted layer

INTRODUÇÃO

Segundo GONTIJO *et al.*, (2008), a compactação do solo, ocasionada por diferentes intensidades de tráfego, pode provocar danos à estrutura do solo, limitando a produção em lavouras cafeeiras. Estima-se que 68 milhões de hectares em exploração agrícola em todo o mundo estejam em processo de degradação devido à compactação, sendo o tráfego de máquinas agrícolas responsável pela maior parte das causas de compactação nos solos agrícolas (FLOWERS & LAL, 1998).

Trata-se de um processo que se dá naturalmente, pelas chuvas e longos períodos de estiagem, ou artificialmente pela movimentação constante de máquinas que comprimem o solo superficialmente. Na sub-superfície, em camadas de 0,4 a 0,6 m de profundidade, a infiltração e a deposição gradual de argila ao longo do perfil também contribuem para a compactação, bem como a utilização constante de grade e outros implementos que pulverizam o solo sempre na mesma profundidade. A compactação é um processo que varia conforme a textura e o manejo utilizado no solo. A presença da camada compactada diminui a profundidade útil do solo, e os cafeeiros sofrem prejuízos tanto em época de elevada precipitação, pois a água escorre superficialmente e não penetra no solo, como em épocas de veranico, pelo fato dos cafeeiros apresentarem sistema radicular restrito.

Solos compactados apresentam, em geral, maior densidade, grande resistência à penetração e menor porosidade e permeabilidade. Podem ser visualizados nas lavouras, apresentando: sulcos de erosão, água empoçada, crosta superficial e fendas nos rastros dos pneus do maquinário. Na maioria dos casos, a compactação do solo na agricultura ocorre pelo tráfego intenso de implementos agrícolas, que tende a se intensificar em razão da tendência de aumento do tamanho e da potência das máquinas, por permitir economia, trabalhar em larga escala, além de reduzir os custos de mão-de-obra (YAVUZCAN *et al.*, 2005).

As operações mecanizáveis nas lavouras cafeeiras em particular, se restringem a apenas pequenas faixas nas estrelinhas de plantio, obrigando as máquinas a transitarem sempre no mesmo local constantemente (CARVALHO FILHO *et al.*, 2004). Este espaço restrito, próximo à saia do cafeeiro, é onde se

concentra a maior parte de suas raízes ativas e, quando compactado, prejudica o desenvolvimento radicular e, conseqüentemente, a nutrição e a disponibilidade de água para a cultura. Da mesma forma, em Citrus, a compactação é o problema de natureza física de maior ocorrência nos pomares, devido ao elevado tráfego de máquinas e implementos agrícolas (MAZZA *et al.*, 1994). A redução dos macroporos do solo, ocasionada pelo tráfego de máquinas e implementos agrícolas, também propicia aumento na resistência mecânica do solo à penetração vertical e redução na condutividade hidráulica do solo (MINATEL *et al.*, 2006).

Em lavouras cafeeiras com a implantação em áreas aptas à mecanização e cultivo em larga escala, a utilização de máquinas agrícolas e a degradação da estrutura do solo têm sido observadas com maior frequência (GONTIJO *et al.*, 2008).

Em experimento realizado em Uberaba, MG, CORTEZ *et al.*, (2010), avaliaram os parâmetros físico-hídricos do solo (resistência mecânica do solo a penetração, conteúdo médio de água, densidade do solo e porosidade total) com cultivo de café em quatro sistemas de irrigação (pivô central, malha, tubos perfurados a laser e gotejamento) em diversas camadas de solo (0 a 0,50 m) na região do cerrado de Minas Gerais. A resistência mecânica do solo à penetração foi maior para os tubos perfurados a laser. A densidade do solo não diferiu entre os sistemas, nem nas camadas de solo. A porosidade total diferiu na camada de 0,20-0,30 m entre os sistemas de irrigação e as demais camadas. O sistema de pivô central apresentou a maior porosidade total nessa mesma camada.

A técnica da subsolagem, na prática, é frequentemente recomendada para a descompactação do solo, revolvendo camadas adensadas, de forma a facilitar o desenvolvimento das raízes do cafeeiro e a normalizar a penetração de água e o arejamento. Os subsoladores são equipamentos preferencialmente indicados para a descompactação mecânica, devido à formação de fissuras com mínima mobilização do solo. Isso mantém grande parte da cobertura morta e tem pequeno impacto nos teores de matéria orgânica (TORRES *et al.*, 1998), além de proporcionar alta rugosidade da superfície do terreno (SECCO & REINERT, 1997), reduzindo o escoamento superficial (VASQUEZ & DE MARIA, 2003). A subsolagem com aração e gradagem aumenta a porosidade da camada superficial do solo, bem como o potencial de desenvolvimento radicular à curto prazo, como é o caso de culturas como o milho (CORSINI & FERRAUDO, 1999). Em plantios de café com compactação superficial, recomenda-se utilizar o subsolador a uma profundidade de 0,2 a 0,3 m, já em áreas com camadas compactadas mais profundas, utiliza-se o implemento em profundidades de 0,5 a 0,7 m (MATIELLO *et al.*, 2010). A época ideal para realização desta operação é em períodos secos, a fim de destorroar o solo formando blocos.

Segundo ARAÚJO *et al.*, (2004) e BUSSCHER *et al.*, (2002), apesar de positivos, há evidências de que os efeitos de subsolagem são de curta duração; no entanto, são escassos os trabalhos sobre qual a frequência de utilização e qual o número de hastes se deve utilizar nesta prática.

Diante disto, objetivou-se no presente trabalho avaliar a produtividade do cafeeiro Catuaí IAC 51 em função de uma e de duas passadas do subsolador com uma, duas, três e quatro hastes, em três safras consecutivas, em Araguari, MG.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Campo Experimental Izidoro Bronzi,

pertencente à ACA (Associação dos Cafeicultores de Araguari), em Araguari, MG, em cafeeiro cultivar Catuai Vermelho IAC 51 (*Coffa Arabica* L). A lavoura foi estabelecida em 2001, com espaçamento de 3,7 m entre linhas e 0,7 m entre plantas, com 3.861 plantas ha⁻¹. O local situa-se nas proximidades das coordenadas geodésicas 18°33'21,9" latitude Sul e 48°12'25" longitude Oeste, na região do cerrado mineiro, com altitude média de 933 m, declividade de 3%, em um Latossolo amarelo distrófico, segundo critérios da EMBRAPA (2006). A lavoura foi irrigada pelo sistema de gotejamento superficial, com manejo da irrigação feito por critérios climatológicos.

Próximo ao experimento está instalada uma estação agrometeorológica automática com medição contínua dos seguintes elementos meteorológicos: umidade relativa, temperatura média, máxima e mínima, radiação solar global, precipitação, velocidade e direção do vento. Os dados são utilizados para o cálculo do balanço hídrico climatológico da região e para o monitoramento ambiental, principalmente para decisões da melhor época para as pulverizações, dependendo dos dados medidos de temperatura, umidade relativa e velocidade de vento. Na Figura 1, consta o extrato do balanço hídrico normal para a região, com déficit hídrico anual de 155 mm, concentrado no período de abril a setembro.

Os tratamentos utilizados foram: nenhuma subsolagem (testemunha – T1); subsolagem realizada com uma haste (T2); subsolagem realizada com duas hastes (T3); subsolagem realizada com três hastes (T4); subsolagem realizada com quatro hastes (T5); duas subsolagens com uma haste (T6); duas subsolagens com duas hastes (T7); duas subsolagens com três hastes (T8) e duas subsolagens com quatro hastes (T9).

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso, sendo nove tratamentos e quatro repetições, em parcelas uniformes de 30 metros, sendo úteis para as avaliações os 10 metros centrais. A análise estatística dos resultados foi baseada na análise de variância e, quando significativa, foi aplicado o teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

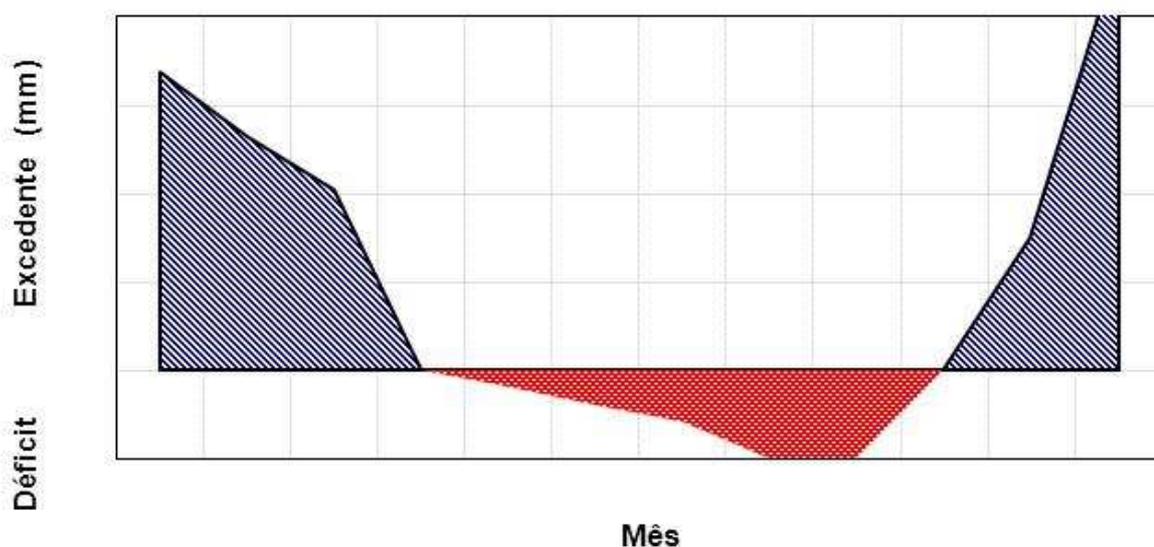


FIGURA 1 – Extrato do balanço hídrico normal para a região, Campo Experimental Izidoro Bronzi, Araguari, MG.

As subsolagens foram realizadas em Setembro de 2009 para os tratamentos com apenas uma passagem do subsolador. Para as parcelas que sofreram duas passadas, as práticas foram realizadas em Setembro de 2009 e Setembro de 2011. Para tal, utilizou-se um subsolador montado, com haste curva, ponteira sem asa de 0,05 m de largura, com espaçamento entre hastes variando conforme seu número. Perfurou-se o solo à profundidade de trabalho de 0,25 m a 0,3 m, após chuvas de 15 a 30 mm. O equipamento foi tracionado por um trator 4x2, com auxílio de tração dianteira, potência do motor de 62,5 kW (85 cv).

Posterior à execução dos tratamentos, procedeu-se a correção do solo através da calagem de acordo com recomendações do MAPA-Procafé (MATIELLO *et al*, 2010). Também se realizou a gradagem, com grade modelo Piccin e disco de 16" com a finalidade de destorroar o solo e aproximadamente após 70 dias, utilizou-se da trincha para eliminação de plantas invasoras e nivelamento do solo, objetivando não prejudicar a colheita.

As avaliações constaram das produções de 2010 (1ª Safra), 2011 (2ª Safra) para as parcelas que passaram por uma única subsolagem, e da produção de 2012 (3ª Safra) para as parcelas que passaram por uma e por duas subsolagens. O café derriçado em cada célula amostral foi separado quanto ao estágio fisiológico, mensurado em recipiente graduado e posteriormente convertido para o equivalente em café beneficiado (kg ha^{-1}), conforme descrito por MATIELLO *et al.*, (2010).

Os demais tratos nutricionais, fitossanitários e culturais foram efetuados com base nas recomendações vigentes para a região pelo MAPA- PROCAFÉ.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 2 consta o extrato do balanço hídrico climatológico para os dois últimos anos do experimento, demonstrando-se claramente o aumento considerável do déficit hídrico na região a partir de abril de cada ano.

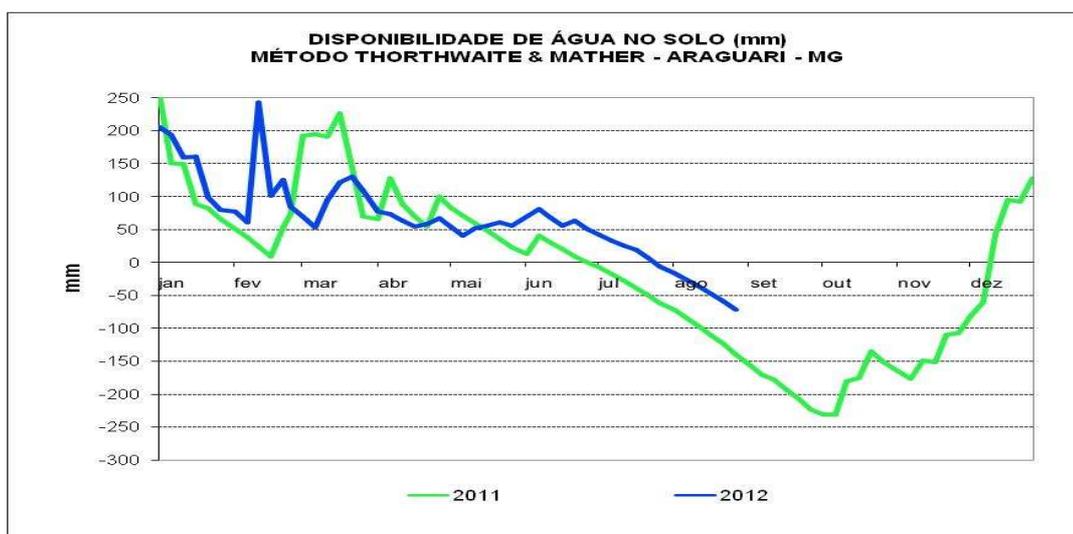


FIGURA 2 – Extrato do balanço hídrico de 2011 e 2012 (até agosto), Campo Experimental Izidoro Bronzi, Araguari, MG.

Na Tabela 1 estão dispostos os resultados de produção no primeiro triênio (2010 a 2012) para os cafeeiros submetidos à subsolagem em 2009. Verificou-se a superioridade de todos os tratamentos subsolados em relação à testemunha, com incremento de 26 a 65% na média das três safras analisadas. Essa superioridade dos tratamentos subsolados é devido à redução da compactação do solo com a prática da subsolagem. Segundo DIAS JÚNIOR (2000), a compactação causada pelo tráfego de máquinas pode alterar a distribuição de poros por tamanho e, por conseguinte, alterar a retenção e a distribuição de água no solo, efeito esse mais pronunciado em lavouras irrigadas, como é o caso do presente experimento.

A baixa produtividade das plantas devido à compactação do solo também foi verificada por ABERCROMBIE & DU PLESSIS (1995), que relatam que a elevação da densidade do solo pode comprometer o potencial máximo de produção de laranja, pois influencia diretamente na resistência do solo à penetração das raízes, na aeração e na condutividade hidráulica do solo.

TABELA 1 – Produção do cafeeiro submetido à subsolagem (2009) por número variável de hastes. Resultados do primeiro triênio 2010 a 2012, Campo Experimental Izidoro Bronzi, Araguari, MG.

Tratamentos	Produtividade - Sacas de café beneficiadas ha ⁻¹				
	1ª Safra (2010)	2ª Safra (2011)	3ª Safra (2012)	Média das 3 Safras	R %
Testemunha	29,8 d	72,3 ab	14,0 d	38,7 c	100
Subsolagem com 1 haste	43,3 c	87,1 a	25,5 c	51,6 b	+33
Subsolagem com 2 hastes	48,5 b	93,3 a	50,2 a	64,0 a	+65
Subsolagem com 3 hastes	57,6 a	63,9 b	25,4 c	48,9 b	+26
Subsolagem com 4 hastes	61,7 a	76,1 ab	36,2 b	58,0 a	+49
CV (%)	10,77	16,51	19,97	24,28	

*Tratamentos seguidos das mesmas letras nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott- knott a 5% de probabilidade

Não ocorreram diferenças significativas para produção do cafeeiro quando se realizou a subsolagem com uma e com três hastes; no entanto, estas tiveram menores produtividades que as parcelas subsoladas por duas e quatro hastes. CAMARGO & ALLEONI (1997) observaram que dentre as limitações que um solo pode impor à planta, a compactação pode causar restrição ao crescimento e desenvolvimento radicular, afeta direta e indiretamente a produção das plantas.

Os resultados expressos na Tabela 2 evidenciam a superioridade em produção dos cafeeiros submetidos a uma e a duas passagens do subsolador, de 81 a 295% em relação à testemunha.

TABELA 2 - Subsolação de 2 e 2 anos na produção de lavoura de café com adensamento pronunciado (25/30 cm) em solo de cerrado latossolo amarelo distrófico – Duas subsolações (2009 e 2011) – resultado primeiro ano após segunda subsolação. Campo Experimental Izidoro Bronzi, Araguari, MG.

Tratamentos		Produção (Sacas de café beneficiadas ha ⁻¹)	R %
1.	Testemunha	14,0 d	100
2.	1 haste – 1 subsolação 2009	25,5 c	+ 82
3.	2 hastes – 1 subsolação 2009	50,2 a	+ 258
4.	3 hastes – 1 subsolação 2009	25,4 c	+ 81
5.	4 hastes – 1subsolação 2009	36,2 b	+ 158
6.	1 haste – 2 subsolações (09/11)	32,9 b	+ 135
7.	2 hastes – 2 subsolações (09/11)	55,3 a	+ 295
8.	3 hastes – 2 subsolações (09/11)	38,1 b	+ 172
9.	4 hastes – 2 subsolações (09/11)	47,8 a	+ 241
CV (%)		14,51	

*Tratamentos seguidos das mesmas letras nas colunas não diferem entre si pelo teste de Scott- knott a 5% de probabilidade

Os melhores tratamentos foram: duas subsolações com duas hastes, uma subsolação com duas hastes e duas subsolações com quatro hastes, não havendo diferença significativa entre elas.

Em curto prazo, resultado de uma safra, nota-se que a utilização de apenas uma passada do subsolador de duas hastes se mostrou o melhor tratamento estudado, pois promoveu a maior produção do cafeeiro e por economizar gastos com os custos operacionais de uma passada extra do conjunto trator-implemento.

CONCLUSÕES

Após 3 safras, pode-se concluir que:

- A subsolação promoveu aumento de produtividade com qualquer número de hastes, (1,2,3 ou 4) de 26 a 65% em relação a testemunha.
- Com duas hastes paralelas a linha de café e com uma subsolação, verifica-se a maior produtividade média (+65%) no primeiro triênio de avaliação.
- A utilização de duas subsolações aumentou a produtividade (+37%) em média em relação a uma só, independente do número de hastes utilizadas.
- Com subsolação de 2 em 2 anos, duas e quatro hastes, promovem, as maiores produtividades.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABERCROMBIE, R.A.; DU PLESSIS, S.F. The effect of alleviating soil compaction on yield and fruit size in an established Navel orange orchard. **Journal of the African Society for Horticultural Sciences**, Pretoria, v.5, n.2, p.85-9, 1995.

ARAUJO, M.A.; TORMENA, C.A.; INOUE, T.T. & COSTA, A.C.S. Efeitos da **ENCICLOPÉDIA BIOSFERA**, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v.8, n.15; p. **1654** 2012

escarificação na qualidade física de um Latossolo Vermelho distroférico após treze anos de semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. 28: 495-504, 2004.

BUSSCHER, W.J.; BAUER, P.J. & FREDERICK, J.R. Recompaction of a coastal loamy sand after deep tillage as a function of subsequent cumulative rainfall. **Soil Till. Res.**, 68:49-57, 2002.

CAMARGO, O.A.; ALLEONI, L.R.F. **Compactação do solo e o desenvolvimento das plantas**. Piracicaba: USP, 1997. 132p.

CARVALHO FILHO, A.; DA SILVA, R.P. & FERNANDES, A.L.T. Compactação do solo em cafeicultura irrigada. Uberaba, Universidade de Uberaba, 2004. 44p. (Boletim Técnico, 3).

CORSINI, P.C.; FERRAUDO, A.S. Efeitos de sistemas de cultivo na densidade e macroporosidade do solo e no desenvolvimento radicular do milho em latossolo roxo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.34, n.2, p.289-98, 1999.

CORTEZ, J.W.; FERNANDES, A.L.T.; CARVALHO FILHO, A.; DA SILVA, R.P.; FURLANI, C.E.A. Modificação dos parâmetros físico-hídricos do solo sob diferentes sistemas de irrigação na cafeicultura. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.5, n.2, p.244-249, abr./jun. 2010.

DIAS JUNIOR, M.S. Compactação do solo. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H. & SCHAEFER, C.E., eds. **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. v.1. p.55-94.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Brasília, DF, 2006 Rio de Janeiro. 412 p.

FLOWERS, M. & LAL, R. Axle load and tillage effect on soil physical properties and soybean grain yield on a Mollic Ochraqualf in Northwest Ohio. **Soil Till. Res.**, 48:21-35, 1998.

GONTIJO, Ivoney et al . Atributos físico-hídricos de um latossolo de cerrado em diferentes posições de amostragem na lavoura cafeeira. **Rev. Bras. Ciênc. Solo**, Viçosa, v. 32, n. 6, dez. 2008.

MATIELLO, J.B.; SANTINATO, R.; GARCIA, A.W.R.; ALMEIDA, S.R.A.; FERNANDES, D.R. **Cultura do Café no Brasil: Manual de Recomendações**. Rio de Janeiro e Varginha: Fundação Procafé, 2010. 542p.

MAZZA, J.A.; VITTI, G.C.; PEREIRA, H.S.; MENEZES, G.M.; TAGLIARINI, C.H. Influência da compactação no desenvolvimento de sistema radicular de cítrus: sugestão de método quantitativo de avaliação e recomendações de manejo. **Laranja**. Cordeirópolis, v.15, n.2, p.263-75, 1994.

MINATEL, A.L.G.; ANDRIOLI, I.; CENTURION, J.F.; NATALE, W. Efeitos da

subsolagem e da adubação verde nas propriedades físicas do solo em pomar de citros. **Engenharia Agrícola**. Jaboticabal, v.26, n.1, p.86-95, 2006.

SECCO, D. & REINERT, D.J. Efeitos imediatos e residual de escarificadores em Latossolo Vermelho escuro sob PD. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 16, p. 52-61, 1997.

TORRES, E.; SARAIVA, O.F.; PICCININ, J.L.; FARIAS, J.R.B.; GALERANI, P.R. & GAZZIERO, D.L.P. Avaliação de sistemas de preparo do solo, rotação de culturas e semadura da soja. Londrina, Embrapa Soja, 1998 (Série Documentos).

VASQUEZ, E.V. & DE MARIA, I.C. Influencia del Laboreo sobre la rugosidad del suelo y la retención de agua en um Ferrasol. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 29., Ribeirão Preto, 2003. **Anais...** Ribeirão Preto, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003.

YAVUZCAN, H.G.; MATTHIES, D. & AUERNHAMMER, H. Vulnerability of Bavarian silty loam soil to compaction under heavy wheel traffic: Impacts of tillage method and soil water content. **Soil Till. Res.**, 84:200-215, 2005.