

ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS SEQUENCIAIS NO MUNICÍPIO DE IGARAPÉ AÇÚ, PARÁ.

Cleo Marcelo de Araújo Souza¹, Fabiano dos Santos Freitas², Claudio José Reis de Carvalho³, Steel Silva Vasconcelos³ e Osvaldo Ryohei Kato³

RESUMO: A degradação do solo provoca modificações em suas propriedades com reflexos na qualidade da produção agrícola. Este estudo foi desenvolvido para quantificar as alterações no comportamento físico do solo em sistemas de corte-e-trituração e de corte-e-queima da vegetação secundária. Foram determinadas a porosidade total, a densidade, a curva de resistência à penetração do solo e a velocidade de infiltração no solo nas profundidades de 0-5; 5-10; 10-20 e 20-30 cm. Os resultados dos sistemas de manejo com corte-e-queima e corte-e-trituração apresentaram altos valores de densidade e resistência à penetração do solo, influenciando negativamente a infiltração e o armazenamento de água no solo em relação à vegetação secundária. Os resultados também mostraram que o sistema de manejo com corte e trituração propiciou condições favoráveis ao desenvolvimento radicular na camada mais superficial do solo.

Palavras-chave: Resistência à penetração do solo, densidade do solo, porosidade total do solo, velocidade de infiltração de água, sistemas de manejo.

ABSTRACT: Soil degradation promotes changes in soil properties that reflects on agricultural production quality. This study was conducted to quantify changes on physical soil behavior in slash-and-mulch and slash-and-burn systems of secondary vegetation. Were determined the total porosity, density, penetration resistance and the water infiltration speed in 0-5, 5-10, 10-20 and 20-30 cm of soil depth. The results of the management with slash-and-burn and slash-and-mulch systems showed high values of density and soil penetration resistance, featuring a negative impact on water infiltration speed and water supply in soil when compared with the secondary vegetation. Results also showed that the management with slash-and-mulch system provided favorable conditions for root development in the superficial layer of soil.

Key-words: Resistance to penetration, soil density, soil total porosity, water infiltration speed, management systems.

Introdução

Nos solos tropicais e subtropicais, a implantação de sistemas agrícolas de baixa sustentabilidade tem causado um rápido declínio no potencial produtivo dos solos, devido às rápidas perdas de matéria orgânica e à degradação da estrutura do solo (CUNHA et. al., 2009). Esse declínio é potencializado com o uso, em larga escala, de sistemas agrícolas intensivamente impactantes (ex. mecanização e agricultura itinerante de corte e queima). A capacidade do solo em prover o sistema radicular de condições físicas adequadas para o crescimento e desenvolvimento das plantas pode ser alterada pelas práticas de manejo. Essas modificações influenciam a produtividade das culturas por meio das alterações na disponibilidade de água, na porosidade de aeração, densidade e na resistência do solo à penetração das raízes. A quantificação e a compreensão do impacto dessas práticas sobre o comportamento físico do solo são fundamentais no desenvolvimento de sistemas agrícolas sustentáveis (BRANDÃO et al., 2009).

1 - Ms.C., Analista, Embrapa Amazônia Oriental, E-mail: cleo@cpatu.embrapa.br.

2 - Bolsista ITI-A do CNPq, Universidade Federal Rural da Amazônia.

3- Ph.D., Pesquisador A, Embrapa Amazônia Oriental, E-mail: carvalho@cpatu.embrapa, steel@cpatu.embrapa.br; kato@cpatu.embrapa.br.

No nordeste paraense, o principal sistema de preparo utilizado na agricultura ainda é o método de derruba e queima da vegetação secundária. Entretanto, um modelo alternativo tem sido testado desde 1995, através de um projeto de cooperação bilateral entre a Embrapa Amazônia Oriental e o governo alemão, conhecido como TIPITAMBA (SHIFT-Capoeira), a fim de diminuir o impacto ao solo, evitando a eliminação da vegetação secundária pela queimada.

O objetivo deste trabalho foi caracterizar o impacto do sistema alternativo de corte-e-trituração e do sistema tradicional de corte-e-queima sobre o comportamento físico do solo no município de Igarapé Açu, Pará, utilizando como parâmetros indicadores a porosidade total, a densidade, a curva de resistência à penetração do solo, a velocidade de infiltração e a infiltração acumulada de água no solo.

Metodologia

O experimento foi desenvolvido na Fazenda Escola de Igarapé-Açu (FEIGA), pertencente à Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), localizada no município de Igarapé Açu (PA), nordeste do estado do Pará, coordenadas 01°07'33" S e 47°37'27" W, em solo classificado como Latossolo Amarelo, textura média. O clima é classificado segundo Köppen como "Am", com precipitação anual entre 2000 e 3000 mm, caracterizada por período chuvoso (janeiro a julho), e temperatura média anual de 24,9 °C.

Os tratamentos avaliados foram: a) Derruba da vegetação sem queima (corte e trituração), que consistiu em vários ciclos de corte e trituração da vegetação em *pousio* utilizando um equipamento motomecanizado (TRITUCAP), associada com enriquecimento de *pousio* com leguminosas arbóreas de rápido crescimento e fixadoras de nitrogênio atmosférico (*Racosperma mangium*, *Sclerobium paniculatum* e *Inga edulis*). O material triturado foi distribuído uniformemente sobre o solo; b) Derruba da vegetação com queima (corte e queima), que consistiu de vários ciclos de corte e queima da vegetação em *pousio* e c) vegetação secundária de aproximadamente 20 anos de *pousio* (área de referência). Entre períodos de *pousio*, trituração e queima, foram cultivados ciclos de arroz, milho, feijão caupi e mandioca nos tratamentos estudados.

Em setembro de 2007, foram coletadas amostras compostas de três amostras simples de solo nas profundidades de 0-5 cm, 5-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm, totalizando seis (6) amostras compostas por tratamento. Em cada ponto, o solo foi coletado e peneirado em malha de 2 mm, seco ao ar e acondicionado em sacos plásticos até a realização das análises físicas e químicas no Laboratório de Solos da Embrapa Amazônia Oriental, em Belém, Pará.

A análise granulométrica e densidade aparente do solo (amostras indeformadas de solo nas quatro profundidades coletadas de anéis de Kopecky) foram realizadas segundo metodologia proposta pela Embrapa (1997); a resistência à penetração do solo foi medida com um penetrômetro portátil, Pocket Dial Geotester T16, segundo metodologia de Stolf (1991). A porosidade total foi calculada com a

equação $PT = (Dr - Da / Dr) * 100$, onde **PT** é a porosidade total; **Da** é a densidade aparente; **Dr** é a densidade real (EMBRAPA, 1997).

A velocidade de infiltração básica do solo (VIB) e a infiltração acumulada (IA) foram avaliadas durante 150 minutos, utilizando-se cilindros concêntricos com carga variável. Os cálculos se basearam nas equações de Kostiakov (1932), apud Libardi (2005): $VIB = a.n.T^{n-1}$ e $IA = a.T^n$, em que **I** = infiltração acumulada; **a** e **n** = constantes dependentes do solo (adimensionais); **T** = tempo (BRANDÃO et al., 2009).

Foi utilizado delineamento inteiramente casualizado, obedecendo a um esquema fatorial 3 (tratamento) x 4 (profundidade), com 6 repetições. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey (5%).

Resultados e Discussão

A caracterização física e química do solo apresentada na tabela 01 mostrou que, independente do sistema de uso estudado, há uma tendência de aumento dos valores de densidade do solo com o aumento da profundidade. Entretanto, houve diferença significativa para densidade do solo apenas nas camadas de 0-5 cm e 5-10 cm, sendo que os manejos de corte e queima e corte e trituração foram, estatisticamente, mais compactados nessas camadas em relação à capoeira. Os resultados de densidade do solo estão de acordo também com os encontrados por Marcolan et al. (2009) quando avaliaram a densidade do solo em sistemas semelhantes no Município de Igarapé-Açu, porém, os seus resultados mostraram que a densidade foi maior no sistema com queima da capoeira, e menor na capoeira, em relação ao sistema de manejo com trituração da capoeira.

Segundo Marcolan et al. (2009), a ação antrópica, tanto pela queima quanto pela trituração da vegetação, elevaram significativamente a densidade aparente do solo nas camadas mais superficiais, resultado observado tanto no manejo tradicional (derruba e queima) quanto no manejo sem o uso de fogo (derruba e trituração). Esse resultado pode ser justificado pelo uso de tratores pesados durante o corte e trituração da área experimental e pela obstrução dos poros do solo pela dispersão de partículas finas provocadas pela queima da matéria orgânica (CARVALHO et al., 1997; FREITAS 2005; MARCOLAN et al., 2009; TRINDADE et al., 2010).

Foi observado um significativo aumento dos valores de resistência à penetração do solo nos tratamentos de corte-e-queima e corte-e-trituração em relação à capoeira em todas as profundidades. Entretanto, apenas camada mais superficial, a resistência à penetração foi significativamente maior no sistema corte-e-queima em relação ao sistema corte-e-trituração. Os valores de resistência à penetração observados neste experimento, atingiram o máximo 5,7 MPa (20 – 30 cm) e não atingiram o valor crítico para o desenvolvimento radicular, que segundo Carvalho et al. (2008), podem variar de 6,0 a 7,0 MPa em solos arenosos (Tabela 01). Entretanto, para Tormena e Roloff (1996), a formação de camada compactada se caracteriza por valores maiores que 2,0 MPa, limite crítico que pode

influenciar no desenvolvimento das culturas, embora diferentes espécies de plantas possam crescer em diferentes valores de resistência crítica (WATANABE et al., 2000).

Foram observados maiores valores de porosidade total nas primeiras camadas do solo (0 – 5 e 5 – 10 cm), independente do tratamento analisado, porém, na camada de 0 – 5 cm, a porosidade total foi significativamente maior na vegetação secundária. Nas demais camadas, não houve diferença significativa para essa variável ao longo do perfil entre os tratamentos. Segundo Cardoso Júnior (2001), a porosidade total está intimamente relacionada com a densidade, ou seja, quanto maior a densidade, menor a porosidade total, e estes parâmetros também estão relacionados com a estrutura do solo e ao sistema de manejo utilizado (BERVALD et al., 2004; FREITAS, 2005)

Segundo Camargo e Alleoni (1997), a compactação do solo é resultado, dentre outros fatores, dos aumentos da densidade e da resistência à penetração e da diminuição da porosidade do solo, e é uma das principais causas do processo de degradação, constituindo um dos mais sérios fatores de restrição ao desenvolvimento das plantas.

Na figura 1, observam-se as curvas com os valores médios da velocidade de infiltração e infiltração acumulada em relação ao tempo de infiltração. Ambos os tipos de manejo diminuíram significativamente (Tabela 02) a VIB em relação à capoeira, provavelmente, devido ao processo de compactação (SOUZA; ALVES, 2003). Esses resultados corroboram com os encontrados nos trabalhos de Leite e Medina (1984), Corrêa (1985), Cavenage et al., (1999) e Centurion et al., (2001). Segundo esses autores, a velocidade de infiltração de água indica diferenças no comportamento hidrodinâmico do solo em função da alteração de sua estrutura e reflete as condições físicas do solo, como estrutura, porosidade e ausência de camadas compactadas.

No manejo com a vegetação secundária triturada, os resíduos vegetais são mantidos na superfície do solo, enquanto que, no sistema com a queima da vegetação secundária, o solo fica exposto à degradação pelo impacto das gotas das chuvas e pela ação do fogo, diminuindo a estabilidade do solo e como consequência ocorre a diminuição da qualidade estrutural do solo, proporcionando aumento da densidade e resistência à penetração (MARCOLAN et al., 2009)

Conclusões

Os sistemas de manejo com corte e queima e corte e trituração da capoeira apresentaram altos valores de densidade e resistência à penetração do solo, influenciando negativamente a infiltração e o armazenamento de água no solo em relação à vegetação secundária.

O sistema de manejo com corte e trituração da capoeira propiciou condições favoráveis ao desenvolvimento radicular na camada mais superficial do solo, com menor resistência à penetração, em relação ao manejo de derruba e queima da capoeira.

Agradecimentos

À Embrapa Amazônia Oriental, pelo apoio financeiro por meio do projeto TIPITAMBA - Manejo da capoeira na agricultura da Amazônia sem o uso do fogo. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo apoio financeiro na forma de bolsa ITI-A. Aos empregados do Laboratório de Ecofisiologia Vegetal e Propagação de Plantas, pelo apoio na execução da pesquisa.

TABELA 01 - Parâmetros físicos do solo em sistemas agroflorestais sequenciais no município de Igarapé Açú, Pa.

Prof. (cm)	AG	AF	S	AT	DA	RP	PT
	-----g kg ⁻¹ de solo-----				kg m⁻³	MPa	%
<i>Sistema de corte e trituração</i>							
0 - 5	430 Aa	352 Aa	132 Aa	86 Ac	1,3 Ab	1,1 Bc	52,4 Ba
5 - 10	364 Aa	396 Aa	127 Aa	113 Abc	1,3 Aab	2,7 Ab	51,6 Aa
10 - 20	366 Aa	368 Aa	140 Aa	127 Ab	1,5 Aa	5,4 Aa	43,7 Ab
20 - 30	350 Aa	344 Aa	120 Aa	187 Aa	1,5 Aa	5,7 Aa	44,0 Ab
<i>Sistema de corte e queima</i>							
0 - 5	467 Aa	303 Aa	124 Aa	107 Ac	1,3 Ab	1,8 Ac	51,2 Ba
5 - 10	389 Aa	325 Aa	146 Aa	140 Abc	1,3 Ab	2,6 Ab	51,8 Aa
10 - 20	418 Aa	312 Aa	123 Aa	147 Ab	1,4 Aa	5,3 Aa	45,8 Ab
20 - 30	331 Aa	350 Aa	133 Aa	186 Aa	1,6 Aa	5,6 Aa	40,8 Ab
<i>Vegetação secundária (capoeira)</i>							
0 - 5	443 Aa	368 Aa	89 Ba	100 Ac	0,9 Bb	0,3 Cc	67,9 Aa
5 - 10	375 Aa	416 Aa	96 Ba	113 Abc	1,2 Bb	0,6 Bc	56,0 Ab
10 - 20	437 Aa	353 Aa	64 Ba	146 Ab	1,5 Aa	2,0 Bb	44,0 Ac
20 - 30	405 Aa	322 Aa	100 Ba	173 Aa	1,5 Aa	4,9 Ba	43,1 Ac

Prof. = Profundidade; **AG** = Areia grossa; **AF** = Areia fina; **S** = Silte; **AT** = Argila total; **DA** = Densidade aparente; **RP** = Resistência a penetração; **PT** = Porosidade total. Média seguida de letra minúscula (profundidade) e maiúscula (tratamentos) iguais, não difere estatisticamente pelo teste de Tukey (5%).

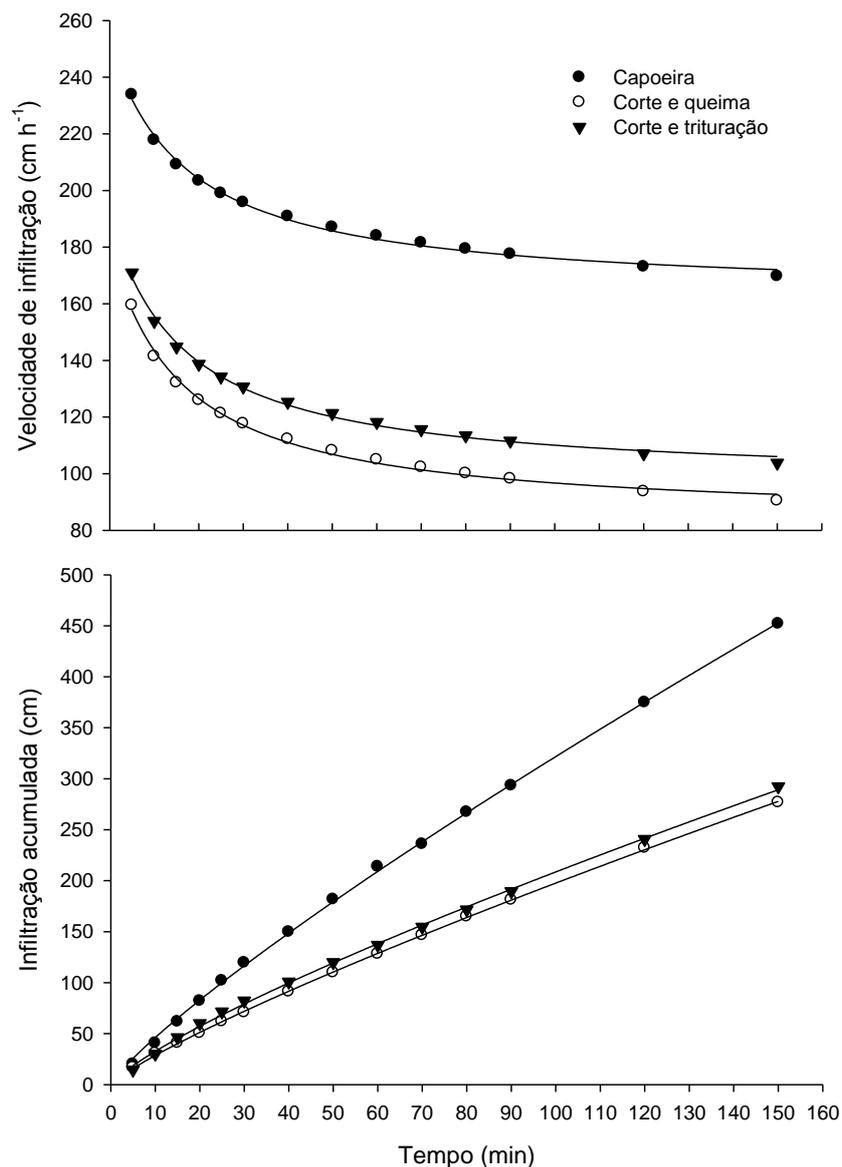


FIGURA 01 - Velocidade de infiltração e infiltração acumulada no solo em sistemas agroflorestais sequenciais no município de Igarapé Açú, Pará.

TABELA 02 – Valores médios, equações e coeficientes de determinação das velocidades de infiltração básica em função dos sistemas agroflorestais sequenciais no município de Igarapé Açú, Pará.

Tratamento	Médias	VI (cm h ⁻¹)	R ²
Capoeira	169,71 a	VI = 269,74x ^{-0,093}	0,9989
Corte e queima	90,42 b	VI = 215,41x ^{-0,146}	0,9998
Corte e trituração	103,83 b	VI = 207,61x ^{-0,167}	0,9999

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem significativamente pelo teste de Tukey (5%).

Referências Bibliográficas

- BERVALD, C. M. P.; KATO, O. R. REICHERT, J. M.; REINERT, D. J. Determinação do efeito de diferentes sistemas de manejo de capoeira nas propriedades físicas de um latossolo amarelo na Amazônia Oriental. **XV Reunião Brasileira de Manejo e Conservação de Solo e Água**. Santa Maria, 2004. Disponível em: <http://w3.ufsm.br/ppgcs/congressos/XVRBMCSA_SM/Da1_Mig/Cl%3vis%20M.%20Priebe%20Ber%20vald%202.pdf> Acesso em: 02 de agosto de 2011.
- BRANDÃO, V. S.; CECÍLIO, R. A.; PRUSKI, F. A.; SILVA, D. D. **Infiltração da água no solo**. 3.ed. Atualizada e ampliada – Viçosa: Ed. UFV, 2009.
- CAMARGO, O. A.; ALLEONI, L. R. F. **Compactação do solo e o desenvolvimento das plantas**. Piracicaba: DEGASPAR, 1997. 132p.
- CARDOSO JÚNIOR, E. Q. **Alterações físicas e químicas de solos sob efeito de manejos para recuperação de pastagem (*Brachiaria humidicola*, Rendle), no município de Castanhal, Pará**. Dissertação (Mestrado em Agronomia)- Faculdade de Ciências Agrárias do Pará, Belém, 2001, 105p.
- CARVALHO, E. J. M.; COSTA, M. P.; VELOSO, C. A. C. **Caracterização físico-hídrica de um Podzólico Vermelho-Amarelo textura arenosa/média sob diferentes usos, em Igarapé-Açú, Pará**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 1997. 22p. (Embrapa Amazônia Oriental. Boletim de Pesquisa, 174).
- CARVALHO, L. A.; NETO, V. J.M.; SILVA, L. F.; PEREIRA, J. G.; NUNES, W. A. G. A.; CHAVES, C. H. C. Resistência mecânica do solo à penetração (RMP) sob cultivo de cana-de-açúcar, no município de Rio Brillhante, MS. **Agrarian**, v. 1, n. 2, p. 7-22, 2008.
- CAVENAGE, A.; MORAES, M. L. T.; ALVES, M. C. A.; CARVALHO, M. A. C.; FREITAS, M. L. M.; BUZETTI, S. Alterações nas propriedades físicas de um Latossolo Vermelho-Escuro, sob diferentes culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, n. 4, p. 997-1003, 1999.
- CENTURION, J. F.; CARDOSO, J. P.; NATALE, W. Efeito de formas de manejo em algumas propriedades físicas e químicas de uma Latossolo Vermelho em diferentes agroecossistemas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 5, n. 2, p. 254 - 258, 2001.
- CORRÊA, J. C. Características físicas de um Latossolo Amarelo muito argiloso. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 11, p. 1381 - 1387, 1985.
- CUNHA, J. L. X. L.; ALBUQUERQUE, A. W.; SILVA, C. A.; ARAÚJO, E.; SANTOS JÚNIOR, R. B. Velocidade de infiltração da água em um latossolo amarelo submetido ao sistema de manejo plantio direto. **Revista Caatinga**. v. 22, n. 1, p. 199-205, 2009
- EMBRAPA. CNPS. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. Ed. Atual. Rio de Janeiro, 1997. 212p.
- FREITAS, L. de S. **Efeito de sistemas de manejo sobre a matéria orgânica e algumas propriedades químicas e físicas do solo, em área de cerrado, no Município de Redenção-PA**. Dissertação (Mestrado em Agronomia)- Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2005, 80p.
- KOSTIAKOV, A. N. On the dynamics of the coefficient of water-percolation in soils and on the necessity for studying it from a dynamic point of view for purposes of amelioration. **Trans. 6th Comm. Intern. Soc. Soil Sci.**, Moscou, Part A, p.17-21. 1932.

LEITE, J. A.; MEDINA, F. B. Efeito dos sistemas de manejo sobre as propriedades físicas de um Latossolo Amarelo do Amazonas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 19, n. 11, p. 1417 - 1422, 1984.

LIBARDI, P. L. **Dinâmica da água no solo**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2005. 335p.

MARCOLAN, A. L.; LOCATELLI, M. FERNANDES, S. R. Atributos químicos e físicos de um Latossolo e rendimento de milho em diferentes sistemas de manejo da capoeira. **Comunicado Técnico 352**, Embrapa, Porto Velho, RO, nov, 2009, p.6.

SOUZA, Z. M.; ALVES, M. C. Movimento de água e resistência à penetração em um Latossolo Vermelho distrófico de Cerrado, sob diferentes usos e manejos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 7, n. 1, p. 18 - 23, 2003.

STOLF, R. Teoria e tese experimental de fórmulas de transformação dos dados de penetrômetro de impacto em resistência do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 15, p. 229 - 235, 1991.

TORMENA, C. A.; ROLOFF, G. Dinâmica da resistência à penetração de um solo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 20, n. 2, p. 333 - 339, 1996.

TRINDADE, E. F. S. Comportamento físico-hídrico de um argissolo amarelo distrófico sob diferentes sistemas de manejo no nordeste paraense. **Amazônia: Ciência e Desenvolvimento**. Belém, v. 05, n. 10, jan/jun, 2010.

WATANABE, S. H.; TORMENA, C. A.; ARAUJO, M. A.; GONÇALVES, A. C. A.; SILVA, A. P.; PINTRO, J. C.; COSTA, A. C. S.; VIDIGAL FILHO, P. S. Resistência do solo à penetração e porosidade de aeração de um latossolo vermelho sob plantio direto por dois anos. **Acta Scientiarum**, v. 22. n. 4, p. 1055-1060, 2000.