

EFEITO DO PREPARO MECANIZADO DO SOLO SOBRE ALGUNS PARÂMETROS FÍSICO-HÍDRICOS DO SOLO NO NORDESTE PARAENSE¹

**Eduardo Jorge Maklouf CARVALHO²
Expedito Ubirajara GALVÃO³
Carlos Alberto Costa VELOSO²
Maria Regina Freire MÖLLER⁴
Areolino Oliveira MATOS⁵**

RESUMO: Este trabalho, realizado em área de agricultor, município de Tracuateua-PA, em solo Latossolo Amarelo textura média, objetivou avaliar o efeito do preparo mecanizado sobre alguns parâmetros físicos do solo. Foram selecionadas as áreas: a) citros mecanizado - capoeira com três anos, preparada mecanicamente, onde se efetuou o plantio de citros + caupi nas entrelinhas; b) capoeira - área em pousio por três anos. Os resultados mostram que o uso de mecanização de forma indiscriminada causou um processo de compactação neste solo, quando comparado à área de capoeira, a qual mostra condições físicas mais adequadas ao desenvolvimento das plantas. A baixa disponibilidade de água pode comprometer o rendimento das culturas, em casos de ocorrência de veranicos, indicando que maiores atenções devem ser dadas na efetivação de práticas de manejo, de modo a permitir a manutenção da umidade por mais tempo.

TERMOS PARA INDEXAÇÃO: Solos, Preparo Mecanizado, Física, Matéria Orgânica.

EFFECT OF MECHANIZED SOIL PREPARATION IN SOME PHYSICAL AND HYDRIC PARAMETERS OF THE SOIL IN THE NORTHEAST REGION OF PARA STATE

ABSTRACT: This work was conducted in a farmer's area of the district of Tracuateua, in soil classified as LA, medium textured, to evaluate the effects of mechanized soil preparation in some physical and hydric soil parameters of the soil. Two areas were selected, as follows: a) Fallow, with three years of age mechanically prepared, where citrus were planted intercropped with cowpea; b) Three years fallow as a control plot.. The results showed that the use of machinery caused soil compaction when compared to the control plot, which had better physical conditions for plant growth. Low water availability that may eventually occurs in a short period during the rainy season, locally called "veranicos", can decrease yield of crops, indicating that more attention should be given to the utilization of management practices to keep adequate soil moisture for longer period of time.

INDEX TERMS: Tropical Soil, Land Preparation, Fallow, Crop Growth

¹ Aprovado para publicação em 09.12.1998

² Engenheiro Agrônomo, Dr., Pesquisador da Embrapa Amazônia Oriental, Professor Visitante da FCAP

³ Engenheiro Agrônomo, M.Sc., Pesquisador da Embrapa Amazônia Oriental

⁴ Química Industrial, Dra., Pesquisadora da Embrapa Amazônia Oriental, Professora Visitante da FCAP

⁵ Engenheiro Agrônomo, Dr., Pesquisador da Embrapa Amazônia Oriental

1 - INTRODUÇÃO

A região do nordeste paraense apresenta elevada densidade demográfica e possui uma significativa infra-estrutura de transporte, energia e comunicação. Esta região é composta por 36 municípios e detém 22 % da população do Estado, ocupando uma área de 8 227 000 ha.

O processo tradicional de praticar agricultura na região depende exclusivamente da derrubada e queima dos destroços da vegetação arbórea e/ou arbustiva. Entretanto, este sistema vem se modificando através do preparo do solo com uso de tratores, sistema que vem se expandindo na região do nordeste paraense, mesmo entre os pequenos produtores, e mostra evidências de que trará modificações fundamentais na tecnologia agrícola com a incorporação de insumos industriais como adubos químicos, defensivos e até mesmo herbicidas.

Esse sistema tem se mostrado viável quando a fronteira agrícola dentro da propriedade suporta a pressão do número de pessoas que dela dependem.

Segundo Conto et al (1996), o uso de tratores e implementos agrícolas na região do

tropical úmido brasileiro tem sido considerado como inadequado e incompatível com a pequena propriedade e com a sustentabilidade do meio ambiente. Contudo, um número significativo de pequenos produtores da região nordeste paraense, sem a intervenção de órgãos de pesquisa e com pouca orientação do serviço de extensão rural, vem buscando formas de acesso ao uso de tratores para o preparo de solo.

Entretanto, nos últimos anos ocorreu uma significativa alteração no processo produtivo, onde o uso de insumos industrializados, em especial os fertilizantes químicos, passou a fazer parte do cotidiano de muitos produtores. Na maioria das propriedades, as máquinas e equipamentos, tradicionalmente limitados ao machado, foice, enxada e terçado, foram substituídos pelo uso de tratores e implementos agrícolas.

A aquisição de máquinas e equipamentos através de associações de produtores tem sido a forma encontrada para viabilizar o acesso dos pequenos produtores a esses fatores de produção. O uso de equipamentos que possibilitem o cultivo contínuo do solo com culturas anuais, como são o caso do trator e da tração animal, contribuem para a

preservação das áreas de matas e capoeiras, além de otimizarem o uso da infra-estrutura social já existente, ao contrário do método tradicional que impõe a contínua busca de novas áreas para abrigar o crescimento da população do meio rural.

A mudança provocada no processo de preparo do solo é imprescindível para que se atinja um maior equilíbrio visando à agricultura sustentável na região, mantendo-se as culturas anuais integradas ao processo produtivo do pequeno produtor.

A introdução do trator no preparo do solo das pequenas propriedades é uma modificação no processo tecnológico de certo modo desconhecido pelos pesquisadores e mesmo visto como fato isolado pelos extensionistas há pouco tempo. Por outro lado, a Embrapa Amazônia Oriental não tem desenvolvido pesquisas para avaliar o impacto que o uso da mecanização causa, tanto ao solo, vegetação, microfauna e outros elementos do complexo solo-planta, no que se refere ao conhecimento de sua adequação econômica ao processo produtivo.

Deste modo, esta pesquisa tem por objetivo avaliar o efeito da mecanização sobre alguns parâmetros físico-hídricos do solo, na microrregião do nordeste paraense.

2- MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido em área de agricultor, na localidade conhecida como Arraial de São João, no município de Tracuateua, Estado do Pará, geoposicionada

entre os paralelos 1° 9' 57" de latitude sul e 47° 37' 56" de longitude oeste, em solo Latossolo Amarelo textura média, onde foram selecionadas duas áreas contíguas, submetidas aos seguintes sistemas de preparo: a) Citros mecanizado: área de capoeira com três anos de idade, preparada com trator de esteira, arada e gradeada, onde foi efetuado plantio de citros, e entre as linhas de plantio, o caupi; b) capoeira: área em pousio por três anos. Em cada uma das áreas selecionadas foram abertas três trincheiras onde coletaram-se amostras indeformadas em anéis volumétricos de 100 cm³, nas profundidades de 0-10, 10-20, 20-30, 30-40 e 40-60 cm, para determinação da densidade do solo, macroporosidade, microporosidade e retenção de água. Nas mesmas condições foram retiradas amostras deformadas para determinação da granulometria, densidade de partículas, retenção de água a 1500 kPa e matéria orgânica. As determinações foram efetuadas no Laboratório de Solos / Seção de Física da Embrapa Amazônia Oriental, seguindo metodologia descrita no Manual de Métodos de Análise de Solos (EMBRAPA. SNLCS, 1979). A análise de variância dos resultados utilizou o modelo inteiramente casualizado, sendo a comparação de médias efetuada pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

O carbono orgânico foi determinado pelo método que utiliza o dicromato de potássio, ácido sulfúrico concentrado e solução fosfórica a 5%, sendo a titulação feita com sulfato ferroso amoniacal. Dessa forma, tendo-se os teores de carbono orgânico, calculou-se a matéria orgânica pela fórmula:

$$M.O = \% \text{ de } C_{org} \cdot 17,24 \quad (\text{g.kg}^{-1}) \quad (2)$$

A granulometria foi determinada pelo método da pipeta. A densidade de partículas (Dp) pelo método do balão volumétrico, utilizando álcool etílico como líquido penetrante para medir o volume do solo. A densidade do solo (Ds) foi determinada pelo método do anel volumétrico com capacidade para conter amostra indeformada de 100 cm³. A porosidade total (Pt) foi calculada pela equação $Pt = (1 - Ds / Dp)$. A microporosidade foi obtida através dos resultados das amostras submetidas à aplicação de tensão equivalente a 6kPa. A macroporosidade resultou da diferença entre porosidade total e microporosidade. A retenção de água nas tensões de 6, 10, 30, 100, 300 e 500kPa foi determinada com amostras indeformadas, previamente saturadas com água, sobre placa de cerâmica porosa, mediante a aplicação das referidas tensões em equipamento apropriado conhecido como Câmara de Richards. A água retida a -1500 kPa foi obtida em amostras deformadas submetidas ao mesmo procedimento.

Os resultados de retenção de água nas tensões de 6, 10, 30, 100, 300, 500 e 1500 kPa, bem como os dados de porosidade total, utilizados como umidade de saturação, foram usados como pontos observados na confecção das curvas características de retenção de água, as quais foram ajustadas de acordo com o modelo proposto por Van Genuchten (1980), representado pela equação:

$$\theta = \theta_r + \frac{\theta_s - \theta_r}{[1 + (a \cdot |\psi_{mat}|)^n]^m} \quad (1)$$

onde:

θ = umidade do solo (m³ . m⁻³)

θ_r = umidade volumétrica residual (m³ . m⁻³)

θ_s = umidade volumétrica do solo saturado (m³ . m⁻³)

ψ_{mat} = potencial mátrico (kPa)

α , m e n = parâmetros da equação.

O ajuste foi efetuado pelo método que considerou $\theta_s = \theta_{max}$, com $\psi_m = 0$ e, $\theta_r = \theta_{min}$, com $\psi_m = -1500$ kPa.

No cálculo da água disponível foram considerados, respectivamente, como capacidade de campo (CC) e ponto de murcha permanente (PMP) os potenciais mátricos -6 e -1500 kPa.

3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios das frações granulométricas nas diferentes profundidades para os sistemas utilizados são apresentados na Figura 1. Esses resultados mostram, como é característico destes solos, que a fração areia (grossa + fina) é predominante, variando, ao longo do perfil, no plantio de citros + caupi, de 640 a 760 g.kg⁻¹, e a fração argila de 140 a 260 g.kg⁻¹. Na capoeira estes valores foram de 730 a 760 g.kg⁻¹ para areia e de 120 a 180g.k⁻¹ para argila. Como pode-se observar, as diferenças texturais são pequenas, sendo ambas as áreas pertencentes à classe textural Franco Arenosa, para todas as camadas avaliadas.

Os resultados médios de matéria orgânica para os diferentes tratamentos e profundidades são apresentados na Figura 2. A análise desses dados mostra uma diminuição dos teores dessa componente em profundidade. Este comportamento é mais evidente da camada superficial para a subsequente, estando relacionado à deposição

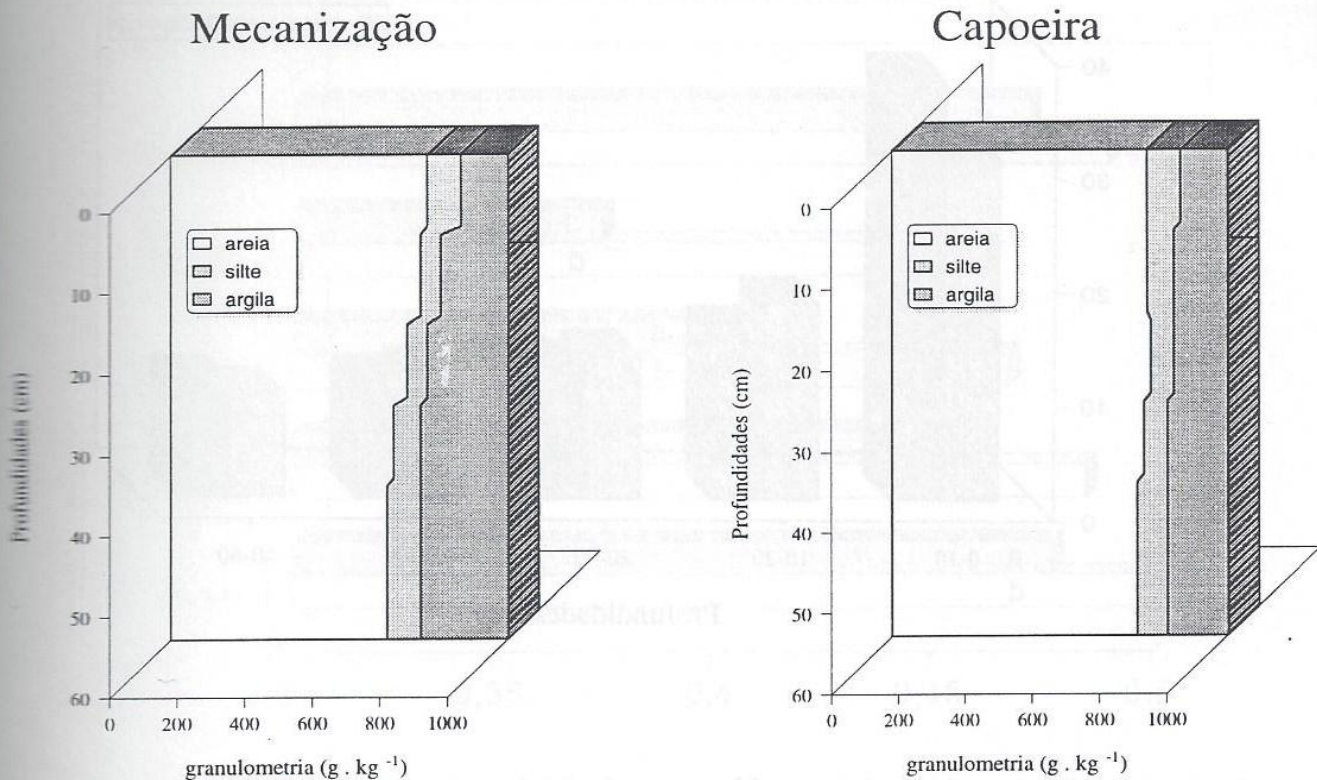


Figura 1 - Valores médios das frações granulométricas em diferentes profundidades para os sistemas estudados.

superficial de resíduos animais e vegetais que a matéria orgânica representa (Brady, 1989), bem como pela natureza superficial das raízes da maioria dos vegetais, (Sanchez, 1981), resultando em um teor mais elevado de matéria orgânica na superfície. Quando se comparam os tratamentos, observa-se que, no tocante à camada superficial, a capoeira apresentou valores médios de matéria orgânica superiores à área mecanizada, em função deste tratamento ter ficado em pousio durante 3 anos, havendo acúmulo dos restos vegetais (parte aérea e raiz) da vegetação presente nesta área.

As Figuras 3, 4, 5 e 6 apresentam, respectivamente, os valores médios para densidade do solo, porosidade total, macroporosidade e microporosidade, com os respectivos teste de Tukey a 5 % de probabilidade. A comparação de médias foi

feita por profundidade, sendo que nas figuras as letras só foram colocadas nas profundidades que apresentaram diferenças estatísticas significativas.

Pela análise dos valores médios obtidos para densidade do solo apresentados na Figura 3, observa-se um aumento significativo desta variável na área mecanizada, para todas as camadas amostradas, com ênfase nas profundidades de 10-20 e 20-30 cm, onde este aumento foi mais intenso, alcançando-se valores de 1,63 kg . dm⁻³, em função, provavelmente, do maior impacto dos implementos agrícolas nesta faixa de solo.

Para porosidade total, os resultados médios, exibidos na Figura 4, mostram que houve diferenças estatísticas significativas entre as duas áreas estudadas, em todas as

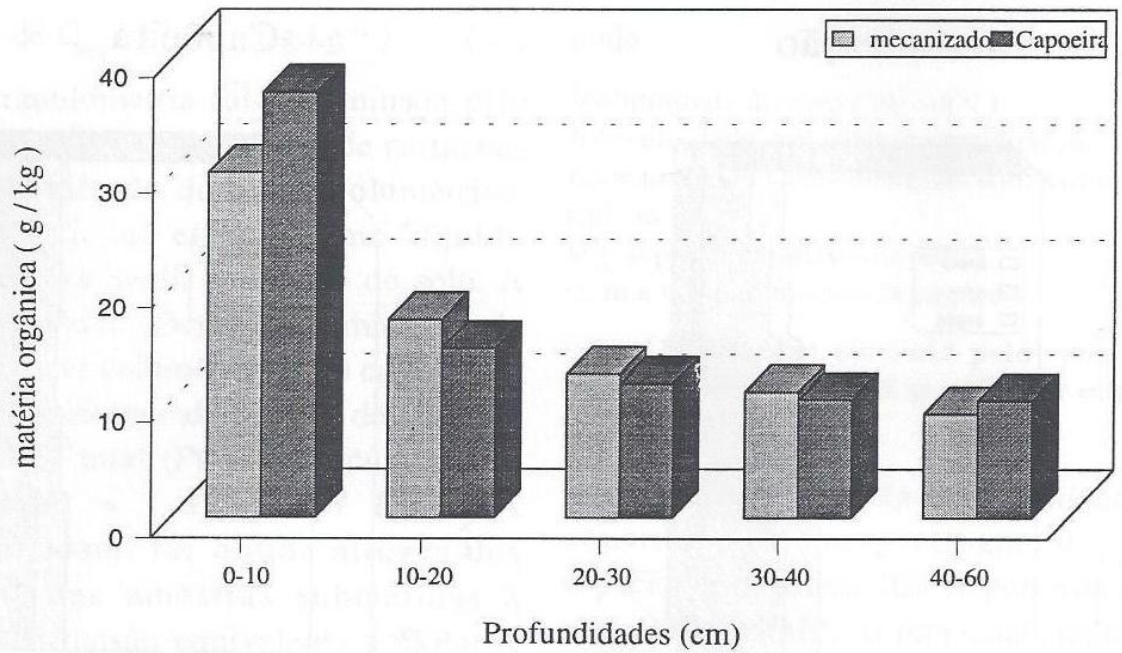


Figura 2 - Valores médios de matéria orgânica em diferentes profundidades para os sistemas estudados.

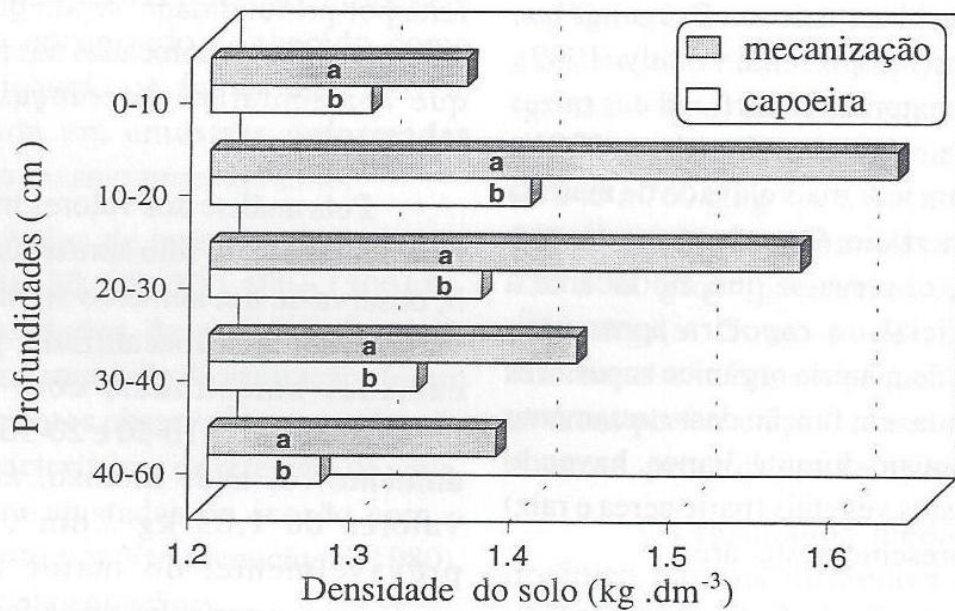
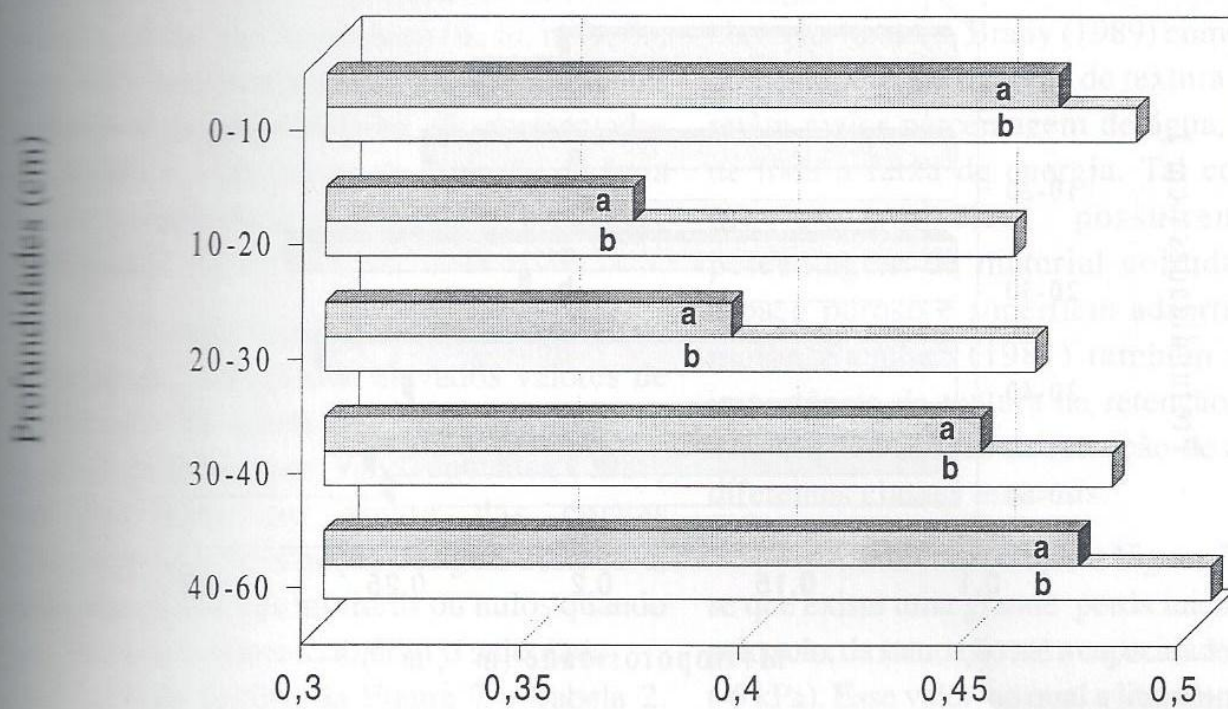


Figura 3 - Valores médios de densidade do solo em diferentes profundidades para os sistemas estudados.



Porosidade total (m³.m⁻³)

Figura 4 - Valores médios de porosidade total em diferentes profundidades para os sistemas estudados.

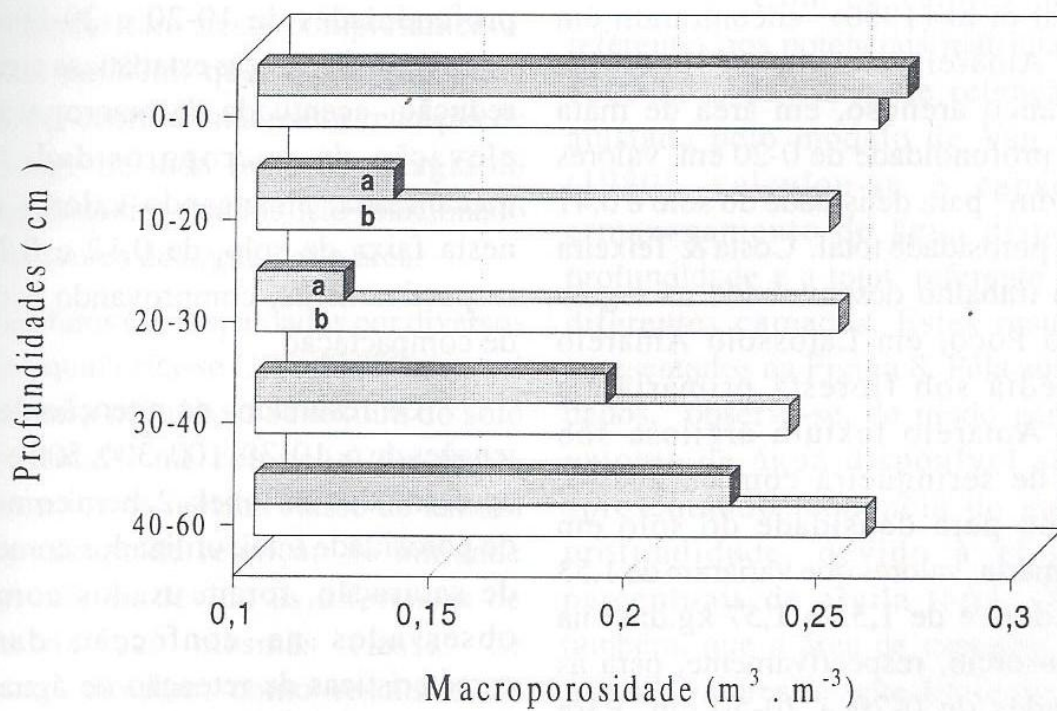


Figura 5 - Valores médios de macroporosidade em diferentes profundidades para os sistemas estudados.

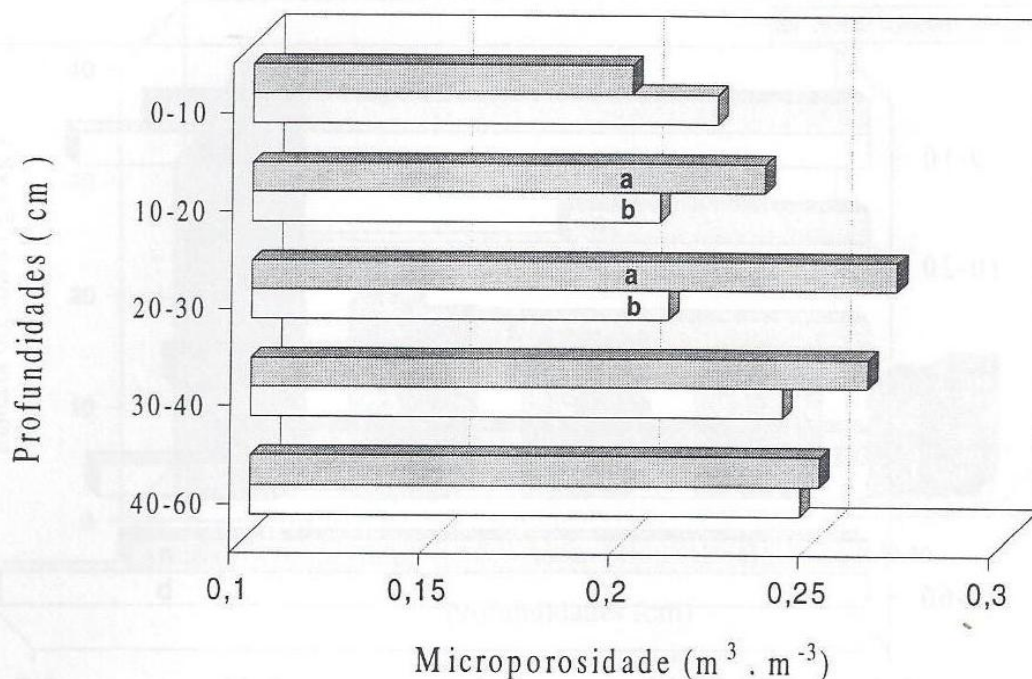


Figura 6 - Valores médios de microporosidade em diferentes profundidades para os sistemas estudados.

profundidades, sendo que na área mecanizada houve redução nos valores desta variável, sendo a faixa de 10-30 cm, como já ocorrido para densidade, a mais afetada, com valores de $0,37 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$.

Falesi et al (1980) encontraram em Latossolo Amarelo textura média classe textural franco arenoso, em área de mata virgem, na profundidade de 0-20 cm, valores de $1,53 \text{ kg} \cdot \text{dm}^{-3}$ para densidade do solo e $0,41 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$ para porosidade total. Costa & Teixeira (1992), em trabalho desenvolvido na região de Capitão Poço, em Latossolo Amarelo textura média sob floresta primária, e Latossolo Amarelo textura argilosa sob consórcio de seringueira com cacaueteiro, encontraram para densidade do solo em floresta primária, valores que variaram de $1,53$ a $1,49 \text{ kg} \cdot \text{dm}^{-3}$ e de $1,55$ a $1,57 \text{ kg} \cdot \text{dm}^{-3}$ na área do consórcio, respectivamente, para as profundidades de 0-20 a 20-50 cm. Para porosidade total, os valores médios das duas

profundidades foram de $0,42 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$ nos dois sistemas.

Os resultados obtidos para macroporosidade (Figura 5) e microporosidade (Figura 6) evidenciam, nas profundidades de 10-20 e 20-30 cm, onde ocorreram diferenças estatísticas significativas, redução acentuada da macroporosidade e elevação da microporosidade na área mecanizada, alcançando valores extremos, nesta faixa de solo, de $0,12$ e $0,27 \text{ m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$, respectivamente, comprovando a ocorrência de compactação.

Os resultados de retenção de água nas tensões de 6, 10, 30, 100, 300, 500 e 1500 kPa, apresentados na Tabela 2, bem como os dados de porosidade total, utilizados como umidade de saturação, foram usados como pontos observados na confecção das curvas características de retenção de água, as quais foram ajustadas pelo modelo de Van

Genuchten (1980). Os parâmetros referentes à Equação de Van Genuchten (α , m , n , θ_r , θ_s) e o coeficiente de ajuste (ca), para os diferentes tratamentos e profundidades, são apresentados na Tabela 1, e as curvas de retenção de água para os tratamentos e profundidades estudadas, na Figura 7.

Os resultados apresentados na Tabela 1 mostram, através dos elevados valores de coeficiente de ajuste dos dados (ca), que o modelo proposto por Van Genuchten (1980) foi eficiente no ajuste das curvas características de retenção de água deste solo, obtendo-se desvios mínimos ou nulos quando se compara o observado com o calculado.

Pela análise da Figura 7 e Tabela 2, observa-se, de modo geral, que existe uma tendência de aumento da retenção de água com o aumento da profundidade amostrada, estando isto associado ao aumento dos teores de argila total em profundidade, como se pode observar na Figura 1. A exceção se faz para a camada superficial, onde os maiores teores de matéria orgânica interferiram neste comportamento. Observa-se, também, que, à exceção desta profundidade, ocorreu uma maior retenção de água ao longo de toda faixa de energia no preparo mecanizado, estando isto relacionado aos maiores teores de argila nesta área.

Tais fatos são respaldados por diversos autores, dos quais cita-se Costa (1979), o qual reporta-se que a influência da textura do solo é muito grande na retenção de água. Entretanto, solos da mesma classe de textura podem ter curvas de retenção de umidade diferentes, não só devido às diferenças de granulometria nas mesmas classes de textura, mas, também, como resultado de diferenças de teor em matéria orgânica, tipo

de argila e diferenças de microestrutura com elas relacionadas. Brady (1989) complementa, comentando que os solos de textura mais fina retêm maior percentagem de água, ao longo de toda a faixa de energia. Tal condição é prevista por eles possuírem maior percentagem de material coloidal, maior espaço poroso e superfície adsortiva muito maior. Sanchez (1981) também mostra a importância da textura na retenção de água, ao comparar curvas de retenção de água para diferentes classes texturais.

Ainda com relação a Figura 7, observa-se que existe uma grande perda inicial de água pelo solo, da saturação até a capacidade de campo (-6 kPa). Esse valor, ao qual a literatura se refere como porosidade drenável, é muito elevado neste solo e, em consequência, os valores de água disponível para as plantas são baixos, podendo causar sérios problemas para as culturas, principalmente para as de ciclo curto, em casos de ocorrência de veranicos, Carvalho (1997).

Com os valores de umidade referentes aos potenciais matriciais de -6 e -1500 kPa, da curva de retenção de água ajustada pelo modelo de Van Genuchten (1980), calculou-se a capacidade de armazenamento de água disponível por profundidade e a total, referente à soma das diferentes camadas. Estes resultados são apresentados na Figura 8. Pela análise desses dados, observa-se, de modo geral, que os valores de água disponível são baixos, apresentando tendência de aumento em profundidade, devido à elevação nos percentuais de argila total. Observa-se, também, que a área de capoeira apresentou maiores valores de água disponível para todas as profundidades.

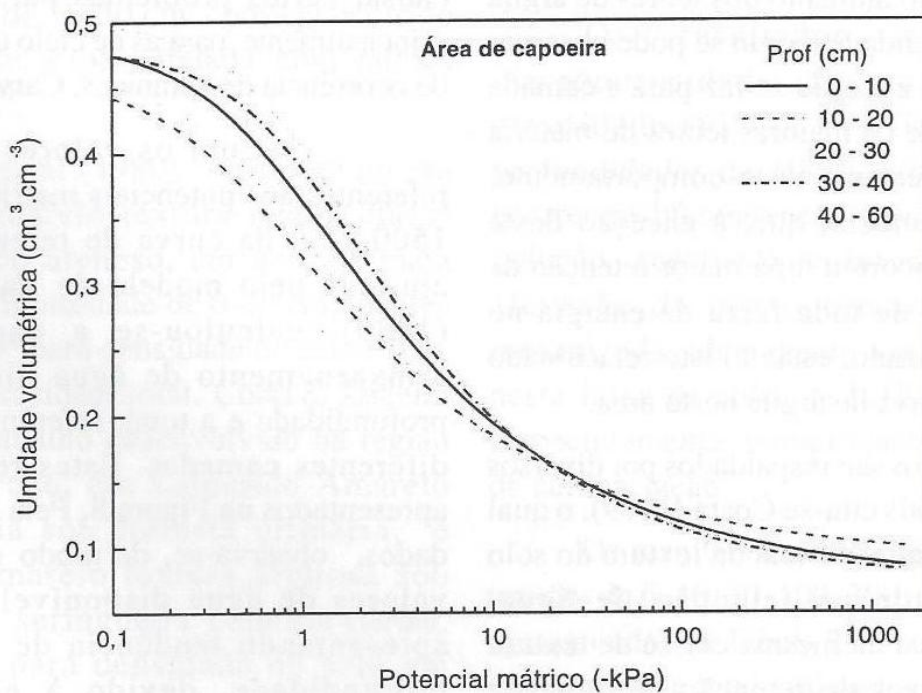
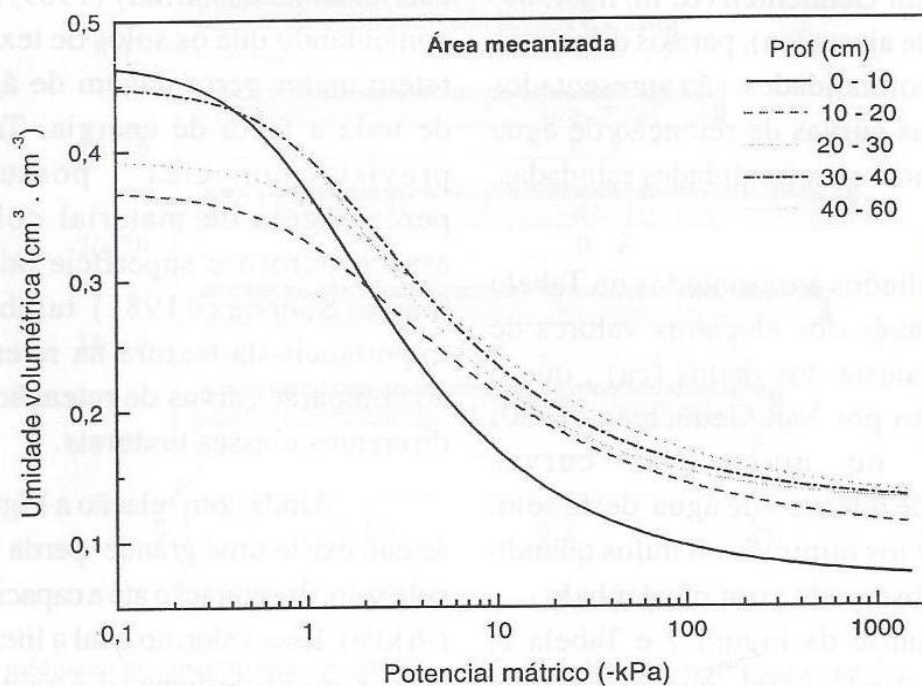


Figura 7 - Curva de retenção de água ajustada ao modelo de Van Genuchten, para os sistemas de preparo e profundidades estudadas.

Tabela 1 - Parâmetros referentes à equação de Van Genuchten (1980) para os diferentes tratamentos e profundidades, usando-se o método no qual os valores extremos de umidade foram fixados em: $q_s = q_{max}$ e $q_r = q_{min}$, com n dependente de m .

Tratamentos	Profundidade (cm)	Parâmetros da equação de Van Genuchten					
		α (1/cm)	m	n	θ_r	θ_s	ca
mecanizado	0-10	0,1116	0,3619	1,5671	0,069	0,468	1,000
capoeira	0-10	0,1799	0,2943	1,4171	0,071	0,485	0,998
mecanizado	10-20	0,0806	0,2875	1,4035	0,098	0,370	0,997
capoeira	10-20	0,2671	0,2895	1,4074	0,088	0,458	0,998
mecanizado	20-30	0,0611	0,3023	1,4332	0,124	0,393	0,997
capoeira	20-30	0,2094	0,2975	1,4234	0,077	0,463	0,998
mecanizado	30-40	0,0799	0,3414	1,5183	0,126	0,450	1,000
capoeira	30-40	0,1138	0,3234	1,4780	0,071	0,480	0,996
mecanizado	40-60	0,1028	0,3554	1,5513	0,126	0,473	0,999
capoeira	40-60	0,1138	0,3323	1,4976	0,074	0,502	0,996

Tabela 2 - Valores médios de umidade, em diferentes tensões e profundidades, para os sistemas de manejo utilizados.

Tratamento	Profundidade de (cm)	Umidade ($m^3 \cdot m^{-3}$)						
		Tensão (kPa)						
		6	10	30	100	300	500	1500
mecanizado	0-10	0,199	0,172	0,129	0,099	0,078	0,075	0,069
capoeira	0-10	0,223	0,193	0,150	0,121	0,105	0,100	0,071
mecanizado	10-20	0,235	0,213	0,179	0,146	0,130	0,124	0,098
capoeira	10-20	0,207	0,183	0,151	0,129	0,115	0,111	0,088
mecanizado	20-30	0,268	0,244	0,206	0,170	0,153	0,149	0,124
capoeira	20-30	0,209	0,181	0,144	0,119	0,105	0,103	0,077
mecanizado	30-40	0,262	0,237	0,194	0,159	0,143	0,139	0,126
Capoeira	30-40	0,241	0,185	0,143	0,117	0,106	0,097	0,071
mecanizado	40-60	0,250	0,220	0,183	0,154	0,139	0,135	0,126
capoeira	40-60	0,245	0,186	0,146	0,120	0,016	0,095	0,074

4 - CONCLUSÃO

Os resultados deste trabalho permitem concluir que o solo mecanizado sofreu compactação, apresentando condições físicas menos adequadas ao desenvolvimento das plantas quando comparado ao solo da área de capoeira.

A elevada porosidade drenável deste solo, com conseqüente baixo armazenamento de água, pode comprometer o rendimento das culturas, em casos de ocorrência de veranicos, indicando que maiores atenções devem ser dadas na efetivação de práticas de manejo, de modo a permitir a manutenção da umidade deste solo por mais tempo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRADY, N.C. **Natureza e propriedades dos solos**. 7. ed. São Paulo: F. Bastos, 1989. 878p.
- CARVALHO, E.J.M. , COSTA, M.P. da, VELOSO, C.A.C. **Caracterização físico-hídrica de um Podzólico Vermelho Amarelo textura arenosa/média sob diferentes usos, em Igarapé-Açu, Pará**. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 1997. 22p. (Boletim de Pesquisa, 174).
- CONTO, A. J. de, HOMMA, A. K. O., GALVÃO, E. U. P., FERREIRA, C. A. P., CARVALHO, R. A. de. A mecanização na pequena propriedade da região nordeste paraense do Estado do Pará. Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 34., 1996, Aracaju. *Anais...*, Brasília: SOBER, 1996. v.1. p.385-410.
- COSTA, J.B. **Caracterização e constituição do solo**. 29.ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1979. 527p.
- COSTA, M.P. DA, TEIXEIRA, L.B. **Caracterização físico-hídrica de Latossolo Amarelo da Região de Capitão Poço, Pará**. Belém: EMBRAPA-CPATU, 1992. 23p. (Boletim de Pesquisa, 133)
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro, 1979. "não paginado".
- FALESI, I.C., BAENA, A.R.C., DUTRA, S. **Conseqüências da exploração agropecuária sobre as condições físicas e químicas dos solos da microregião do nordeste paraense**. Belém: EMBRAPA-CPATU, 1980. 49p. (Boletim de Pesquisa, 14)
- SANCHEZ, P.A. **Suelos del trópicos: características y manejo**. San José: IICA, 1981. 634p. (Libros y Materiales Educativos, 48).
- VAN GENUCHTEN, M.T. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soil. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, v.44, n.5, p.892-898, 1980.