



MINISTÉRIO DA AGRICULTURA — MA
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária — EMBRAPA
Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Úmido — CPATU

1º Simpósio
do Trópico Úmido

1st Symposium
on the Humid Tropics

1er Simposio
del Trópico Húmedo

ANAIS
PROCEEDINGS
ANALES

Volume I

CLIMA e SOLO

CLIMATE and SOIL

CLIMA y SUELO

BELEM - PARÁ - BRASIL

1986



MINISTÉRIO DA AGRICULTURA — MA
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária — EMBRAPA
Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Úmido — CPATU

1º Simpósio do Trópico Úmido

1st Symposium
on the Humid Tropics

1^{er} Simpósio
del Trópico Húmedo

Belém, Pará, 12 a 17 de Novembro de 1984

Belém, November 12 through 17, 1984

Belém, 12 a 17 de novembre de 1984

ANAIS PROCEEDINGS ANALE

Volume I

CLIMA e SOLO

CLIMATE and SOIL

CLIMA y SUELO

BELÉM - PARÁ - BRASIL



MINISTÉRIO DA AGRICULTURA — EMBRAPA
EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA
CENTRO DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DO TRÓPICO ÚMIDO — CPATU

EMBRAPA-CPATU. Documentos, 36

Exemplares desta publicação podem ser solicitados à
EMBRAPA-CPATU

Trav. Dr. Enéas Pinheiro s/n

Telefone: 226-6622

Telex: (091) 1210

Caixa Postal, 48

66000 Belém, PA - Brasil

Tiragem: 1.000 exemplares

Observação

Os trabalhos publicados nestes anais não foram revisados pelo Comitê de Publicações do CPATU como normalmente se procede para as publicações regulares. Assim sendo, todos os conceitos e opiniões emitidos são de inteira responsabilidade dos autores.

Simpósio do Trópico Úmido, I, Belém, 1984.

Anais. Belém, EMBRAPA-CPATU, 1986.

6v. (EMBRAPA-CPATU. Documentos, 36)

I. Agricultura — Congresso — Trópico. I. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Úmido, Belém, PA, II. Título. III. Série.

CDD: 630.601

EFEITOS DE SISTEMAS DE CULTIVO SOBRE PROPRIEDADES FÍSICAS DE UM LATOSSOLO AMARELO TEXTURA MÉDIA

Ernesto Feio Boulhosa¹, Antonio Ronaldo Camacho Baena²,
Ivandro de França da Silva³ e Rui de Souza Chaves⁴

RESUMO: Com o objetivo de avaliar os diversos sistemas de uso e seus efeitos nas propriedades físicas do Latossolo Amarelo textura média, foram realizadas determinações de análise granulométrica, matéria orgânica, estabilidade de agregados, porosidade total, macro e microporosidade, densidade aparente, resistência à penetração e capacidade de água disponível. Essas determinações foram procedidas em áreas sob capoeirão, capim, gengibre, cultivo de cacau, cultivo de dendê e cultivo de seringueira. Constatou-se uma diminuição no tamanho de agregados estáveis em água na porosidade total e na microporosidade e um aumento da microporosidade, resistência à penetração e densidade aparente nos sistemas de cultivo de cacau, dendê e seringueira, quando comparados às áreas sob capoeirão e capim gengibre. A compactação provocada por esses sistemas de cultivo não reduziu o desenvolvimento vegetativo dessas culturas.

Termos para indexação: Manejo de solo, propriedades físicas, solos, mecanização agrícola.

THE EFFECT OF CROPPING SYSTEMS ON THE PHYSICAL PROPERTIES OF A MEDIUM-TEXTURE YELLOW LATOSOL

ABSTRACT: In order to determine the effect of different cropping systems on the physical properties of an Yellow Latosol (Oxisol) of medium texture, textural separates, organic matter, water-stable aggregates, total porosity, macro and micro-porosity, bulk density, resistance to penetration and water-holding capacity were determined in soil samples taken from areas under secondary forest, *Paspalum maritimum*, cacao, oil palm and rubber plantations. While comparing the different cropping systems, a reduction in size of water-stable aggregates, total porosity and macro-porosity and an increase in micro-porosity, resistance to penetration and bulk density were found in soil samples taken from areas under cacao, oil palm and rubber plantations as compared to those from areas under secondary forest and *Paspalum maritimum*. Soil compaction promoted by these systems of cultivation did not reduce vegetative growth of the various plant types.

Index terms: Soil management, physical properties, soils, agricultural mechanization.

¹Eng. Agr. M.Sc. Bolsista EMBRAPA/CNPq. EMBRAPA-CPATU. Caixa Postal 48. CEP 66000. Belém, PA.

²Eng. Agr. M.Sc. EMBRAPA-CPATU.

³Eng. Agr. M.Sc. UFPB - Centro de Ciências Agrárias. CEP 58397. Areia, PB.

⁴Eng. Agr. M.Sc. FCAP Caixa Postal 917. CEP 66000. Belém, PA.

INTRODUÇÃO

A utilização intensiva dos solos da Amazônia começou no século passado, através do processo de colonização da região bragantina, no Estado do Pará, cujo objetivo principal seria implantar um centro produtor de alimentos, com o plantio de culturas, tais como: arroz, feijão, mandioca, fumo e algodão, visando ao abastecimento dessa região e da cidade de Belém.

Os colonos, por desconhecerem as reais potencialidades dos solos e não disporem de recursos, desenvolveram uma agricultura itinerante ou migratório, com a utilização de sistemas primitivos de cultivo através da broca, derruba, queima e encoivramento, com o uso do machado e fogo. Neste tipo de agricultura, em geral são usadas plantas de ciclo curto que, na maioria das vezes, não protegem completamente o solo. Este processo de preparação de área para cultivo, durante os dois primeiros anos, permite obter uma produção relativamente elevada, em consequência do conteúdo de matéria mineral resultante da queima e da decomposição de restos da vegetação não queimada, decrescendo a produtividade nos anos seguintes até desestimular qualquer atividade agrícola (Lima 1954 e Alvim 1978). A observação tem mostrado que este processo associado à elevada precipitação pluviométrica na região, provoca a lixiviação de nutrientes e condiciona para que, em poucos anos de exploração da área, a fertilidade natural dos solos se torne mais baixa.

Muitos estudiosos da área, entre eles Lima (1954) e Penteado (1967), afirmam que este processo de preparo de área tem sido um dos principais obstáculos ao desenvolvimento de uma agricultura racional, não permitindo a conservação dos recursos florestais e dos solos da região. Por outro lado, Falesi et al. (1980) afirmam que, na região amazônica com vegetação de densas florestas, não é possível uma expansão de áreas de cultivo sem a remoção da cobertura vegetal, independente do método de preparo do solo.

O cultivo intensivo quando realizado de maneira inadequada provoca a destruição dos agregados, acarretando, como consequência, menores valores para o grau de agregação e de estabilidade de agregados, alterando a natureza dos espaços porosos (Baver et al. 1973). O efeito da compactação na produtividade é devido a mudanças nas propriedades físicas do solo. Além do aumento da densidade aparente, o volume total de poros diminui e a distribuição de poros é alterada, havendo um aumento na quantidade de poros pequenos.

O uso inadequado do solo sob cultivo intensivo também poderá provocar compactação do solo. O efeito da compactação na produtividade é devido a mudanças nas propriedades do solo, promovendo um aumento na densidade aparente, resistência à penetração e diminuição do volume de poros, trazendo como consequência dificuldades no desenvolvimento de várias culturas, conforme foi evidenciado por Tachett & Pearson (1964) e Veihmeyer & Hendrickson (1984), quando trabalharam com algodão e girassol. Por sua vez, Baena (1979) observou um retardamento no crescimento do milho com o aumento da densidade aparente de $0,91 \text{ g/cm}^3$ e diminuição da porosidade total de 68% para 54%.

A diminuição da porosidade total poderá proporcionar um aumento da microporosidade, influenciando numa maior retenção de água, devido à redução do espaço ocupado pelo ar. Segundo vários autores, a retenção de água é influenciada por várias partículas do solo, como é o caso da argila (Medina & Grohmann 1965) silte + argila (Freire et al. 1976) e matéria orgânica (Grohmann & Medina 1962).

Em região tropical é difícil fazer estimativas da água retida nos solos, escoada pela superfície ou percolada, uma vez que estes processos são muito dinâmicos, dependendo das condições locais, cobertura do solo, declividade do terreno, umidade do solo no momento da chuva e muitos outros fatores.

Dessa forma, o objetivo deste estudo é avaliar e comparar os efeitos dos diversos sistemas de uso do solo, com relação às suas propriedades físicas atuais.

MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo

A área objeto deste estudo está localizada na região metropolitana de Belém, limitando-se ao Norte com a área pertencente ao Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Úmido - CPATU e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico; ao sul com o rio Guamá; a leste com a área do Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Úmido; e a oeste com a área pertencente à Universidade Federal do Pará e às Centrais Elétricas do Brasil S/A ELETRONORTE.

O solo estudado foi classificado como Latossolo Amarelo textura média, assentado sobre arenitos e argilitos da Formação Barreiras (Vieira 1975), apresentando percentagens elevadas de areia em relação às frações de silte e argila (Santos 1982). É friável, poroso e com transição difusa e plana entre os horizontes, possui estrutura fraca, pequena subangular e freqüentemente maciça. Apresenta fertilidade natural baixa, devido à pobreza de elementos nutritivos e alto teor de alumínio permutável (Falesi 1972).

No local de estudo analisaram-se os efeitos dos sistemas de cultivo sobre as propriedades físicas do solo, cujos tratamentos foram os seguintes:

Capoeirão — Área onde a mata virgem foi eliminada por volta de 1920, usando-se o método de preparo de área convencional da região amazônica, que consiste na derrubada e queima da vegetação para dar lugar à exploração com milho, caupi, mandioca e arroz, aproximadamente até 1930. A partir dessa data, a área permaneceu em pousio dando origem ao capoeirão.

Capim gengibre (*Paspalum maritimum*) — Em 1928, a mata virgem foi eli-

minada pelo método convencional da região para dar lugar à exploração com milho, caupi, mandioca e arroz, até aproximadamente 1960, permanecendo em pousio até 1962, quando a área foi mecanizada com trator de esteira e plantada a cultura do guaraná, a qual foi mantida até 1979. A partir dessa data, o capim desenvolveu-se espontaneamente, sendo roçado periódica e manualmente.

Cultivo do cacau (*Theobroma cacao*) — Em 1921, a vegetação nativa foi eliminada através do sistema tradicional de cultivo da Amazônia, sendo plantados caupi, milho, mandioca e arroz, permanecendo esses sistemas de cultivo contínuo aproximadamente até 1951, quando a área foi ocupada com bacuri-pari (*Rhedia macrophylla*) até 1963. A partir dessa data, foi utilizada a roçagem mecânica para a retirada do bacuri-pari e implantação do cacau. Entre 1963 e 1967, a área recebeu adubação orgânica, fertilização química de NPK e calagem. Entre 1963 e 1978, a área recebeu roçagem mecânica com freqüência aproximada de uma vez ao mês. Desde 1978, a área é apenas mantida limpa através de duas roçagens mecanizadas por ano.

Cultivo do dendê (*Elaeis guineensis*) — Em 1923, a vegetação nativa foi eliminada através do sistema tradicional de preparo de área na região, para a exploração com culturas de milho, caupi, mandioca e arroz, permanecendo com estes sistemas de cultivo até 1940. A partir deste ano permaneceu em pousio, dando origem a uma capoeira de porte médio. Em 1958, a área foi destocada com trator de esteira, gradeada com trator de rodas e plantada com dendê. A cultura recebeu adubação orgânica e cobertura morta (mulch), até o terceiro ano de crescimento e adubação mineral com potássio até o sexto ano. Entre 1959 e 1974, realizou-se limpeza mecanizada da área com freqüência aproximada de uma vez ao mês. Desde 1975, este sistema de cultivo se mantém

limpo com cerca de duas roçagens mecanizadas por ano.

Cultivo da seringueira (*Hevea brasiliensis*) — Por volta de 1920, a vegetação nativa foi eliminada através do sistema tradicional, sendo plantado milho, cuapi, mandioca e arroz, permanecendo com estes sistemas até aproximadamente 1942, quando entrou em pousio, dando origem a uma capoeira. Em 1962, a área foi destocada e gradeada com trator de esteira e realizou-se o plantio da seringueira. A roçagem mecânica nesse sistema vem sendo realizada até os dias atuais com frequência de uma vez ao mês.

Metodologia

O delineamento experimental utilizado foi do tipo inteiramente casualizado e em cada parcela submetida aos diferentes sistemas de cultivo do solo foram coletadas, em três locais distintos, nas profundidades de 0-15 cm; 15-30 cm e 30-50 cm, amostras deformadas e não deformadas para as diferentes determinações. Para cada profundidade foram feitas três repetições.

A análise estatística constou da análise de variância dos valores dos parâmetros, teste F e comparação entre médias pelo teste de Tukey (Gomes 1973).

As determinações físicas e químicas realizadas neste estudo constaram de: teor de matéria orgânica, granulometria, densidade aparente, porosidade total, macro e microporosidade, capacidade de água disponível, estabilidade de agregados e resistência à penetração.

O teor de matéria orgânica foi determinado pelo método de Vettori (1969), através da oxidação com dicromato de potássio 0,4N e titulação do excesso com solução de sulfato ferroso amoniacal 0,1N.

A granulometria foi determinada pelo método internacional da pipeta, descrito por Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (1979). Na dispersão da amostra para os solos da Amazônia, normalmente é utilizada solução de NaOH 1N (com fator devidamente ajustado) para 20 gramas

de Terra Fina Seca e ao Ar (TFSA).

Na determinação da densidade aparente, utilizou-se o método do cilindro de volume constante (Blake 1965). Para a determinação da estabilidade de agregados em água em profundidade de 15-30 cm, utilizaram-se peneiras de 2,0; 1,0; 0,5; 0,25 e 0,1 mm de abertura da malha (Yoder 1963).

A porosidade total foi calculada através da soma dos volumes de ar e água contidos nos anéis volumétricos de 100 cm³, determinada pelo DIK VOLONUMETER. Já a microporosidade foi determinada, considerando o volume de água retido a 0,33 atm e a macroporosidade determinada através da diferença entre a porosidade total e a microporosidade.

A capacidade de água disponível às plantas foi obtida através da diferença dos teores de umidade retida entre 0,33 atm e 15,0 atm.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Granulometria e matéria orgânica

Quando se fez a comparação das médias das frações minerais entre profundidades de cada sistema de cultivo (Tabela 1), verificou-se que, com exceção do sistema capoeirão, houve uma tendência de teores mais pronunciados de areia grossa na profundidade de 0-15 cm em relação as de 15-30 e 30-50 cm, o que parece ser uma característica dos solos tropicais, conforme relatos de Baer (1963). Com relação aos teores de argila (Tabela 1), observou-se um percentual mais elevado na profundidade 30-50 cm, em relação às restantes o que, segundo Box (1953), se deve à migração das partículas finas dos horizontes superiores e sua deposição no horizonte B.

Quanto ao teor de matéria orgânica, houve diferenças significativas entre profundidades dentro de cada sistema de cultivo (Tabela 1), sendo que os maiores valores foram encontrados na profundidade 0-15 cm. Estas camadas superficiais apresentaram

TABELA 1. Percentagem de areia grossa, areia fina, silte, argila e matéria orgânica sob cinco sistemas de cultivo x profundidade.

Sistema de cultivo	Profundidade — cm —	Granulometria %				
		Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila total	Matéria orgânica
Capoeirão	0-15	36	34	10	21	1,67
	15-30	36	34	12	22	1,50
	30-50	32	32	17	24	1,29
Capim	0-15	41	33	16	13	1,41
	15-30	40	32	13	14	1,40
	30-50	37	34	13	15	1,40
Cacau	0-15	29	32	25	14	1,50
	15-30	28	30	26	16	1,41
	30-50	27	30	23	20	1,41
Dendê	0-15	34	33	21	13	1,45
	15-30	31	34	18	17	1,43
	30-50	31	36	15	18	1,38
Seringueira	0-15	50	33	8	9	1,49
	15-30	48	35	6	12	1,38
	30-50	47	35	5	13	1,36

valores mais elevados de matéria orgânica devido à deposição de materiais como folhas e outras partes das plantas, formando um tapete de produtos em decomposição.

Distribuição do tamanho de agregados

Analisando a distribuição do tamanho de agregados, constante na Tabela 2, nota-se que a percentagem dos agregados retidos em peneiras de 2,0 mm diminuiu à medida que se passa do capoeirão sucessivamente para os sistemas de cultivo com capim, cacau, dendê e seringueira. Estes resultados indicam uma maior degradação da estrutura deste solo, pelos sistemas de cultivo de seringueira, dendê e cacau, através de processos mecanizados, confirmando informações de Grohmann & Arruda (1961).

As maiores percentagens de agregados dos solos sob capoeirão e capim parece indicar uma significativa recuperação de estrutura, a que segundo Bayer et al. (1973) pode ser devida ao maior retorno de resíduos vegetais ao solo, ao efeito agregante do sistema radicular das plantas e à influência protetora da cobertura vegetal.

Os sistemas de cultivo de cacau, dendê e seringueira, por sua vez, apresentaram percentuais mais elevados de agregados estáveis em água, principalmente em peneiras menores que 0,25 mm de diâmetro, indicando uma maior susceptibilidade à erosão.

Compactação do solo

Os dados da Tabela 3 indicam que a porosidade total do solo diminui sob todos os

TABELA 2. Percentagem de agregados retidos em peneiras de tamanhos diferentes nos sistemas de cultivo em profundidade de 15-30 cm.

Sistema de cultivo	Agregados (%) / abertura de malha (mm)					
	2,0	1,0	0,5	0,25	0,105	0,105
	%					
Capoeirão	28,63 ^a	14,01 ^{ab}	16,91 ^a	17,73 ^a	15,63 ^b	7,09 ^a
Capim	27,35 ^a	15,07 ^a	15,00 ^{ab}	21,00 ^a	18,00 ^a	3,58 ^a
Cacau	20,00 ^b	10,00 ^b	14,00 ^b	21,00 ^a	24,00 ^a	11,00 ^a
Dendê	18,30 ^b	13,99 ^{ab}	18,00 ^a	21,97 ^a	19,33 ^{ab}	8,41 ^a
Seringueira	15,54 ^b	13,76 ^{ab}	20,05 ^a	24,29 ^a	18,51 ^{ab}	7,85 ^a

Valores seguidos da mesma letra na vertical não apresentam diferença significativa entre si, de acordo com o teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

sistemas de cultivo, quando comparados ao capoeirão, notando-se decréscimo mais acentuado sob os sistemas de cacau, dendê e seringueira, os quais não apresentaram diferenças significativas entre si. Esta diferença é causada pela roçagem mecânica a que estão submetidos estes sistemas de cultivo.

Os resultados da Tabela 4, mostram um decréscimo da porosidade total da camada de 0-15 cm para a de 15-30 cm nos sistemas de cultivo de dendê e seringueira. Para a profundidade situada imediatamente abaixo, houve aumento. Isso parece indicar que tenha ocorrido compactação na camada intermediária.

Observa-se, ainda, que o sistema capoeirão mostrou resultados de porosidade total que variam entre 51,00% na profundidade 0-15 cm e 43,50% na profundidade de 30-50 cm, bem como decréscimo mais acentuado no sistema de cultivo de cacau, variando entre 40,87% na profundidade 0-15 cm e 39,80% na profundidade de 30-50 cm. Estes dados revelam que o uso intensivo de solos diminui a porosidade total quando comparado com solos em pousio, conforme foi comprovado por Bayer et al. (1973).

Por sua vez, o aumento gradativo da porosidade total no sistema com capim (Tabela 4), para as maiores profundidades, po-

TABELA 3. Composição granulométrica, teor de matéria orgânica, porosidade, densidade aparente, resistência à penetração e água disponível.

Característica	Sistema de cultivo do solo				
	Capoeirão	Capim	Cacau	Dendê	Seringueira
Areia grossa (%)	35	39	28	32	48
Areia fina (%)	33	33	31	34	34
Silte (%)	13	14	25	18	6
Argila total (%)	22	14	17	16	11
Matéria orgânica (%)	1,49 ^a	1,40 ^a	1,44 ^a	1,42 ^a	1,41 ^a
Porosidade total (%)	46,50 ^a	44,33 ^{ab}	40,22 ^b	41,10 ^b	41,83 ^b
Macroporosidade (%)	26,06 ^{ab}	29,58 ^a	17,94 ^b	20,37 ^b	24,96 ^{ab}
Microporosidade (%)	20,44 ^{ab}	14,75 ^b	22,28 ^a	20,83 ^{ab}	16,87 ^b
Densidade aparente (g/cm ³)	1,42 ^a	1,47 ^{ab}	1,54 ^b	1,53 ^{ab}	1,55 ^b
Resistência à penetração (kg/cm ²)	3,61 ^a	7,00 ^{bc}	4,97 ^{ab}	8,44 ^c	7,55 ^{bc}
Água disponível (%)	11,29 ^a	10,08 ^a	10,77 ^a	12,08 ^a	10,66 ^a

Médias seguidas da mesma letra na horizontal não diferem estatisticamente entre si, de acordo com o teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

TABELA 4. Porosidade total, macroporosidade, microporosidade e densidade aparente sob cinco sistemas de cultivo x profundidade.

Sistema de cultivo	Profundidade — cm —	Porosidade total	Macroporosidade %	Microporosidade	Densidade aparente g/cm ³
Capoeirão	0-15	51,00 ^a	32,27 ^a	18,73 ^a	1,32 ^c
	15-30	45,00 ^b	24,25 ^b	20,75 ^b	1,44 ^b
	30-50	43,50 ^{ab}	21,66 ^b	21,84 ^{ab}	1,49 ^a
Capim	0-15	42,20 ^b	26,71 ^b	15,49 ^b	1,51 ^a
	15-30	44,30 ^b	31,05 ^a	13,25 ^c	1,48 ^a
	30-50	46,50 ^a	30,99 ^a	15,51 ^c	1,43 ^b
Cacau	0-15	40,87 ^c	21,31 ^c	19,56 ^a	1,48 ^b
	15-30	40,00 ^c	18,02 ^c	21,98 ^a	1,56 ^a
	30-50	39,80 ^c	14,49 ^{cd}	25,31 ^a	1,59 ^a
Dendê	0-15	43,23 ^b	25,75 ^b	17,48 ^a	1,47 ^b
	15-30	39,03 ^c	17,58 ^c	21,45 ^a	1,58 ^a
	30-50	41,33 ^b	17,78 ^c	23,55 ^a	1,54 ^a
Seringueira	0-15	41,17 ^{bc}	27,94 ^b	13,23 ^b	1,57 ^a
	15-30	40,33 ^{bc}	22,32 ^b	18,01 ^b	1,57 ^a
	30-50	44,00 ^a	24,64 ^b	19,36 ^{ab}	1,51 ^b

Valores seguidos da mesma letra dentro de cada profundidade entre sistemas de cultivo na vertical não diferem estatisticamente entre si, de acordo com o teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

de estar relacionado à recuperação da estrutura proporcionada pelas raízes do capim e à textura mais arenosa apresentada por este sistema (Tabela 3) (Mazurak & Ramig 1962).

Quanto à distribuição da macro e microporosidade (Tabela 4), observa-se no sistema capoeirão um decréscimo da macroporosidade e aumento da microporosidade com a profundidade o que concorda com os maiores teores de argila e mais

elevadas densidades nos horizontes inferiores do solo.

Nas profundidades imediatamente abaixo da camada arável (Tabela 4), verifica-se uma maior proporção de microporosidade em relação à macroporosidade nos sistemas de cultivo cacau e dendê, do que nos sistemas capoeirão e capim, indicando um efeito mais acentuado do cultivo nos primeiros. Este aspecto concorda com Machado & Brum (1978), que encon-

taram redução na macroporosidade e aumento da microporosidade em solos intensamente cultivados.

A diminuição da porosidade total e macroporosidade e o aumento da microporosidade, resultantes da degradação da estrutura do solo, caracterizam o surgimento de camadas compactadas (Silva 1980), como ocorre nos sistemas de cultivo de cacau e dendê, refletindo no aumento da densidade aparente na profundidade 15-30 cm no sistema de cultivo de dendê, e na profundidade 30-50 cm no sistema de cultivo de cacau.

Os resultados da Tabela 3 mostram que a densidade aparente sofreu influência diferencial nos diversos sistemas de cultivo do solo. Os sistemas cacau e seringueira, respectivamente, condicionaram uma maior densidade aparente ao solo (1,54 e 1,55 g/cm³), enquanto o sistema capoeirão a menor (1,42 g/cm³).

As densidades de 1,51 g/cm³ e 1,57 g/cm³, encontradas na profundidade 0-15 cm nos sistemas de cultivo com capim e seringueira (Tabela 4), contrastando com os outros sistemas que apresentam densidades mais elevadas na profundidade 15-30 cm,

TABELA 5. Água disponível sob cinco sistemas de cultivo x profundidade.

Sistema de cultivo	Profundidade (cm)	Capacidade de campo (%)	Ponto de murcha (%)	Água disponível (%)
Capoeirão	0-15	18,73	6,25	12,48 ^{ab}
	15-30	20,75	10,24	10,51 ^{ab}
	30-50	21,84	10,96	11,88 ^{ab}
Capim	0-15	15,49	5,99	9,50 ^b
	15-30	13,25	2,95	10,30 ^{ab}
	30-50	15,51	5,01	10,50 ^{ab}
Cacau	0-15	19,56	10,00	9,56 ^b
	15-30	21,98	7,37	14,61 ^a
	30-50	25,31	17,16	8,15 ^b
Dendê	0-15	17,48	3,34	14,14 ^a
	15-30	21,45	10,25	11,20 ^{ab}
	30-50	23,55	10,44	13,11 ^a
Seringueira	0-15	13,23	3,49	9,74 ^b
	15-30	18,01	8,81	9,20 ^c
	30-50	19,36	6,46	13,10 ^a

Valores seguidos da mesma letra dentro de cada profundidade entre sistemas de cultivo na vertical não diferem estatisticamente entre si, de acordo com o teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

são coerentes com a textura mais arenosa desses solos (Buckman & Brady 1967).

Retenção de água

Os resultados da Tabela 5 revelaram um decréscimo da retenção de água, à baixa sucção mátrica, na profundidade 0-15 cm, na seguinte ordem decrescente de cultivo: cacau > capoeirão > dendê > capim > seringueira. Este decréscimo está relacionado ao menor teor de silte e argila, conforme já relatados por Goedert & Winkler (1972) e Ramos & Castro (1974).

Sob altas sucções mátricas (Tabela 5), observa-se uma diminuição de retenção de água na camada superficial dos sistemas de cultivo de cacau > capoeirão > capim > seringueira > dendê. Com exceção do sistema de cultivo de dendê, isto parece estar relacionado com a compactação e degradação da estrutura no sistema de cultivo de cacau (Hillel 1970), aos teores mais elevados de matéria orgânica (Grohmann & Medina 1962) no sistema capoeirão e aos teores elevados de areia grossa nos sistemas de cultivo de capim e seringueira, conforme dados da Tabela 1.

A maior retenção de água na profundidade 30-50 cm, à baixa sucção mátrica, nos sistemas de cultivo com cacau e dendê (Tabela 5) parece estar relacionada com os teores elevados de microporos (Goedert & Winkler 1972).

A água disponível para as plantas (Tabela 5), com exceção dos solos sob sistemas de cultivo cacau e dendê, foi maior na profundidade 30-50 cm, decorrente de uma parte dos maiores teores de argila, dessa camada e da outra, do efeito do cultivo do solo, desde que, segundo Medida & Grohmann (1965) e Ramos & Castro (1974), mudanças provocadas na estrutura de uma camada exercem seus efeitos sobre o regime de umidade do perfil, afetando a disponibilidade de água.

CONCLUSÕES

a) observou-se uma diminuição do tamanho de agregados estáveis em água sob

os sistemas de cultivo de cacau, dendê e seringueira, quando comparados aos sistemas capoeirão e capim gengibre;

b) o surgimento de camadas adensadas abaixo da profundidade 0-15 cm, nos sistemas de cultivo com capim, cacau, dendê e seringueira, é decorrente dos tratamentos culturais realizados por processos mecanizados;

c) a profundidade total apresentou resultados mais elevados no sistema capoeirão e menores no sistema de cultivo com cacau. Por outro lado, a relação microporosidade e macroporosidade foi mais acentuada nos sistemas de cultivo cacau e dendê. Os sistemas de cultivo cacau e seringueira, respectivamente, condicionaram uma maior densidade aparente ao solo, enquanto o sistema capoeirão a menor densidade aparente;

d) a baixa sucção mátrica (0,33 atm), na profundidade de 0-15 cm, a retenção de água decresceu na seguinte ordem: cacau > capoeirão > dendê > capim > seringueira. Por outro lado, à alta sucção mátrica (15 atm), o decréscimo foi: cacau > capoeirão > capim > seringueira > dendê.

e) as mudanças ocorridas nas propriedades físicas pelo uso do solo, dentro dos sistemas de cultivo com capim, cacau, dendê e seringueira, não causaram modificações drásticas na estrutura e nem afetaram o desenvolvimento destas culturas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVIM, P.T. de. **Perspectivas de produção agrícola na região amazônica. Inter-ciência**, 3(4): 243-51, 1978.
- BAENA, A.R.C. & DUTRA, S. **Densidade aparente e porosidade do solo no desenvolvimento do milho**. Belém, EMBRAPA-CPATU, 1979. 11p. (EMBRAPA-CPATU. Comunicado Técnico, 24).
- BAER, F.E. **Suelos e fertilizantes**. Barcelona, Omega, 1963. 480p.
- BLAKE, G.R. Water availability. In: BLACK, C.A. **Methods of soil analysis**. Madison, American Society of Agronomy, 1965. part. 1, p. 279-98.

- BOX, J. Some characteristics of the soils of Amazon. **Inst. Agric. Res. Bucharest.** 2:499-503. 1953.
- BUCKMAN, O.M. & BRADY, N.C. **Nature and properties of soils.** 8 ed. New York, McMillan, 1967. 639p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos, Rio de Janeiro, RJ. **Manual de métodos de análises de solo.** Rio de Janeiro, 1979.
- FALESI, I.C.; BAENA, A.R.C. & DUTRA, S. **Conseqüências da exploração agropecuária sobre as condições físicas e químicas dos solos das microrregiões do nordeste paraense.** Belém, EMBRAPA-CPATU, 1980. 48p. (EMBRAPA-CPATU. Boletim de Pesquisa, 14).
- FREIRE, J.C.; SOUZA, J.J.; LOPES, A.S.; BAHIA, V.G. & BAHIA, F.G.F.T. Água disponível em dois solos do município de Lavras. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 15, Campinas, 1975. **Anais...** Campinas, SBCS, 1976. p.74-80.
- GOEDERT, W. J. & WINKLER, E.I.G. Características hídricas dos solos de Pelotas, Rio Grande do Sul. **Pesq. agropec. bras.** Série Agron., 7:1-4, 1972.
- GOMES, F.P. **Curso de estatística experimental.** Piracicaba. ESALQ, 1973. 403p.
- GROHMANN, F. & ARRUDA, H.V. Influência do preparo do solo sobre a estrutura de terra-roxa-legítima. **Bragantia**, Campinas, 20(49): 1203-9, 1961.
- GROHMANN, F. & MEDINA, H.P. Características de umidade dos principais solos do Estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, 21(18) 285-95.1962.
- HILLEL, D. **Solo e água: fenômenos e princípios físicos.** Porto Alegre, UFRGS, 1970. 231p.
- LIMA, R.R. **Os efeitos das queimadas sobre a vegetação dos solos arenosos da região da estrada de ferro de Bragança.** Belém, IAN, 1954. 41p. (IAN. Boletim Técnico, 2).
- MACHADO, J.A. & BRUM, A.C. R. **Efeito de sistemas de cultivo em algumas propriedades físicas do solo.** R. bras. Ci. Solo, Campinas, 2:81-4, 1978.
- MAZURAK, A.P. & RAMIG, R.E. Aggregation and airwater permeabilities in a Chernozem soil cropped to perennial grasses and followgrain. **Soil Sci.**, Baltimore, 94:151-7, 1962.
- MEDINA, H.P. & GROHMANN, F. Correlações entre características físicas do solo e ocorrência de cerrado no Estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, 29(2):480-5, 1965.
- PENTEADO, A.R. **Problemas de colonização e uso da terra na Região Bragantina do Estado do Pará.** Belém, UFPa., 1967. v. 1, 304p. (UFPa. Coleção Amazônica, Série José Veríssimo).
- RAMOS, D.P. & CASTRO A.F. de. Influência da textura e da matéria orgânica do solo sobre suas constantes de umidade. **Arq. Univ. Fed. Rur.**, Rio de Janeiro, 4:(1):15-8, 1974.
- SANTOS, P.C.T.C. dos **Levantamento detalhado de solos do campus da Faculdade de Ciências Agrárias do Pará.** Fortaleza, UFCe, 1982. 84p. Tese Mestrado.
- SILVA, I.F. de. **Efeitos de sistemas de manejo e tempo de cultivo sobre propriedades físicas de um Latossolo.** Porto Alegre, UFRGS. Faculdade de Agronomia, 1980. 60p. Tese Mestrado.
- TACHETT, M.M. & PEARSON, E. Some effects of compacted soil paus on plant growth in the Southen Great Planis. **J. Soil Water Conserv.** 18: 235-6, 1964.
- VEIHMEYER, F.J. & HENDRICKSON, A.H. **Soil density and root penetration.** **Soil Sci.**, Baltimore, 65:487-93, 1948.
- VETTORI, L. **Métodos de análise de solo.** Rio de Janeiro, Minist. da Agricultura. Equipe de pedologia e fertilidade do solo, 1969. (M.A. Boletim Técnico, 7). 14p.
- VIEIRA, L.S.: SANTOS, W.H.P. dos; FALESI, I.C. & OLIVEIRA FILHO, J.P.S. **Levantamento de reconhecimento dos solos da Região Bragantina, Estado do Pará.** Belém, IPEAN, 1967. 63p. (IPEAN. Boletim Técnico, 47).
- YODER, R.E. A direct method of aggregate analysis of soils and a study of the physical nature of erosion losses. **Jour. Am. Soc. Agron.** 28:1, 1963.