

**PROPRIEDADES FÍSICAS DOS PRINCIPAIS
SOLOS DA AMAZÔNIA BRASILEIRA
EM CONDIÇÕES NATURAIS**



Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA
Vinculada ao Ministério da Agricultura
Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Úmido - CPATU
Belém, PA

MINISTRO DA AGRICULTURA

Ângelo Amaury Stabile

Presidente da EMBRAPA

Eliseu Roberto de Andrade Alves

Diretoria Executiva da EMBRAPA

Ágide Gorgatti Netto	— Diretor
José Prazeres Ramalho de Castro	— Diretor
Raymundo Fonsêca Souza	— Diretor

Chefia do CPATU

Cristo Nazaré Barbosa do Nascimento	— Chefe
José Furlan Junior	— Chefe Adjunto Técnico
José de Brito Lourenço Junior	— Chefe Adjunto Administrativo

**PROPRIEDADES FÍSICAS DOS PRINCIPAIS SOLOS DA AMAZÔNIA
BRASILEIRA EM CONDIÇÕES NATURAIS**

Antonio Ronaldo Camacho Baena

Eng.º Agr.º. M.S.

Saturnino Dutra

Eng.º Agr.º. M.S.



EMBRAPA

CENTRO DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DO TRÓPICO ÚMIDO

Belém, Pará

Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Úmido
Trav. Dr. Enéas Pinheiro, s/n
Caixa Postal, 48
66.000 — Belém, PA
Telex (091) 1210

Baena, Antonio Ronaldo Camacho

Propriedades físicas dos principais solos da Amazônia Brasileira em condições naturais por Antonio Ronaldo Camacho Baena e Saturnino Dutra. Belém, EMBRAPA-CPATU, 1982.

28p. ilustr. [EMBRAPA-CPATU. Boletim de Pesquisa, 33].

1. Física dos solos. I. Dutra, Saturnino. II. Título. III. Série.

CDD: 631.43

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	5
MATERIAL E MÉTODOS	6
RESULTADOS	7
DISCUSSÃO	12
CONCLUSÕES	19
REFERÊNCIAS	21
ANEXO	23

PROPRIEDADES FÍSICAS DOS PRINCIPAIS SOLOS DA AMAZÔNIA BRASILEIRA EM CONDIÇÕES NATURAIS

RESUMO : Esta é uma primeira tentativa de determinar e avaliar porosidade, densidade e resistência dos principais grupos de solos da região amazônica em condições naturais, a fim de melhor conhecer as suas propriedades físicas. Estas propriedades exercem grande influência no desenvolvimento das plantas, e o seu conhecimento em condições naturais é de suma importância para avaliação das transformações induzidas pelos diversos sistemas de uso do solo, e da maneira como elas interferem na produtividade agrícola. Foram coletadas amostras em diversas profundidades, em locais previamente selecionados, de ocorrência já conhecida de solos do tipo Areia Quartzosa Vermelho-Amarela (AQVA); Latossolo Amarelo textura média (LAm); Latossolo Amarelo textura argilosa (LAa); Latossolo Amarelo textura muito argilosa (LAma); Podzólico Vermelho-Amarelo (PVA); Terra Roxa Estruturada (TRE) e Gley Pouco Húmico (GPH). Das amostras coletadas foram feitas determinações dos valores de porosidade total, densidade aparente e teor de argila. A resistência foi determinada no campo. Os valores obtidos foram analisados estatisticamente e comparados com dados existentes na literatura. Existem diferenças nas propriedades físicas dos solos estudados, e os tipo LAma, TRE e PVA apresentam valores dos parâmetros estudados mais próximos do considerado ideal para o crescimento das plantas.

INTRODUÇÃO

As propriedades físicas são as que condicionam o solo como meio para o crescimento das plantas proporcionando o ambiente para germinação e crescimento das sementes e para o desenvolvimento e funcionamento do sistema radicular das plantas. O solo não deve apenas fornecer os nutrientes necessários para os processos metabólicos do crescimento das plantas; deve também fornecer um regime favorável de água, ar e calor para um funcionamento próprio da planta. Em muitas circunstâncias, a absorção de nutrientes do solo é li-

mitada por um excesso ou falta d'água, deficiência de oxigênio, ou inadequada proliferação de raízes resultantes de densidades altas que impedem o crescimento das raízes. A combinação do aumento de densidade e diminuição de aeração não restringe apenas a proliferação de raízes e a absorção normal de nutrientes, mas também impede a atividade microbiológica. As propriedades físicas determinam a estrutura do solo. Uma estrutura desfavorável é fator limitante à produção agrícola e deve ser considerada como um parâmetro de fertilidade do solo.

As propriedades físicas apresentam grandes variações nos solos tropicais. Os solos latossólicos são considerados como tendo excelentes propriedades físicas em seu estado natural, enquanto que os solos podzólicos, em geral, apresentam propriedades físicas menos favoráveis por causa do baixo teor de argila no horizonte A. A textura mais arenosa na superfície destes solos torna-os mais susceptíveis a erosão e compactação.

Fertilidade e estrutura favorável em condições de armazenar bem água e proporcionar boa aeração são os principais fatores que condicionam uma boa produtividade do solo. Na Amazônia, sabe-se que a maioria dos solos são de baixa fertilidade natural. No que diz respeito às suas propriedades físicas, são tidas como boas, sendo que estas informações são baseadas apenas em descrições visuais de campo que carecem de valores reais.

As propriedades físicas tais como porosidade, densidade e resistência, parâmetros estes que, além de outros, são usados para melhor caracterizar a estrutura do corpo do solo, possuem valores e amplitudes desconhecidas entre os principais solos da região amazônica. O conhecimento destes valores, em condições naturais, é importante para que se possa avaliar as modificações que ocorrem no corpo do solo, quando do seu uso, através dos diversos sistemas de manejo. Estas transformações poderão aumentar ou diminuir a capacidade produtiva destes solos.

MATERIAL E MÉTODOS

Inicialmente foram selecionados os locais de ocorrência dos principais grupos de solos da região, em condições naturais de mata virgem, tais como :

— Areia Quartzosa Vermelho-Amarela (AQVA) — Área do Mocambo — CPATU, Belém, PA.

— Latossolo Amarelo textura média (LAm) — Fazenda Três Marias — Castanhal, PA.

— Latossolo Amarelo textura argilosa (LAa) — Km 24 da rodovia Acará-Moju, PA.

— Latossolo Amarelo textura muito argilosa (LAma) — Km 50-55 da rodovia Manaus-Caracaraí, AM.

— Terra Roxa Estruturada Eutrófica (TRE) — Km 101 da rodovia Transamazônica — Trecho Altamira-Itaituba, PA.

— Podzólico Vermelho-Amarelo (PVA) — Km 23 de rodovia Transamazônica — Trecho Altamira-Itaituba, PA.

— Gley Pouco Húmico (GPH) — Várzea do rio Guamá, CPATU, PA.

Em cada uma das áreas selecionadas foram abertos três perfis de trincheira, distantes entre si de cerca de 50m, e as amostras em anéis volumétricos e mecânicas foram coletadas nas profundidades 0-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-60, 60-80 e 80-100cm. A resistência do solo foi medida no local, fazendo-se três leituras em cada profundidade, utilizando-se o penetrômetro modelo japonês.

As determinações de porosidade total, densidade aparente e análise mecânica foram feitas no Laboratório de Física de Solos do CPATU. A porosidade total e densidade aparente foram determinadas utilizando-se o "Dik Volunometer", e a análise mecânica foi feita pelo método da pipeta.

Os resultados obtidos foram analisados estatisticamente através do Sistema de Análises Estatísticas (SAS), implantado no computador IBM 370 da EMBRAPA.

RESULTADOS

Os valores médios de porosidade total, densidade aparente, resistência e teor de argila, nos diversos tipos de solos estudados, são mostrados na Tabela 1.

TABELA 1 — Comparação das médias de porosidade total, densidade aparente, resistência e teor de argila entre os solos estudados, de acordo com o teste de Duncan.

Porosidade total (%)		Densidade aparente g/cc		Resistência mm/cm ²		Teor de argila (%)	
Tipos de solo	Médias	Tipos de solo	Médias	Tipos de solo	Médias	Tipos de solo	Médias
LAm	60 a	LAm	1,57 a	TRE	24,4 a	LAm	88 a
GPH	56 ab	LAA	1,47 ab	PVA	23,8 a	PVA	78 b
PVA	53 b	AQVA	1,38 bc	LAm	23,2 a	TRE	64 c
TRE	52 bc	TRE	1,32 cd	LAm	22,9 a	GPH	52 d
AQVA	48 c	PVA	1,23 de	LAA	22,1 a	LAA	39 e
LAA	43 c	GPH	1,18 e	GPH	15,7 b	LAm	23 f
LAm	42 c	LAm	1,03 f	AQVA	13,0 c	AQVA	13 g

Médias seguidas de mesma letra não diferem significativamente entre os tipos de solos ($\alpha = 0.05$).

De acordo com os valores médios encontrados, existem diferenças marcantes entre os principais grupos de solos, no que diz respeito aos parâmetros medidos.

A Tabela 2 mostra a variação de porosidade total entre profundidades, nos diversos tipos de solos estudados.

TABELA 2 — Variação da porosidade total (%) entre profundidades nos diversos tipos de solos de acordo com o teste de Duncan.

Prof. (cm)	Tipo de solo						
	AQVA*	LAm	LAA	LAm	TRE**	PVA	GPH
0-10	50 ab	45 a	45 a	62 a	59 a	58 a	66 a
10-20	53 a	42 a	44 a	54 a	49 b	55 a	57 a
20-30	49 ab	40 a	41 a	61 a	51 b	50 a	55 a
30-40	46 b	42 a	43 a	61 a	50 b	52 a	56 a
40-60	47 ab	44 a	44 a	64 a	51 b	53 a	55 a
60-80	46 b	41 a	43 a	59 a	52 b	51 a	55 a
80-100	45 b	41 a	44 a	58 a	54 ab	53 a	52 a

Médias seguidas verticalmente da mesma letra não apresentam diferença significativa entre as profundidades.

* $\alpha = 0.05$

** $\alpha = 0.01$.

No solo AQVA, a porosidade apresenta valores mais altos à superfície 0-10 e 10-20cm (50 e 53%), decrescendo gradativamente com a profundidade (45% a 80-100cm). No solo TRE, a porosidade apresenta valor mais alto à superfície 0-10cm (59%), decresce bruscamente a 10-20cm (49%) para, em seguida, aumentar gradativamente até 80-100cm (54%).

Nos solos LAm, LAa, LAma, PVA e GPH, a porosidade total não apresenta diferença estatística significativa entre as profundidades.

A Tabela 3 mostra a variação de densidade aparente entre profundidades, nos diversos tipos de solos estudados.

TABELA 3 — Variação de densidade aparente (g/cc) entre profundidades nos diversos tipos de solos, de acordo com o teste de Duncan.

Prof. (cm)	Tipo de solo						
	AQVA**	LAm	LAa	LAma	TRE**	PVA	GPH
0-10	1,31 ab	1,49 a	1,40 a	0,98 a	1,17 a	1,07 a	0,91 a
10-20	1,28 a	1,56 a	1,47 a	1,12 a	1,38 b	1,24 a	1,15 a
20-30	1,35 abc	1,61 a	1,52 a	1,01 a	1,34 b	1,29 a	1,21 a
30-40	1,43 bc	1,60 a	1,49 a	1,06 a	1,37 b	1,27 a	1,20 a
40-60	1,40 abc	1,58 a	1,47 a	0,96 a	1,36 b	1,25 a	1,22 a
60-80	1,44 c	1,59 a	1,49 a	1,03 a	1,34 b	1,27 a	1,24 a
80-100	1,46 c	1,58 a	1,47 a	1,07 a	1,30 ab	1,26 a	1,33 a

Médias seguidas verticalmente da mesma letra não apresentam diferença significativa entre as profundidades (** $\alpha = 0.01$).

No solo AQVA, a densidade aparente é menor na superfície 0-10 e 10-20cm (1,31 e 1,28g/cc) e aumenta gradativamente com a profundidade (1,46g/cc à 80-100cm). No solo TRE, a densidade apresenta o seu valor mais baixo à superfície 0-10cm (1,17g/cc) e o valor mais alto a 10-20cm (1,38g/cc); em seguida, decresce gradativamente até à profundidade 80-100cm (1,30g/cc). Nos solos Lam, LAa, LAma, PVA e GPH, a densidade aparente não apresenta diferença estatística significativa entre as diversas profundidades.

A Tabela 4 mostra a variação da resistência entre as profundidades dos diversos tipos de solos estudados.

TABELA 4 — Variação da resistência (mm/cm²) entre profundidades nos diversos tipos de solos de acordo com o teste de Duncan.

Prof. (cm)	Tipo de solo						
	AQVA*	LAm**	LAa**	LAm**	TRE	PVA	GPH
0-10	9,0 a	16,7 a	14,3 a	19,7 a	23,3 a	23,0 a	10,3 a
10-20	12,7 ab	22,3 b	21,7 b	23,3 ab	24,7 a	25,7 a	16,0 a
20-30	14,0 ab	23,3 b	22,7 b	24,0 ab	25,7 a	26,3 a	17,7 a
30-40	14,3 b	25,0 b	23,3 b	23,0 ab	25,3 a	25,3 a	17,0 a
40-60	14,0 ab	25,3 b	24,0 b	21,3 ab	25,0 a	24,3 a	17,7 a
60-80	13,3 ab	24,7 b	24,7 b	23,3 ab	24,3 a	23,0 a	18,0 a
80-100	13,7 ab	25,0 b	24,0 b	25,3 b	22,3 a	22,7 a	14,7 a

Médias seguidas verticalmente de mesma letra não apresentam diferença significativa entre as profundidades (* $\alpha = 0.05$ ** $\alpha = 0.01$).

No solo AQVA, a resistência apresenta diferença marcante apenas entre as profundidades 0-10 e 30-40cm, com 9,0 e 14,3mm/cm², respectivamente. Nos solos LAm e LAa, a resistência apresenta-se mais baixa à superfície 0-10cm, diferindo estatisticamente das outras profundidades, que, por sua vez, são semelhantes entre si. No solo LAm, a resistência também se apresenta menor à superfície 0-10cm (19,7mm/cm²), que difere estatisticamente da profundidade 80-100cm com 25,3mm/cm². Os solos TRE, PVA e GPH não apresentam variações estatisticamente significantes entre profundidades no que diz respeito à resistência.

A Tabela 5 mostra a variação do teor de argila entre as profundidades dos diversos tipos de solos estudados.

TABELA 5 — Variação do teor de argila (%) entre profundidades nos diversos tipos de solos.

Prof. (cm)	Tipo de solo						
	AQVA	LAm**	LAa**	LAm**	TRE*	PVA**	GPH
0-10	11 a	13 a	22 a	79 a	53 a	73 a	45 a
10-20	12 a	17 b	33 b	83 ab	60 ab	74 ab	50 a
20-30	13 a	21 c	38 bc	87 bc	63 ab	75 ab	56 a
30-40	14 a	24 d	43 cd	89 cd	66 ab	78 bc	58 a
40-60	15 a	28 e	46 d	90 cd	68 b	80 cd	55 a
60-80	15 a	28 e	47 d	93 c	68 b	80 cd	50 a
80-100	15 a	28 e	47 d	93 c	68 b	82 d	49 a

Médias seguidas verticalmente da mesma letra não apresentam diferença significativa entre as profundidades (* $\alpha = 0.05$ ** $\alpha = 0.01$).

Entre os solos estudados, apenas os tipo AQVA e GPH não apresentam variação de teor de argila estatisticamente significativa entre as profundidades. Os demais apresentam diferenças marcantes, com conteúdo de argila aumentando da superfície com a profundidade do perfil.

A Figura 1 mostra a representação gráfica da distribuição dos volumes de sólido, ar e água, encontrados nos diversos tipos de solos estudados. O volume de sólidos correspondente ao solo propriamente dito, ou seja, as partículas primárias e secundárias, juntamente com a matéria orgânica formam o esqueleto do solo. Os volumes de ar e água são variáveis e representam os volumes destes dois componentes na ocasião em que foi feita a amostragem. Os gráficos mostram uma tendência para um maior volume de sólido nos solos de densidade mais alta, assim como de um maior volume de água nos solos mais argilosos. O solo de várzea (gley) apresenta deficiência de aeração e excesso de umidade desde a superfície.

DISCUSSÃO

O uso do solo, tanto pelo processo manual ou mecanizado, acarreta mudanças em sua estrutura que irão variar de acordo com as suas propriedades físicas e as práticas de manejo adotadas. Estas mudanças se fazem sentir principalmente no aumento da densidade, diminuição da porosidade, e aumento de resistência do solo.

A alteração destes parâmetros, no que diz respeito à relação solo-planta-solo, acarretará modificações no armazenamento de ar e de água, impedimento mecânico, absorção de nutrientes e atividade microbiológica.

A diminuição na porosidade implica a redução do ar e de água que poderá ser armazenada no solo para as plantas. O aumento da densidade do solo causa um impedimento mecânico ao desenvolvimento do sistema radicular das plantas. A absorção de nutrientes é prejudicada com a diminuição do ar (nitrogênio) e de água, visto que grande parte dos nutrientes encontram-se em suspensão no solo. O próprio impedimento mecânico ao desenvolvimento das raízes fará com que a área de contato entre raízes e solo seja reduzida, diminuindo portanto o volume de solo de onde as raízes poderiam extrair nutrientes. A atividade microbiológica é prejudicada pela deficiência de ar e de água no solo, assim como o aumento da densidade dificulta a movimentação dos microorganismos no solo.

É crença geral de que a estrutura do solo deteriora sob cultivo nos trópicos. Várias evidências indicam que o grau de mudanças na estrutura varia com as propriedades físicas do solo e as práticas de manejo.

Falesi, et al. (1980), estudando os efeitos do uso dos solos da região bragantina sobre as suas propriedades físicas, encontraram valores médios de densidade 1,53g/cc, porosidade 41% e resistência 19,1mm/cm², em solo LAm, sob condições naturais de mata virgem. A região bragantina, localizada no nordeste do Estado do Pará, caracteriza-se por ter sido usada intensivamente, durante mais de 100 anos, pelo sistema primitivo de subsistência ("shifting cultivation" ou "slash-and-burn system"), envolvendo principalmente culturas de ciclo curto. Entre as diversas áreas usadas intensivamente os valores médios encontrados de densidade variam entre 1,48 e 1,59g/cc; de porosidade entre 39 e 43%; e de resistência entre 17,0

e 21,8mm/cm². Vieira, et al. (1967), estudando os solos da mesma região bragantina, em trabalho concluído em 1958, encontraram para solo LAm recoberto por capoeira de, aproximadamente, cinco anos, valores médios de densidade 1,53g/cc e porosidade total 40%. De acordo com estes resultados, o uso dos solos da bragantina pelo processo tradicional de cultivo manual não causou modificações drásticas na estrutura dos solos. Em experimento sobre o efeito de preparo de área manual e mecanizada em fase de execução na área do Diogo, no CPATU, em solo LAm, foram achados valores médios de densidade 1,61g/cc e porosidade 38% para as quadras testemunhas. Esta área tem sido usada intensamente desde 1950 com os mais diversos tipos de experimentos. De acordo com os valores médios de densidade e porosidade encontrados para o solo LAm, em condições naturais (Tabela 1), é de se supor que estes solos também não sofreram intensa modificação.

O Mapa Esquemático dos Solos das Regiões Norte, Meio-Norte e Centro-Oeste do Brasil (Ministério da Agricultura 1975) encontra valores médios de densidade 1,42g/cc e porosidade 47% em solo AQVA fase cerrado, valores portanto bastante próximos dos encontrados para o mesmo tipo de solo sob cobertura de floresta tropical.

Baena & Dutra (1981), estudando as propriedades físicas de diferentes solos dos experimentos CPATU-1 e CPATU-2, em Altamira e Capitão Poço, encontraram valores médios de porosidade e densidade, conforme mostra a Tabela 6.

TABELA 6 — Valores médios de densidade aparente (g/cc) e porosidade total (%) para os diferentes tipos de solos dos experimentos CPATU-1 e CPATU-2, em Altamira e Capitão Poço, 1978.

Tipo de solo	Local	Densidade aparente g/cc	Porosidade total (%)
TRE	CPATU-1 — Altamira	1,35	49
TRE	CPATU-2 — Altamira	1,38	48
PVA	CPATU-1 — Altamira	1,18	55
LAa	CPATU-1 — Capitão Poço	1,62	39
LAa	CPATU-2 — Capitão Poço	1,65	37
LAm	CPATU-1 — Capitão Poço	1,61	38
LAm	CPATU-2 — Capitão Poço	1,65	38

Estas áreas começaram a ser usadas em 1977, com culturas de ciclo anual e perene, pelo processo tradicional de cultivo manual. Os valores de densidade e porosidade para os solos TRE e LAm, na Tabela 6, apresentam-se próximos dos valores encontrados para estes solos em condições naturais (Tabela 1). As diferenças mais marcantes se fazem sentir nos solos PVA e LAa. No solo PVA, a média de densidade 1,18g/cc no CPATU-1 de Altamira é consideravelmente mais baixa do que 1,38g/cc, encontrada para este solo em condições naturais, apesar da pouca diferença entre porosidade (55 e 53%). No solo LAa, os valores de densidade 1,62g/cc do CPATU-1 e 1,65g/cc do CPATU-2, ambos de Capitão Poço, são consideravelmente mais altos do que o valor médio 1,47g/cc encontrado para este solo em mata virgem. A porosidade apresenta-se com valores 39 e 37%, portanto, abaixo da média 43% achada em condições naturais.

Sob mancha de solo do tipo LAm, em área da CODEAGRO, no Estado do Amazonas, foi iniciado um projeto de pesquisa cujo objetivo era testar diversos processos mecanizados de preparo de área em comparação com o sistema tradicional, a partir do desmatamento, tendo a seringueira como planta indicadora para se observar o comportamento do solo no decorrer do tempo. A Tabela 7 mostra os valores obtidos de densidade e porosidade entre os diversos tratamentos e a mata virgem.

TABELA 7 — Valores de densidade aparente e porosidade total em solo LAm sob mata virgem e áreas de preparo manual e mecanizado, CODEAGRO, 1979.

Prof. (cm)	Densidade aparente g/cc				Porosidade total %			
	M.V.	P.T.	M.1	M.2	M.V.	P.T.	M.1	M.2
0-10	0,88	0,84	1,15	1,15	63	67	52	52
10-20	1,08	0,94	1,04	1,18	57	64	59	53
20-30	1,12	0,99	1,11	1,13	56	62	56	56
50-60	1,07	1,08	1,04	1,15	59	59	58	54
80-100	1,09	1,08	1,06	1,19	60	59	59	53

M.V. — Mata virgem.

P.T. — Processo tradicional.

M.1 — Derruba D6 e "Tree Pusher" + Enleiramento D8.

M.2 — Broca D6 e Lâmina KG + Derruba D8 e "Tree Pusher".

Os valores de densidade e porosidade do solo LAma, em mata virgem (Tabelas 7 e 3) são semelhantes entre as diversas profundidades. No processo tradicional, observam-se valores ainda mais baixos de densidade nas camadas superficiais. Nos processos mecanizados os valores de densidade indicam um aumento em relação à mata virgem, principalmente na camada superior 0-10cm. No processo M2 este aumento também se faz sentir nas camadas mais profundas. A porosidade apresenta-se com valores mais altos nas camadas superficiais da área de processo tradicional em relação à mata virgem. Na área M1, a redução de porosidade se faz sentir apenas na camada 0-10cm, e na M2, esta redução se faz sentir em todas as profundidades, com exceção da 20-30cm.

As propriedades dinâmicas dos solos são expressas através de movimentos do solo que resultam de forças aplicadas externamente. Gill & Van den Berg (1967), definem dinâmica do solo como a relação entre forças aplicadas ao solo e a reação resultante do solo. Investigações pioneiras de Nichols (1929) levaram a uma classificação de variáveis que devem ser consideradas quando se relaciona dinâmica de solo com operações de cultivo. Os fatores básicos que afetam a resposta do solo às forças aplicadas por ocasião de cultivo, incluem textura, estrutura, porosidade, densidade, resistência, matéria orgânica e teor de umidade.

Os efeitos de derrubada da mata foram avaliados por Cunningham (1963), num solo franco arenoso de Gana. Os resultados indicam nos 7,5cm da superfície um decréscimo na porosidade total de 52 para 42%, correspondentes à redução de 37 para 32% na macroporosidade e de 15 para 10% na microporosidade. A macroporosidade é responsável pelo armazenamento de ar e a microporosidade pelo armazenamento de água disponível às plantas, considerando-se o solo com o teor de umidade em torno da capacidade de campo. Greacen (1958) reporta que a porosidade de um solo argiloso decresceu de 16 a 18% abaixo de mata virgem, quando cultivado durante 40 anos com culturas intercaladas.

Moura & Buol (1972), comparando os efeitos de quinze anos de cultivo anual em solo latossólico, observaram que a velocidade de infiltração decresceu de 82 para 12cm/h com o cultivo intenso. Este decréscimo foi associado com uma marcante diminuição de macro-

poros nos horizontes A e B, e a compactação por máquinas foi considerada como a causa da diminuição na macroporosidade. Considerando-se os aspectos de armazenamento de água e perdas de nutrientes por lixiviação, este decréscimo pode ser considerado benéfico, uma vez que a infiltração, que era muito rápida ($> 25\text{cm/h}$), passou a ser moderadamente rápida ($6,3\text{-}12,7\text{cm/h}$). Sob o aspecto de runoff e erosão, poderá ser prejudicial, uma vez que durante as chuvas de alto potencial erosivo, a água, não encontrando um escoamento rápido dentro do solo, começará a escorrer superficialmente.

Observações de campo têm mostrado que a densidade do solo é de grande importância na penetração de raízes. Raízes de muitas espécies de plantas mudam de direção e crescem paralelamente a camadas compactadas (pans).

No Senegal, aumento significativo de produção para várias culturas foi obtido por Nicou (1972) em solos Podzólicos textura arenosa com a diminuição de 1,6 para 1,4g/cc. Neste mesmo tipo de solo Charrou & Nicou (1971) mostram que o decréscimo de apenas 0,1g/cc na densidade aparente teve um efeito benéfico no desenvolvimento de raízes e produtividade de culturas tais como sorgo e amendoim.

Estudos em solos completamente diferentes suportam as observações anteriores de que pequenas mudanças na densidade tem efeito marcante no desenvolvimento das raízes e, por conseguinte na produtividade.

Baena & Dutra (1979), estudando o efeito da densidade e da porosidade no crescimento do milho em solo TRE, com densidades 1,36; 1,16 e 0,91g/cc e porosidades 54, 61 e 68%, respectivamente, encontraram que, a partir da terceira semana após a germinação, o desenvolvimento das plantas é significativamente menor nos solos de maior densidade e menor porosidade.

Em um estudo de compactação, causada por tratores sobre o desenvolvimento de raiz da cana-de-açúcar no Havaí, Trowse & Humbert (1961) mostram que pequenas mudanças na densidade, levaram as raízes de se desenvolverem apenas superficialmente, enquanto que uma compactação maior causou impedimento total no desenvolvimento das raízes, conforme mostra a Tabela 8.

TABELA 8 — Densidade aparente de vários solos do Haváí e o desenvolvimento de raízes de cana-de-açúcar.

Tipo de solo	Densidade aparente (g/cc) na qual as raízes:		
	Cresceram normalmente	Cresceram superficialmente	Não cresceram
Latossolo	1,02	1,12	1,52
Vulcânico	0,58	0,70	1,08
Hidromórfico	1,17	1,32	1,76

Fonte: Trowse & Humbert (1961).

Tackett & Pearson (1964), estudando a penetração de raízes de algodão em solos compactados para diferentes densidades, encontraram que densidade acima de 1,5g/cc causou acentuado decréscimo na penetração das raízes. Na densidade 1,3g/cc o crescimento das raízes aumentou rapidamente.

Eavis & Payne (1968), também estudando a penetração de raízes em solos com densidade 1,1; 1,4 e 1,6g/cc, encontraram que a resistência à penetração de raízes aumenta com a densidade do solo e que a penetração é inversamente proporcional ao nível do impedimento mecânico.

A maioria dos autores considera, para a maioria dos solos, 1,0g/cc como a densidade ideal para condições ótimas de desenvolvimento do sistema radicular onde o impedimento mecânico não é um fator limitante.

É difícil separar os efeitos de impedimento mecânico e deficiência de aeração, desde que ambos são afetados por aumento na densidade aparente decorrente da compactação do solo.

A penetração de raízes através do solo assemelha-se à compressão do cilindro do penetrômetro, apesar de que o penetrômetro dá apenas uma medida relativa de resistência à penetração, enquanto que as raízes em crescimento têm flexibilidade, assumem formas dife-

rentes em função da resistência do solo, possuem propriedades diferentes de adesão e fricção, e aumentam a força do solo durante o crescimento, através da absorção de água. Shaw et al. (1942) mostram que há um rápido aumento na resistência com a diminuição da umidade, indicando que a resistência torna-se maior quando as partículas do solo são colocadas juntas durante o processo de secagem.

A resistência do solo medida pelo penetrômetro é um índice integrado do seu estado de compactação, teor de umidade, textura e tipo de mineral de argila. É uma determinação que envolve consistência e estrutura do solo. Segundo Henin (1936), Shaw et al. (1942) e Scott-Blair (1938), o penetrômetro já foi usado para medir as condições de cultivo do solo (Tilth). Quanto mais o solo cultivado pudesse ser comprimido, melhor seriam as condições de cultivo. A quantidade de compressão denotava a agregação do solo. Segundo Baver et al. (1972), geralmente, em solos arenosos, a resistência ao penetrômetro aumenta proporcionalmente com a profundidade, enquanto que, nos argilosos compactados no estado úmido, a resistência tende a aumentar rapidamente com a profundidade por alguns centímetros e depois mantém-se constante.

Greacen (1958) reporta que, num solo argiloso com porosidade 60% nos 30cm superficiais, mantidos com aração, a produção de milho foi de 7m³/ha, enquanto que, no campo ao lado, com uma porosidade de 50%, a produção foi de apenas 1,7m³/ha. Tackett & Pearson (1964) encontraram que macroporosidade abaixo de 10% causou uma diminuição marcante na penetração de raízes, mesmo na densidade mais baixa (1,3g/cc). Baver & Farnsworth (1940) acharam produtividade máxima para beterraba com uma porosidade de aeração (macroporosidade) de cerca de 10%.

Nelson & Baver (1940), estudando aeração de diversos tipos de solos encontraram valores de porosidade total para solos arenosos em torno de 37% e para solos argilosos, de 63 a 70%. Segundo Longwell et al. (1963), nos solos arenosos, há predominância de poros do tipo macroporos. Os macroporos causam rápida e excessiva drenagem, e as partículas maiores do solo retêm água com pouca tensão. O efeito combinado destas relações é baixa capacidade de retenção de umidade nos solos arenosos; a deficiência de água limita a produção destes solos com mais freqüência do que em solos de textura mais fina (Fig. 1).

Disponibilidade de água e suprimento de nitrogênio talvez sejam, entre as propriedades do solo, as de maior importância; por estas propriedades a textura do solo indiretamente afeta as plantas. Segundo Wilsie et al. (1944), sob condições ambientais similares, a disponibilidade de nitrogênio para as plantas geralmente aumenta à medida que a textura torna-se mais fina. A textura tem importância na erodibilidade do solo. Em geral, solos com teores elevados de areia e silte são mais susceptíveis à erosão do que os solos argilosos. Briones e Veracion (1965) acharam que a estabilidade de agregados nos Latossóis aumenta linearmente com o teor de argila até 50% e, a partir de 70%, tende a diminuir.

Os objetivos do preparo de área só podem ser alcançados através de aplicações de forças ao solo. Particularmente nos trópicos, severa dissecação, altas temperaturas e chuvas intensas estão entre os diversos fatores que causam bruscas modificações na estrutura deste solo.

Mediante o conhecimento das propriedades dos solos e das necessidades das culturas é que se deve formular as várias alternativas do uso adequado e manejo das terras, visto que muitas propriedades físicas dos solos deterioram com uso excessivo ou inadequado, tornando o solo em meio desfavorável ao bom desenvolvimento das plantas. Desta maneira, deve-se familiarizar com as características do solo em suas condições naturais, e a dinâmica que segue as diversas operações de preparo de área, a fim de entender as relações entre propriedades físicas dos solos, cultivo e produtividade.

CONCLUSÕES

1. Existem diferenças marcantes entre os tipos de solos estudados no que diz respeito às suas propriedades físicas. Estas diferenças condicionam diferentes capacidades de uso e aptidão agrícola destes solos; o seu conhecimento é de fundamental importância na agricultura.

2. Os valores da porosidade e densidade, com exceção para os solos AQVA e TRE, não apresentam variação significativa entre profundidades. Isto significa que a maioria destes solos apresentam perfis homogêneos no que diz respeito a estes dois parâmetros.

3. Para a maioria dos solos estudados, há um aumento considerável na resistência a partir dos 10cm superficiais; a partir daí, mantém-se estável com a profundidade no perfil.

4. O teor de argila aumenta consideravelmente com a profundidade na maioria dos solos estudados, com exceção dos solos AQVA e GPH.

5. De acordo com os valores obtidos para porosidade e densidade, os solos de terra firme que apresentam em condições naturais melhores propriedades físicas, são, em ordem de importância: LAm, PVA, TRE, AQVA, LAa e LAm. No que diz respeito à capacidade de armazenar água, a ordem de importância para os três últimos é: LAa, LAm e AQVA.

6. Os solos do tipo AQVA, LAm e LAa, mesmo em condições naturais, apresentam valores de densidade e porosidade que indicam a necessidade de cuidados especiais quando do uso destes solos, a fim de que estes dois fatores não causem restrições no desenvolvimento das plantas.

7. Os solos do tipo LAm, PVA e TRE apresentam, em condições naturais valores de densidade e porosidade próximos do desejado para a maioria das culturas; os seus usos devem ser orientados de tal maneira que estas propriedades não venham a se deteriorar.

8. Os solos de várzea (Gley) em condições naturais apresentam boas propriedades físicas com relação aos resultados obtidos; os seus problemas de deficiência de aeração e excesso de umidade são devidos a fatores locais de baixa topografia.

BAENA, A.R.C. & DUTRA, S. **Propriedades físicas dos principais solos da Amazônia Brasileira em condições naturais.** Belém, EMBRAPA-CPATU, 1982. 28p. (EMBRAPA-CPATU. Boletim de Pesquisa, 33).

ABSTRACT: Soil physical properties are among several soil parameters very little known in the Amazon basin, either under natural conditions or upon land cultivation. This work is a first approach to try to evaluate porosity, density, and resistance for the main groups of soils of this area on its natural state. Those properties are of real influence on plant growth, and its changes upon land use also dictate crop production. Soil samples were taken from different depths in places previously selected of Red-Yellow Sand (AQVA); Oxisol me-

dium texture (LAm); Oxisol heavy texture (LAa); Oxisol very heavy texture (LAm_a); Red-Yellow Podzolic (PVA); Terra Roxa Estruturada (TRE) and Low Humic Gley (GPH) soils. These samples were analysed for total porosity, bulk density and clay content. Resistance was taken in the field through the penetrometer. The results were statistically analysed and compared with data in the literature. There are differences among soil physical proprieties and the groups LAm_a, TRE and PVA seems to offer better conditions for plant growth when compared to the others.

REFERÊNCIAS

- BAENA, A.R.C. & DUTRA, S. **Densidade aparente e porosidade do solo no desenvolvimento do milho**. Belém, EMBRAPA-CPATU, 1979. (EMBRAPA-CPATU. Comunicado Técnico, 24).
- BAENA, A.R.C. & DUTRA, S. **Algumas propriedades físicas dos solos das áreas do CPATU-1 e CPATU-2, Altamira e Capitão Poço — 1978**. Belém, EMBRAPA-CPATU, 1981. (EMBRAPA-CPATU. Boletim de Pesquisa, 30).
- BAVER, L.D. & FRANSWORTH, R.B. Soil structure effects in the growth of sugar beets. **Soil Sci. Soc. Am. Proc.**, Madison, 5: 45-8, 1940.
- BAVER, L.D.; GARDNER, W.H. & GARDNER, W.R. Soil physics. 4. ed. New York, J. Wiley, 1972. 434p.
- BRIONES, A.A. & VERACION, J.G. Aggregate Stability of some red soils of Luzon. **Philipp. Agr.**, 45: 153-67, 1965.
- CHARREAU, C. & NICOU, R. L'amélioration du profil cultural dans les sols sableux et sablo-argileux de la zone tropicale sèche Ouest-Africaine et ses incidences agronomiques. **Agron. Trop.**, Paris, 26: 205-55, 903-78, 1183-247, 1971.
- CUNNINGHAM, R.K. The effect of clearing a tropical forest soil. **J. Soil Sci.**, Amen. 14: 334-45, 1963.
- EAVIS, B.W. & PAYNE, D. **Soil physical conditions and root growth**. Nottingham, 15. Easter School Agr. Sci., University of Nottingham, 1968.
- 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. (EMBRAPA-CPATU. Boletim de Pesquisa, 14).
- GILL, W.R. & VAN DEN BERG, G.E. Soil dynamics in tillage and traction. Washington, USDA Agr. Res. Ser., 1967. Agriculture Handbook, 316.
- GREACEN, E.L. The soil structure profile under pasture. **Aust. J. Agr. Res.**, 9: 129-37, 1958.

- HÉNIN, S. Quelques résultats obtenus dans l'étude des sols à l'aide de la sonde dynamométrique de Demolon-Hénin. **Soil Res.**, Rome, **5**: (1), 1936.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, Rio de Janeiro. Mapa esquemático dos solos das regiões Norte, Meio-Norte e Centro-Oeste do Brasil. Rio de Janeiro, DNPEA-DPP-EMBRAPA, 1975. (Boletim Técnico, 17).
- MOURA FILHO, W. & BUOL, S.W. Studies of a Latosol Roxo (Eutruxox) in Brazil. **Experientiae**, Viçosa, **13**: 201-34, 1972.
- NELSON, W.L. & BAVER, L.D. Movement of water through soils in relation to the nature of the pores. **Soil Sci. Soc. Am. Proc.**, Madison, **5**: 69-76, 1940.
- NICHOLS, M.L. Methods of research in soil dynamics. Auburne, Alabama Agr. Exp. Sta., 1929. (Bulletin, 229).
- NICOU, R. **Synthèse des Etudes de Physique du sol Réalisées par l'IRAT en Afrique Tropicale Sèche**. Seminar on Tropical Soils Research. Ibadan, Nigéria, International Institute for Tropical Agriculture, 1972.
- SCOTT-BLAIR, G.W. A new laboratory method for measuring the effects of land amelioration processes. **J. Agr. Sci.**, Londres, **28**: 367-78, 1938.
- SHAW, B.T.; RAISE, H.R. & FARNSWORTH, R.B. Four years' experience with a soil penetrometer. **Soil Sci. Soc. Am. Proc.**, Madison, **7**: 48-55, 1942.
- TACKETT, J.L. & PEARSON, J.B. Oxygen requirements of cotton seedlings roots for penetration of compacted soil cores. **Soil Sci. Soc. Am. Proc.**, Madison, **28**: 600-5, 1964.
- TROUSE, A.C. Jr. & HUMBERT, R.P. Some effects of soil compaction on the development of sugarcane roots. **Soil Sci.**, Preston, **91**: 208-17, 1961.
- 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. (IPEAN. Boletim Técnico, 47).
- WILSIE, C.P.; BLACK, C.A. & AANDAHL, A.R. Hamp production experiments: cultural practices and soil requirements. Ames, Iowa Agr. Exp. Sta. 1944.

ANEXO 1 — Dados físicos

Tipo de solo	Local	Perfil	Prof. cm	Pors. %	Dens. g/cc	Resis. mm/km ²	Arg. %	Protocolo
AQVA	CPATU Mocambo Belém, PA	1	0-10	48	1,39	9	7	26.720
		1	10-20	49	1,34	15	9	26.721
		1	20-30	49	1,36	16	10	26.722
		1	30-40	48	1,40	17	11	26.723
		1	40-60	47	1,40	16	12	26.724
		1	60-80	48	1,41	15	12	26.725
		1	80-100	48	1,39	15	12	26.726
AQVA	CPATU Mocambo Belém, PA	2	0-10	51	1,29	10	15	26.727
		2	10-20	58	1,27	12	16	26.728
		2	20-30	49	1,33	14	17	26.729
		2	30-40	45	1,46	13	17	26.730
		2	40-60	48	1,37	12	16	26.731
		2	60-80	45	1,44	12	17	26.732
		2	80-100	43	1,50	12	16	26.733
AQVA	CPATU Mocambo Belém, PA	3	0-10	52	1,26	8	11	26.734
		3	10-20	52	1,24	11	12	26.735
		3	20-30	48	1,36	12	13	26.736
		3	30-40	46	1,42	13	14	26.737
		3	40-60	46	1,42	14	15	26.738
		3	60-80	45	1,46	13	15	26.739
		3	80-100	44	1,48	14	18	26.740
LAm	Faz. 3 Marias Castanhal, PA	1	0-10	43	1,54	16	12	29.065
		1	10-20	40	1,59	22	17	29.066
		1	20-30	41	1,60	23	21	29.067
		1	30-40	40	1,61	25	25	29.068
		1	40-60	42	1,56	24	27	29.069
		1	60-80	41	1,59	23	28	29.070
		1	80-100	40	1,60	24	27	29.071
LAm	Faz. 3 Marias Castanhal, PA	2	0-10	44	1,51	17	14	29.072
		2	10-20	40	1,60	22	17	29.073
		2	20-30	40	1,60	23	22	29.074
		2	30-40	41	1,57	23	24	29.075
		2	40-60	42	1,56	24	29	29.076
		2	60-80	40	1,60	24	29	29.077
		2	80-100	43	1,53	23	29	29.078

ANEXO 1 — (Continuação).

Tipo de solo	Local	Perfil	Prof. cm	Pors. %	Dens. g/cc	Resis. mm/km ²	Arg. %	Protocolo
LAm	Castanhal, PA	3	0-10	48	1,41	17	14	29.079
		3	10-20	45	1,48	23	17	29.080
		3	20-30	40	1,62	24	21	29.081
		3	30-40	46	1,61	27	23	29.082
	Faz. 3 Marias	3	40-60	47	1,62	28	27	29.083
		3	60-80	41	1,59	27	28	29.084
		3	80-100	41	1,60	28	27	29.085
LAa	Km 23 - Rod.	1	0-10	46	1,39	11	21	28.511
		1	10-20	43	1,45	22	32	28.512
		1	20-30	40	1,56	24	37	28.513
		1	30-40	45	1,44	23	39	28.514
	Acará/Moju, PA	1	40-60	35	1,52	23	42	28.515
		1	60-80	42	1,54	25	46	28.516
		1	80-100	44	1,47	23	46	28.517
LAa	Km 23 - Rod.	2	0-10	45	1,39	13	22	28.518
		2	10-20	44	1,46	21	33	28.519
		2	20-30	43	1,46	21	38	28.520
		2	30-40	41	1,53	23	45	28.521
	Acará/Moju, PA	2	40-60	44	1,44	24	47	28.522
		2	60-80	42	1,48	24	44	28.523
		2	80-100	42	1,47	24	46	28.524
LAa	Km 23 - Rod.	3	0-10	44	1,42	19	22	28.525
		3	10-20	44	1,49	22	23	28.526
		3	20-30	41	1,53	23	40	28.527
		3	30-40	42	1,50	24	46	28.528
	Acará/Moju, PA	3	40-60	44	1,44	25	50	28.529
		3	60-80	44	1,44	25	52	28.530
		3	80-100	45	1,46	25	50	28.531
LAma	CODEAGRO	1	0-10	59	1,03	20	81	27.107
		1	10-20	51	1,19	22	80	27.108
		1	20-30	61	1,00	24	86	27.109
	Manaus, AM	1	30-40	58	1,28	23	90	27.110
		1	40-60	62	0,99	19	89	27.111
		1	60-80	50	1,19	22	93	27.112
		1	80-100	52	1,17	25	92	27.113

ANEXO 1 — (Continuação).

Tipo de solo	Local	Perfil	Prof. cm	Pors. %	Dens. g/cc	Resis. mm/km ²	Arg. %	Protocolo
LAma	CODEAGRO Manaus, AM	2	0-10	63	0,94	20	80	27.114
		2	10-20	60	1,00	23	81	27.115
		2	20-30	64	0,94	23	88	27.116
		2	30-40	65	0,90	23	86	27.117
		2	40-60	65	0,92	21	89	27.118
		2	60-80	68	0,84	24	92	27.119
		2	80-100	61	1,01	25	93	27.120
LAma	CODEAGRO Manaus, AM	3	0-10	63	0,96	19	77	27.121
		3	10-20	52	1,17	25	87	27.122
		3	20-30	57	1,09	25	86	27.123
		3	30-40	61	1,01	23	91	27.124
		3	40-60	64	0,96	24	93	27.125
		3	60-80	59	1,07	24	93	27.126
		3	80-100	60	1,04	26	94	27.127
PVA	Km 23 da Tran- samazônica Altamira, PA	1	0-10	60	1,06	20	73	27.049
		1	10-20	55	1,22	26	73	27.050
		1	20-30	47	1,35	27	76	27.051
		1	30-40	54	1,27	26	78	27.052
		1	40-60	55	1,22	26	80	27.053
		1	60-80	50	1,22	23	81	27.054
		1	80-100	53	1,27	24	84	27.055
PVA	Km 23 da Tran- samazônica Altamira, PA	2	0-10	65	0,88	23	71	27.056
		2	10-20	57	1,23	24	74	27.057
		2	20-30	52	1,24	27	74	27.058
		2	30-40	48	1,31	25	76	27.059
		2	40-60	51	1,27	24	80	27.060
		2	60-80	49	1,33	23	80	27.061
		2	80-100	52	1,27	22	81	27.062
PVA	Km 23 da Tran- samazônica Altamira, PA	3	0-10	50	1,27	26	76	27.063
		3	10-20	52	1,28	27	76	27.064
		3	20-30	52	1,27	25	76	27.065
		3	30-40	54	1,24	25	79	27.066
		3	40-60	54	1,26	23	80	27.067
		3	60-80	53	1,25	23	80	27.068
		3	80-100	54	1,24	22	82	27.069

ANEXO 1 — (Continuação).

Tipo de solo	Local	Perfil	Prof. cm	Pors. %	Dens. g/cc	Resis. mm/km ²	Arg. %	Protocolo
TRE	Km 101 da Transamazônica Altamira, PA	1	0-10	60	1,15	19	58	27.070
		1	10-20	51	1,33	22	62	27.071
		1	20-30	48	1,38	24	65	27.072
		1	30-40	48	1,39	22	70	27.073
		1	40-60	47	1,42	22	71	27.074
		1	60-80	52	1,31	22	76	27.075
		1	80-100	54	1,27	23	75	27.076
TRE	Km 101 da Transamazônica Altamira, PA	2	0-10	61	1,12	25	47	27.077
		2	10-20	47	1,43	26	58	27.078
		2	20-30	52	1,35	26	61	27.079
		2	30-40	51	1,39	26	60	27.080
		2	40-60	53	1,34	26	64	27.081
		2	60-80	50	1,39	25	63	27.082
		2	80-100	52	1,35	23	63	27.083
TRE	Km 101 da Transamazônica Altamira, PA	3	0-10	57	1,24	26	47	27.084
		3	10-20	48	1,39	26	58	27.085
		3	20-30	53	1,30	27	61	27.086
		3	30-40	52	1,32	28	60	27.087
		3	40-60	53	1,31	27	64	27.088
		3	60-80	55	1,31	26	63	27.089
		3	80-100	56	1,27	21	63	27.090
GPH	APEG CPATU Belém, PA	1	0-10	70	0,80	14	54	28.837
		1	10-20	64	0,97	15	60	28.838
		1	20-30	62	1,03	13	65	28.839
		1	30-40	60	1,04	17	62	28.840
		1	40-60	57	1,19	15	56	28.841
		1	60-80	62	1,07	14	60	28.842
		1	80-100	63	1,06	13	56	28.843
GPH	APEG CPATU Belém, PA	2	0-10	69	0,77	7	34	28.844
		2	10-20	52	1,24	16	43	28.845
		2	20-30	49	1,38	19	49	28.846
		2	30-40	52	1,36	15	54	28.847
		2	40-60	53	1,33	20	52	28.848
		2	60-80	47	1,46	21	37	28.849
		2	80-100	45	1,52	23	46	28.850

ANEXO 1 — (Continuação).

Tipo de solo	Local	Perfil	Prof. cm	Pors. %	Dens. g/cc	Resis. mm/km ²	Arg. %	Protocolo
GPH	APEG CPATU Belém, PA	3	0-10	59	1,16	10	44	28.851
		3	10-20	54	1,24	17	47	28.852
		3	20-30	55	1,22	21	53	28.853
		3	30-40	55	1,21	19	57	28.854
		3	40-60	56	1,15	18	57	28.855
		3	60-80	56	1,19	19	54	28.856
		3	80-100	47	1,41	18	44	28.857

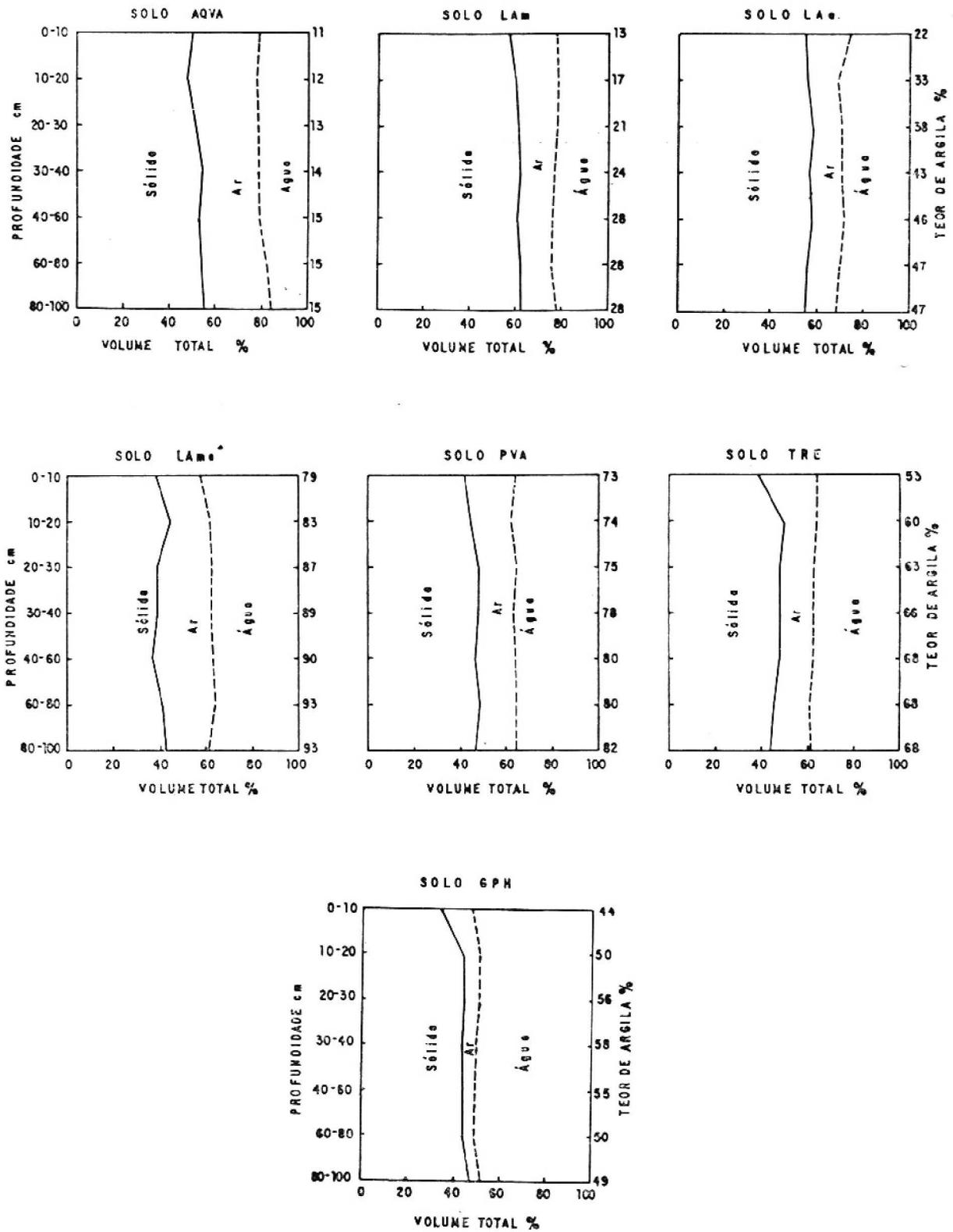


Fig 1 — Volumes médios de sólido, ar e água em diversos tipos de solos da Amazônia.