

INFLUÊNCIA DE DOIS MÉTODOS DE PREPARO DE ÁREA NA COMPACTAÇÃO DE UM LATOSSOLO AMARELO NO ESTADO DO AMAZONAS

Benjamín Fernández Medina¹

RESUMO: Em um Latossolo Amarelo de textura muito argilosa do Campo Experimental de Dendê (CNPSP-EMBRAPA), no Estado do Amazonas, foi conduzido um estudo objetivando avaliar o efeito de dois métodos de preparo de área para plantios (manual e mecanizado) sobre a compactação do solo. Os parâmetros usados para medir esta propriedade dinâmica do solo foram: a) infiltração básica; b) densidade do solo e c) resistência do solo à penetração. Os resultados deste estudo mostraram que as operações que antecederam o enleiramento, sejam estas mecânicas ou manuais, não causaram modificações profundas na estrutura do solo, capazes de interferir na sua produtividade futura. A operação do enleiramento, não obstante, devido ter sido realizada em um período chuvoso e sobre o solo com suas partículas parcialmente orientadas pela pressão aplicada durante as operações anteriores, provocou uma compactação mais acentuada, particularmente quando efetuada mecanicamente, em cujo caso atingiu um nível crítico, expresso por um valor de infiltração básica de 1,4 mm/h. Nesta última etapa do processo de preparo de área para plantio, encontraram-se diferenças significativas entre preparos mecanizado e manual, e entre cada um destes e a mata virgem, para todos os três parâmetros de avaliação.

Termos para indexação: Desmatamento, infiltração básica, resistência do solo à penetração.

IMPACT OF TWO LAND CLEARING METHODS ON SOIL COMPACTION OF A YELLOW LATOSOL OF THE STATE OF AMAZONAS-BRAZIL

ABSTRACT: The effect of two methods of clearing a very clayey Yellow Latosol (Oxisol) of the State of Amazonas on soil compaction is described. A 14 ha field under tropical rainforest vegetation was cleared by means of both mechanized and manual methods. For the two methods, slight changes in soil physical conditions were observed immediately after burning. However, the operation of piling up in rows of the material that remained after burning promoted a drastic reduction in the infiltrability of the soil and a marked resistance to penetration, with greater impact on the soil cleared mechanically, which yielded values significantly different to those of the manual slash-burn method and the virgin forest. The soil bulk density, although showing the same trend as the other two soil physical parameters, was much less sensitive to modifications due to clearing operations.

Index terms: Slash-burn, final infiltration, soil resistance to penetration.

¹ Eng. Agr. M.Sc. Consultor Programa Contrato IICA/EMBRAPA, EMBRAPA-CNPSP. Caixa Postal 319. CEP 69000. Manaus, AM.

INTRODUÇÃO

A compactação do solo é um comportamento mecânico do mesmo, mediante o qual sua densidade aumenta como resultado de cargas ou pressões aplicadas (Baver 1972). Há um rearranjo das partículas do solo que se traduz em alterações na distribuição dos poros por tamanhos, diminuição na porosidade total e modificações no movimento e conteúdo de calor, ar, água e nutrientes (Shierlaw & Alston 1984). Devido à compactação do solo reduzir o número de poros grandes, entre os quais se encontram aqueles de tamanhos similares aos das raízes das plantas, e como estas não podem penetrar em poros de diâmetros menores do que seus próprios diâmetros (Wiersum 1957), as raízes devem exercer força para deslocar as partículas e assim poder crescer e proliferar (Whiteley & Dexter 1982). A habilidade das raízes para sobrepujar a resistência mecânica do solo varia com a espécie da planta (Taylor & Gardner 1960), embora não esteja claro como se originam estas diferenças (Shierlaw & Alston 1984). Segundo Harris, citado por Bowen (1981), quando uma força é aplicada ao solo, este responde através de um rearranjo das partículas e uma redução no tamanho dos poros.

A resistência de um solo à compactação, causada por compressão ou desligamento, é determinada pela sua resistência mecânica a qual, por sua vez, está formada por duas componentes: resistência coesiva e resistência fricional. As grandezas destas duas componentes variam consideravelmente dependendo do conteúdo de água do solo, textura, forma das partículas incluindo rugosidade, tamanho dos agregados, composição e concentração iônica da solução do solo, matéria orgânica, tipo do mineral de argila e histórico do solo (Bowen 1981). Chancellor (1976) lista as seguintes quatro causas de compactação do solo: a) consolidação natural durante os processos de formação do solo; b) pisoteio por ani-

mais, incluindo o homem; c) concentração natural do solo com a desidratação e d) resposta do solo a pressões e deformações impostas pelas rodas e esteiras dos equipamentos agrícolas e por implementos e ferramentas usados no preparo do solo, tratos culturais e colheita. Uma outra causa de compactação é a ação das gotas de água sobre agregados pouco estáveis durante chuvas e irrigações por aspersão ou por inundação (Keller 1967, 1970a, 1970b).

Em geral, os produtores e técnicos da região amazônica estão cientes de que o processo de preparo de área para plantio, principalmente se este é feito mecanicamente, causa compactação do solo. Entretanto, a magnitude desse efeito não está ainda adequadamente documentada. A Unidade de Execução de Pesquisa de Âmbito Estadual de Manaus (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária 1978) mediu a infiltração de água no solo antes e depois da operação de derruba manual e mecanizada em um Latossolo Amarelo, textura argilosa, da área de Manaus (AM). Os valores dessa propriedade físico-hídrica do solo, determinados antes da derruba, foram dez vezes maiores que os obtidos depois dessa operação, indicando que houve severa compactação do solo. Não se encontrou diferença entre derruba manual e mecanizada. Gent Junior et al. (1984), estudando o impacto das operações de preparo de área totalmente mecanizado nas propriedades físicas de um solo florestal de Carolina do Norte (E.U.A.), plantado com *Pinus taeda* L., detectaram marcantes alterações nas referidas propriedades como resultado, principalmente, do excessivo tráfego de maquinária pesada. O solo estava com um conteúdo de umidade ligeiramente acima da capacidade de campo.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência de dois sistemas de preparo de área em Latossolo (Oxissolo), Amarelo do Estado do Amazonas sobre compactação do solo.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido em um setor da Estação Experimental do Rio Urubu (EERU), situada a 120 km de Manaus, final da estrada ZF 7, às margens do rio Urubu, município de Rio Preto da Eva (AM).

O solo onde se realizou o preparo de área para plantio é um Latossolo Amarelo, textura muito argilosa, unidade pedogenética extensamente distribuída na região amazônica e particularmente no município de Manaus, AM. Caracteriza-se por ser um solo muito profundo, fortemente desgastado, bem drenado e de textura muito argi-

losa (> 70% do horizonte B). O perfil é bem desenvolvido apresentando horizonte A₁ pouco espesso e B latossólico. Capacidade de troca de cations e percentagem de saturação de bases muito baixas o que lhe confere uma baixa fertilidade.

O clima da área, na classificação de Köppen, enquadra-se no tipo Af, quente e úmido, tipicamente equatorial, caracterizado pela inexistência de uma estação seca. Na Tabela 1 são mostrados os dados de precipitação na EERU, desde maio de 1983, quando se iniciou o registro, até agosto de 1984, juntamente com as médias da UEPAE de Manaus para o período 1971-83 (Boletim... 1983).

TABELA 1. Precipitação pluviométrica na Estação Experimental do Rio Urubu (EERU) de 21.03.83 a 31.08.81 e médias de treze anos (1971-83) na Estação Agrometeorológica da EMBRAPA-UEPAE de Manaus (AM), localizada a 3°8'S e 59°52'W. Grw.

Dezena	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
----- mm -----												
E E R U												
1983												
1ª				79,0	88,0	2,4	8,6	97,2	51,2	162,1	20,8	90,8
2ª				59,3	82,0	66,6	28,2	19,1	76,0	19,4	128,2	56,4
3ª			75,0	62,5	37,1	42,9	29,2	45,2	64,2	54,6	15,6	188,8
Total			75,0	200,8	207,1	111,9	66,0	161,5	191,4	236,1	164,6	336,0
1984												
1ª	103,4	83,5	47,0	33,2	80,6	74,2	38,2	12,2				
2ª	51,0	11,4	64,4	53,0	47,8	2,4	98,0	22,6				
3ª	209,8	92,6	164,4	83,2	27,4	29,8	41,2	27,0				
Total	364,2	287,5	216,0	169,4	155,8	106,4	177,4	61,8				
EMBRAPA - UEPAE												
(1971 - 1983)												
Médias	232,2	273,4	294,9	296,5	268,2	149,6	128,0	103,8	102,4	164,2	150,3	243,2

A vegetação é componente da floresta equatorial úmida e luxuriante, densa, heterogênea que, de acordo com o seu aspecto florístico, é denominada floresta equatorial úmida de terra firme. A cobertura vegetal é constituída por uma floresta densa e rica em espécies botânicas, observando-se vários estratos formados de plantas herbáceas ou lenhosas, subarbus-

tos, arbustos e, finalmente, indivíduos arbóreos (Instituto de Pesquisas... 1972).

Preparo de Área

O preparo de área foi realizado em uma superfície de 14 ha utilizando dois métodos: mecanizado e manual. A seguir, os detalhes de ambos os métodos e da mata virgem que foi usada como testemunha:

. Método mecanizado - 7 ha

. Desmatamento - Realizado com Komatsu D65E, equipado com "treepusher" entre 15 e 20 de junho de 1983, na metade oeste da área.

. Queima - Feita no dia 20 de outubro de 1983. Devido ao excesso de chuvas que não permitiu uma secagem total do material derrubado, esta operação foi muito incompleta.

. Enleiramento - Realizou-se com trator Caterpillar D-8 no início de fevereiro para 25% da área (extremo oeste) e de 14 a 16 de março no restante desta.

. Método manual - 7 ha

. Desmatamento - Efetuado com moto-serras, na metade leste da área, durante o mês de agosto de 1983.

Queima - Idêntico ao método mecanizado.

. Enleiramento - Feito por uma equipe de cinco pessoas com moto-serras, entre dezembro de 1983 e março de 1984.

O atraso com que foi realizada esta última operação, decorreu do excesso de chuvas durante os meses de dezembro de 1983 a fevereiro de 1984.

. Mata virgem - Floresta tropical úmida e luxuriante, densa, heterogênea, rica em espécie botânicas, observando-se vários estratos constituídos de plantas herbáceas, subarbustos, arbustos e indivíduos arbóreos (Instituto de Pesquisas... 1972).

. Avaliação da compactação do solo

Visando medir os efeitos dos dois métodos de preparo de área na compactação do solo e compará-los entre si e com a mata virgem contígua (testemunha), nas respectivas áreas delimitaram-se, ao acaso, cinco parcelas, de 72mx45m nas quais foram efetuadas, antes e depois do enleiramento, as determinações físicas que são descritas a seguir.

. Infiltração: Foi realizada utilizando-se cilindros infiltrômetros duplos, de acor-

do com a metodologia descrita por Bertrand (1965) e Chanduvi (1970). Na proximidade dos locais em que foram efetuadas as provas de infiltração (dois por parcela) coletaram-se amostras de solo para determinação de umidade inicial ou antecedente.

Os valores das infiltrações instantâneas em função do tempo foram calculados pela equação de Kostiaikov, citado por Chanduvi 1970, que para velocidade de infiltração (V) se escreve como:

$$V = Kt^{-m}(1)$$

onde t é tempo, m é a pendente da curva e K é uma constante.

A velocidade de infiltração básica ou final (Vb), por sua vez, estimou-se quando a mudança entre dois valores contíguos era igual ou menor que 10%.

Sua expressão matemática (Chanduvi 1970), obtém-se diferenciando a infiltração instantânea com respeito ao tempo, podendo-se assim estabelecer o tempo (t), em minutos, ao qual deverá ocorrer a infiltração básica:

$$t = 600m(2)$$

onde m tem o mesmo significado que na equação (1).

. Densidade do solo: Foi determinada em cada parcela, utilizando-se o método do torrão parafinado descrita por Blake (1965), às profundidades 0- 0,05, 0,05 - 0,1, 0,1 - 0,2, 0,2 - 0,3 m.

. Resistência do solo à penetração: Foi avaliada utilizando-se o penetrômetro tipo cone, modelo Eykelkamp 74. Em cada parcela foram feitas medições em três locais selecionados ao acaso até a profundidade de 0,3m a cada 0,05m, a partir dos primeiros 0,05 m do solo superficial. As características físicas do solo, bem como seu conteúdo de umidade por ocasião dos testes, assinalaram o cone n° 2, com área superficial de 2 cm², como sendo o mais apropriado para medir a resistência do solo à penetração. A força aplicada necessária para introduzir o cone no solo, denominada "índice de cone", é

calculada através da seguinte relação:
 $\text{kg/cm}^2 = (\text{leitura no manômetro}) \times (1/\text{área superficial do cone}) (3).$

Os resultados de todas as determinações efetuadas foram submetidos à análise de variância e ao teste de Tukey para comparação das médias.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Infiltração

Os valores médios de infiltração básica correspondentes aos métodos mecanizado e manual e à mata virgem, antes e depois do enleiramento, são mostrados na Tabela 2. Verifica-se que todos os dois métodos de preparo de área, tanto antes quanto depois do enleiramento, apresentam taxas de infiltração inferiores às da mata virgem (testemunha), o que foi decorrente do impacto das operações de derruba e enleiramento, principalmente, nas propriedades transmissoras de água do solo. Observa-se também, que, sob as condições em que se realizou este estudo, a operação de enleiramento foi a que causou a mais drástica diminuição da infiltração do solo,

particularmente quando esta foi efetuada mecanicamente. A análise de variância dos dados de infiltração básica (Tabela 3) mostra diferenças significativas, aos níveis de 5% e 1% de probabilidade, entre tratamentos para os dados obtidos antes e depois do enleiramento, respectivamente. A comparação das médias pelo teste de Tukey a 5% (Tabela 2) por outro lado, revelou que a operação de derruba das árvores não afetou significativamente a taxa de infiltração quando realizada manualmente. Já a derruba mecanizada causou uma redução estatisticamente significativa dos valores desta propriedade físico-hídrica do solo, muito embora sem atingir um nível que possa prejudicar o desenvolvimento das plantas e/ou a estabilidade do solo, como se aprecia na Tabela 2. A situação anterior mudou radicalmente depois do enleiramento, em que se verificaram efeitos bastante mais acentuados de ambos os métodos, particularmente do mecanizado, que reduziu a taxa de infiltração básica do Latossolo a um valor crítico de $1,4 \text{ cm.h}^{-1}$ que, dada a intensidade das chuvas da região, deverá provocar abundante escoamento superficial e, conseqüentemente, erosão do solo.

TABELA 2. Valores médios de infiltração básica e umidade inicial do solo antes (AE) e depois do enleiramento (DE).

Tratamento	Infiltração básica (cm.h^{-1})		Umidade inicial (%)	
	AE	DE	AE	DE
Mecanizado	17,1a	1,4a	42,5	45,2
Manual	24,1ab	11,2b	39,9	39,6
Mata	29,5b	29,5c	43,8	43,8

DMS (5%) 9,4 e 8,8 para antes e depois do enleiramento, respectivamente. ¹Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5%.

TABELA 3. Análise de variância dos dados de infiltração básica antes do enleiramento (AE) e depois do enleiramento (DE).

Fonte da variação	G.L.	QM		F	
		AE	DE	AE	DE
Entre parcelas	(14)	-	-	-	-
Tratamentos	02	385,7	2.031,4	8,2*	50,3**
Resíduo experimental	12	47,0	40,4	-	-
Resíduo de amostragem	15	14,4	3,3	-	-
Total	29	-	-	-	-

O valor de infiltração básica do solo após enleiramento no método mecanizado deveu-se à compactação causada pelo tráfego de maquinaria pesada sobre o solo com elevado teor de umidade, que facilitou a orientação e aproximação das partículas. Este efeito foi agravado pelo grande volume de madeira que ficou na área após a queima incompleta, o que obrigou a um maior esforço e mobilização da máquina que efetuou essa operação.

Estes resultados concordam com os de Gent Junior et al. (1984) que mostraram uma diminuição significativa na condutividade hidráulica do solo após o processo de desmatamento de um solo argiloso da Carolina do Norte (E.U.A.). A UEPAE de Manaus-EMBRAPA (Sistemas... 1978), por sua vez, em um estudo acerca da influência do desmatamento da mata virgem sobre a compactação de um Latossolo Amarelo do Estado do Amazonas, constatou uma diminuição na infiltração de 30cm.h^{-1} , antes da derruba para $3-4\text{cm.h}^{-1}$, depois desta operação. Não foi encontrada diferença entre desmatamento mecanizado e manual.

A influência do tráfego de maquinaria na infiltração de água no solo tem sido demonstrada e documentada por diversos pesquisadores (Reeves & Cooper 1960, Baver et al. 1972, Greacen & Sands 1980, Gent Junior et al. (1984). Todos coincidem em atribuí-la a modificações no arranja-

mento das partículas do solo que provoca a diminuição do tamanho dos poros, especialmente daqueles de tamanhos maiores (macroporos), que produz uma redução na área de secção transversal para fluxo de água, juntamente com percursos mais tortuosos para o movimento deste fluido.

Densidade do solo

A densidade do solo (Tabela 4) mostrou-se ser uma propriedade física pouco sensitiva ao tráfego de maquinaria pesada e de pessoal e ao impacto decorrente da queda das árvores durante o processo de preparo de área. Depara-se que a operação de derruba não causou variações marcantes neste parâmetro, nem entre tratamentos e nem mesmo entre profundidades, provocando apenas uma pequena redução no tamanho dos poros que praticamente não afetou a relação massa/volume do solo, mas que teve alguma repercussão nas suas propriedades transmissoras de fluidos, como foi apreciado quando se discutiu a infiltração. Na etapa seguinte, depois do enleiramento, verificou-se um aumento mais acentuado da densidade com o uso do método mecanizado, atingindo seu maior valor ($1,24\text{ g cm}^{-3}$) na profundidade compreendida entre 5 cm e 10 cm, o que não ocorreu com o manual, que exibiu valores bastante semelhantes aos da mata, nas diversas profundidades.

TABELA 4. Valores médios de densidade do solo para os métodos de preparo de área mecanizado e manual, e mata virgem antes e depois do enleiramento.

Tratamento	Densidade do solo (g cm^{-3})			
	0 - 5 cm	5 - 10 cm	10 - 20 cm	20 - 30 cm
Antes do enleiramento				
Mecanizado	1,18	1,16	1,15	1,16
Manual	1,15	1,14	1,20	1,17
Mata	1,15	1,16	1,16	1,12
Depois do enleiramento				
Mecanizado	1,22a	1,24a	1,24a	1,20a
Manual	1,16b	1,17b	1,16b	1,15b
Mata	1,15b	1,16b	1,16b	1,12c

DMS = 0,20 (5%) depois do enleiramento

¹Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferiram estatisticamente pelo teste de Tukey.

A análise de variância dos dados de densidade do solo (Tabela 5) não detectou diferenças significativas entre tratamentos antes do enleiramento, mas sim depois dessa operação. O teste de Tukey a 5% (Tabela 4), por sua vez, mostrou médias do

método mecanizado, em todas as quatro profundidades, depois do enleiramento, significativamente maiores que as do método manual e a testemunha. As médias destes dois últimos, por sua vez, não diferiram estatisticamente.

TABELA 5. Análise de variância para os dados de densidade do solo antes (AE) e depois do enleiramento (DE).

Fonte de variação	G.L.	QM		F	
		AE	DE	AE	DE
Tratamentos	(11)				
Métodos (A)	2	0,0015	0,036	0,50	28,8**
Profundidade (B)	3	0,0013	0,003	0,40	2,4
Método x Prof. (A x B)	6	0,002	0,001	0,66	-
Resíduo	46	0,003			
Total	56				

O fato da densidade do solo não ter sido severamente afetada, pelas operações de derrubada e enleiramento, dever-se-ia, de uma parte, a que a primeira, em ambos os métodos, foi realizada no período menos chuvoso do ano (Tabela 1), tendo isso contribuído para atenuar o impacto dessa operação, conforme a teoria dos filmes de água e a orientação das partículas (Baver et al. 1972). De outra parte, o relativamente alto percentual de matéria orgânica do solo (Tabela 6) fez com que este requeresse grandes quantidades de água para a formação dos filmes deste líquido ao redor das partículas e a conseguinte orientação das mesmas que caracteriza o estado de

consistência plástica. Isto, na prática, significa que o solo atinge sua consistência plástica, ou seja, começa a ser susceptível à compactação a um alto conteúdo de água, podendo, sem grande risco, ser traçado em uma ampla faixa de umidade. É provável que este efeito da matéria orgânica tenha desempenhado papel de destaque durante as operações de derruba e enleiramento, principalmente na primeira, já que as chuvas abundantes caídas no período em que se realizou o enleiramento tornam duvidosa sua ação nessa etapa do processo. Contudo, não se descarta a possibilidade disso ter ocorrido, mesmo que parcialmente.

TABELA 6. Médias¹ de conteúdo de matéria orgânica do solo nos métodos mecanizado e manual e na mata virgem.

Tratamento	Conteúdo médio de matéria orgânica %			
	0 - 5 cm	5 - 10 cm	10 - 20 cm	20 - 30 cm
Mecanizado	4,5	3,2	2,1	1,2
Manual	4,6	2,2	1,5	1,1
Mata	5,6	3,9	2,7	1,8

¹Médias de cinco repetições.

Os pequenos aumentos nos valores de densidade do solo causados por ambos os métodos, que variaram de 1,16 g cm⁻³ na mata para 1,24 g cm⁻³, no método meca-

nizado não seriam indicativos de problemas de falta de aeração e/ou impedância mecânica do solo para o crescimento das raízes, que caracteriza os solos altamente

compactatos. Com efeito, Weihmeyer e Henrickson, citados por Baver et al. (1972), encontraram que a densidade crítica para crescimento das raízes em areias era $1,75 \text{ g cm}^{-3}$, ao passo que em argila variava entre $1,46$ e $1,63 \text{ g cm}^{-3}$. Por outro lado, o maior valor de densidade, no método mecanizado ($1,24 \text{ g cm}^{-3}$), foi registrado à profundidade de 5 cm a 20 cm, o que estaria de acordo com o encontrado por Chancellor et al. (1976) e Taylor et al. (1978) no sentido de que a máxima densidade sob os pneus não se produz na interfase pneumático-solo, mais a uma profundidade aproximadamente da metade da largura do pneumático.

Resistência à penetração

A distribuição dos valores de resistência do solo à penetração do penetrômetro tipo cone de 2 cm^2 de área superficial para ambos os métodos e para a mata virgem, às profundidades de 0,05 m; 0,10 m; 0,15 m; 0,20 m, 0,25 m e 0,30 m antes e depois do enleiramento (Tabela 7) mostram que este parâmetro foi altamente sensível às pressões aplicadas ao solo durante o processo de preparo de área. Depara-se que já antes do enleiramento, isto é, quando ainda não se tinham observado variações na densidade do solo, a análise de variância dos dados de resistência à penetração (Tabela 8) detectou diferenças altamente sig-

nificativas entre tratamentos e profundidades. Depois desta operação, as diferenças entre tratamentos foram ainda maiores, mas não se registraram variações estatísticas entre profundidades. Em ambas as etapas, o método mecanizado foi o que induziu maiores incrementos na resistência do solo, sendo que antes do enleiramento os valores mais altos (94 e 105 kg cm^{-2}) foram medidos à profundidade de 15 cm a 30 cm. Todavia, após essa operação, os maiores valores ($144,8$ e $148,2 \text{ kg cm}^{-2}$) se registraram às profundidades de 5 cm e 10 cm, respectivamente. O aumento substancial da resistência à penetração na última etapa do processo, deve-se à intensa mobilização e deslocamento da maquinaria, num espaço pequeno (15 m de largura), durante o enleiramento, o que justamente por ter causado compactação do solo por compressão devido ao peso do equipamento, atuando sobre um solo com suas partículas parcialmente orientadas, provocou também compactação por deslizeamento. Um outro fator que contribuiu também para essa maior compactação do solo, nesta etapa do processo, foi a alta pluviosidade no período em que se efetuou o enleiramento (Tabela 1).

O teste de Tukey, para contraste das médias (Tabela 7), revelou, em geral, diferenças significativas entre métodos e entre cada um destes e a floresta virgem. Estas diferenças foram sempre mais acentuadas na operação de enleiramento.

TABELA 7. Valores médios de resistência do solo em kgf cm^{-2} à penetração para os métodos de preparo de área mecanizado e manual, e mata antes e depois do enleiramento.

Tratamento	Profundidade (cm) ¹					
	5	10	15	20	25	30
Antes do enleiramento						
Mecanizado	53,8a	75,2a	93,6a	105,4a	104,2a	103,0a
Manual	44,4b	69,4a	84,4b	95,6b	108,4a	107,2a
Mata	41,4b	54,2b	68,6c	84,0c	89,4b	82,8b
Depois do enleiramento						
Mecanizado	144,8a	148,2a	122,0a	138,6a	132,6a	133,2a
Manual	69,4b	87,8b	86,8b	105,0b	100,4b	103,2b
Mata	41,4c	54,2c	68,6b	84,0c	89,4b	82,8c

DMS (5%) = 9 e 20 para antes e depois do enleiramento, respectivamente.

¹Médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferiram estatisticamente pelo teste de Tukey.

TABELA 8. Análise de variância para os dados de resistência à penetração antes (AE) e depois do enleiramento (DE).

Fonte de variação	G.L.	QM		F	
		AE	DE	AE	DE
Tratamento	(9)				
Métodos (A)	2	3.023,0	34.425,0	12,0**	136,4**
Profundidade (B)	5	6.798,0	1.400,2	27,1**	5,6
Métodos x Prof. (A + B)	10	92,2	886,2	0,4	3,5
Resíduo	72	251,0	252,34	-	-
Total	89				

Chamou a atenção a falta de coerência entre os valores de densidade e resistência do solo à penetração. Com efeito, observou-se que enquanto a densidade do solo não aumentou de maneira acentuada em relação à testemunha, a resistência à penetração atingiu valores que indicaram uma extremamente alta compactação. Esta ausência de coerência teria sua origem, de uma parte, na presença no perfil do solo, particularmente na sua parte superficial, de grande número de raízes que teriam oferecido resistência extra à penetração do cone do penetrômetro e, de outra, a que a relação densidade - resistência do solo é dependente do tipo de solo (Bowen 1981). Este último significa que dois ou mais solos com o mesmo teor de umidade e igual resistência à penetração podem apresentar densidades bastante diferentes.

Finalmente, caberia frisar que, devido este estudo ter sido realizado apenas em um solo da região e em ano bastante chuvoso, seus resultados deverão ser manejados com certa cautela quando aplicados a outras condições edafoclimáticas. Isto é particularmente importante no que se refere à operação de enleiramento que, devido às anormalmente altas quedas pluviométricas, a partir de agosto de 1983, só foi possível realizá-la em um período bastante chuvoso (dezembro 1983 - março 1984), favorecendo assim uma maior compactação do solo. De acordo com o anterior, espera-se que em anos normais (Tabela 1), que possibilitem a realização da derruba em junho e julho e o enleiramento entre agosto e setembro, após uma queima com-

pleta, os resultados sejam diferentes dos encontrados neste estudo. Contudo, devido a que as partículas antes do enleiramento se encontram parcialmente orientadas pela pressão exercida durante a operação de derruba mecanizada, sempre haverá uma redução no volume do solo que afetará suas propriedades transmissoras de fluídos, bem como sua resistência à penetração das raízes das plantas. A magnitude desta compactação só poderá ser avaliada repetindo-se este estudo durante vários anos e exercendo um estrito controle das épocas de realização das diferentes operações de preparo de área.

CONCLUSÕES

As operações de preparo de área que antecederam o enleiramento, sejam estas mecânicas ou manuais, não causaram uma acentuada compactação do Latossolo Amarelo que possa repercutir seriamente no desenvolvimento radicular das culturas e/ou modificar adversamente as relações precipitação/infiltração, favorecendo, assim, a erosão do solo. O enleiramento realizado mecanicamente promoveu uma drástica redução na infiltração básica e um igualmente abrupto aumento na resistência do solo à penetração. A densidade do solo, por outro lado, mostrou-se muito pouco sensível ao impacto do intenso tráfego de maquinaria pesada, durante o processo de desbravamento. As chuvas abundantes caídas durante o período em que foi realizado o enleiramento foram decisivas no alto índice de compactação atingido pelo solo.

Devido este estudo ter sido conduzido em um ano anormalmente chuvoso, que não possibilitou a realização das diferentes operações de preparo de área em forma adequada e em épocas propícias, recomenda-se repeti-lo realizando todas as operações em forma oportuna, isto é, no período menos chuvoso do ano (junho a setembro).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAVER, L.D.; GARDENER, W.H. & GARDNER, W.R. *Soil physics*. 4. ed. New York, J. WILEY, 1972. 489p.
- BERTRAND, A.R. Rate of water intake in the field. In: BLACK, C.A., ed. *Methods of soil analysis. I. Physical and mineralogical properties including statistics of measuring and sampling*. Madison, American Society of Agronomy, 1965. v.1. p.197-209. (ASA. Agronomy, 9).
- BLAKE, G.R. Bulk density. In: BLACK, C.A. ed. *Methods of soil analysis. I. Physical and mineralogical properties including statistics of measuring and sampling*. Madison, American Society of Agronomy, 1965, v.1. p.374-90. (ASA, Agronomy, 9).
- BOLETIM AGROMETEROLÓGICO. UEPAE- Manaus, 1983. 24p.
- BOWEN, H.D. Alleviating mechanical impedance. In: ARKIN, G.F. & TAYLOR, H.M., eds. *Modifying the root environment to reduce crop stress*. Michigan, American Society of Agricultural Engineers, 1981. p. 21-87.
- CHANCELLOR, W.J. *Compaction of soil by agricultural equipment*. California, Division of Agr. Sci. Univ. of California, 1976, 53p. (University of California, Division of Agr. Sci. Boletim, 1981).
- CHANDUVI, AF. *Método simplificado para determinar constantes de infiltração*, Centro de Drenagem y Recuperacion de Tierras. Peru, Min. de Agricultura/Universidade Agrária La Molina. 1970. 20p.
- GENT JÚNIOR, J.A.; BELLARD, R.; HASSAN, A.E. & CASSEL, D.K. Impact of harvesting and site preparation on physical properties of Piedmont forest soil. *Soil Sci. Soc. Amer. J.*, 48(1):173-7, 1984.
- GREACEN, E.L. & SANDS, R. Compaction of forest soils: a review. *Aust. J. Soil Res.*, 18:163-89, 1980.
- INSTITUTO DE PESQUISAS AGROPECUÁRIA DA AMAZÔNIA OCIDENTAL, Manaus, Am. *Levantamento detalhado dos solos do IPEAAOc.*, Manaus, 1972. 63p. (IPEAAO. Boletim Técnico, 1).
- KELLER, J. The effect of water application on soil tilth. *Utah Sci.*, 9:93-6, 1967.
- KELLER, J. Sprinkler intensity on soil tilth. *Transactions of the ASAE*, 13(1):18-25, 1970a.
- KELLER, J. Control of soil moisture during sprinkler irrigation. *Transactions of the ASAE*, 13(6):885-90, 1970b.
- REAVES, C.A. & COOPER, A.W. Stress distribution in soil under tractor loads. *Agric. Eng.*, 41:20-1, 31, 1960.
- SISTEMAS de desmatamento. *Relat. Téc. Anu. UEPAE-Manaus*. 1978, p.267-81.
- SHIERLAW, J. & ALSTON, A.M. Effect of soil compaction on root growth and uptake of phosphorus. *Plant and soil*, 77:15-28, 1984.
- TAYLOR, H.M. & GARDNER, H.R. Relative penetrating ability of different plant roots. *Agron. J.*, 52:579-81, 1960.
- TAYLOR, J.H.; BURT, E.C. & BAILEY, A.C. *Traction and compaction of big tractors*. St. Joseph, ASAE, 1978. (ASAE. Paper, 78-1029).
- WHITELEY, G.M. & DEXTER, A.R. Forces required to displace individual particles within beds of similar particles. *J. Agric. Engng. Res.*, 27:215-25, 1982.
- WIERSUM, L.K. The relationship of size and structural rigidity of pores to their penetration by roots. *Plant and Soil*, 9:75-85, 1957.