



**Revista Brasileira de  
Engenharia Agrícola e Ambiental**  
v.14, n.6, p.678–683, 2010  
Campina Grande, PB, UAEA/UFCEG – <http://www.agriambi.com.br>  
Protocolo 184.08 – 24/09/2008 • Aprovado em 10/02/2010

# Tempo de uso em pastagens e volume dos macroporos do solo na Amazônia Central

Ivan L. C. Tarrá<sup>1</sup>, Flávio de J. Luizão<sup>2</sup>, Elisa V. Wandelli<sup>3</sup>, Wenceslau G. Teixeira<sup>3</sup>, Wellington J. Morais<sup>4</sup> & José G. D. Castro<sup>5</sup>

## RESUMO

A qualidade do solo em funcionamento através do tempo no interior dos agroecossistemas é um aspecto indispensável para melhorar a sustentabilidade de uso do solo nas regiões tropicais. Neste cenário, quantificar os efeitos do tempo de uso em pastagens sobre os diferentes componentes do solo (macroporos), é importante para determinar os planos de manejo e recuperação mais adequados para essas áreas. Neste estudo se avaliou o efeito do tempo de uso em pastagem (4, 5, e 8 anos) sobre o volume dos macroporos após dez anos de abandono e nove de recuperação mediante sistemas de capoeiras e agroflorestais. O volume dos macroporos foi medido em três profundidades (0-5; 5-10 e 10-15 cm) em cilindros de aço com 100 cm<sup>3</sup>. O volume dos macroporos do solo diminuiu significativamente com o aumento no tempo de uso das áreas como pastagens, evidenciando o efeito do tempo de uso em pastagens sobre o volume dos macroporos do solo  $\geq 50 \mu\text{m}$ , principalmente na primeira camada do solo (0-5 cm) por ter sido esta diretamente afetada pelo pisoteio animal. Sugere-se, portanto, que o tempo de recuperação do solo seja superior a 10 anos para que as características do solo sejam recuperadas.

**Palavras-chave:** pastagens degradadas, recuperação, pecuária

# Soil usage time under pastures and soil macropores volume in Central Amazon

## ABSTRACT

Soil quality under usage through time, and within agroecosystems, is an important aspect in order to improve soil usage sustainability in tropical regions. In this scenario, quantifying the effects of time of usage in pastures under the different soil components (macropores) is important to determine the management planning and reclamation most adequate for such areas. The objective of this study was to evaluate the time effect in pastures (4, 5 and 8 years) on macropore volume after ten years of abandonment and nine of reclamation through *Capoeira* and agroecosystems. Macropore volume was measured in three different depths (0-5; 5-10 and 10-15 cm) in 100 cm<sup>3</sup> steel cylinders. Macropore volume dropped significantly with the raise in time usage of the areas as pasture, which in turn makes time usage evident in pastures over macropore volume of soil  $\geq 50 \mu\text{m}$ , mainly in the first soil layer (0-5 cm), directly affected by animal impact. Therefore, it is suggested that time of soil reclamation should be longer than ten years so that the soil characteristics can be recovered.

**Key words:** degraded pastures, reclamation, livestock

<sup>1</sup> Departamento de Ecologia/INPA, CP 478, CEP 69011-970, Manaus, AM. Fone/Fax: (92) 3643-1816/3643-1909. E-mail: cortestarra@hotmail.com

<sup>2</sup> Departamento de Ecologia/INPA, E-mail: fluizao@inpa.gov.br

<sup>3</sup> Embrapa CPAA, Rod. MA 010, Km 29, Zona Rural. CP 319, CEP 69010-970, Manaus, AM. Fone: (92) 3621-0300 Ramal: 344 Fax: (92) 3622-1100. E-mail: elisa@cpaa.embrapa.br, lau@cpaa.embrapa.br

<sup>4</sup> Departamento de Entomologia/INPA, E-mail: morais@inpa.gov.br

<sup>5</sup> UFT, Campus de Palmas, 108 Norte, Alameda 12, Lote 34, Plano Diretor Norte, CEP 77006-112, Palmas, TO. Fone: (63) 3413-3577. E-mail: diazcastro@uft.edu.br

## INTRODUÇÃO

A degradação do solo afeta todas as facetas da vida do homem (Araújo Júnior et al., 2008), sendo diversos os tipos de solo ou unidades na paisagem afetadas por mais de uma dessas causas. Entre suas principais causas se tem a erosão pela água (Martins et al., 2003) o vento (Rovedder & Eltz, 2008), a degradação química e física (erosão e compactação) (Jimenez et al., 2008), a acidificação e a salinização (Ibraimo et al., 2004); no entanto, a qualidade do solo em funcionamento oferece uma orientação importante para o estudo dos seus processos de recuperação e, assim, monitorar a sua evolução nos agroecossistemas em questão, visando a uma fertilidade mais duradoura no solo. Alguns indicadores ecológicos são utilizados para monitorar essas condições tentando-se registrar sinais rápidos de mudanças na estrutura e/ou funcionamento do solo. As bactérias do solo (Entry et al., 2008) e minhocas (Bastardie et al., 2005) respondem rapidamente a impactos no solo, o que sugere a utilização desses organismos como bioindicadores.

Neste cenário, o declínio na produtividade dos solos tropicais através do tempo e vários anos de cultivo em uma mesma área, embora com a adição de fertilizantes, tem sido bem documentado (Bastos et al., 2008), fato devido a causas relacionadas a mudanças na estrutura física (compactação) que afetam a dinâmica da água (Silva et al., 2008) e os solutos do solo (Landina & Klevensk, 1984), provocando má aeração e limitando o desenvolvimento radicular dentro do solo. Em parte, tudo isto pode explicar o declínio na produtividade (Santos et al., 2008).

Na Amazônia o uso e o manejo inadequado das pastagens alteram os componentes físicos, químicos e biológicos do solo (Barros et al., 2001), quebrando com os seus processos funcionais, abrindo passo à degradação. Referidas alterações produzem modificações na estrutura física, reduzindo a atmosfera do solo (macroporosidade) e, conseqüentemente, afetando a infiltração da água, nutrientes em solução e oxigênio para as plantas e também os organismos do solo (Gillet & Ponge, 2004); no entanto, para recuperar essas áreas degradadas na Amazônia tem-se proposto, como alternativa, os sistemas agroflorestais (SAF's), por possuírem características ecológicas bem próximas às de um ecossistema florestal. Estes, além de possuírem atrativos econômico-alimentares, produzem renda e melhoram o bem-estar dos agricultores da região, recuperando essas áreas, de forma produtiva (Santos & Paiva, 2002).

Os SAF's estão compostos principalmente de árvores que possuem efeitos benéficos quanto indesejáveis no solo (Young, 1989). Segundo Sanchez et al. (1985) seus efeitos benéficos incluem melhoras na estrutura física e disponibilidade dos nutrientes; Nair (1989) ressalta que nos seus efeitos indesejáveis se incluem aumento na acidez, produção de substâncias alelopáticas e competição por recursos. As árvores também podem ser consideradas as engenheiras do agroecossistema, haja vista que elas fornecem habitat para outros organismos (Brussaard, 1998). Neste cenário, alguns autores reconhecem a grande influência da diversidade de plantas sobre as funções do ecossistema, argumentando que

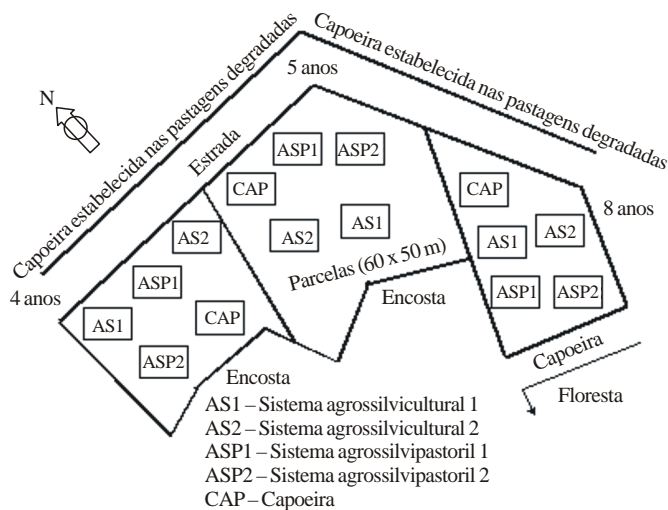
um grupo de plantas dominantes assume o controle sobre o subsistema decompositor e, também, sobre outro grupo reduzido de plantas, estabelecendo um tipo de eficiência e estabilidade nas funções do ecossistema (Franco et al., 2002). Essas afirmações sugerem que há um nível mínimo de diversidades dentro do qual o agroecossistema mantém suas próprias funções, hipótese que poderia ser testada nos diferentes tipos de agroecossistemas sugeridos para a Amazônia.

Sabe-se que, para a Amazônia, algumas espécies de plantas recuperam a porosidade do solo como a *Pueraria phaseoloides*, leguminosa herbácea de boa capacidade para aumentar sua macroporosidade, mesmo sob cultivos mecanizados (Teixeira, 2001); para este autor, esta espécie como cobertura do solo em SAF's parece mudar a porosidade do solo para o nível dos mesoporos, aparentemente mais efetivos na manutenção da água do solo para as plantas. Resta saber, especialmente entre as espécies perenes, quais delas têm maior potencial para isto e de quanto tempo precisam para melhorar a estrutura física, química e biológica do solo. Neste sentido, o projeto "Avaliação do potencial de quatro modelos agroflorestais para a recuperação de áreas de pastagens degradadas e abandonadas na Amazônia Central", financiado pelo projeto LBA/Ecologia/INPA/EMBRAPA e pela Universidade de Cornell, vem realizando, desde 1992, diversos tópicos de pesquisa nesta área. O objetivo central deste trabalho foi avaliar os efeitos do tempo de uso em pastagens sobre o volume dos macroporos do solo em três áreas com diferente histórico de uso em pastagens.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido em três áreas (Figura 1) com histórico de uso diferente em pastagens (4, 5 e 8 anos) onde foram implantados quatro tipos de SAFs pela EMBRAPA-Manaus (Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias), em 1992, para recuperar uma área de pastagens degradada e abandonada na Amazônia Central. Essas áreas se encontram dentro do CPAA (Centro de Pesquisas Agroflorestais da Amazônia Ocidental) localizado no km 53 da rodovia BR-174 que liga Manaus a Boa Vista ( $2^{\circ} 31' a 2^{\circ} 32' S$  e  $60^{\circ} 02' W$ ). O clima da região é do tipo Am pela classificação de Köppen (Ribeiro & Adis, 1984); a precipitação média anual foi de 2.940 mm entre 1998-2000 e a temperatura média de  $27,4^{\circ}C$ . O solo da área é classificado como Latossolo Amarelo álico, de textura muito argilosa (Chauvel, 1982), com limitações de fertilidade pela alta acidez, baixa capacidade de troca de cátions, deficiência de fósforo, nitrogênio, cálcio e magnésio (Mackerrrow, 1992), além de alta saturação com alumínio (EMBRAPA, 1997a).

Histórico de uso em pastagens: As atividades pastoris na estação experimental do CPAA se iniciaram em 1978 e todas as áreas foram plantadas com o capim *Brachiaria humidicola* Rendle (Quicuí-da-Amazônia). As três áreas avaliadas foram estabelecidas como pastagens após o tradicional método de derruba manual e queima, sendo estas implantadas em 1978, 1982 e 1984, respectivamente. Referidas áreas possuem histórico de manejo diferenciado (tempo de uso



**Figura 1.** Delineamento experimental indicando as diferentes idades das pastagens e a localização da capoeira

em pastagem). A área estabelecida em 1978 (12 ha), foi usada durante mais ou menos 8 anos e abandonada em 1986 em virtude de sua baixa produtividade; a pastagem estabelecida em 1982 (4 ha), foi usada 5 anos e abandonada em 1987; a pastagem estabelecida em 1984 (4 ha), foi usada durante 4 anos e abandonada em 1988 (Mackerrow, 1992).

#### Tratamentos agroflorestais

Para recuperação dessas áreas degradadas e abandonadas após o uso em pastagens, a EMBRAPA/Manaus selecionou 10 ha em 1992 para implantar quatro tipos diferentes de SAFs, em parcelas de 3.000 m<sup>2</sup> (60 x 50 m) (Figura 1). Os modelos de SAFs propostos pela EMBRAPA/Manaus, foram: dois tipos de sistemas Agrossilvicultural, denominados AS1 e AS2, e dois tipos de sistemas Agrossilvipastoril, denominados ASP1 e ASP2. A Capoeira (regeneração natural) foi incluída como controle. Neste estudo se avaliaram as árvores componentes dos sistemas AS1, AS2 e as Capoeiras adjacentes a esses mesmos sistemas, nas três áreas.

**Manejo cultural dos SAF's:** (i) Corte para adubo verde: pela sua concentração de nutrientes e rápido crescimento, os galhos de *Inga edulis* foram podados e deixados para este propósito ao redor do solo das árvores das espécies frutíferas desses SAF's (AS1 e AS2) tentando, assim, melhorar os níveis de fertilidade do solo (ii) Corte para o palmito da pupunha: prática esta realizada sobre duas de cada três palmeiras, dentro das filas plantadas desta espécie no sistema AS1 cujo início ocorre a partir do segundo ano do plantio; depois de realizada esta prática (corte) todos os resíduos resultantes (folhas, ráquis e grandes troncos) são deixados ao redor do caule de cada árvore da espécie. As palmeiras de *Bactris gassipaes* se encontram plantadas unicamente em fileiras no sistema AS1.

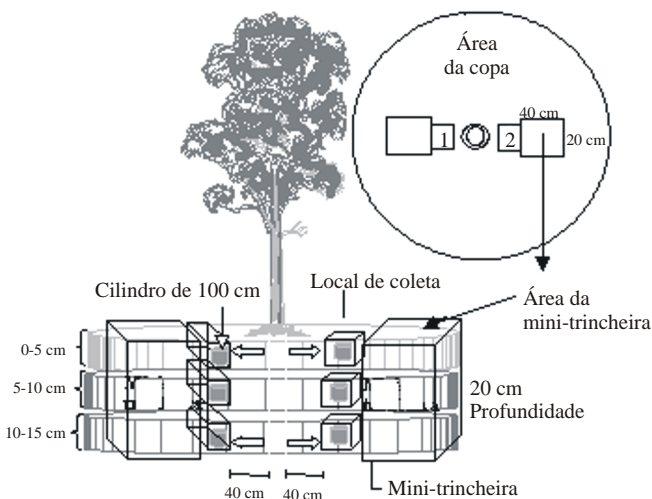
**Macroporos do solo:** O volume dos macroporos do solo nas áreas avaliadas (4, 5 e 8 anos) foi medido com o esforço amostral de 60 amostras de solo por profundidade coletada, em cada uma dessas áreas, perfazendo cento e oitenta amostras por profundidade nas três áreas (Tabela 1). As análises de laboratório foram feitas de outubro de 2000 a fevereiro

**Tabela 1.** Esforço amostral de coleta de solo (n = 60) por profundidade (0-5, 5-10, 10-15 cm) e por área (4, 5 e 8 anos) para macroporos, ao redor dos tratamentos selecionados

Espécies	Locais por árvore	Árvores por área	Amostras/profundidade/área
1. <i>Bactris gassipaes</i> fruto	2	3	6
2. <i>Bactris gassipaes</i> palmito	2	3	6
3. <i>Euterpe oleracea</i>	2	3	6
4. <i>Theobroma grandiflorum</i> do AS1	2	3	6
5. <i>Colubrina glandulosa</i>	2	3	6
6. <i>Bertholletia excelsa</i>	2	3	6
7. <i>E. stipitata</i>	2	3	6
8. <i>Inga edulis</i>	2	3	6
9. <i>T. grandiflorum</i> do AS2	2	3	6
10. <i>Vismia cayennensis</i>	2	3	6
Total por Área (4, 5, e 8 anos)	20	30	60

de 2001, no Laboratório de Solos e Plantas do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA).

**Locais de coleta:** As amostras de solo foram coletadas na área de influência (40 cm de distância) das árvores das dez espécies perenes selecionadas (Figura 2); dentre essas espécies, nove são componentes do sistema agrossilvicultural AS1 e AS2 e uma única espécie estudada na capoeira, fora desses sistemas *Vismia cayennensis* (Tabela 1). Os SAF's estão constituídos de filas de árvores e/ou palmeiras da mesma ou de espécies diferentes.



**Figura 2.** Ilustração dos locais de coleta para macroporos do solo na área de influência dos tratamentos avaliados (espécies perenes)

**Método de Coleta:** A amostra de solo coletada foi de estrutura indeformada em cilindros de aço com 100 cm<sup>3</sup> de volume interno e 5 cm de altura com bordas cortantes, coletadas a 40 cm de distância (microambiente edáfico de 0-30 cm de profundidade) ao redor do caule da área de influência das árvores das espécies perenes selecionadas. Coletaram-se, ao redor de cada árvore, duas amostras, em diferentes locais; cada árvore teve, ao seu redor, dois locais de coleta, ou seja, duas amostras por árvore e por espécie, de

0-5, 5-10 e 10-15 cm de profundidade cada local (Figura 2). Em cada lado oposto da árvore perene, foram confeccionadas duas minitrincheiras para coleta do solo (Figura 2).

**Tamanho dos poros:** Para efeito deste estudo, o tamanho “limite” dos poros avaliados foi determinado em um diâmetro  $\geq 50 \mu\text{m}$  oscilando na categoria dos poros médios a grossos (Tabela 2). Para calcular este tamanho limite “inferior” de poro foi necessário usar a fórmula de capilaridade (Kutílek & Nielsen, 1994) calculando-se estas, o raio limite desta categoria de poros ( $r = 0,0248$ ).

**Medição do volume dos macroporos:** A água contida nesta categoria de macroporos ( $\geq 50 \mu\text{m}$ ) nas amostras de solo estudado pode ser calculada submetendo-se as amostras de solo a uma sucção de 60 cm na coluna da água na mesa de tensão (Tabela 2). O cálculo do volume desta categoria de macroporos ( $\geq 50 \mu\text{m}$ ) nas amostras de solo foi realizado diretamente pela quantidade de água em grama de cada uma das amostras de solo ao serem submetidas a um nível de sucção de 60 cm na coluna de água, na mesa de tensão, em virtude da perfeita relação que existe entre a massa e o volume da água (Densidade =  $1 \text{ g cm}^{-3}$ ) (Tabela 3).

O efeito do tempo de uso em pastagens sobre o volume dos macroporos do solo nas três áreas (4, 5, e 8 anos) foi

**Tabela 2.** Tamanho dos poros ( $r$ ) por gradiente e pressão (Adaptado de Teixeira (2001))

Classes de poros	Intervalos em diâmetro equivalente dos poros ( $\mu\text{m}$ )	Intervalos de pressão (pF)	Intervalos de pressão (em cm de Água)
Macro-poros			
Grossos*	> 100	> 1,47	30
Médios*	40 – 100	1,48 – 1,87	30 – 75
Finos	20 – 40	1,88 – 2,17	75 – 150
Muito finos	1,4 – 20	2,18 – 3,30	150 – 2000
Meso-poros	0,3 – 1,4	3,31 – 3,70	2000 – 5000
Micro-poros	0,05 – 0,3	3,71 – 4,47	5000 – 30000
Ultramicro-poros	0,05 – 0,001	4,48 – 6,17	30000 – 150000
Cripto-poros	< 0,001	> 6,17	> 150000

\* Poros possíveis de serem determinados submetendo-se as amostras de solo a uma tensão de 60 cm na coluna de  $\text{H}_2\text{O}$  na mesa-de-tensão (diâmetro  $\geq 50 \mu\text{m}$ )

**Tabela 3.** Densidade ( $\text{g mL}^{-1}$ ) da água pura com aumento da temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )

Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	D ( $\text{g mL}^{-1}$ )	Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ )	D ( $\text{g mL}^{-1}$ )
0	0,99987	45	0,99025
3,98	100,000	50	0,98807
5	0,99999	55	0,98573
10	0,99973	60	0,98324
15	0,99913	65	0,98059
18	0,99862	70	0,97781
20	0,99823	75	0,97489
25	0,99707	80	0,97183
30	0,99567	85	0,96865
38	0,99406	90	0,96534
38	0,99299	95	0,96192
40	0,99224	100	0,95838

Fonte: Weast & Astle, 1983

testado mediante ANOVA ( $\alpha = 0,01$ ) e comparação de médias pelo teste de Tukey. Para essas análises se utilizou o programa estatístico Systat 8.0, para Windows.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O volume dos macroporos do solo diminuiu com a profundidade do perfil nas três áreas avaliadas (Tabela 4). Na primeira camada (0-5 cm) foi registrada uma diminuição significativa no volume dos macroporos do solo ( $\geq 50 \mu\text{m}$ ) entre as áreas, conforme se aumentou seu tempo de uso como pastagem ( $F = 22,5$ ;  $p < 0,01$ ) (Figura 3A); na segunda camada (5-10 cm), foi registrado um volume de macroporos do solo significativamente maior na área com 4 anos de uso que nas áreas com 5 e 8 anos ( $F = 17,2$ ;  $p < 0,01$ ) (Figura 3B); enfim, na terceira camada (10-15 cm), não se registraram diferenças significativas entre as áreas ( $F = 1,2$ ;  $p > 0,01$ ).

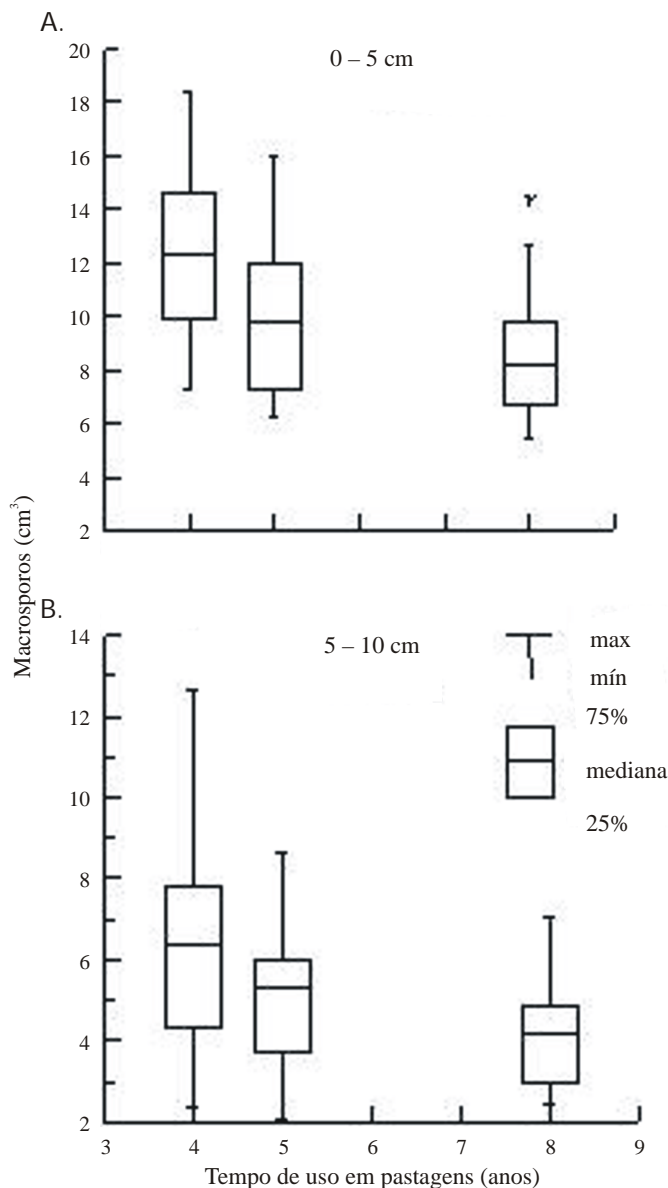
**Tabela 4.** Somatório dos macroporos de 0-15 cm de profundidade nas três áreas (4, 5 e 8 anos)

Profundidade (cm)	n	Volume de macroporos nas três áreas ( $\text{cm}^3$ )		
		4 anos	8 anos	5 anos
0 - 5	60	12,0 $\pm$ 2,9	10,2 $\pm$ 2,9	8,5 $\pm$ 2,1
5 - 10	60	6,4 $\pm$ 2,7	4,4 $\pm$ 2,1	4,1 $\pm$ 1,2
10 - 15	60	3,2 $\pm$ 2,6	2,3 $\pm$ 1,6	2,2 $\pm$ 0,9
Total (0-15)	180	21,6 a	16,9 b	14,8 b

Os valores representam à média e o desvio-padrão por profundidade. Totais seguidos da mesma letra dentro da fila não diferem significativamente entre os tratamentos, pelo teste de Tukey ( $P > 0,01$ )

Registrou-se, no somatório dos volumes de macroporos do solo de 0-15 cm de profundidade, a influência do tempo de uso em pastagens sobre os macroporos do solo. Neste somatório da área com quatro anos de uso foi registrado o mais alto volume de macroporos ( $22 \text{ cm}^3$ ), seguida das áreas com cinco ( $17 \text{ cm}^3$ ) e oito anos ( $15 \text{ cm}^3$ ) de uso como pastagens, respectivamente (ANOVA;  $F = 11,4$ ;  $P < 0,01$ ) (Tabela 4). No momento desta avaliação (nove anos de recuperação através de SAF's e dez de abandono na capoeira) ainda há evidências dos efeitos do tempo de uso em pastagens sobre o volume dos macroporos do solo  $\geq 50 \mu\text{m}$  nessas áreas, principalmente na primeira camada do solo (0-5 cm) haja vista ter sido afetada diretamente pelo pisoteio animal.

O declínio na produtividade das pastagens após alguns anos de uso é atribuído a diversos fatores, como: baixa fertilidade natural dos solos, baixa qualidade das forragens, gramíneas inadequadas para a região, pragas e doenças e sistemas de manejo inadequado, entre outros. De acordo com Primavesi (1986), a compactação causada pelos bovinos, pesando em torno de 400 kg por cabeça, pode ser bastante elevada ( $3,5 \text{ kg cm}^{-2}$ ), culminando na degradação física do solo sob pastagem (compactação). Nessas áreas (4, 5 e 8 anos), os resultados do estudo indicaram que, após nove anos de recuperação através de SAF's e 12, 13 e 14 anos de recuperação de Capoeiras, simultaneamente, o solo dessas áreas ainda registra a influência do tempo de uso em pastagem sobre o volume de macroporos. Ralisch et al. (2008) mostraram que a resistência á penetração de um Latossolo Vermelho era maior



**Figura 3.** Volume de macroporos do solo de 0-5 cm (A) e 5-10 cm (B) de profundidade, no conjunto das três áreas avaliadas (n = 30). (\*) representa valor discrepante ( $\pm 1,5$  cm da altura da caixa)

em solo sob pastagens quando comparado a solo sob Floresta.

O volume dos macroporos de 0-5 cm de profundidade diminuiu significativamente entre as áreas estudadas com o aumento no tempo de uso como pastagens (4, 5 e 8 anos), indicando que a resiliência dos macroporos do solo é baixa e pode levar a um tempo considerável de recuperação ou atingir o seu equilíbrio após a perturbação; no entanto, esses macroporos do solo são passíveis de recuperação através da ação direta no solo (gradagens) ou da cobertura vegetal, resultados que foram observados também por Lanzaova et al. (2007), donde a compactação do solo decorrente do pisoteio bovino durante os três anos de duração do estudo, se limitou à camada superficial do solo, de 0-0,05 m de profundidade mas, para Marchão et al. (2007) a compactação resultante do pisoteio animal durante quatro anos da fase de pastagem, nos sistemas de integração lavoura-pecuária estudados, não atingiu valores críticos que pudessem limitar

cultivos anuais subsequentes; no entanto, Mackerrow (1992) avaliando as pastagens ativas da época (*Brachiaria humidicola*), encontrou diferenças significativas em biomassa desta gramínea nas diferentes áreas, como resposta aos diferentes históricos de uso sob pastagens. Ainda segundo Nicoloso et al. (2006), nos sistemas de integração lavoura-pecuária se deve tomar cuidado com a pressão de carga exercida pelos animais, para não afetar atributos do solo necessários para o crescimento das lavouras.

Registrou-se, no solo da segunda camada (5-10 cm), um volume de macroporos significativamente maior na área com 4 anos de uso que o registrado em áreas com 5 e 8 anos de uso, respectivamente; na terceira camada (10-15 cm) e embora o volume dos macroporos do solo tivesse apresentado o mesmo padrão de diminuição no volume dos macroporos entre as áreas, as respectivas análises estatísticas não registraram diferenças significativas entre elas, cujos resultados levam a concluir que a primeira camada (0-5 cm) foi a mais afetada pelo pisoteio animal com relação às outras camadas avaliadas (5-10 e 10-15 cm). O sistema de pastejo e a umidade do solo, entre outros, influenciam o grau de compactação do solo (Lanzaova et al., 2007). Vale a pena mencionar que a produtividade do solo não depende só de uma quantidade suficiente de nutrientes no solo, mas, também, de um sistema poroso adequado no qual se desenvolvam os processos funcionais do solo e as raízes das plantas (Jimenez et al., 2008).

Por fim, o padrão de distribuição dos macroporos no perfil (de maior a menor) tem sido mais relacionado a solos sob ambientes não-perturbados EMBRAPA (1997b), que a solos perturbados (Barros et al., 2001) evidenciando, então, o papel das árvores componentes desses SAF's e a Capoeira (regeneração natural), para restabelecerem o padrão natural de distribuição dos macroporos no perfil, através do tempo, toda vez em que as árvores observadas no momento desta avaliação tinham, em média, oito anos de idade.

## CONCLUSÕES

1. O volume dos macroporos do solo de 0-5 cm de profundidade, diminuiu significativamente com o aumento no tempo de uso como pastagens (4, 5 e 8 anos) indicando baixa resiliência dos macroporos do solo, mesmo sob a influência do manejo cultural.

2. Apesar de nove anos de recuperação simultânea através de SAF's e Capoeiras (de 12, 13 e 14 anos) ainda há evidência dos efeitos do tempo de uso em pastagens sob o volume dos macroporos do solo  $\geq 50 \mu\text{m}$ , principalmente na primeira camada do solo (0-5 cm), por ter sido afetada diretamente pelo pisoteio animal.

## AGRADECIMENTOS

Ao INPA, ao Projeto LBA/ECO/ND-04, ao CPAA/EMBRAPA-Manaus e à UFAM, pelo importante apoio institucional, logístico e financeiro. À equipe de campo do Distrito Agropecuário da Suframa (D.A.S.), pelo valioso apoio.

## LITERATURA CITADA

- Araújo Júnior, C. F.; Dias, J. M. S.; Guimarães, P. T. G.; Pires, B.S. Resistência à compactação de Latossolo cultivado com caféiro, sob diferentes sistemas de manejo de plantas invasoras. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 32, n.1, p.23-32, 2008.
- Barros, E.; Curmi, P.; Hallaire, V.; Chauvel, A.; Lavelle, P. The role of macrofauna in the transformation and reversibility of soil structure of an oxisol in the process of forest to pasture conversion. *Geoderma*, v.100, p.193-213, 2001.
- Bastardie, F.; Capowiez, Y.; Cluzeau, D. 3D characterisation of earthworm burrow system in natural soils cores collected from a 12-year-old pasture. *Applied Soil Ecology*, v.30, n.1, p.34-46, 2005.
- Bastos, A. L.; Costa, J. P. V.; Silva, I. F.; Raposa, R. W. C.; Souto, J.S. Influência de doses de fósforo no fluxo difusivo em solos de Alagoas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.12, n.2, p.136-142, 2008.
- Brussaard, L. Soil fauna, guilds, functional groups and ecosystem processes. *Applied Soil Ecology*, v.9, p.123-135, 1988.
- Chauvel, A. Os Latossolos Amarelos, Álicos, Argilosos dentro dos ecossistemas das bacias experimentais do INPA e da região vizinha. *Acta Amazônica*, v.12, p.47-60, 1982.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Relatório anual. Sub-projeto 1: Dinâmica do solo, da vegetação e efeitos ambientais sob sistemas agroflorestais em pastagens degradadas Manaus: Embrapa CPAA, 1997a. 19p.
- EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Manual de métodos de análises de solo. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa CNPA, 1997b. 25p.
- Entry, J. A.; Mills, D.; Mathee, K.; Jayachandran, K.; Sojka, R. E.; Narasimhan, G. Influence of irrigated agriculture on soil microbial diversity. *Applied Soil Ecology*, v.40, p.146-154, 2008.
- Franco, F. S.; Couto, L.; Fiorini, A. C. de; Jucksch, I.; Fernandes, E. I. F.; Silva, E.; Meira Neto, J. A. A. Quantificação de erosão em sistemas agroflorestais e convencionais na zona da mata de Minas Gerais. *Revista Árvore*, v.26, n.6, p.751-760, 2002.
- Gillet, S.; Ponge, J. F. Are acid-tolerant collembolan able to colonise metal-polluted soil? *Applied Soil Ecology*, v.26, n.1, p.219-231, 2004.
- Ibraimo, M. M.; Schaefer, C. E. G. R.; Ker, J. C.; Lani, J. L.; Rolim-Neto, F. C.; Albuquerque, M. A.; Miranda, V. J. Gênese e micromorfologia de solos sob vegetação xeromórfica (caatinga) na região dos Lagos, RJ. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.28, n.4, p.695-712, 2004.
- Jimenez, R. L.; Gonçalves, W. G.; Araújo Filho, J. V. de; Assis R. L. de; Pires, F. R.; Silva, G. P. Crescimento de plantas de cobertura sob diferentes níveis de compactação em um Latossolo Vermelho. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.12, n.2, p.116-121, 2008.
- Kutílek, M.; Nielsen, D. R. *Soil hydrology*. Catena Verlag: Cremlingen-Destedt, Germany, 1994. p.49-55.
- Landina, M. M.; Klevensk, I. L. Effect of soil compactation and composition of soil air. *Soil Science Society of America Journal*, v.16, n.3, p.46-54, 1984.
- Lanzanova, M. E.; Nicoloso, R. S. da; Lovato, T.; Eltz, F. L. F.; Amado, T. J. C.; Reinert, D. J. Atributos físicos do solo em sistema de integração lavoura-pecuária sob plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.31, n.5, p.131-140, 2007.
- Mackerrow, A. J. Nutrient stocks in abandoned pastures of the central Amazon Basin prior to and following cutting and burning. Raleigh: Msc-North Carolina State University, 1992. 116p.
- Marchão, R. L.; Balbino, L. C.; Silva, E. M. da; Santos, J. D. G.; Sá, M. A. C. de; Vilela, L.; Becquer, T. Qualidade física de um Latossolo Vermelho sob sistemas de integração lavoura-pecuária no Cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.42, n.6, p.873-882, 2007.
- Martins, S. G.; Silva, M. L. N.; Curi, N.; Ferreira, M. M.; Fonseca, S.; Marques, J. J. G. S. M. Perdas de solo e água por erosão hídrica em sistemas florestais na região de Aracruz (ES). *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.27, n.3, p.395-403, 2003.
- Nair, P. K. R. The role of trees in soil productivity and protection. In: Nair, P. K. R. (ed.). *Agroforestry systems in the tropics*. 1989. p.567-589.
- Nicoloso, R. S. da; Lanzanova, M. E.; Lovato, T. Manejo das pastagens de inverno e potencial produtivo de sistemas de integração lavoura-pecuária no Estado do Rio Grande do Sul. *Ciência Rural*, v.36, n.6, p.1799-1805, 2006.
- Primavesi, A. Manejo ecológico de pastagens em regiões tropicais e subtropicais. 2.ed. Porto Alegre: Centaurus, 1986. 184p.
- Ralisch, R.; Miranda, T. M.; Okumura, R. S.; Guimarães, G. M. F. de; Scopel, E.; Balbino, L.C. Resistência à penetração de um Latossolo vermelho do Cerrado sob diferentes sistemas de manejo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.12, n.4, p.381-384, 2008.
- Ribeiro, M. N. G.; Adis, J. Local rainfall variability a potential bias for bioecological studies in the central Amazon. *Acta Amazonica*, v.14, n.2, p.59-174, 1984.
- Rovedder, A. P. M.; Eltz, F. L. F. Revegetação com plantas de cobertura em solos arenizados sob erosão eólica no Rio Grande do Sul. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.32, n.1, p.315-321, 2008.
- Sanchez, P. A.; Palm, C. A.; Davey, C. B.; Szott, L. T.; Russell, C. E. Tree crops as soil improvers in the humid tropics? In: Cannell, M. G. R.; Jackson, J. E. (ed.). *Attributes of trees as crop plants*. Huntingdon: Institute of Terrestrial Ecology. Natural Environmental Research Council, 1985, p.327-350.
- Santos, A. C. dos; Salcedo, I. H.; Galvão, S. R. da S. Relações entre uso do solo, relevo e fertilidade do solo em escala de microbacia. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.12, n.5, p.458-464, 2008.
- Santos, M. J. C. dos; Paiva, S. N. de. Os sistemas agroflorestais como alternativa econômica em pequenas propriedades rurais: estudo de caso, *Ciência Florestal*, v.12, n.1, p.135-141, 2002.
- Silva, A. C.; Silva, A. M. da; Coelho, G.; Rezende, F.; Sato, F. A. Produtividade e potencial hídrico foliar do caféiro Catuaí, em função da época de irrigação. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.12, n.1, p.21-25, 2008.
- Teixeira, W. G. Land use effects on soil physical and hydraulic properties of a clayey ferralsol in the Central Amazon. *Bayreuth Bodenkundliche Berichte*, v.72, p.255, 2001.
- Young, A. *Agroforestry for soil conservation*. Nairobi: CAB International/ICRAF. 1989, 276p.