

ATRIBUTOS DO SOLO EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS, CULTIVO CONVENCIONAL E FLORESTA NATIVA

Daniela Cristiane da Silva¹, Marx Leandro Naves Silva², Nilton Curi³, Anna Hoffmann Oliveira⁴, Fabiana Silva de Souza⁵, Sérgio Gualberto Martins⁶ e Renato Luiz Grisi Macedo⁷

Resumo: Em sistemas agrícolas, a avaliação da sustentabilidade por meio do monitoramento dos atributos físicos, químicos e biológicos do solo é fundamental. O presente estudo teve como objetivo avaliar e comparar alterações dos atributos químicos e físicos do solo em áreas com diferentes manejos: sistemas agroflorestais (SAF1, SAF2, SAF3, SAF4, SAF5, SAF6), cultivo convencional do mamoeiro (CCM) e floresta nativa (FN), no município de Prado, Bahia. Foram coletadas amostras em Argissolo Amarelo, nas profundidades de 0-20, 20-40 e 40-60 cm, para determinações químicas e de resistência do solo à penetração, e na profundidade de 0-20 cm para as demais determinações físicas. A avaliação dos atributos físicos do solo, notadamente a resistência do solo à penetração, permitiu distinguir os efeitos proporcionados pela adoção dos sistemas agroflorestais em relação à floresta nativa. De modo geral, o SAF5 apresentou os valores de atributos químicos e físicos mais próximos daqueles da floresta nativa, o que indica a maior tendência deste sistema de manejo de atingir a sustentabilidade.

Palavras-chave: Argissolo. Sistemas de manejo. Atributos do solo. Espécies arbóreas tropicais.

1 Introdução

A agricultura sustentável pode ser alcançada através do delineamento de sistemas de produção agropecuários que utilizem tecnologias e normas de manejo que conservem e, ou, melhorem a base física e a capacidade sustentadora do agroecossistema (FRANCO, 2000). Os sistemas agroflorestais (SAF) são sistemas de uso da terra em que plantas de espécies agrícolas são combinadas com espécies arbóreas sobre a mesma unidade de manejo da terra. A esta combinação tem sido atribuída a melhoria nas propriedades físico-químicas de solos degradados, bem como na atividade de microrganismos, considerando a possibilidade de um grande número de fontes de matéria orgânica (MENDONÇA; LEITE; FERREIRA NETO, 2001). Entre as plantas existem interações ecológicas e econômicas, podendo-se combiná-las de

forma complementar e sinérgica (AMADOR; VIANA, 1998). Desta forma, pela aproximação em estrutura e diversidade de tais sistemas aos ecossistemas naturais, eles podem ser empregados tanto como estratégia metodológica de restauração como para a constituição de agroecossistemas sustentáveis, cuja compensação financeira acontece em curtos e médios prazos através de produtos agrícolas e florestais.

A sustentabilidade dos sistemas agroflorestais é função das interações do fluxo de energia, da ciclagem de nutrientes e da biodiversidade do sistema (RODRIGUES, 2004). Na avaliação da sustentabilidade, o monitoramento dos atributos físicos, químicos e biológicos do solo é fundamental (DORAN; PARKIN, 1994). Na região dos Tabuleiros Costeiros, os solos possuem acentuada limitação agrícola natural, com baixa reserva de nutrientes e capacidade de

¹ E-mail: dcristianesilva@yahoo.com.br

² E-mail: marx@dcs.ufla.br

³ E-mail: niltcuri@dcs.ufla.br

⁴ E-mail: anna.ufla@gmail.com
DCS/UFLA, CP 3037, CEP 37200-000, Lavras, MG.

⁵ E-mail: fassouza@yahoo.com.br

⁶ E-mail: sergiogual@gmail.com

⁷ E-mail: rlgrisi@ufla.br

retenção de água, além do caráter coeso, característico do horizonte subsuperficial, que reduz a profundidade efetiva do solo (CORRÊA et al., 2008), a circulação de água e ar, e a penetração das raízes (PORTELA; LIBARDI; VAN LIER, 2001).

Estudos recentes demonstram a importância dos atributos físicos do solo, que têm sido utilizados para verificar alterações do manejo em sistemas conservacionistas comparados a sistemas convencionais (D'ANDRÉA et al., 2002; SANTANA et al., 2006; MENEZES et al., 2008). Ao avaliar o solo sob diferentes coberturas florestais e pastagens, Mellono et al. (2008) observaram a eficiência dos atributos físicos como indicadores de sua qualidade, os quais revelaram grande disparidade entre a pastagem e os demais ecossistemas e alta similaridade entre as florestas. Carvalho, Goedert e Armando (2004) verificaram menor densidade aparente, maior porosidade, menor resistência à penetração e maior estabilidade de agregados nos SAF quando comparado ao mesmo solo sob plantio convencional.

Em relação à avaliação das características químicas do solo, esta é necessária para determinação da qualidade do aporte orgânico e da disponibilidade de nutrientes. O estoque de carbono orgânico do solo sofre redução com o preparo, diminuindo conseqüentemente os nutrientes aderidos a este, numa camada de 10 cm no solo (SHUKLA; LAL, 2005). Em pastagens, sistemas agroflorestais e sistema de plantio direto, há relato de aumento dos teores de carbono orgânico em relação às áreas sob cerrado, ao contrário dos sistemas convencionais que atuaram em sentido inverso (NEVES et al., 2004). Nestas circunstâncias, o manejo da matéria orgânica é essencial, considerando que ela responde por grande parte da capacidade de troca catiônica (CTC) do solo, favorecendo a retenção de cátions e a conseqüente redução de sua lixiviação, além de melhorar a estrutura do solo devido ao fato de aumentar a sua agregação.

Em sistemas agroflorestais, o cultivo da espécie *Gliricidia sepium* e sua utilização como adubo verde, elevou os teores de matéria orgânica leve do solo (MARIN et al., 2006). A escolha da espécie deve-se ao seu rápido crescimento, fixação de nitrogênio, alta capacidade de regeneração, resistência à seca e facilidade de propagação (DRUMOND; CARVALHO FILHO, 1999). Nos solos de tabuleiros costeiros, a

incorporação da biomassa de *Gliricidia sepium* e de *Leucaena leucocephala* promoveu melhorias em características químicas (Ca, Mg e pH) e físicas (densidade e macroporosidade), principalmente em menores profundidades (BARRETO; FERNANDES, 2001). Em um sistema florestal composto de espécies arbóreas nativas e frutíferas na região sudeste de Minas Gerais, Arato, Martins e Ferrari (2003) quantificaram a produção e decomposição de serrapilheira e a compararam à produção de serrapilheira verificada em florestas nativas da mesma região. Os autores observaram que a produção total de serrapilheira foi semelhante, permitindo inferir que o SAF se comportou como uma floresta nativa neste quesito.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar e comparar alterações nos atributos físicos e químicos do solo, para o manejo sustentado em sistemas agroflorestais diversificados com espécies arbóreas, frutíferas e produtoras de corante natural, cultivo convencional do mamoeiro e floresta nativa, no município de Prado, sul da Bahia.

2 Material e métodos

O estudo foi conduzido na comunidade agrícola Riacho das Ostras, localizado em ambiente de Tabuleiros Costeiros, no sul do Estado da Bahia, município de Prado, entre as latitudes de 16°53'N e 17°27'S e as longitudes de 39°7'E e 39°38'W. O clima da região é do tipo Am, segundo a classificação de Köppen, com totais pluviométricos anuais próximos a 2.000 mm com chuvas bem distribuídas ao longo do ano (EMBRAPA, 1977). O solo foi classificado como Argissolo Amarelo distrocoeso (PAdx) (EMBRAPA, 2006).

Os sistemas agroflorestais, implantados em 1997, rendem atualmente uma produção diversificada como óleo de coco, urucum para fins cosméticos e alimentícios, polpa integral das frutas e fruta *in natura*. Neste trabalho foram avaliados seis sistemas agroflorestais (SAF), cultivo convencional do mamoeiro (CCM) e floresta nativa (FN), considerada referencial de equilíbrio. A caracterização do manejo adotado nos sistemas encontra-se resumida na Tabela 1. A calagem foi realizada em todos os tratamentos e a adubação mineral com superfosfato simples, sulfato de amônio, uréia e formulado N-P-K (4-14-8), para os

SAF4 e SAF6, e mamoeiro. Nos demais sistemas foi utilizada a adubação orgânica com esterco de gado, raspa de mandioca, resíduos de carvão e cinza, além dos resíduos de exploração do urucum. No

Tabela 2 é apresentada a caracterização textural dos solos nos sistemas estudados, realizada pelo método de Bouyoucos (EMBRAPA, 1997).

Tabela 1 - Caracterização dos sistemas agroflorestais (SAF), cultivo convencional de mamão (CCM) e floresta nativa (FN), município de Prado, BA.

Sistemas	Manejo
SAF1	Sistema agroflorestal com plantios espaçados 3x1 m, adubação orgânica com resíduos de exploração de urucum. Espécies: coqueiro, goiabeira, gravioleira e urucuzeiro.
SAF2	Sistema agroflorestal com plantios espaçados 3x1 m, adubação orgânica com resíduos de exploração do urucum. Espécies: coqueiro, goiabeira, gravioleira e urucuzeiro.
SAF3	Sistema agroflorestal com plantios espaçados 3x1 m, adubação orgânica com resíduos de exploração do urucum. Espécies: coqueiro, cajueiro, pitangueira, gravioleira e urucuzeiro.
SAF4	Sistema agroflorestal com plantios espaçados 3x1 m, adubação mineral, uso de adubação verde com <i>Gliricidia sepium</i> (glicíndia) e de resíduos de exploração do urucum. Espécies: coqueiro, goiabeira, cajueiro, gravioleira e urucuzeiro.
SAF5	Sistema agroflorestal com plantios aleatórios de espécies frutíferas no sistema de quintais e adubação orgânica com resíduos de exploração do urucum. Espécies: coqueiro, goiabeira, cajueiro, pitangueira, gravioleira e urucuzeiro.
SAF6	Sistema agroflorestal com plantios espaçados 3x1 m, adubação mineral. Espécies: coqueiro, goiabeira, cajueiro e gravioleira.
CCM	Cultivo convencional do mamoeiro irrigado (espaçamento 4x2 m) com manutenção da vegetação espontânea na superfície, adubação mineral.
FN	Floresta nativa (Mata Atlântica), referencial de equilíbrio.

Tabela 2 - Composição granulométrica para amostras de solo de 0-20 cm em sistemas agroflorestais (SAF), cultivo convencional de mamão (CCM) e floresta nativa (FN), município de Prado, BA.

Atributo ⁽¹⁾	Sistemas							
	SAF1	SAF2	SAF3	SAF4	SAF5	SAF6	CCM	FN
Argila (g kg ⁻¹)	114	181	74	53	205	122	121	218
Silte (g kg ⁻¹)	65	26	4	11	62	117	36	48
AT (g kg ⁻¹)	821	793	923	936	734	861	843	735
Silte/Argila	0,51	0,28	0,05	0,21	0,32	0,14	0,33	0,22
AMF+Silte	107	74	34	53	98	57	85	81

⁽¹⁾ AT- areia total; AMF – areia muito fina.

As amostragens de solo para determinação de atributos químicos e físicos foram realizadas em julho de 2003. Foram coletadas amostras deformadas, nas profundidades de 0-20, 20-40 e 40-60 cm para determinações químicas e na profundidade de 0-20 cm para determinações físicas, com três repetições. As amostras de solo foram secas ao ar e passadas na peneira de 2 mm (terra fina).

Determinou-se o teor de carbono orgânico (CO), pH em água, componentes do complexo sorvito, argila dispersa em água e índice de floculação (IF), segundo EMBRAPA (1997), e densidade de partículas (BLAKE; HARTGE, 1986b). Amostras de solo indeformadas foram coletadas com amostrador de Uhland, para determinar a

densidade do solo (BLAKE; HARTGE, 1986a), o volume total de poros (DANIELSON; SUTHERLAND, 1986), macroporosidade, microporosidade e o grau de umidade (EMBRAPA, 1997).

A estabilidade de agregados foi determinada por meio de peneiramento em água, após pré-umedecimento lento, sendo os resultados expressos em diâmetro médio geométrico (DMG) dos agregados (KEMPER; & ROSENAU, 1986). A resistência do solo à penetração foi realizada em campo, utilizando-se o penetrômetro de impacto modelo IAA/Planalsucar-Stoff (STOLF; FERNANDES; FURLANI NETO, 1983).

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado. Para

amostras deformadas foi adotado o modelo em faixas, em que as parcelas representam os sistemas e as subparcelas as profundidades. Para as amostras indeformadas, consideraram-se os sistemas de manejo. Os resultados foram submetidos à análise de variância, pelo teste de Scott e Knott (SCOTT; KNOTT, 1974), a 5% de probabilidade, para comparação entre médias, utilizando-se o programa SISVAR (FERREIRA, 2000).

3 Resultados e discussão

No Tabela 3 observam-se os atributos químicos do solo, para os diferentes sistemas e profundidades amostradas. Na floresta nativa os valores de pH foram mais elevados na camada de 0-20 cm, acompanhados da elevação do Al trocável e da saturação por alumínio (m) em profundidade. Nessas condições, a maior parte dos nutrientes encontra-se na biomassa e na matéria orgânica presente nos primeiros centímetros do solo. Em todos os sistemas, com o aumento da profundidade há menor saturação por bases e aumento da saturação por Al, influenciando o pH do solo (Tabela 3).

De modo geral, os sistemas de cultivo do solo elevaram os teores de Ca, P e K, em relação à floresta nativa, principalmente nas camadas superficiais, devido à correção do solo. O calcário, sendo um insumo de baixa solubilidade, atuou principalmente na camada superficial, onde foi aplicado. O acúmulo de nutrientes em superfície é também decorrente da deposição de grande quantidade de resíduos provenientes da parte aérea das frutíferas e outras espécies vegetais componentes dos sistemas. Em sistemas agroflorestais de Rondônia, Menezes et al. (2008) observaram maiores valores de pH, Ca e Mg, quando comparados aos solos das florestas remanescentes adjacentes, atribuídos ao aporte de nutrientes que restaram da queima anterior da floresta.

Em relação ao fósforo, o sistema CCM apresentou o maior valor observado. Em todos os tratamentos houve redução dos teores, em profundidade, em função de decréscimo dos teores de fósforo orgânico no solo. Resultados semelhantes foram

obtidos por Almeida et al. (2005), os quais observaram aumento significativo do teor de carbono orgânico na camada de 0–2,5 cm e de P e K na profundidade de 0–10 cm no sistema de semeadura direta, em relação ao preparo convencional. Ressalta-se ainda, que a redução dos teores de fósforo disponível em profundidade também pode ser influenciada pela menor mobilidade relativa do P e aumento do teor de argila, característico destes Argissolos Amarelos.

Em todos os tratamentos, os valores de saturação por bases (V%) indicam uma condição eutrófica na camada de 0-20 cm, ou seja, V (%) igual ou acima de 50 %. No entanto, apenas o sistema CCM apresentou esta condição nas camadas de 20-40 e 40-60 cm, o que deve estar associado às práticas de adubação mineral e de irrigação, esta última favorecendo a movimentação de cátions básicos para as camadas mais profundas do perfil do solo.

O maior teor de carbono orgânico (CO), em todas as profundidades avaliadas, foi observado no CCM devido ao maior aporte de nutrientes provenientes da adubação mineral e a cobertura do solo com vegetação espontânea sobre a superfície do solo. Como esperado, houve redução do carbono orgânico do solo com o aumento da profundidade, para todos os sistemas analisados (Tabela 3). À exceção do CCM, os maiores teores de CO foram observados no SAF5 e FN. Na FN, a conhecida influência do constante aporte de serrapilheira em superfície deve ser interpretada com cautela haja vista o maior teor de argila observado neste sistema, de 218 g kg^{-1} , seguido do SAF 5 com 205 g kg^{-1} (Tabela 2). Esta característica está provavelmente contribuindo para a maior estabilização da matéria orgânica nestes sistemas (Tabela 3).

No SAF4, os teores de carbono orgânico mais elevados na camada superficial, podem ser explicados pelo uso de adubação verde com *Gliricidia Sepium*. Em trabalho realizado por Marin et al. (2006), não houve mudança no carbono orgânico total do solo, contudo observou-se maiores teores de matéria orgânica leve embaixo das copas de *Gliricidia Sepium* plantadas em linha, do que a 1 e 3 m de distância da mesma, sob cultivo de milho.

Tabela 3 - Atributos químicos de amostras de solo, em diferentes profundidades e sistemas agroflorestais (SAF), cultivo convencional de mamão (CCM) e floresta nativa (FN), município de Prado, BA.

Prof. -cm-	pH (H ₂ O)	P ---mg dm ⁻³ ---	K -----	Ca -----	Mg cmol _c dm ⁻³ -----	Al -----	SB -----	V -----%	m -----	CO -g kg ⁻¹ --
SAF1										
0-20	6,4 aA	2,7 bA	53,3 aA	2,2 bA	0,8 aA	0,0 aB	3,2 bA	66,6 aA	0,0 aB	13,0 cA
20-40	5,6 aB	1,2 aA	7,0 aB	1,9 aA	0,5 aA	0,5 bA	2,4 aA	46,2 aB	26,3 bA	8,7 aA
40-60	5,3 aB	0,8 aA	5,0 aB	1,5 bA	0,5 aA	0,8 aA	2,0 bA	38,2 bB	38,7 aA	4,0 aB
SAF2										
0-20	5,9 aA	2,6 bA	47,7aA	1,9 bA	0,9 Aa	0,1 aB	2,9 bA	63,3 aA	3,0 aB	11,0 cA
20-40	5,6 aA	1,1 aA	16,0 aB	0,9 aB	0,3 aB	0,3 bB	1,2 aB	35,9 aB	24,0 bB	8,7 aA
40-60	5,2 aB	0,9 aA	10,3 aB	0,6 bB	0,2 bB	0,7 aA	0,7 bB	20,9 bB	48,7 aA	4,7 aA
SAF3										
0-20	5,7 aA	1,7 bA	15,0bA	1,5 bA	0,7 aA	0,1 aA	2,2 bA	52,5 aA	10,0 aB	11,3 cA
20-40	5,2 aB	1,1 aA	6,0 aA	1,0 aA	0,3 aB	0,5 bA	1,3 aB	30,0 aB	32,7 bA	10,7 aA
40-60	5,3 aB	0,7 aA	4,3 aA	0,7 bA	0,2 bB	0,5 bA	0,9 bB	26,8 bB	35,7 aA	7,0 aA
SAF4										
0-20	6,4 aA	2,1 bA	23,0bA	2,6 bA	0,8 aA	0,0 aB	3,5 bA	73,0 aA	0,0 aB	14,0 cA
20-40	5,6 aB	0,7 aA	12,3 aA	1,2 aB	0,6 aA	0,4 bA	1,8 aB	37,6 aB	20,7 bB	9,3 aB
40-60	5,1 aB	0,1 aA	8,3 aA	0,6 bB	0,2 bB	0,8 aA	0,8 bB	21,4 bB	50,7 aA	5,3 aB
SAF5										
0-20	5,7 aA	1,5 bA	45,0 aA	2,9 bA	1,0 aA	0,2 aB	4,0 bA	61,4 aA	4,7 aB	22,0 bA
20-40	5,3 aA	0,5 aA	7,7 aB	1,7 aB	0,4 aB	0,9 aA	2,1 aB	36,0 aB	39,0 aA	10,7 aB
40-60	4,8 aB	0,1 aA	5,0 aB	0,7 bC	0,2 bB	1,3 aA	0,9 bC	21,7 bB	57,7 aA	2,0 aC
SAF6										
0-20	5,8 aA	2,2 bA	33,0bA	2,1 bA	0,9 aA	0,0 aB	3,1 bA	63,6 aA	0,0 aB	12,3 cA
20-40	5,1 aB	1,0 aA	3,0 aB	1,0 aB	0,2 aB	0,8 aA	1,2 aB	26,6 aB	43,3 aA	5,7 aB
40-60	4,9 aB	0,5 aA	2,3 aB	0,6 bB	0,2 bB	1,1 aA	0,8 bB	21,5 bB	55,3 aA	2,3aB
CCM										
0-20	6,0 aA	45,2 aA	49,3 aA	4,6 aA	1,0 aA	0,1 aA	5,7 aA	71,3 aA	2,3 aA	33,0 aA
20-40	5,7 aA	3,9 aB	13,0 aB	2,3 aB	0,6 aA	0,1 bA	2,9 aB	53,4 aA	3,0 bA	12,0 aB
40-60	6,0 aA	4,4 aB	14,7 aB	2,9 aB	0,7 aA	0,0 cA	3,6 aB	65,2 aA	0,0 bA	9,0 aB
FN										
0-20	5,5 aA	1,2 bA	36,3bA	1,7 bA	1,3 aA	0,3 aB	3,1 bA	51,0 aA	8,0 aB	20,7 bA
20-40	4,8 aB	0,5 aA	13,7 aA	0,5 aB	0,2 aB	1,3 aA	0,8 aB	17,2 aB	62,0 aA	7,0 aB
40-60	4,8 aB	0,8 aA	22,7 aA	0,7 bB	0,2 bB	1,2 aA	0,9 bB	18,1 bB	57,3 aA	7,3 aB

SB: Soma de bases; V: saturação por bases; m: saturação por Al³⁺; CO: carbono orgânico. Letras minúsculas comparam sistemas dentro de cada profundidade, letras maiúsculas comparam a profundidade dentro de cada sistema. Médias seguidas pela mesma letra, minúscula ou maiúscula, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

Na avaliação dos atributos físicos houve diferença significativa para a densidade do solo entre os sistemas estudados, apresentando uma amplitude de 1,34 a 1,65 Mg m⁻³ para a floresta nativa e o SAF6, respectivamente (Tabela 4). A floresta nativa apresentou menor densidade do solo decorrente do elevado teor de carbono orgânico (Tabela 3). Da mesma forma, o elevado teor de CO no CCM influenciou diretamente nos resultados de densidade do solo em relação aos sistemas agroflorestais. Entre os demais sistemas verificou-se um aumento na densidade do solo possivelmente em função do manejo adotado tendo como referencial a condição nativa, confirmando resultados obtidos por diversos autores (BEUTLER et al., 2001; MARTINS et al. 2002; ROSA et al., 2003).

Os valores de VTP e macroporosidade foram maiores no CCM e FN, consequência da melhor estruturação do solo oferecida pelos maiores teores de CO nestes sistemas. Os valores de macroporosidade ficaram acima do limite crítico de 0,10 m³ m⁻³ (Tabela 4), indicando não haver limitação para o crescimento e o desenvolvimento radicular das plantas (SOUZA, L.S.; SOUZA, L.D.; SOUZA, L.F.S., 2003). O SAF 4 apresentou o menor teor de argila no solo (Tabela 2) e a menor microporosidade (Tabela 4). O predomínio dos macroporos em relação aos microporos pode reflexo da taxa areia/argila mais elevada e dos baixos teores de silte na profundidade avaliada (Tabela 2). O maior tamanho das partículas de areia não favorece a agregação destas partículas em

comparação às frações silte e argila. Assim, ao permanecerem como grãos simples em razão da textura mais arenosa, a estrutura do solo apresenta predomínio de macroporos (FERREIRA, 2010). Ressaltando a influência desta propriedade na capacidade de retenção e armazenamento de água, além do favorecimento do fluxo de água em direção aos aquíferos. Gomes et al. (2007) também observaram menores valores de microporosidade em solos menos argilosos.

Os resultados para argila dispersa em água (ADA) não diferiram entre os sistemas, porém, observou-se diferença para o índice de floculação (IF) no SAF4 (Tabela 4). Quando analisada em relação ao teor de argila (Tabela 2), a ADA variou de 8% no

CCM a 40% no SAF4, correspondendo respectivamente ao maior e ao menor IF verificado nos sistemas (Tabela 4). No caso do SAF2 e SAF5, o maior teor de ADA pode contribuir para um maior adensamento do solo pelo preenchimento de poros com este material mais fino (SILVA; CARVALHO, 2007; CORRÊA et al., 2008).

Na avaliação da estabilidade de agregados (Tabela 5), houve indicação de uma adequada agregação do solo na camada mais superficial, uma vez que os sistemas, em sua totalidade, apresentaram DMG em torno de 4 mm e mais de 90% dos agregados têm tamanho maior que 2 mm, com pequena porcentagem de tamanho menor que 0,105 mm.

Tabela 4 - Atributos físicos para amostras de solo na camada de 0-20 cm, em sistemas agroflorestais (SAF), cultivo convencional de mamão (CCM) e floresta nativa (FN), município de Prado, BA.

Sistema	Ds Mg m ⁻³	VTP -----m ³ m ⁻³ -----	Microporos -----m ³ m ⁻³ -----	Macroporos -----	ADA g kg ⁻¹	IF %
SAF1	1,53 c	0,397 c	0,163 a	0,234 a	18 a	84 a
SAF2	1,55 c	0,398 c	0,165 a	0,233 a	30 a	85 a
SAF3	1,47 b	0,427 b	0,186 a	0,240 a	13 a	82 a
SAF4	1,55 c	0,388 c	0,142 a	0,246 a	23 a	56 b
SAF5	1,48 b	0,421 b	0,169 a	0,253 a	30 a	83 a
SAF6	1,65 c	0,356 c	0,175 a	0,181 a	18 a	85 a
CCM	1,43 b	0,438 b	0,177 a	0,261 a	10 a	91 a
FN	1,34 a	0,476 a	0,208 a	0,268 a	22 a	90 a
CV (%)	4,89	6,75	14,21	16,22	43,6	14

Ds: densidade do solo; VTP: volume total de poros; ADA: argila dispersa em água; IF: índice de floculação. As médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

Tabela 5 - Diâmetro médio geométrico (DMG) e porcentagem de agregados >2 mm e <0,105 mm para amostras de solo na camada de 0-20 cm, em sistemas agroflorestais (SAF), cultivo convencional de mamão (CCM) e floresta nativa (FN), município de Prado, BA.

Sistema	DMG -----mm-----	>2,0mm -----%	<0.105mm
SAF1	4,46 a	95,85 a	0,59 a
SAF2	4,06 b	91,72 a	1,00 a
SAF3	4,31 b	94,15 a	0,75 a
SAF4	3,91 b	90,50 a	1,23 a
SAF5	4,65 a	97,74 a	0,63 a
SAF6	4,73 a	98,40 a	0,45 a
CCM	*	*	*
FN	4,75 a	98,56 a	0,61 a
CV(%)	7,55	3,70	97,00

As médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo Teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. * material sem agregação.

O DMG foi menor nos sistemas SAF2, SAF3 e SAF4, destacando o efeito

benéfico do carbono orgânico na agregação do solo para a floresta nativa e SAF5 (Tabela

3), conforme observado na literatura (D'ANDRÉA et al., 2002). Apesar do teor de CO no CCM ter sido superior aos demais tratamentos, não houve influência deste fator na agregação em decorrência da adoção de preparo intensivo do solo com enxada rotativa e plantio no sistema de camalhão.

Na Figura 1 (a) verifica-se um aumento da resistência à penetração do solo com a profundidade. Este resultado é devido à presença de horizontes subsuperficiais coesos em Argissolos Amarelos dos

Tabuleiros Costeiros (SANTANA et al., 2006; CORRÊA et al., 2008). Os horizontes minerais subsuperficiais característicos destes solos apresentam consistência friável quando úmidos; contudo, quando secos, apresentam consistência dura, muito dura ou extremamente dura, exibindo forte coesão (RIBEIRO, 2001). De acordo com Ehlers et al. (1983), em sistemas conservacionistas são admitidos valores superiores para a resistência à penetração, na ordem de 5,0 MPa.

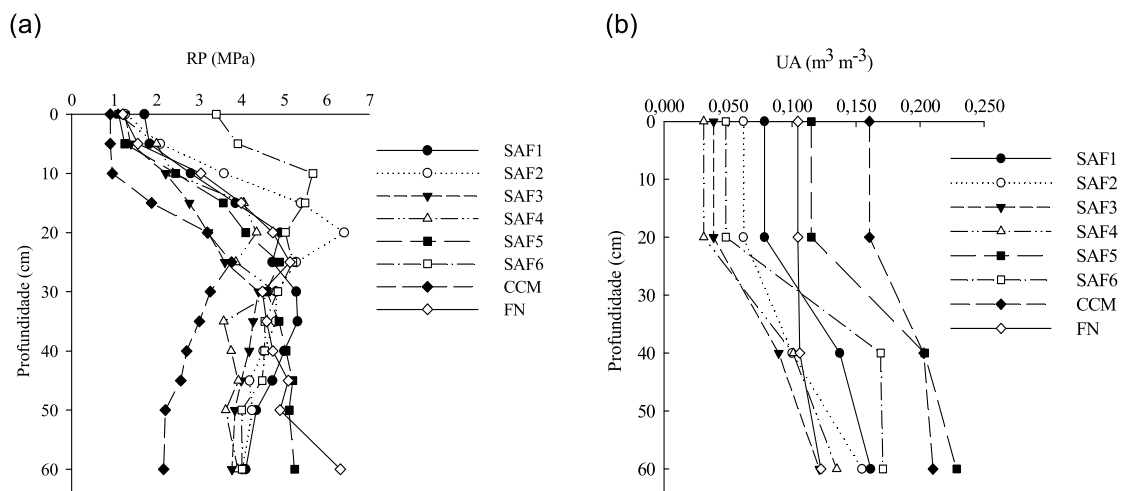


Figura 1 - (a) Resistência à penetração e (b) Umidade atual em Argissolo Amarelo típico distrocoeso, município de Prado, BA.

No sistema CCM, a resistência à penetração do solo foi inferior à FN, que apresentou uma tendência de aumento da resistência em profundidade devido ao adensamento natural do solo nestes ambientes (Figura 1a). Uma possível explicação para este comportamento está relacionada à prática da irrigação, a qual torna estes solos friáveis quando úmidos, com consequente diminuição da sua resistência à penetração (Figura 1b). Os demais sistemas apresentaram comportamento similar à FN, com valores críticos de resistência à penetração na camada de 10-40 cm, agravando as restrições ao desenvolvimento radicular, notadamente para SAF6, em 60 cm, e SAF2, em 20 cm (Figura 1a). No SAF6, a resistência à penetração foi influenciada pela maior densidade do solo (Tabela 4).

Os dados referentes à umidade atual na época da amostragem para avaliação da resistência do solo à penetração encontram-se na Figura 1b. A faixa de umidade não influenciou a resistência do solo à

penetração e sim o manejo adotado. A maior umidade apresentada para FN e SAF5 é possivelmente resultante do maior teor de argila nestes solos (Tabela 2), enquanto no CCM deve-se à prática da irrigação.

4 Conclusões

Com base nos resultados dos indicadores químicos, pode-se inferir que a elevação da fertilidade do solo nos sistemas agroflorestais em relação ao sistema nativo foi insignificante. Este aspecto compromete a sustentabilidade dos sistemas, uma vez que existe exportação de nutrientes por meio da retirada dos frutos e grãos para comercialização, exaurindo as reservas naturais de nutrientes do solo. Diante desse quadro, existe a necessidade premente de implantação de práticas corretivas e de adubação objetivando suprir o sistema em níveis adequados de nutrientes, seja de forma orgânica ou química.

O acúmulo de carbono orgânico está ocorrendo de forma ineficiente quando se comparam os sistemas agroflorestais com o sistema em equilíbrio (FN). Os resultados observados em relação aos teores de nutrientes também estão relacionados com os baixos teores de carbono orgânico, o que impossibilita uma ciclagem de nutrientes eficiente.

Os atributos físicos do solo foram indicadores favoráveis na avaliação de sua qualidade, pois distinguiram os efeitos proporcionados pelos sistemas agroflorestais em relação ao sistema em equilíbrio, contribuindo para o monitoramento de um manejo sustentável dos solos na região.

5 Soil attributes in agroforestry systems, conventional cultivation and native forest

Abstract: *The monitoring of physical, chemical and biological soil agents is important for the assessment of sustainability. This study aimed to evaluate and compare the alterations of physical and chemical attributes of soil in areas with different managements: agroforest systems (SAF1, SAF2, SAF3, SAF4, SAF5, SAF6), conventional cultivation of papaya (CCM) and native forest (FN), at Prado county, Bahia. Samples were collected in Yellow Argisol (Ultisol), at 0-20, 20-40 and 40-60 cm depths for chemical determinations and soil resistance to penetration and at 0-20 cm depth for the other physical determinations. The evaluation of soil physical attributes, especially the resistance to penetration, allows distinguishing the effects provided by the adoption of agroforest systems in relation to native forest. In general, the SAF5 had presented the values of chemical and physical properties closer to those of the native forest, which indicates the greater tendency of this system of management to achieve sustainability.*

Keywords: Argisol, management systems, soil attributes, tropical trees species.

6 Referências

- ARATO, H.D.; MARTINS, S.V.; FERRARI, S.H.S. Produção e decomposição de serrapilheira em um sistema agroflorestal implantado para recuperação de área degradada em Viçosa – MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 5, p. 715-721, set./out. 2003.
- ALMEIDA, J.A. de; BERTOL, I.; LEITE, D.; AMARAL, A.J.; ZOLDAN JÚNIOR, W.A. Propriedades químicas de um Cambissolo Húmico sob preparo convencional e semeadura direta após seis anos de cultivo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n.3, p. 437-445, mai./jul. 2005.
- AMADOR, D.B.; VIANA, V.M. Sistemas agroflorestais para recuperação de fragmentos florestais. **Série Técnica IPEF**, v. 12, n. 32, p. 105-110, dez. 1998.
- BARRETO, A.C.; FERNANDES, M.F. Cultivo de *Gliricidia sepium* e *Leucaena leucocephala* em alamedas visando a melhoria dos solos dos tabuleiros costeiros. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, n.10, p.1287-1293, out. 2001.
- BEUTLER, A.N.; SILVA, M.L.N.; CURI, N.; FERREIRA, M.M.; CRUZ, J.C.; PREREIRA FILHO, I.A. Resistência à penetração e permeabilidade de Latossolo Vermelho distrófico sob sistemas de manejo na região dos cerrados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.25, n.1, p.129-136, jan./mar. 2001.
- BLAKE, G.R.; HARTGE, K.H. Bulk density. In: KLUTE, A. (Ed.) **Methods of soil analysis**. 2.ed. Madison: American Society of Agronomy, 1986a. p.363-375.
- BLAKE, G.R.; HARTGE, K.H. Particle density. In: KLUTE, A. (Ed.) **Methods of soil analysis**. 2.ed. Madison: American Society of Agronomy, 1986b. p. 377-382.
- CARVALHO, R.; GOEDERT, W.J.; ARMANDO, M.S. Atributos físicos da qualidade de um solo sob sistema agroflorestal. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 39, n. 11, p.1153-1155, nov. 2004.
- CORRÊA, M.M.; KER, J.C.; BARRÓN, V.; TORRENT, J.; CURI, N.; TORRES, T.C.P. Caracterização física, química, mineralógica e micromorfológica de horizontes coesos e fragipãs de solos vermelhos e amarelos do ambiente Tabuleiros Costeiros. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 1, p. 297-313, jan./fev. 2008.
- DANIELSON, R.E.; SUTHERLAND, P.L. Porosity. In: KLUTE, A. (Ed.) **Methods of soil analysis: physical and mineralogical methods**. Madison: American Society of Agronomy, 1986. p. 443-461.

- D'ANDRÉA, A.F.; SILVA, M.L.N., CURI, N.; FERREIRA, M.M. Atributos de agregação indicadores da qualidade do solo em sistemas de manejo na região dos cerrados no sul do estado de Goiás. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 26, n. 4, p. 1047-1054, jul./ago. 2002.
- DORAN, J.W.; PARKIN, T.B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D.C.; BZEDICEK, D.F.; STEWART, B.A. (eds.) **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison: Soil Science Society of America, 1994. p.3-21. (Special Publication, 35).
- DRUMOND, M.A.; CARVALHO FILHO, O.M.C. Introdução e avaliação da *Gliricidia sepium* na região semi-árida do Nordeste Brasileiro. In: QUEIRÓZ, M.A.; GOEDERT, C.O.; RAMOS, S.R.R., ed. **Recursos Genéticos e Melhoramento de Plantas para o Nordeste brasileiro**. Petrolina: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. 1999. Disponível em: <http://www.cpatsa.embrapa.br/catalogo/livro/gli_ricidia.pdf>. Acesso em: 23 mar. 2011.
- EHLERS, W.; KOPKE, U.; HESSE, F.; BOHM, W. Penetration resistance and root growth of oats in tilled and untilled loess soil. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 3, n. 2, p. 261-275, jul. 1983.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Levantamento exploratório – reconhecimento de solos da margem direita do Rio São Francisco Estado da Bahia**. Recife: Embrapa/ MA/ CONTAP/ USAID/ ETA, 1977. 338 p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação do Solo. **Manual de análises do solo**. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa, 1997. 212 p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa em Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2 ed. Rio de Janeiro: Embrapa, 2006. 306 p.
- FERREIRA, D.F. Análises estatísticas por meio do SISVAR (Sistema para análise de variância) para Windows versão 4. 0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45, 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFSCar, 2000. p. 225-258.
- FERREIRA, M.M. Caracterização física do solo. In: JONG van LIER, Q. (ed.) **Física do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2010. 298p.
- FRANCO, F.S. **Sistemas agroflorestais: uma contribuição para a conservação dos recursos naturais na Zona da Mata de Minas Gerais**. 2000. 160 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2000.
- GOMES, N.M.; SILVA, A.M.; MELLO, C.R.; FARIA, M.A.; OLIVEIRA, P.M. Métodos de ajuste e modelos de semivariograma aplicados ao estudo da variabilidade espacial de atributos físico-hídricos do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 3, p. 435-443, mai./jun. 2007.
- KEMPER, W.D.; ROSENAU, R.C. Aggregate stability and size distribution. In: KLUTE, A. (Ed.) **Methods of soil analysis**. 2.ed. Madison: American Society of Agronomy, 1986. p. 499-509.
- LIMA, J.M.; CURI, N.; RESENDE, M.; SANTANA, D.P. Dispersão do material de solo em água para avaliação indireta da erodibilidade de latossolos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 14, n. 1, p. 85-90, jan./fev. 1990.
- MARIN, A.M.P.; MENEZES, R.S.C.; SILVA, E.D.; SAMPAIO, V.S.B. Efeito da *Gliricidia sepium* sobre nutrientes do solo, microclima e produtividade do milho em sistemas agroflorestal no Agreste Paraibano. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, n. 3, p. 555–564, mai./jun. 2006.
- MARTINS, S.G.; SILVA, M.L.N.; CURI, N.; FERREIRA, M.M. Avaliação de atributos físicos de um Latossolo Vermelho distroférrico sob diferentes povoamentos florestais. **Cerne**, Lavras, v. 8, n. 1, p. 32-41, jul. 2002.
- MENDONÇA, E. S.; LEITE, L. F. C.; FERREIRA NETO, P. S. Cultivo de café em sistema agroflorestal: uma opção para recuperação de solos degradados. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 25, n. 3, p. 375-383, mai./jun. 2001.
- MENEZES, J.M.T.; VAN LEEUWEN, J.; VALERI, S.V.; CRUZ, M.C.P.; LEANDRO, R.C. Comparação entre solos sob uso agroflorestal e em florestas remanescentes adjacentes, no norte de Rondônia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 2, p. 893-898, mar./abr. 2008.
- NEVES, C.M.N.; SILVA, M.L.N.; CURI, N. MACEDO, R.L.G.; TOKURA, A.M. Estoque de carbono em sistemas agrossilvopastoril, pastagem e eucalipto sob cultivo convencional na região noroeste do estado de Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 28, n. 5, p. 1038–1046, set./out. 2004.
- PORTELA, J.C.; LIBARDI, P.L. ; VAN LIER, Q.J. Retenção da água em solo sob diferentes usos no ecossistema tabuleiros costeiros. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**,

Campina Grande, v. 5, n. 1, p. 49-54, jan./abr. 2001.

RIBEIRO, M.R. Características morfológicas dos horizontes coesos dos solos de Tabuleiros Costeiros. In: WORKSHOP COESÃO EM SOLOS DOS TABULEIROS COSTEIROS, 2001, Aracaju. **Anais...** Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2001. p.161-168.

RODRIGUES, A.C.G. Ciclagem de nutrientes em sistemas agroflorestais na região tropical: Funcionalidade e Sustentabilidade. In: MULLER, M.W.; RODRIGUES, A.C.G.; BRANDÃO, I.C.F.L.; SERÓDIO, M.H.C.F., (eds.) **Sistemas agroflorestais, tendência da agricultura ecológica nos trópicos: sustento da vida e sustento de vida.** Ilhéus: CEPLAC, 2004. p. 67-88.

ROSA, M.E.C.; OLSZVESKI, N.; MENDONÇA, E.S.; COSTA, L.M.; CORREIA, J.R. Formas de carbono em Latossolo Vermelho Eutroférico sob plantio direto no sistema biogeográfico do cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n.5, set./out. p.911-923, 2003.

SANTANA, M.B.; SOUZA, L.S.; SOUZA, L.D.; FONTES, L.E.F. Atributos físicos do solo e distribuição do sistema radicular de citros como indicadores de horizontes coesos em dois solos de tabuleiros costeiros do estado da Bahia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, n. 1, p. 1-12, jan./fev. 2006.

SCOTT, A. J.; KNOTT, M. Accouter analysis methods for grouping means in the analysis of variants. **Biometrics**, Saint Louis, v. 30, p. 507-512, Sept. 1974.

SHUKLA, M.K.; LAL, R. Erosional effects on soil organic carbon stock in an on-farm study on Alfisols in west central Ohio. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v. 81, n. 2, p. 173-181, Apr. 2005.

SILVA, A.J.N.; CARVALHO, F.G. Coesão e resistência ao cisalhamento relacionadas a atributos físicos e químicos de um Latossolo Amarelo de Tabuleiro Costeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 5, p. 853-862, set./out. 2007.

SOUZA, L.S.; SOUZA, L.D.; SOUZA, L.F.S. Indicadores físicos e químicos de qualidade do solo sob o enfoque de produção vegetal: Estudo de caso para citros em solos coesos de tabuleiros costeiros. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 29, Ribeirão Preto, 2003. **Anais...** Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003. CD-ROM.

STOLF, R.; FERNANDES, J.; FURLANI NETO, V.L. **Recomendação para uso do penetrômetro de impacto, modelo IAA/Planalsucar – Stolf.** São Paulo: MIC/ IAA/ PNMCA/Planalsucar, 1983. 8 p. (Série Penetrômetro de Impacto – Boletim, 1).