

ARTIGO 2

DINÂMICA DE NUTRIENTES EM ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO SOB SISTEMAS AGROFLORESTAIS EM REGIÃO DE TRANSIÇÃO NO NORTE DO PIAUÍ

Sandra Santana de Lima e Luiz Fernando Carvalho Leite

1 INTRODUÇÃO

A conversão de áreas florestais em plantios agrícolas representa uma mudança drástica no ecossistema original, por provocar alterações no conjunto de atributo morfológicos, físicos, químicos e biológicos do solo. Assim são esperados severos impactos, uma vez que quebra os mecanismos naturais de reciclagem e de proteção do sistema, induzindo desde o início, vários fatores de degradação (LUIZÃO et al., 2006).

Os agroecossistemas baseados no uso indiscriminado de agroquímicos, no manejo intensivo e na perda da vegetação (biodiversidade) têm como conseqüências a redução da qualidade do solo e o decréscimo da continuidade dos processos biológicos do solo para a nutrição das plantas. Este problema é mais agravante em solos das regiões tropicais de avançado estágio de intemperismo (GAMA-RODRIGUES, 2006). Os processos mais importantes e responsáveis por essa degradação são a erosão, a compactação, e a diminuição dos estoques de matéria orgânica do solo, os quais influenciam negativamente, a microbiota e a macrofauna do solo (LEITE et al., 2003).

Em resposta a essa problemática, vários estudos com sistemas agroflorestais (SAFs) tem sido realizados em diversas regiões do mundo, sob diferentes aspectos, considerando essa forma de manejo como uma alternativa sustentável e com menor impacto aos ecossistemas (ALBRECHT e KANDJI, 2003; ELLIS et al., 2005; NAIR, 2006; MORENO et al., 2007; GRUENEWALD et al, 2007). No Brasil a maioria dos estudos se concentram na região da Amazônia, e nas demais regiões em menor escala, abordando a fertilidade dos solos por meio da aferição de indicadores físicos químicos e biológicos, comparativamente a outras práticas de manejo (SCHROTH et al., 2002; BARROS et al., 2004; BARRETO et al., 2006; MAIA et al., 2007).

A implantação de SAFs tem sido direcionada para locais onde os modelos tradicionais de exploração, desmatamentos seguidos pela atividade agropecuária, já exportaram muitos nutrientes, tornando-se a agrofloresta a tentativa de se gerar produtos recuperando o ambiente (CAMPELLO; FRANCO; FARIA, 2005). Esses sistemas podem ser empregados tanto como estratégia metodológica de restauração, com o objetivo de reduzir os custos por meio da compensação financeira em curto e médio prazos por produtos agrícolas e florestais, como para a constituição de agroecossistemas sustentáveis, com produtos orgânicos e saudáveis (AMADOR, 2003). Neste sentido, os SAFs têm sido amplamente promovidos como sistemas de produção sustentável e, particularmente, atraentes para agricultura familiar.

O sucesso de um sistema agroflorestal está relacionado à quantidade de nutrientes fornecida pelas podas durante o processo de decomposição, e como esses nutrientes lançados satisfazem as necessidades da colheita (MENDONÇA e STOTT, 2003). Por meio de diversos benefícios como, maior cobertura do solo; maior aporte de matéria orgânica (produção de biomassa); fixação biológica de nitrogênio atmosférico; redução de perdas de solo e nutrientes (SCHROTH et al., 2002; MACEDO; VENTURIN e TSUKAMOTO FILHO, 2000); controle da erosão e lixiviação e aumento da biodiversidade (NAIR, 2006; MORENO et al., 2007). Os SAFs também apresentam-se como eficientes reservatórios de gás carbônico (CO₂) (OELBERMANN et al., 2004; KIRBY e POTVIN, 2007) e constituem-se em fonte renovável de energia, além de evidenciar a importância do estrato herbáceo e da serapilheira como agentes reguladores das condições térmicas no solo da floresta (RIBASKI; MONTROYA e RODIGHIERI, 2002).

Embora sejam reconhecidos os benefícios do manejo com SAFs é imprescindível a realização de estudos afim de conhecer como essa prática de manejo vai interferir nos processos edáficos e na disponibilidade de nutrientes para as culturas. Nesse sentido, as avaliações quantitativas dos teores e estoques de nutrientes, são importantes para dimensionar

o resultado dos fatores envolvidos nesse sistema de produção. No estado do Piauí, a principal prática de manejo utilizada na agricultura é baseada no corte e queima da vegetação e são inexistentes estudos relacionados aos impactos desse tipo de manejo sobre o solo. Portanto, este trabalho teve como objetivo avaliar mudanças nas características químicas, assim como no estoque de carbono e nitrogênio de um Argissolo Vermelho-Amarelo submetido a diferentes sistemas de uso: sistemas agroflorestais com diferentes idades de adoção, sistema com base ecológica, agricultura de corte e queima e floresta nativa.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2. 1 Localização e Descrição da área

O estudo foi realizado na comunidade Vereda dos Anacleto, localizada no município de Esperantina (03° 54' 07'' S e 42° 14' 02'' W, altitude 59 metros), região norte do estado do Piauí. O clima enquadra-se no tipo tropical subúmido, com duas estações bem definidas, uma chuvosa e outra seca. Os dados mensais da precipitação pluvial (mm) e temperatura (°C) com temperaturas anuais médias, mínima e máxima de 26 e 34°C respectivamente (CEPRO, 1992) durante o período de estudo estão na Figura 1.

A região é caracterizada por apresentar uma formação vegetal predominante de transição entre cerrado e floresta secundária mista (PLANAP, 2006), possuindo extensas áreas com babaquais. O solo é classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico textura franco arenoso (SANTOS et al., 2006).

Foram estudados cinco sistemas: sistema com base ecológica com três anos de adoção (SE3), sistemas agroflorestais com seis (SAF6) e dez (SAF10) anos de adoção; uma área manejada com agricultura de corte e queima (ACQ) e uma floresta nativa (FN) como referência de um estado de equilíbrio. O tamanho de cada área estudada compreende a um hectare. A descrição completa dos sistemas foi descrito no artigo I.

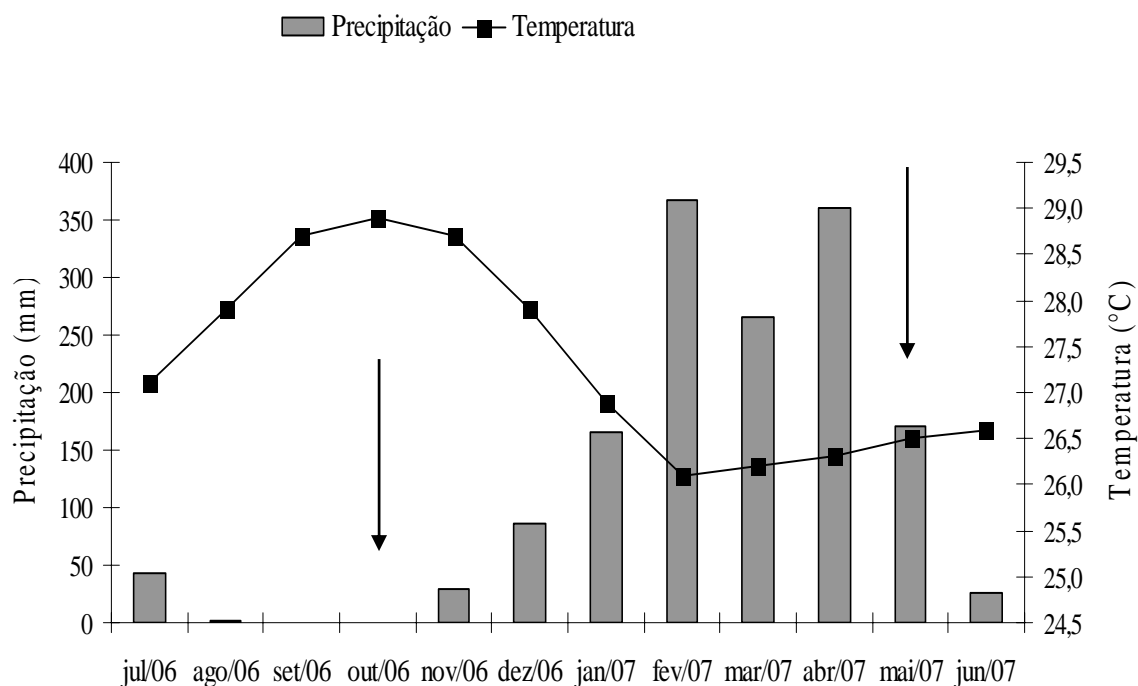


FIGURA 1 – Precipitação pluvial e temperatura média mensal, referente ao segundo semestre de 2006 e primeiro semestre de 2007, no município de Esperantina - PI. As setas indicam os meses em que foram realizadas as coletas do solo.

Fonte: Gerência de Hidrometeorologia da Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos do estado do Piauí.

2. 2 Análises químicas e físicas do solo

O material foi coletado em duas épocas que caracterizassem os períodos seco e chuvoso respectivamente (outubro de 2006 e maio de 2007). Na amostragem do solo, cada área foi dividida em cinco subáreas. Em cada subárea, foram coletadas três amostras simples na profundidade de 0-10 cm, para formar cinco amostras compostas, totalizando cinco amostras compostas por área. O material coletado foi acondicionado em sacos plásticos, identificados e encaminhados ao Laboratório de Solos da Embrapa Meio Norte, para a realização das análises.

2. 2. 1 Análises químicas

As amostras foram destorroadas, secas e passadas em peneiras com malha de 2 mm para avaliação das características químicas do solo. O pH do solo foi determinado em água

(1:2,5) por potenciometria, a acidez trocável ($\text{Al} + 3$) extraída com $\text{KCl } 1 \text{ mol L}^{-1}$ e quantificada por titulometria com hidróxido de sódio $0,025 \text{ mol L}^{-1}$ padronizado com biftalato de potássio (EMBRAPA, 1997).

O fósforo e o potássio foram extraídos com Mehlich 1 (EMBRAPA, 1997) e determinados por colorimetria e fotometria de chama, respectivamente. O cálcio e o magnésio foram extraídos com $\text{KCl } 1 \text{ mol L}^{-1}$ e determinados por espectrofotometria de absorção atômica (EMBRAPA, 1997). O Nitrogênio total (N) do solo foi determinado por meio da digestão sulfúrica e dosado por destilação Kjeldhal (BREMNER, 1996).

Para determinação a dos teores de carbono orgânico total (CO), as amostras de solo foram trituradas em almofariz e passadas em peneira de malha 0,2 mm, quantificadas por oxidação de matéria orgânica via úmida, utilizando solução de dicromato de potássio em meio ácido, com fonte externa de calor (YEOMANS E BREMMER, 1988).

2. 2. 2 Análises físicas

A densidade do solo foi determinada pelo método do anel volumétrico (EMBRAPA, 1997). Os valores obtidos foram utilizados para o cálculo dos estoques de carbono e nitrogênio.

2. 3 Estimativa de emissão ou sequestro de C-CO_2

Os estoques do COT foram usados para calcular a contribuição dos sistemas de manejo na emissão ou sequestro de C-CO_2 pelo solo, na camada de 0-10 cm. Considerou-se o fator de conversão de C para CO_2 de 3,67 (massa molar do CO_2 /massa molar do C) (LEITE, 2002).

2. 4 Análises dos dados

Para verificar as diferenças entre as médias das análises químicas do solo em cada área estudada, os dados foram submetidos à Análise de Variância (ANOVA) e aplicado o teste de Tukey ao nível de 5%, pelo programa SPSS.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3. 1 Características químicas do solo

No período seco, os maiores valores ($p < 0,05$) de pH foram verificados nos solos sob SAF10, SE3 e ACQ, com acidez fraca, diferindo significadamente da FN que apresentou o

menor valor. Por outro lado, no período chuvoso, com exceção da FN, não foram verificadas diferenças significativas nos valores de pH (Tabela 1). O aumento do pH nos SAF10, SE3 e ACQ, podem estar associados à disponibilização de bases trocáveis e à decomposição do material vegetal adicionado ao solo (LOPES, 1998). Os valores de pH obtidos na FN são similares aos observados por Ribeiro (2007), Farias e Castro (2004), em área de transição cerrado-caatinga do Complexo de Campo Maior, no norte do Piauí.

Os valores do Alumínio (Al) em ambos os períodos foi compatível ao pH do solo, evidenciando a significativa diferença da FN, em relação aos demais sistemas (Tabela 1). No período seco, as menores concentrações de Al observadas em solos sob o SAF10 e SE3, podem estar relacionadas ao aumento da quantidade de resíduos orgânicos no solo e à reação de complexação do Al com compostos orgânicos, depositados em maiores quantidades no solo desses sistemas. De acordo com Silva, Camargo e Cereta (2004), em sistemas de manejo com grande quantidade de resíduos na superfície do solo, a matéria orgânica pode ser uma forma de imobilização do alumínio da solução do solo. A concentração de Al variou entre os sistemas e os períodos de coletas, no entanto verificou-se aumento no período chuvoso, exceto para o SAF6.

Em relação às bases trocáveis, independentemente do período de coleta, os maiores valores foram observados nos SAFs (Tabela 1). No período seco, observou-se que o valor de Cálcio (Ca) no SAF10 foi significativamente superior ($p < 0,05$) aos demais sistemas e considerado como bom ($> 4 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$). Para o Magnésio (Mg), os maiores valores foram obtidos pelos SAF6, SAF10 e FN considerados como bom ($> 1,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) e o menor valor foi verificado no ACQ (0 a $0,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), considerado baixo. O Potássio (K) foi verificado em maior quantidade nos SAF6 ($0,50 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) e SAF10 ($0,53 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), considerado como valor médio (0,46 a $0,80 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), enquanto que o SE3 e ACQ apresentaram baixos valores desse nutriente (0 a $0,45 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) (Tabela 1). Perez et al. (2004), obteve valores semelhantes aos observados nesse estudo, em relação aos teores de Ca, Mg e K em SAF comparativamente ao sistema convencional submetido à queima, em Latossolo Vermelho-Amarelo no estado de Minas Gerais. Para a classificação dos valores em bom, médio e baixo, considerou-se a escala proposta por Lopes 1998.

O aumento dos teores de Ca, Mg e K nos SAFs, provavelmente está associado ao maior aporte desses nutrientes via serapilheira e a atividade de decomposição realizada pela biota do solo (Tabela 1). Por outro lado, no solo sob ACQ, os menores teores de Mg podem estar associados ao manejo do corte e queima que resulta em menores teores desse elemento na camada superficial do solo (JACQUES, 2003). No período chuvoso, verificou-se aumento

nos teores de Ca nos SAF6 e SAF10 em relação ao observado no período seco. Enquanto os teores de Mg e K, onde houve diminuição da concentração desses nutrientes em todos os sistemas, exceto para o Mg na FN (Tabela 1). As perdas de K no período chuvoso podem ser associadas à lixiviação desse nutriente no solo.

TABELA 1. Características químicas de um Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico, na camada de 0-10 cm, sob sistema ecológico com três anos (SE3), sistemas agroflorestais com seis (SAF6) e dez anos de adoção (SAF10), agricultura de corte e queima (ACQ) e floresta nativa (FN).

PERÍODO SECO									
Sistema	pH em	Al	Ca	Mg	K	SB	CTCe	V	m
	H ₂ O	-----cmol _c dm ⁻³ -----						%	
SE 3	6,19 a	0,04 b	3,39 b	0,74 c	0,28 c	4,41 b	4,44 b	99,16 a	0,83 b
SAF6	5,45bc	0,18 b	3,14 b	2,21 a	0,50 ab	5,85 b	6,03 ab	96,90 a	3,09 b
SAF10	6,44 a	0,02 b	8,78 a	1,85 ab	0,53 a	11,16 a	9,02 a	99,86 a	0,19 b
ACQ	5,98 ab	0,14 b	3,49 b	0,56 c	0,16 c	4,20 bc	4,34 b	96,88 a	3,12 b
FN	5,12 c	1,52 a	0,94 c	1,14 bc	0,30 bc	2,38 c	3,89 b	60,46b	39,55 a
PERÍODO CHUVOSO									
SE 3	5,8 a	0,16 b	3,43 c	0,59 b	0,13 c	3,79 c	3,95 c	95,11 a	3,77 b
SAF6	5,6 a	0,16 b	7,35 b	1,81 a	0,38 a	9,55 b	9,71 b	98,38 a	1,62 b
SAF10	6,0 a	0,16 b	15,47 a	1,68 a	0,29 ab	17,45 a	17,61 a	99,08 a	0,92 b
ACQ	5,7 a	0,16 b	3,15 c	0,36 b	0,13 c	3,64 c	3,82 c	94,93 a	5,07 b
FN	4,6 b	1,64 a	1,20 c	0,95 b	0,21 bc	2,36 c	4,00 c	57,59b	42,41 a

Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem entre si na mesma estação segundo o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A soma de bases (SB) em ambos os períodos, foi maior no SAF10 em relação aos demais sistemas. No que concerne à capacidade de troca de cátions efetiva (CTCe), os maiores valores foram verificados nos SAF6 e SAF10 no período seco e significativamente maior no SAF10 no período chuvoso. Na saturação por bases (V), houve padrão similar em relação aos períodos de coletas, onde os sistemas agrícolas apresentaram valores muito altos (> 90%), superior a FN, que obteve valor médio (51 a 70%) (Tabela 1). Mendonça, Leite e Ferreira Neto (2001) observaram aumento nos valores de CTCe e associaram ao manejo com

SAF. As médias obtidas pela SB e CTCe são semelhantes aos resultados obtidos por Theodoro et al. (2003) que comparou os efeitos do manejo em cafeeiro orgânico, convencional e em conversão, onde relacionou esses maiores incrementos ao manejo do sistema. Os resultados de V(%) diferem dos observados por Ribeiro (2007) e Farias e Castro (2004) que verificaram valores inferiores ($V < 50\%$) sob solos com vegetação de transição entre cerrado-caatinga. Maia (2006) observou maiores valores de V(%) em SAF no semi-árido cearense e atribui à eficiência desse sistema na ciclagem de nutrientes. Em geral, a partir dos resultados nos períodos seco e chuvoso, infere-se que as características químicas do solo, foram influenciadas pela sazonalidade.

3. 2 Teores totais e estoques de nutrientes no solo

No período seco, os maiores teores de COT foram observados no solo sob SAF6 e SAF10. Por outro lado, no período chuvoso, não houve diferença significativa entre os SAF6, SAF10 e FN, onde foram verificados os maiores teores de COT (Tabela 2). Isto está diretamente relacionado à maior quantidade de serapilheira acumulada sobre o solo sob SAFs e FN, considerando que, mudanças nos sistemas de manejo podem afetar os teores de carbono do solo pela alteração do aporte anual de resíduos vegetais e pela modificação na taxa de decomposição da matéria orgânica (LEITE, 2002). Por outro lado, os menores teores foram observados no ACQ, provocado principalmente pelas perdas de nutrientes durante a queima da vegetação durante o preparo de área para o plantio (SOMMER, 2000). Essa prática de manejo, embora possa elevar os teores das bases trocáveis, pode, em longo prazo, diminuir a fertilidade do solo, uma vez que as cinzas, em grande parte, são susceptíveis a perdas por lixiviação e/ou erosão (MENDONZA et al., 2000). Por outro lado, a biomassa vegetal roçada e deixada em cobertura ou incorporada ao solo nos SAFs, além de atuar como fonte de C (carbono) e de nutrientes (fonte energético), atenua as oscilações de temperatura e de umidade, intensificando a atividade biológica (RICCI, 2005) e melhorando a qualidade do solo. Em relação ao período de coleta, houve diminuição nas concentrações dos nutrientes em todos os sistemas no período chuvoso em relação aos valores do período seco.

Os teores de NT no período seco, foram maiores ($p < 0,05$) nos SAF10 ($0,36 \text{ dag kg}^{-1}$), SAF6 ($0,30 \text{ dag kg}^{-1}$) e SE3 ($0,26 \text{ dag kg}^{-1}$) respectivamente. No período chuvoso as maiores valores de NT foram restritas aos SAFs, enquanto os menores foram observados nos SE3 e ACQ. Os teores de NT entre os períodos de coletas tiveram comportamento similar ao COT, em que houve diminuição dos valores no período chuvoso comparativamente aos valores obtidos no período seco para todos os sistemas (Tabela 2).

Os teores de Fósforo (P) no solo sob SAF10 no período seco, foram seis e sete vezes maiores do que ACQ e FN, respectivamente, o que demonstra a eficiência do manejo com SAF, considerando a baixa concentração desse elemento nos solos da região. No período chuvoso, os teores desse nutriente no SAF10 foram similares apenas em relação à FN, entretanto verificou-se aumento na concentração de P nos solos de todos os sistemas em relação ao período seco (Tabela 2). Embora o fósforo seja um nutriente essencial para o crescimento das plantas, movimenta-se muito pouco na maioria dos solos e a ausência de revolvimento e a manutenção dos resíduos culturais na superfície do solo contribuem para o aumento dos teores do elemento, principalmente na superfície (LOPES, 1998; FALLEIRO et al., 2003). Portanto, o acúmulo desse elemento na camada superficial no SAF10, está associado à sua baixa mobilidade no solo e à atuação conjunta do bombeamento de nutrientes pelas raízes das árvores das camadas mais profundas do solo, para a superfície, potencializado pelo manejo do sistema, assim como a dinamização da atuação da biota do solo para disponibilização de nutrientes, em função do incremento periódico de matéria orgânica de qualidade diferenciada resultante do manejo (PENEIREIRO, 1999).

Os maiores estoques de COT ($p < 0,05$) foram observados nos SAF10 seguido do SAF6 no período seco. No período chuvoso, os valores dos SAF6, SAF10 e FN foram maiores do que o SE3 e ACQ. Para os estoques de NT, foram observados decréscimos nos valores no período chuvoso, entretanto em ambos os períodos os maiores estoques foram obtidos pelo SAF10 e SAF6 (Tabela 2). A variação dos estoques de COT foi similar aos de NT, pela evidente diminuição dos valores no período chuvoso. Esses resultados corroboram os obtidos por Silva (2006) ao estudar diferentes SAFs no município de Paraty – RJ.

O aumento dos estoques de COT e NT nos SAFs, pode estar associado à melhoria da qualidade do solo, proporcionado pelo manejo agroflorestal, por meio das interações entre os componentes florestal e agrícola que resultam no maior aporte de fitomassa ao solo. Além disso, ausência de revolvimento do solo dos SAFs proporciona melhores condições para os organismos responsáveis pela fragmentação do material vegetal e ciclagem dos nutrientes. Os valores de COT e NT foram semelhantes aos obtidos por Mendonça, Leite e Ferreira Neto (2001) no cultivo de café em SAFs. Por outro lado, superaram os observados por outros autores em estudos com sistemas convencionais com intenso revolvimento do solo e conservacionistas, nesse caso o plantio direto (FREITAS et al., 2006; HOLANDA NETO et al., 2006; LEITE, 2002).

TABELA 2. Teores e estoques de nutrientes de um Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico, na camada de 0-10 cm, sob sistema com base ecológica com três anos de adoção (SE3), sistemas agroflorestais com seis (SAF6) e dez anos de adoção (SAF10), agricultura de corte e queima (ACQ) e floresta nativa (FN).

PERÍODO SECO							
Sistema	Teores				Estoques		Relação C/N
	COT	NT	P	Dens.	COT	NT	
	-----dag kg⁻¹-----		mg dm⁻³	g cm⁻³	-----Mg ha⁻¹-----		
SE 3	2,27 cd	0,26 ab	2,03 c	1,0 a	22,67 c	2,62 bc	9,1 c
SAF6	3,76 ab	0,30 ab	5,89 b	1,15 a	43,30 a	3,44 ab	12,6 ab
SAF10	4,01 a	0,36 a	12,27 a	1,21 a	48,54 a	4,42 a	11,2 abc
ACQ	1,74 d	0,17 c	2,07 c	1,29 a	22,49 c	2,24 c	9,9 bc
FN	3,02 bc	0,22 bc	1,76 c	1,13 a	34,15 b	2,48 bc	13,7 a
PERÍODO CHUVOSO							
SE3	1,60 b	0,12 c	5,10 bc	1,0 a	15,96 b	1,18 d	13,24 ab
SAF6	3,54 a	0,25 ab	13,98 ab	1,15 a	40,70 a	2,76 ab	15,07 a
SAF10	3,27 a	0,22 a	16,85 a	1,21 a	39,54 a	3,34 a	12,02 ab
ACQ	1,22 b	0,13 c	8,79 abc	1,29 a	15,81 b	1,66 cd	9,40 b
FN	3,15 a	0,19 b	2,46 c	1,13 a	35,59 a	2,17 bc	16,40 a

Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem entre si na mesma estação segundo o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Em ambos os períodos de coleta, os sistemas estudados apresentaram baixos valores da relação C/N. Os maiores valores foram obtidos na FN, seguido pelos SAFs apresentaram, uma vez que essa área de floresta nativa encontra-se em estado de equilíbrio, os valores observados nos SAFs podem ser atribuídos à condição do processo de mineralização e a provável diminuição da taxa de decomposição nesses sistemas, em virtude da ausência de revolvimento do solo. De acordo com Tapia-Coral (2004), valores mais altos de C/N sugerem uma baixa qualidade nutricional do substrato e uma menor taxa de decomposição da matéria orgânica. O manejo dos SAFs, com roço e a poda da vegetação proporcionou aporte diversificado de resíduos, de forma contínua sobre o solo. Com isso, o manejo pode ser considerado como maior responsável pelas diferenças entre as áreas em estudo, aliado a uma condição sucessional mais avançada, com maior oferta de matéria orgânica e concentração de nutrientes (SILVEIRA, 2007).

3. 3 Estimativa de seqüestro ou emissão de C-CO₂

Houve menores perdas de COT nos SAFs, em relação ao SE3 e ACQ. As maiores taxas anuais de sequestro de C-CO₂ foram observadas no SAF6 (5,60 Mg C-CO₂ ha⁻¹ de ano⁻¹) e SAF10 (5,28 Mg C-CO₂ ha⁻¹ de ano⁻¹), ambos no período seco. Por outro lado, houve emissão de C-CO₂ no solo sob SE3 e ACQ (Tabela 3). A taxa anual estimada para o SE3, indica que esse sistema necessita de um intervalo maior de tempo, para o seqüestro do carbono. Os SAFs estudados demonstraram eficiência no seqüestro de carbono. Os estoques de C são condicionados pelo balanço das entradas e saídas, por meio da decomposição da matéria orgânica no solo. Nesse sentido para que haja seqüestro de C-CO₂, é essencial o aumento das entradas de C, a diminuição da decomposição, ou ambos (LEITE et al., 2003). Outros autores afirmam que mudanças no uso da terra, têm resultado em perdas de C e acumulação de CO₂ na atmosfera, entretanto os sistemas agroflorestais, devido aos múltiplos benefícios ambientais têm sido amplamente reconhecidos pelo seqüestro de C e mitigação dos efeitos do CO₂ na atmosfera (MORENO et al., 2007; OELBERMANN et al., 2004).

TABELA 3. Estimativa de seqüestro ou emissão de C – CO₂, na camada de 0-10 cm, sob sistema com base ecológica com três anos de adoção (SE3), sistemas agroflorestais com seis (SAF6) e dez anos de adoção (SAF10), agricultura de corte e queima (ACQ) e floresta nativa (FN).

Sistema	Período de coleta	(+) Seqüestro	
		(-) Emissão C – CO ₂	Taxa C – CO ₂
		Mg ha ⁻¹	Mg ha ⁻¹ ano ⁻¹
SE3	Seco	-42,13	-14,04
	Chuvoso	-72,04	-24,01
SAF6	Seco	33,58	5,60
	Chuvoso	18,75	3,12
SAF10	Seco	52,81	5,28
	Chuvoso	14,49	1,44
ACQ	Seco	-42,79	-6,11
	Chuvoso	-72,59	-10,37

4 CONCLUSÃO

O solo sob sistemas agroflorestais, melhorou as características químicas do solo, em relação à agricultura de corte e queima e o sistema com base ecológica.

O sistema com base ecológica indicou mudanças benéficas nas características químicas do solo, em relação à agricultura de corte e queima.

O aumento nos estoques de carbono orgânico, nitrogênio total e seqüestro de C-CO₂ nos SAFs, evidencia a eficiência do manejo agroflorestal para a conservação da qualidade do solo.

Sob o aspecto da sustentabilidade, indicado pela melhoria das propriedades químicas do solo, os sistemas agroflorestais podem ser considerados como promissores para unidades de produção familiar do município de Esperantina, quando comparados com o manejo tradicional baseado no corte e queima da vegetação.

5 REFERÊNCIAS

ALBRECHT, A.; KANDJI, S. T. Carbon sequestration in tropical agroforestry systems. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.99, p.15–27, 2003.

AMADOR, D. B. **Restauração de Ecossistemas com Sistemas Agroflorestais** Texto da palestra apresentada no Seminário “Sistemas Agroflorestais e Desenvolvimento Sustentável” - Campo Grande MS, 2003 (PDF - 135 KB). Disponível em: <http://www.cnpqg.embrapa.br/saf/publicacoes>. Acesso em: 26 mar. 2007.

BARROS, E.; GRIMALDI, M.; SARRAZIN, M.; CHAUVEL, A.; MITJA, D.; DESJARDINS, T.; LAVELLE, P. Soil physical degradation and changes in macrofaunal communities in Central Amazon. **Applied Soil Ecology**, v.26, p.157–168, 2004.

BARRETO, A. C.; LIMA, F. H. S.; FREIRE, M. B. G. dos S.; ARAÚJO, Q. R.; FREIRE, F. J. Características químicas e físicas de um solo sob floresta, sistema agroflorestal e pastagem no sul da Bahia. **Caatinga**, v.19, n.4, p.415-425, 2006.

BREMMER, J. M. Nitrogen Total. In SPARKS, D. L. (Ed), **Methods of Soil Analysis: Part 3**. America Society of Agronomy, Madson, SSA Book Series: 5, p.1085-1121, 1996.

CAMPELLO, E. F. C.; FRANCO, A. A.; FARIA, S. M. F. Aspectos ecológicos da seleção de espécies para sistemas agroflorestais e recuperação de áreas degradadas. In: AQUINO, A. M.; ASSIS, R. L. (Ed.). **Agroecologia: princípios e técnicas para uma agricultura orgânica sustentável**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, p.467-482, 2005.

CEPRO. **Perfil dos municípios piauienses**. Teresina. 1992. 420 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de métodos de análise de solos**. Centro Nacional de Pesquisa de Solos - 2 ed. 1997, 212p.

- ELLIS, E. A.; NAIR, P. K. R.; JESWANI, S. D. Development of a web-based application for agroforestry planning and tree selection. **Computers and Electronics in Agriculture**, v.49 p.129-141, 2005.
- FALLEIRO, R. M.; SOUZA, C. M.; SILVA, C. S. W.; SEDIYAMA, C. S.; SILVA, A. A.; FAGUNDES, J. L. Influência dos sistemas de preparo nas propriedades químicas e físicas do solo. **R. Bras. Ci. Solo**, v.27, p.1097-1104, 2003.
- FARIAS, R. R. S.; CASTRO, A. A. J. F.; Fitossociologia de trechos da vegetação do Complexo de Campo Maior, Campo Maior, PI, Brasil. **Acta bot. bras.** 18 (4): 949-963, 2004.
- FREITAS, R. C. A.; RODRIGUES, D. P.; LEITE, L. F. C.; ARAUJO, F. S.; CARDOSO, M. J. Alterações na matéria orgânica do solo após conversão da floresta nativa para agroecossistemas cultivado com milho no Cerrado Piauiense. In: **XVI Reunião Brasileira de Manejo e Conservação de Solo e Água**, 2006, Aracaju-SE. NOVOS DESAFIOS DO CARBONO NO MANEJO CONSERVACIONISTA, 2006. CD-ROM.
- GAMA-RODRIGUES, E. F.; MOÇO, M. K. S.; GAMA-RODRIGUES, A. C.; MACHADO, R. C. R. Atributos biológicos em solos sob sistemas agroflorestais de cacau: um estudo de caso. In: **Sistemas Agroflorestais: bases para o desenvolvimento**- Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, p. 87-100, 2006.
- GRUENEWALDA, H.; BRANDTA, B. K. V.; SCHNEIDERA, B. U.; BENS, O.; KENDZIAB, G.; HÜTTL, R. F. Agroforestry systems for the production of woody biomass for energy transformation purposes. **Ecological engineering**, v.29, p.319-328, 2007.
- HOLANDA NETO, M. R. Estoques totais de carbono, nitrogênio e fósforo em Argissolo Vermelho-Amarelo sob diferentes sistemas de manejo do solo no cerrado maranhense. In: **Fertbio, 2006**, Bonito-MS. À BUSCA DAS RAIZES, 2006. CD-ROM.
- JACQUES, A. V. A. A queima das pastagens naturais - efeitos sobre o solo e a vegetação- **Ciência Rural**, v. 33, n. 1, p.177-181, 2003.
- KIRBY, K. R.; POTVIN, C. Variation in carbon storage among tree species: Implications for the management of a small-scale carbon sink project. **Forest Ecology and Management**, v.246 p.208–221, 2007.
- LEITE, L.F.C. **Compartimentos e dinâmica da matéria orgânica do solo sob diferentes manejos e sua simulação pelo modelo Century**. Viçosa Universidade Federal de Viçosa, 2002. 146p. (Tese de Doutorado)
- LEITE, L. F. C.; MENDONÇA, E. S.; MACHADO, P. L. O. A.; MATOS, E. S. Total C and N storage and organic C pools of a Red-Yellow Podzolic under conventional and no tillage at the Atlantic Forest Zone, Southeastern Brazil. **Austr. J. Soil Res.** v.41, p. 717-730, 2003.
- LOPES, A. S. **Manual internacional de fertilidade do solo**. 2 ed. Ver. e Ampl. Piracicaba: POTAFOS, 1998, 177p.

LUIZÃO, F. J.; TAPIA-CORAL, S.; GALLARDO-ORDINOLA, J.; SILVA, G. C.; LUIZÃO, R. C. C.; TRUGILLO-CABRERA, L.; WANDELLI, E.; FERNANDES, E. C. M. Ciclos biogeoquímicos em agroflorestas na Amazônia. In: GAMA-RODRIGUES, A. C. et al., (Ed). **Sistemas Agroflorestais: bases para o desenvolvimento sustentável** - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, p. 87-100, 2006.

MACEDO, R. L. G.; VENTURIN, N.; TSUKAMOTO FILHO, A. A. Princípios de agrossilvicultura como subsídio do manejo sustentável – **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.21, n.202, p. 93-98, 2000.

MAIA, S. M. F.; XAVIER, F. A. da S.; OLIVEIRA, T. S. de; MENDONÇA, E. S.; ARAÚJO FILHO, J. A. Impacto de sistemas agroflorestais e convencional sobre a qualidade do solo no semi-árido cearense. **Revista Árvore**, v.330, n.5, p.837-848, 2006.

MENDONÇA, E. S.; LEITE, L. F.C.; FERREIRA NETO, P. S. Cultivo do café em sistema agroflorestal: uma opção para recuperação de solos degradados. **R. Árvore**, v.25, n.3, p.375-383, 2001.

MENDONÇA, E. S.; STOTT, D. E. Characteristics and decomposition rates of pruning residues from a shaded coffee system in Southeastern Brazil. **Agroforestry Systems**, v.57, p.117-125, 2003.

MENDONZA, H. N. S.; LIMA, E.; ANJOS, L. H. C.; SILVA, L. A.; CEDDIA, M. B.; ANTUNES, M. V. M. Propriedades químicas e biológicas de solo de tabuleiros costeiros cultivado com cana-de-açúcar com e sem queima da palhada. **R, Brás. Ci. Solo**, 24, p. 201-207, 2000.

MORENO, G.; OBRADOR, J. J.; GARCÍA, A. Impact of evergreen oaks on soil fertility and crop production in intercropped dehesas. **Agriculture, Ecosystems and Environment** v.119, p.270-280, 2007.

NAIR, P. K. R. The role of soil science in the sustainability of agroforestry systems: eliminating hunger and poverty. In: In: GAMA-RODRIGUES, A. C. et al., (Ed). **Sistemas Agroflorestais: bases para o desenvolvimento sustentável** - Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, p.203-216, 2006.

OELBERMANN, M.; VORONEY, R. P.; GORDON, A. M. Carbon sequestration in tropical and temperate agroforestry systems: a review with examples from Costa Rica and southern Canada. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.104, p.359-377, 2004.

PENEIREIRO, F. M. **Sistema Agroflorestal dirigidos pela sucessão natural: um estudo de caso**. Dissertação de mestrado. ESALQ/Universidade de São Paulo, 1999. 149p.

PEREZ, A. M. M.; JUCKSCH, I.; MENDONÇA, E. S.; COSTA, L. M. da. Impactos da implementação de um sistema agroflorestal com café na qualidade do solo. **Agropecuária Técnica**, v.25, n.1, p.25-36, 2004.

PLANO DE AÇÃO PARA O DESENVOLVIMENTO INTEGRADO DA BACIA DO PARNAÍBA, PLANAP: **Atlas da Bacia do Parnaíba** – Brasília, DF: TDA Desenho & Arte Ltda., 2006,126p.

RIBASKI, J.; MONTOYA, L. J.; RODIGHERI, H. R. **Sistemas Agroflorestais: aspectos ambientais e sócio-econômico**. 2002. Disponível em: <http://www.planetaorganico.com.br/TrabRibaski.htm>. Acesso em 20 mar. 2007.

RIBEIRO, A. M. B. **Indicadores químicos e microbiológicos de qualidade do solo em ambientes naturais e antropizados do Complexo Vegetacional de Campo Maior-PI**. PRODEMA/UFPI, 2007. (Dissertação de mestrado) 51p.

RICCI, M. S. F. Inserção da adubação verde e da arborização no agroecossistema cafeeiro. In: AQUINO, A. M.; ASSIS, R. L. (Ed.). **Agroecologia: princípios e técnicas para uma agricultura orgânica sustentável**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, p. 453-464, 2005.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A de; OLIVEIRA, J. B. de; COELHO, M. R.; JUMBRERAS, J. F.; CUNHA, T. J. F. (Ed). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2 ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006. 306p.

SCHROTH, G.; D'ANGELO, S.A.; TEIXEIRA, W.G.; HAAG, D.; LIEBEREI, R. Conversion of secondary forest into agroforestry and monoculture plantations in Amazonia: consequences for biomass, litter and soil carbon stocks after 7 years. **Forest Ecology and Management** 163: 131-150, 2002.

SHONE, B. M.; CAVIGLIA-HARRIS, J. L. Quantifying and comparing the value of non-timber forest products in the Amazon. **Ecological Economics** v.58, p.249–267, 2006.

SILVA, L. S.; CAMARGO, F. A. de O.; CERETA, C. A. Composição da fase sólida orgânica do solo. In: MEURER, E. J. **Fundamentos de química do solo**. 2ª. Ed. Gênese, 2004, 290p.

SILVA, M. S. C. **Indicadores de qualidade do solo em sistemas agroflorestais em Paraty, RJ**. UFRRJ, 2006. 54p. (Dissertação de Mestrado).

SILVEIRA, N. D.; PEREIRA, M. G.; POLIDORO, J. C.; TAVARES, S. R. L.; MELLO, R. B. Aporte de nutrientes e biomassa via serapilheira em sistemas agroflorestais em Paraty (RJ). **Ciência Florestal**, v.17, n.2, p.129-136, 2007.

SOMMER, R. **Water and nutrient balance in deep soil under shifting cultivation with and without burning in the Eaastern Amazon**. Cuvillier, Gottingen, Germany, 2000, 240p.

TAPIA-CORAL, S. C. **Macro-invertebrados do solo e estoques de carbono e nutrientes em diferentes tipos de vegetação de terra firma na Amazônia Peruana**. INPA, Manaus, 2004. (Tese de Doutorado) 138p.

TEODORO V. C. A.; ALVARENGA, M. I. N.; GUIMARÃES, R. J.; SOUZA, C. A. S. Alterações químicas em solo submetido a diferentes formas de manejo do cafeeiro. **R. Bras. Ci. Solo**, 27:1039-1047, 2003.

YEOMANS, J. C., BREMMER, J. M. **A rapid an precise method for routine determination of organic carbon in soil**. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 19: 1467-1476, 1988.