

**Fertilidade do solo de sistemas
agroflorestais em região semiárida**



ISSN 1413-1455

Setembro, 2017

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Meio-Norte
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 114

**Fertilidade do solo de sistemas
agroflorestais em região
semiárida**

*Henrique Antunes de Souza
Rafael Gonçalves Tonucci
Ana Clara Rodrigues Cavalcante
Anacláudia Alves Primo
Maria Diana Melo
Lucas Vasconcelos Vieira
José Kioma Sousa Fernandes*

*Embrapa Meio-Norte
Teresina, PI
2017*

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Meio-Norte

Av. Duque de Caxias, 5.650, Bairro Buenos Aires

Caixa Postal 01

CEP 64006-220, Teresina, PI

Fone: (86) 3198-0500

Fax: (86) 3198-0530

www.embrapa.br/meio-norte]

Serviço de Atendimento ao Cidadão(SAC)

www.embrapa.br/fale-conosco

Comitê de Publicações

Presidente: *Danielle Maria Machado Ribeiro Azevedo*

Secretário-administrativo: *Jeudys Araújo de Oliveira*

Membros: *Edvaldo Sagrilo, Ligia Maria Rolim Bandeira, Luciana Pereira dos Santos Fernandes, Orlane da Silva Maia, Humberto Umbelino de Sousa, Francisco das Chagas Monteiro, Jose Almeida Pereira, Pedro Rodrigues de Araújo Neto, Carolina Rodrigues de Araujo, Francisco de Brito Melo, Maria Teresa do Régo Lopes, Jefferson Francisco Alves Legat, Karina Neob de Carvalho Castro*

Supervisão editorial: *Ligia Maria Rolim Bandeira*

Revisão de texto: *Francisco de Assis David da Silva*

Normalização bibliográfica: *Orlane da Silva Maia*

Editoração eletrônica: *Jorimá Marques Ferreira*

Foto da capa: *Henrique Antunes de Souza*

1ª edição (2017): formato digital

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Meio-Norte

Fertilidade do solo de sistemas agroflorestais em região semiárida / autores, Henrique Antunes de Souza... [et al.]. - Teresina : Embrapa Meio-Norte, 2017.

31 p. ; 21 cm x 15 cm. - (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Meio-Norte, ISSN 1413-1455 ; 114).

1. Conservação do solo. 2. Química do solo. 3. Agrossilvicultura. 4. Caatinga. I. Souza, Henrique Antunes de. II. Embrapa Meio-Norte. III. Série.

CDD 631.4 (21. ed.)

© Embrapa, 2017

Orlane da Silva Maia - CRB 3/915

Sumário

Resumo	5
Abstract	7
Introdução	8
Material e Métodos	10
Resultados e Discussão	14
Conclusão	28
Agradecimentos	29
Referências	29

Fertilidade do solo de sistemas agroflorestais em região semiárida

*Henrique Antunes de Souza¹,
Rafael Gonçalves Tonucci²,
Ana Clara Rodrigues Cavalcante²,
Anacláudia Alves Primo³,
Maria Diana Melo³,
Lucas Vasconcelos Vieira⁴
José Kioma Sousa Fernandes³*

Resumo

Os sistemas agroflorestais são reconhecidamente conservacionistas e opção interessante para regiões semiáridas por promoverem maior conservação do solo, nutrientes e água. Assim, objetivou-se avaliar a fertilidade do solo em módulos implantados e consolidados no Semiárido, em diferentes safras e época do ano, em Luvissole. Os atributos químicos do solo foram mensurados na estação seca de 2012 e 2013 e na estação chuvosa de 2013 e 2014, perfazendo dois anos agrícolas (2012/2013 e 2013/2014), cujos períodos de coleta foram seco e chuvoso. Os sistemas avaliados foram o agrossilvipastoril (subdividido em dois subsistemas: agrossilvipastoril e silvipastoril) e a

¹Engenheiro Agrônomo, doutor em Agronomia, pesquisador da Embrapa Meio-Norte, Teresina, PI

²Zootecnista, doutor em Zootecnia, pesquisador da Embrapa Caprinos e Ovinos, Sobral, CE

³Bióloga, doutoranda em Ecologia e Recursos Naturais/UFC, Fortaleza, CE

⁴Zootecnista, mestranda em Zootecnia/UVA, Sobral, CE

⁵Biólogo, doutorando em Agronomia/Unesp, Boutucatu, SP

⁶Zootecnista, Sobral, CE

comparação com a mata nativa (referência). O sistema agrossilvipastoril apresenta fertilidade do solo diferente entre seus subsistemas. A área de referência e o subsistema silvipastoril apresentam maiores valores de cátions básicos e matéria orgânica; o subsistema agrossilvipastoril apresenta maiores valores de fósforo. O subsistema silvipastoril apresenta maior resiliência às alterações de tempo e período para a fertilidade do solo.

Palavras-chave: caatinga, atributos químicos do solo, sistemas agrossilvipastoris.

Soil fertility of agroforestry systems in the Brazilian semi arid

Abstract

Agroforestry systems are known as conservationist and interesting option for semi-arid regions due to its greater conservation of soil, nutrient and water. Thus, aimed to evaluate soil fertility in consolidated agroforestry subsystems placed in Luvisol, in different seasons and time of the year. The soil chemical properties were measured in the dry season of the years 2012 and 2013 and in the rainy season of the years 2013 and 2014. The evaluation was in an agroforestry (subdivided into two: agrosilvopastoral and silvipastoral subsystems) and compared to native forest (reference). The reference area and silvopastoral subsystem shown higher values for basic cations and organic matter, agrosilvopastoral subsystem had higher phosphorus values. The silvopastoral system is more resilient to changes in time and period for soil fertility.

Keywords: caatinga biome, chemical attributes, silvipastoral systems

Introdução

No Semiárido brasileiro, região cujos agricultores utilizam pouco ou nenhum insumo agrícola, os sistemas agrossilvipastoris apresentam vantagens em relação aos sistemas tradicionais ou convencionais de práticas agropecuárias, por não utilizarem o fogo e adotarem manejos sustentáveis como raleamento, rebaixamento, enriquecimento (com gramíneas e/ou leguminosas) das pastagens nativas e uso de insumos locais como o esterco e os adubos verdes, proporcionando uma agricultura sem abertura de novas áreas e mais sustentável.

A escolha por um tipo de sistema mais conservacionista em relação aos sistemas tradicionais pode ser feita pela avaliação dos atributos (físicos/químicos/biológicos) do solo. Práticas de suprimento de nutrientes nesses sistemas também são empregadas em função das características químicas do solo. Diversos autores compararam sistemas agroflorestais na região norte do Piauí, em Latossolo, e verificaram que esses sistemas promoveram a melhoria dos indicadores químicos do solo com aumento do pH, a redução da saturação por alumínio, o aumento dos teores de nutrientes e a maior estabilidade da qualidade química do solo sob efeito da sazonalidade (Lima et al., 2010; Iwata et al., 2012).

Em sistemas agroflorestais na região Nordeste do Brasil, verificou-se diferença entre algumas características do solo em função da época e estações do ano (Lima et al., 2010; Iwata et al., 2012), ressaltando a importância de estudos para elucidação dos efeitos da adoção de sistemas agroflorestais nos atributos do solo. Efeitos positivos da adoção de sistemas agroflorestais na fertilidade do solo, em um sistema ainda não estabilizado (sucessão secundária), em 6 anos de implantação, foram observados por Maia et al. (2006).

Em algumas áreas do sertão cearense, incentivou-se a adoção de sistemas mais conservacionistas como os agrossilvipastoris ou o pousio de áreas agrícolas de cultivo tradicional. Nesse sentido, o descanso de áreas agrícolas, e sua conseqüente sucessão secundária, permitiu que os estoques de carbono se assemelhassem aos de uma área de caatinga conservada (Aguiar et al., 2014). Em outro trabalho, Tonucci et al. (2011) citaram que, nas condições de solo do Cerrado, o carbono do solo é perdido em razão dos distúrbios na conversão do uso da terra; assim, nenhuma suposição (e/ou afirmativa) é encontrada em solos da região semiárida do Nordeste brasileiro, apontando uma lacuna e a necessidade de uma avaliação mais profunda acerca dos atributos químicos do solo nessa região.

O Semiárido brasileiro é caracterizado por duas estações distintas, uma seca e outra chuvosa, cujo aporte de material orgânico proveniente, principalmente de árvores e arbustos, os quais são depositados no período seco do ano, é fundamental para a manutenção da fertilidade do solo e que, em alguns sistemas produtivos, é a principal entrada de nutrientes. Logo torna-se oportuno conhecer os efeitos no tempo e em estações do ano de sistemas agroecológicos. Essas informações podem subsidiar o correto manejo, pois, em sistemas integrados, a serapilheira, o estrato herbáceo e as leguminosas podem apresentar dupla finalidade, como cicladores de nutrientes ou alimento para os animais no período seco do ano (Araújo Filho, 2013).

Considerando que a manutenção dos elementos químicos do solo é parte fundamental para a implantação e manutenção de sistemas conservacionistas e sustentáveis, presume-se que os sistemas agroflorestais, que apresentam diversidade em cobertura vegetal (do extrato lenhoso), não têm diferentes níveis de fertilidade entre os seus módulos componentes. Assim, o presente trabalho buscou avaliar a fertilidade do solo em subsistemas implantados e consolidados no Semiárido, em diferentes safras e época do ano, em Luvissolo.

Material e Métodos

A pesquisa foi desenvolvida nos campos experimentais da Embrapa Caprinos e Ovinos, situados no município de Sobral, CE, a 3° 41'S e 40° 20'W. O clima da região é do tipo BShw, segundo a classificação de Köppen, com estação chuvosa de janeiro a junho. A temperatura média anual é de 28 °C e a precipitação média é de 759 mm ano⁻¹. Os solos da área em estudo apresentam manchas de Luvissoilo Crômico Órtico típico e Luvissoilo Hipocrômico Órtico típico (Aguiar et al., 2006). A precipitação pluvial no período de avaliação foi abaixo da normal pluviométrica anual, que é de 892,5 mm (Carvalho, 2013), em que acumulou 718 mm e 665 mm nos anos de 2013 e 2014, respectivamente (Figura 1).

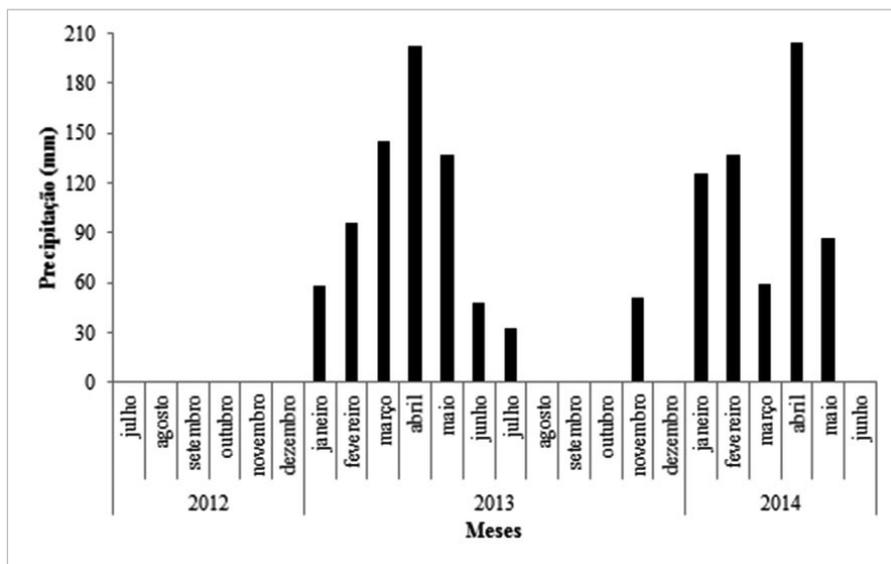


Figura 1. Distribuição da precipitação pluviométrica no período de avaliação (Sobral, CE).

Fonte: Funceme (2014).

Mensuraram-se os atributos químicos do solo nos anos agrícolas de 2012/2013 e 2013/2014, em duas épocas (seca e chuvosa), cujos meses de coleta foram novembro/dezembro (período seco) e abril/maio (período chuvoso). Os sistemas avaliados foram o agrossilvipastoril (subdividido em dois subsistemas ou módulos: agrossilvipastoril e silvipastoril) e comparação com a mata nativa (referência). O delineamento foi inteiramente casualizado, pois os sistemas estavam instalados na mesma classe de solo, assumindo as limitações de extrapolações e definições de pseudorrepetição reportadas por Tonucci et al. (2011), em esquema de parcelas subdivididas, cujas parcelas eram os manejos, as subparcelas indicavam os anos e as subsubparcelas, as estações de avaliação (chuvosa e seca), com cinco repetições. Os três sistemas de manejo estudados, que constituíram as parcelas, são considerados módulos de um sistema agroflorestal (SAF) maior e podem ser assim caracterizados:

1) Manejo Agrossilvipastoril (AGRO) – implantado em 1997, área de 1,8 ha, que sofreu redução da densidade do estrato arbóreo-arbustivo (raleamento), preservando uma cobertura vegetal arbórea nativa de 22%. Os principais indivíduos do estrato lenhoso no módulo agrícola são *Cordia oncocalyx* (pau branco), *Poincianella bracteosa* (catingueira) e *Mimosa caesalpiniiifolia* (sabiá), com densidade relativa de 58%, 11% e 13%, respectivamente (Campanha et al., 2011). A serapilheira produzida nesse sistema foi em torno de 1.900 kg ha⁻¹ (Aguiar et al., 2014). Na implantação, os galhos finos e as folhas provenientes do raleamento foram deixados sobre o solo, posicionados em faixas, ou seja, em leiras perpendiculares à declividade do terreno, formando um cordão de restos de galhos e ramos do estrato lenhoso. O plantio de milho (*Zea mays*) e feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) foi feito anualmente, em faixas de 3,0 m de largura, separadas por fileiras de leguminosa (*Leucaena leucocephala*), até 2006. A partir de 2007, foram cultivados milho e sorgo. Realizou-se a adubação verde durante o período chuvoso, com o corte da parte aérea da leucena (até 2 t ha⁻¹

de material orgânico) e a adubação orgânica da cultura agrícola com o esterco curtido de origem caprina e ovina (até 3 t ha⁻¹ de material orgânico) (Araújo Filho, 2013) . A leucena foi utilizada como banco de proteína, no período seco, para alimentação de um rebanho de 20 matrizes ovinas. Ainda, na área, foram cultivadas algumas aleias de gliricídia (*Gliricidia sepium*). A produtividade média de milho em grãos foi em torno de 1.200 kg ha⁻¹ (Araújo Filho, 2013) e a produtividade média de massa seca de sorgo foi de 10.000 kg ha⁻¹ (Rocha et al., 2015). O esterco recolhido no aprisco foi aplicado na área, 3 Mg ha⁻¹ (Araújo Filho, 2013), e não foi empregada nenhuma adubação mineral. A principal saída de nutrientes esteve na colheita das culturas agrícolas.

2) Manejo Silvipastoril (SILV) – implantado em 1997, com área de 5,2 ha, submetidas ao raleamento, preservando uma cobertura vegetal arbórea nativa de 38%. Os principais indivíduos do estrato lenhoso no módulo pecuário são *Cordia oncocalyx* (pau branco), *Combretum leprosum* (mofumbo), *Croton blanchetianus* (marmeleiro) e *Poincianella bracteosa* (catingueira), com densidade relativa de 58%, 24%, 4% e 4% respectivamente (Campanha et al., 2011), a serapilheira produzida nesse sistema foi em torno de 1.900 kg ha⁻¹ (Aguiar et al., 2014). Na implantação, os galhos finos e as folhas provenientes do raleamento foram deixados sobre o solo, posicionados em faixas, ou seja, em leiras perpendiculares à declividade do terreno, formando um cordão de restos de galhos e ramos do estrato lenhoso. Essa área foi utilizada para a manutenção de um rebanho de 20 matrizes ovinas ao longo do ano. Parte da área foi enriquecida com capim-massai (*Panicum maximum* cv. Massai) em 2009. Não foi procedida nenhuma adubação mineral. A principal saída de nutrientes esteve no pastejo dos animais.

3) Mata Nativa (MN) – área de caatinga nativa com 3,1 ha, usada esporadicamente como área de pastejo animal, onde os animais tinham acesso ao estrato herbáceo, e para aproveitar a folhada recém-caída das espécies caducifólias (Araújo Filho, 2013). Quando necessária

a entrada dos animais nessa área, ocorria entre o final do período chuvoso e o início do período seco por, no máximo, de 30 dias. Os principais indivíduos do estrato lenhoso no módulo de mata nativa são *Cordia oncocalyx* (pau branco), *Combretum leprosum* (mofumbo), *Mimosa caesalpiniiifolia* (sabiá) e *Croton blanchetianus* (marmeleiro), com densidades relativas de 43%, 17%, 20% e 10% respectivamente (Campanha et al., 2011). A serapilheira produzida nesse sistema foi em torno de 3.500 kg ha⁻¹ (Aguiar et al., 2014).

O animal (caprino e/ou ovino) integra os três sistemas via pastejo e redistribuição de nutrientes por meio da produção de urina e esterco (Araújo Filho, 2013).

Ressalta-se ainda que o presente estudo foi realizado na mesma área de Maia et al. (2006), no entanto o espaço temporal consiste na avaliação dos sistemas 11 anos após as verificações desses autores, ou seja, o de sistema agroflorestal que se encontra consolidado.

Os atributos químicos avaliados foram: pH, matéria orgânica (MO), fósforo (P), potássio (K), sódio (Na), cálcio (Ca), magnésio (Mg), acidez potencial (H + Al), soma de bases (SB) e capacidade de troca catiônica (CTC), analisados conforme metodologia descrita por Donagema et al. (2011) (pH em H₂O; MO - método Walkley-Black; P/K/Na - método Mehlich-1; Ca/Mg - método KCl 1 mol L⁻¹; H + Al - método acetato de Ca a pH 7,0), nas profundidades de 0,00 - 0,10 m e 0,10 - 0,20 m.

A comparação entre os manejos foi realizada por meio de análise de variância (teste F) e realizado o desdobramento (teste de Tukey, 5%) em função da significância, em cada camada de solo estudada. Utilizou-se o software estatístico SISVAR (Ferreira, 2011).

Resultados e Discussão

O resumo da análise de variância na camada de 0,00 - 0,10 m indica efeito significativo do fator “manejo” em todas as variáveis analisadas, exceto no sódio (Tabela 1). Na fonte de variação “ano”, não houve significância apenas nos atributos Ca, Mg e H + Al. No fator “estação”, não houve efeito nos cátions trocáveis (K, Ca e Mg), fósforo e matéria orgânica (Tabela 1). Na camada de 0,10 - 0,20 m, houve significância em todos os atributos relativos ao fator “manejo”, exceto em potássio e sódio. Raciocínio análogo pode ser feito com as características fósforo, potássio e sódio no fator “estação”. Na fonte de variação “ano”, houve diferença significativa nas variáveis potencia lhidrogeniônico, matéria orgânica e sódio (Tabela 1).

Quando foram mensurados os atributos químicos do solo com relação aos fatores manejo, safra e período do ano, de forma independente, observou-se que os valores de pH aumentaram, à medida que se introduziu um manejo mais intenso (AGRO e SILV) em ambas as profundidades estudadas. Os valores de pH foram maiores na safra 2013/2014 e no período chuvoso nas camadas de 0,00 – 0,10m e 0,10 – 0,20 m. As concentrações de acidez potencial (H + Al) foram opostas às do pH e reduziram, nas duas camadas, nos sistemas de manejos mais intensos. Ainda se observou nessa variável maiores concentrações no período seco do ano, quando comparado com o chuvoso (Tabela 2).

Os valores de matéria orgânica (MO) seguiram a ordem decrescente $MN = SILV > AGRO$ em ambas as camadas, com valores variando de $30,9 \text{ g dm}^{-3}$ (MN) na camada 0,00 – 0,10 m a $12,8 \text{ g dm}^{-3}$ (AGRO), na camada 0,10 – 0,20 m. No fator “safra”, observou-se elevação nas concentrações de MO nos anos agrícolas $2013/2014 > 2012/2013$. No fator “período do ano”, observaram-se diferenças apenas na camada 0,10 – 0,20 m, em que o maior valor ($17,1 \text{ g dm}^{-3}$) foi obtido no período chuvoso.

Tabela 1. Resumo da análise de variância de atributos químicos do solo em função do manejo de uso da terra, safra e período do ano nas camadas de 0,00 - 0,10 m e 0,10 - 0,20 m.

Camada 0,00-0,10 m	pH	MO	P	K	Na	Ca	Mg	H + AI	SB	CTC
Manejo (M)	**	**	**	**	ns	**	**	**	**	**
CV ₁ (%)	2,9	22,7	71,3	22,3	39,8	18,6	29,1	26,8	14,2	11,8
Ano (A)	**	**	*	**	**	ns	ns	ns	*	*
CV ₂ (%)	3,3	10,2	56,6	13,4	36,7	21,3	24,9	13,7	18,7	17,3
Estação (E)	**	ns	ns	ns	**	ns	ns	**	*	**
CV ₃ (%)	2,7	21,1	67,1	19,9	38,9	16,6	33,0	13,9	15,7	13,2
M x A	**	ns	**	ns	**	**	ns	ns	**	**
M x E	ns	**	ns	ns	ns	*	ns	*	ns	ns
A x E	ns	**	ns	ns	ns	*	*	ns	**	**
M x A x E	ns	ns	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns

continua...

Tabela 1. Continuação.

Camada 0,10-0,20 m	pH	MO	P	K	Na	Ca	Mg	H + AI	SB	CTC
Manejo (M)	**	**	-	ns	-	**	**	**	**	**
CV ₁ (%)	3,9	36,4	70,6	40,3	38,7	17,1	47,9	23,8	19,7	18,4
Ano (A)	**	**	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns
CV ₂ (%)	3,2	14,5	49,2	26,9	39,8	24,5	37,9	6,9	24,7	20,7
Estação (E)	**	**	ns	ns	**	ns	*	**	*	**
CV ₃ (%)	3,0	19,8	80,2	31,0	37,2	18,8	33,6	15,8	19,3	16,3
M x A	*	**	*	ns	*	**	ns	ns	*	**
M x E	*	**	ns	ns	ns	*	ns	**	ns	ns
A x E	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
M x A x E	ns	**	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns

ns, * e ** - Não significativo, significativo a 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente. ¹Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%). CV₁ - Coeficiente de variação da parcela (manejo); CV₂ - Coeficiente de variação da subparcela (ano); CV₃ - Coeficiente de variação da subsubparcela (estação).

Tabela 2. Atributos químicos do solo em função do manejo de uso da terra, safra e período do ano nas camadas de 0,00 – 0,10 m e 0,10 – 0,20 m.

Manejo [†]	Camada	pH	MO	P	K	Na	Ca	Mg	H+Al	SB	CTC
	m		g dm ⁻³ mg dm ⁻³ mmol _c dm ⁻³						
AGRO		6,8 ^{ab}	24,6 ^b	24,6 ^a	202,4 ^b	6,9	63,0 ^c	18,0 ^b	13,0 ^b	86,4 ^b	99,4 ^b
SILV	0,00– 0,10	6,9 ^a	29,4 ^a	8,5 ^b	195,8 ^b	7,2	76,0 ^b	18,0 ^b	15,0 ^b	96,6 ^b	111,9 ^b
MN		6,7 ^b	30,9 ^a	8,8 ^b	251,7 ^a	6,9	89,0 ^a	39,0 ^a	18,0 ^a	134,1 ^a	152,1 ^a
AGRO		6,8 ^a	12,8 ^b	11,7 ^a	153,0	8,6	51,0 ^c	21,0 ^b	14,3 ^b	76,4 ^b	90,7 ^c
SILV	0,10– 0,20	6,9 ^a	17,1 ^a	4,5 ^b	140,0	8,9	67,0 ^b	21,0 ^b	15,8 ^b	91,3 ^b	107,1 ^b
MN		6,5 ^b	17,2 ^a	5,7 ^b	175,0	8,6	84,0 ^a	45,0 ^a	21,6 ^a	134,5 ^a	156,1 ^a
Ano											
Agricultura											
2012/2013	0,00–	6,7 ^b	25,1 ^b	16,7 ^a	232,5 ^a	8,2 ^a	78,0	26,0	15,0	110,2 ^a	125,9 ^a
2013/2014	0,10	6,9 ^a	31,5 ^a	11,1 ^b	200,8 ^b	5,8 ^b	72,0	24,0	15,0	101,4 ^b	116,6 ^b
2012/2013	0,10–	6,6 ^b	14,0 ^b	8,1	162,0	9,7 ^a	66,0	30,0	16,7	101,9	118,6
2013/2014	0,20	6,9 ^a	17,4 ^a	6,4	150,0	7,7 ^b	66,0	27,0	17,8	99,6	117,4
Período do ano											
Chuvoso	0,00–	6,9 ^a	28,9	14,3	201,6	5,1 ^b	72,0	24,0	14,0 ^b	101,3 ^b	115,5 ^b
Seco	0,10	6,7 ^b	27,7	13,5	222,7	8,8 ^a	78,0	26,0	17,0 ^a	110,3 ^a	126,9 ^a
Chuvoso	0,10–	6,9 ^a	17,1 ^a	7,9	162,0	6,7 ^b	64,0	26,0 ^b	15,2 ^b	94,5 ^b	109,7 ^b
Seco	0,20	6,7 ^b	14,3 ^b	6,7	150,0	10,7 ^a	70,0	31,0 ^a	19,3 ^a	106,9 ^a	126,2 ^a

[†]AGRO = Sistema agrossilvipastoril; SILV = Sistema silvipastoril; MN = Mata nativa.

[§]Médias seguidas pela mesma letra na coluna, em uma mesma profundidade, não diferem entre si pelo teste de Tukey (5%).

Com relação ao P, foram verificadas maiores concentrações no sistema AGRO, quando comparadas com os demais (SILV e MN), independentemente da camada avaliada. Observou-se também um decréscimo, com o passar das safras, na camada de 0,00 – 0,10 m. O período do ano não influenciou as concentrações desse nutriente.

Os elementos K, Ca e Mg apresentaram comportamento similar, com maiores valores na MN e valores menores no AGRO nas profundidades estudadas, exceto o potássio que não apresentou diferença significativa no fator “manejo” na camada de 0,10 – 0,20 m. As concentrações de sódio diminuíram, com o passar do tempo (Tabela 2), em ambas as camadas, alcançando seu maior valor (10,7 mg dm⁻³) no período seco, na camada mais profunda. Os valores da soma de bases (SB) e da capacidade de troca catiônica (CTC) do solo apresentaram o mesmo comportamento de decréscimo com a intensificação do manejo, sendo maior na camada superior (0,00 – 0,10 m), ou seja, com valores reduzindo de 134,1 e 152,17 para 86,4 (-36%) e 99,4 (-35%) mmol_cdm⁻³ na SB e na CTC, respectivamente. Essas variáveis também foram afetadas pelo período do ano, cujos maiores valores foram obtidos na época seca.

Quando se estuda a interação entre os fatores manejo e safras, observa-se que os sistemas apresentam destaques diferenciados quanto às variáveis químicas (Tabela 3). Assim alguns agrupamentos podem ser realizados na camada de 0,00 - 0,10 m, no primeiro ano avaliado (2012/2013). A MN apresentou maiores concentrações de Ca, SB e CTC. Ainda no mesmo ano, o SILV apresentou maior valor de pH e o AGRO, maiores valores de P (Tabela 3). Na safra de 2013/2014, a MN apresentou maiores concentrações de SB e CTC; o SILV apresentou maiores valores de pH e Na; e o AGRO apresentou os menores valores de Ca.

Tabela 3. Desdobramento das interações dos atributos químicos do solo em função das práticas de manejo e da safra, nas camadas de 0,00 – 0,10 m e 0,10 – 0,20 m.

Atributo	Manejo [†]		AGRO	SILV	MN
	Camada (m)	Ano Agrícola			
pH	0,00 – 0,10	2012/2013	§6,8 ^{aA}	6,7 ^{aB}	6,7 ^{aA}
		2013/2014	6,8 ^{bA}	7,1 ^{aA}	6,7 ^{bA}
	0,10 – 0,20	2012/2013	6,8 ^{aA}	6,6 ^{bB}	6,4 ^{bA}
		2013/2014	6,9 ^{aA}	7,1 ^{aA}	6,6 ^{bA}
MO (g dm ⁻³)	0,00 – 0,10	2012/2013	ns	ns	ns
		2013/2014	ns	ns	ns
	0,10 – 0,20	2012/2013	10,6 ^{bB}	14,1 ^{abB}	17,3 ^{aA}
		2013/2014	15,0 ^{bA}	17,1 ^{abA}	20,1 ^{aA}
P (mg dm ⁻³)	0,00 – 0,10	2012/2013	33,3 ^{aA}	8,3 ^{bA}	8,6 ^{bA}
		2013/2014	15,8 ^{aB}	8,6 ^{aA}	8,9 ^{aA}
	0,10 – 0,20	2012/2013	15,4 ^{aA}	3,6 ^{bA}	5,3 ^{bA}
		2013/2014	8,0 ^{aB}	5,3 ^{aA}	6,1 ^{aA}
Na (mmol- _c dm ⁻³)	0,00 – 0,10	2012/2013	10,1 ^{aA}	7,2 ^{aA}	7,4 ^{aA}
		2013/2014	3,8 ^{bB}	7,2 ^{aA}	6,4 ^{abA}
	0,10 – 0,20	2012/2013	11,5 ^{aA}	8,6 ^{aA}	9,2 ^{aA}
		2013/2014	5,7 ^{aB}	9,3 ^{aA}	8,0 ^{aA}
Ca (mmol- _c dm ⁻³)	0,00 – 0,10	2012/2013	70,0 ^{aA}	66,0 ^{bB}	97,0 ^{aA}
		2013/2014	56,0 ^{bB}	81,0 ^{aA}	80,0 ^{aB}
	0,10 – 0,20	2012/2013	57,0 ^{bA}	53,0 ^{bA}	90,0 ^{aA}
		2013/2014	46,0 ^{bA}	80,0 ^{aA}	79,0 ^{aB}

Continua...

Tabela 3. Continuação.

Atributo	Manejo [†]		AGRO	SILV	MN
	Camada (m)	Ano Agrícola			
SB (mmol- _c dm ⁻³)	0,00 – 0,10	2012/2013	95,3 ^{ba}	89,9 ^{ba}	145,6 ^{aA}
		2013/2014	77,5 ^{cb}	104,2 ^{ba}	122,7 ^{aB}
	0,10 – 0,20	2012/2013	86,3 ^{ba}	79,4 ^{bb}	104,1 ^{aA}
		2013/2014	66,6 ^{cb}	103,3 ^{ba}	128,8 ^{aA}
CTC (mmol- _c dm ⁻³)	0,00 – 0,10	2012/2013	108,3 ^{ba}	105,6 ^{ba}	164,6 ^{aA}
		2013/2014	90,5 ^{cb}	118,2 ^{ba}	140,7 ^{aB}
	0,10 – 0,20	2012/2013	99,7 ^{ba}	95,4 ^{bb}	160,8 ^{aA}
		2013/2014	81,9 ^{ca}	118,9 ^{ba}	151,5 ^{aA}

§Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem, entre si, em uma mesma camada, pelo teste de Tukey (5%). ns – Desdobramento da interação entre os fatores não significativo; [†]AGRO = Sistema agrossilvipastoril; SILV = Sistema silvipastoril; MN = Mata nativa.

Em relação aos manejos dentro de cada safra, verifica-se que o ano agrícola 2012/2013 proporcionou maiores concentrações de Ca, SB, CTC na MN; P, Na, Ca, SB e CTC no AGRO; já no SILV, observam-se resultados opostos dos atributos pH e Ca. Logo, nos subsistemas AGRO e MN, houve diminuição dos atributos de solo da safra 2012/2013 para a safra 2013/2014, e o manejo SILV apresentou resultado oposto (Tabela 3).

Na camada de 0,10 - 0,20 m, na interação manejos e safras, primeira avaliação (2012/2013), a MN apresentou as maiores concentrações de MO, Ca, SB e CTC; no entanto, nos atributos pH e P, verifica-se superioridade do manejo AGRO (Tabela 3). Com relação à safra seguinte (2013/2014), as menores concentrações dos parâmetros

M.O, Ca, SB e CTC foram observadas no subsistema agrossilvipastoril, e de maneira análoga o valor pH foi menor na área de referência. Em verificação com a camada superficial (0,00 - 0,10 m), houve menores diferenças entre as safras, porém maior diferença entre os manejos. Logo, esse resultado pode ser justificado em razão de as maiores alterações ocorrerem na superfície do solo, por causa dos manejos praticados em sistemas agrossilvipastoris (Maia et al., 2006; Iwata et al., 2012).

Considerando a camada superficial (0,00 - 0,10 m), para a interação práticas de manejo e épocas do ano, na estação chuvosa, a MN apresentou maiores valores de Ca e o subsistema AGRO apresentou menores concentrações de MO (Tabela 4), no entanto, quando se avalia o período seco, o atributo H + Al foi superior no manejo SILV. Entretanto, na avaliação das estações dentro de cada manejo, observam-se respostas similares, com superioridade do período seco nos atributos MO, Na e Ca no AGRO; Na e H + Al no SILV; e o inverso ocorrendo com MO na área de MN. O comportamento inverso entre as maiores concentrações de MO nas estações seca e chuvosa da MN (chuvosa > seca) e do AGRO (seca > chuvosa) reside, quanto à MN, no fato de o maior aporte de carbono ocorrer no período de maior deposição de serapilheira (folheto) e morte de raízes (Iwata et al., 2012). No entanto, no subsistema AGRO, o maior valor presente no período chuvoso pode ser atribuído à aplicação de esterco e ao corte em arbustos de leguminosas presentes no sistema nessa época.

Na camada subsuperficial (0,10 - 0,20 m), na estação chuvosa, as maiores concentrações dos atributos Ca e H + Al foram observadas na MN; no subsistema AGRO, verificam-se os maiores e menores valores de pH e MO, respectivamente (Tabela 3). Na estação seca, os atributos pH e Ca apresentaram, respectivamente, maiores e menores valores na MN em relação aos demais manejos. O subsistema SILV apresentou o menor pH, e maiores concentrações de MD e Ca, respectivamente, no período chuvoso; quanto à variável Na nos três subsistemas, os maiores valores foram verificados na época seca, e o inverso ocorreu em H + Al

Tabela 4. Desdobramento das interações dos atributos químicos do solo em função das práticas de manejo e do período do ano, nas camadas de 0,00 – 0,10 m e 0,10 – 0,20 m.

Atributo	Manejo [†]		AGRO	SILV	MN
	Camada (m)	Período do ano			
pH	0,00 – 0,10	chuvoso	ns	ns	ns
		seco	ns	ns	ns
	0,10 – 0,20	chuvoso	§7,0 ^{aA}	6,9 ^{abA}	6,7 ^{bA}
		seco	6,7 ^{aB}	6,9 ^{aA}	6,4 ^{bB}
MO (g dm ⁻³)	0,00 – 0,10	chuvoso	21,5 ^{bB}	31,5 ^{aA}	33,8 ^{aA}
		seco	27,7 ^{aA}	27,3 ^{aA}	28,1 ^{aB}
	0,10 – 0,20	chuvoso	11,51 ^{bA}	19,9 ^{aA}	20,0 ^{aA}
		seco	14,1 ^{aA}	14,3 ^{aB}	14,4 ^{aB}
Na (mmol- c ⁻³ dm ⁻³)	0,00 – 0,10	chuvoso	4,7 ^{aB}	4,7 ^{aB}	5,9 ^{aA}
		seco	9,1 ^{aA}	9,7 ^{aA}	7,8 ^{aA}
	0,10 – 0,20	chuvoso	7,1 ^{aB}	6,2 ^{aB}	6,9 ^{aB}
		seco	10,2 ^{aA}	11,7 ^{aA}	10,3 ^{aA}
Ca (mmol- c ⁻³ dm ⁻³)	0,00 – 0,10	chuvoso	55,0 ^{bB}	67,0 ^{bA}	92,0 ^{aA}
		seco	70,0 ^{aA}	80,0 ^{aA}	85,0 ^{aA}
	0,10 – 0,20	chuvoso	47,0 ^{bA}	59,0 ^{bA}	87,0 ^{aA}
		seco	56,0 ^{bA}	74,0 ^{aA}	82,0 ^{aA}
H + Al (mmol- c ⁻³ dm ⁻³)	0,00 – 0,10	chuvoso	13,0 ^{aA}	16,0 ^{aB}	14,0 ^{aA}
		seco	13,0 ^{bA}	21,0 ^{aA}	16,0 ^{bA}
	0,10 – 0,20	chuvoso	12,8 ^{bB}	15,7 ^{abA}	17,2 ^{aB}
		seco	15,9 ^{bA}	15,9 ^{bA}	26,1 ^{aA}

§Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem, entre si, em uma mesma camada, pelo teste de Tukey (5%). ns – Desdobramento da interação entre os fatores não significativo. [†]AGRO = Sistema agrossilvipastoril; SILV = Sistema silvipastoril; MN = Mata nativa.

nos manejos AGRO e MN (Tabela 4).

Em relação à interação dos anos estudados com as épocas de amostragem na camada superficial (0,00 - 0,10 m), na primeira safra (2012/2013), exceto na matéria orgânica, o período seco apresentou maiores valores dos atributos Na, Ca, Mg, SB e CTC; na segunda safra (2013/2014), houve resultados semelhantes de Na (Tabela 5). Ao analisar o período seco na safra 2012/2013, verificou-se que os

Tabela 5. Desdobramento das interações dos atributos químicos do solo em função do ano e do período do ano, nas camadas de 0,00 – 0,10 m e 0,10 – 0,20 m.

Safra		2012/2013	2013/2014	
Atributo	Camada (m)	Período do ano		
MO (g dm ⁻³)	0,00 – 0,10	chuvoso	§28,1 ^{aA}	29,7 ^{aA}
		seco	22,0 ^{bB}	33,4 ^{aA}
	0,10 – 0,20	chuvoso	15,3 ^{bA}	18,9 ^{aA}
		seco	12,6 ^{bB}	15,8 ^{aB}
Na (mmol _c dm ⁻³)	0,00 – 0,10	chuvoso	5,7 ^{aB}	4,6 ^{aB}
		seco	10,7 ^{aA}	6,9 ^{bA}
	0,10 – 0,20	chuvoso	7,2 ^{aB}	6,2 ^{aB}
		seco	12,3 ^{aB}	9,2 ^{bA}
Ca (mmol _c dm ⁻³)	0,00 – 0,10	chuvoso	70,0 ^{aB}	73,0 ^{aA}
		seco	85,0 ^{aA}	72,0 ^{bA}
	0,10 – 0,20	chuvoso	ns	ns
		seco	ns	ns

Continua...

Tabela 5. Continuação.

Safrá		2012/2013	2013/2014	
Atributo	Camada (m)	Período do ano		
Mg (mmol _c dm ⁻³)	0,00 – 0,10	chuvoso	23,0 ^{aB}	25,0 ^{aA}
		seco	29,0 ^{aA}	23,0 ^{bA}
	0,10 – 0,20	chuvoso	ns	ns
		seco	ns	ns
SB (mmol _c dm ⁻³)	0,00 – 0,10	chuvoso	99,3 ^{aB}	103,3 ^{aA}
		seco	121,1 ^{aA}	99,6 ^{bA}
	0,10 – 0,20	chuvoso	ns	ns
		seco	ns	ns
CTC (mmol _c dm ⁻³)	0,00 – 0,10	chuvoso	113,3 ^{aB}	117,7 ^{aA}
		seco	138,1 ^{aA}	115,6 ^{bA}
	0,10 – 0,20	chuvoso	ns	ns
		seco	ns	ns

§Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem, entre si, em uma mesma camada, pelo teste de Tukey (5%). ns – Desdobramento da interação entre os fatores não significativo.

atributos Na, Ca, Mg, SB e CTC foram superiores em relação a safra 2013/2014, e resultado inverso foi observado na matéria orgânica.

Na camada de 0,10 - 0,20 m, o desdobramento estações e safras, na época chuvosa, safra de 2013/2014, apresentou maiores valores de MO, e de maneira análoga o mesmo resultado foi verificado no período seco (Tabela 5). Ainda, com a mesma variável nas safras 2012/2013 e 2013/2014, a estação chuvosa apresentou maiores concentrações em detrimento da seca. As concentrações de sódio

foram superiores no período seco em detrimento do chuvoso em ambas as safras avaliadas. Uma possível explicação para esse resultado é a maior evapotranspiração na época seca, aumentando os valores desse nutriente no solo. Considerando os subsistemas estudados, os resultados apresentados são reforçados pelo aporte contínuo de material vegetal na área de mata nativa e silvipastoril e estão sustentados pela literatura (Lal, 2009; Howlett et al., 2011; Tonucci et al., 2011), conforme comentado por Maia et al. (2006), ao estudar a mesma área. Ressalta-se ainda que nessas áreas não há revolvimento do solo, contribuindo para o acúmulo e permanência do material orgânico (Iwata et al., 2012). Outra possível justificativa para as elevadas concentrações de MO no sistema silvipastoril pode estar relacionada à presença de gramíneas. Sabe-se que a decomposição das raízes das gramíneas ocorre de forma mais acelerada que a das árvores (Fujisaka et al., 1998), o que contribui para um aumento dos teores de C nas camadas mais superficiais do solo (Fisher et al., 1994). Logo, esse subsistema fica menos dependente do aporte de material vegetal proveniente das árvores e arbustos, o que, em condições de baixa precipitação, com menor produção vegetal pelo estrato lenhoso, não diminui o aporte de material orgânico. Essa justificativa é suportada pela relação direta entre precipitação e produção de biomassa de árvores e arbustos em sistemas florestais (Chagas et al., 2012). Considerando o exposto, explica-se também a diferença entre os anos verificados em MN e AGRO, em que se obteve diminuição dos atributos químicos com os anos comparados e o SILV resultado inverso. Assim, com menor e desuniforme precipitação na safra 2013/2014, há menor produção e aporte de materiais vegetais via serapilheira. Levando-se em conta o raciocínio empreendido por Iwata et al. (2012), em que sistemas agroflorestais por se aproximam mais dos sistemas naturais na ocorrência de estresses, pode-se, portanto, levantar que o subsistema SILV é mais resiliente e as gramíneas parecem funcionar como tampão, reduzindo as variações nos atributos do solo.

Além disso, em relação ao sistema silvipastoril, a maior presença de

estrato herbáceo contribui para maiores valores de C, N, P, K, Ca e Mg nesse compartimento, quando em comparação com o módulo agrícola e mata nativa (Aguiar et al., 2014).

Independentemente da camada, o manejo que apresentou maior número de casos (atributos) significativos entre os períodos do ano foi, em ordem decrescente, MN > AGR > SILV (Tabela 4), mostrando que o aporte de serapilheira, proveniente das árvores e arbustos, os quais ocorrem na transição do período chuvoso para o seco, interfere na fertilidade do solo, principalmente nos sistemas mais dependentes desses aportes. Em estudo que avaliou estoque de nutrientes, os maiores valores de carbono e macronutrientes (N, P, K, Ca e Mg) estiveram associados ao estrato lenhoso no módulo de mata nativa, quando em comparação com o agrícola e o pastoril (Aguiar et al., 2014).

Com relação às épocas do ano, os maiores valores obtidos no período seco podem estar relacionados com a maior disponibilidade de materiais de fácil decomposição, como raízes mortas e a liteira acumulada (Fernandes et al., 2006). Ainda, justifica-se em razão de a maior deposição de serapilheira ocorrer logo após a estação chuvosa e início da estiagem, contribuindo para a melhoria de algumas características químicas do solo (Costa et al., 2007; Machado et al., 2012). Maiores valores de atributos do solo na época seca, em detrimento da chuvosa, em sistema agroflorestal, também foram verificados por Iwata et al. (2012) no Estado do Piauí.

Em relação aos valores de pH das áreas estudadas, os mesmos estão condizentes com a faixa adequada para crescimento e desenvolvimento das culturas agrícolas (Fernandes, 1993), não indicando possíveis problemas com acidez do solo.

Para a superioridade do subsistema agrossilvipastoril no atributo fósforo, ressalta-se o aporte de esterco dos apriscos e o corte

de leguminosas na área de produção de grãos, que podem ter incrementado essa variável. O emprego da adubação verde com leucena foi reportado por Mafra et al. (1998), em que verificaram o incremento de fósforo em sistema agroflorestal, quando comparado com área de cerrado em Latossolo. Em avaliação de liberação de nutrientes nas condições edafoclimáticas do Semiárido paraibano, Souto et al. (2013) observaram maiores liberações de fósforo de estrumes de ovino e caprino, quando comparadas com as outras espécies animais, cuja possível resposta seja a menor relação C/N e C/P desses estrumes em função da dieta desses ruminantes.

Outra consideração que pode ser levantada é que no módulo agrícola o estoque de fósforo referente às culturas agrícolas assume 30,8% de todo o elemento quando comparado com os compartimentos serapilheira, solo (0,00 - 0,20 m) e plantas (estrato lenhoso, herbáceo e espécies agrícolas) (Aguiar et al., 2014).

Apesar de reconhecida a baixa mobilidade do P no perfil do solo, os maiores valores verificados desse nutriente no agrossilvipastoril, em comparação com a mata nativa e o sistema silvipastoril na camada de 0,10 - 0,20 m, pode ser explicado pela aplicação contínua de esterco, como encontrado por Nogueira et al. (2008). Em regiões semiáridas, o sódio assume maior importância pela presença de solos com alto potencial à salinização e sodicidade, no entanto, quando se avalia o elemento de maneira geral entre os manejos estudados, não há aumento das concentrações e os maiores valores estão na camada subsuperficial.

A avaliação de atributos químicos do solo em subsuperfície é fundamental para verificação se os manejos adotados estão influenciando os estoques de nutrientes (Giongo, 2014). Portanto, de maneira geral, pode-se mencionar alguns atributos que apresentaram comportamento próximo ao verificado na camada superficial, como o fósforo, a matéria orgânica e os cátions básicos.

Em relação às avaliações procedidas por Maia et al. (2006) e Nogueira et al. (2008) no SAF em 2002, algumas conclusões aventadas por esses autores corroboram os resultados obtidos, como incremento nas concentrações de fósforo no subsistema agrossilvipastoril e manutenção de patamares de qualidade do solo no subsistema silvipastoril, no entanto não se confirmaram a possibilidade de erosão do solo e a eficiência na ciclagem de nutrientes pelo subsistema agrossilvipastoril, conforme Maia et al. (2006), pois não foram verificados nesse intervalo processos relativos à erosão, e alguns atributos, como cátions básicos, estarem sempre em concentrações menores que o subsistema silvipastoril e a mata nativa, independentemente da camada de solo avaliada.

O subsistema silvipastoril pode ser considerado mais resiliente às alterações de manejo e climáticas, pois segundo Maia et al. (2006) esse subsistema promove manutenção da qualidade do solo e ainda menor perda de água e solo em comparação com o subsistema agrossilvipastoril e a mata nativa, pelo menor revolvimento do solo e cobertura vegetal (Aguiar et al., 2006).

Conclusões

O sistema agrossilvipastoril apresenta níveis de fertilidade do solo distintos entre seus módulos.

O módulo agrícola apresenta maiores concentrações de fósforo em função dos aportes de esterco e leguminosas em relação ao silvipastoril e mata nativa.

Os módulos pecuário e mata nativa apresentam maiores valores de cátions básicos e matéria orgânica em função da presença do estrato herbáceo no sistema silvipastoril e da serapilheira na mata nativa.

Quanto às estações do ano, maiores valores de fertilidade do solo são verificados no período seco do ano em função do maior aporte de serapilheira nesse período.

Agradecimentos

À Embrapa pelo apoio financeiro.

Referências

- AGUIAR, M. I. de; MAIA, S. M. F.; OLIVEIRA, T. S. de; MENDONÇA, E. S.; ARAÚJO FILHO, J. A. Perdas de solo, água e nutrientes em sistemas agroflorestais no município de Sobral, CE. **Revista Ciência Agronômica**, v. 37, n. 3, p. 270-278, 2006.
- AGUIAR, M. I.; FIALHO, J. S.; CAMPANHA, M. M.; OLIVEIRA, T. S. Carbon sequestration and nutrient reserves under different land use systems. **Revista Árvore**, v. 38, n. 1, p. 81-93, Jan./Feb. 2014.
- ARAÚJO FILHO, J. A. de. **Manejo pastoril sustentável da caatinga**. Recife: Projeto Dom Elder Camara, 2013. 195 p.
- CAMPANHA, M. M.; ARAÚJO, F. S. de; MENEZES, M. O. T. de; SILVA, V. M. A.; MEDEIROS, H. R. de Estrutura da comunidade vegetal arbóreo-arbustiva de um sistema agrossilvipastoril, em Sobral, CE. **Revista Caatinga**, v. 24, n. 3, p. 94-101, jul./set. 2011.
- CARVALHO, M. A. R. **Normais pluviométricas e probabilidade de safra agrícola de sequeiro no Ceará**. Fortaleza: Tipografia Íris, 2013. 224 p.
- CHAGAS, G. F. B. das; SILVA, V. de P. R. da; COSTA, A. C. L. da; DANTAS, V. de A. Impactos da redução da pluviometria na biomassa aérea da Floresta Amazônica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 1, p. 72-79, 2012.
- COSTA, C. C. A.; SOUZA, A. M.; SILVA, N. F.; CAMACHO, R. G. V.; DANTAS, I. M. Produção de serapilheira na Caatinga da floresta nacional do Açú-RN. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, supl. 1, p. 246-248, 2007.
- DONAGEMA, G. K.; CAMPOS, D. V. B. de; CALDERANO, S. B.; TEIXEIRA, W. G.; VIANA, J. H. M. (Org.). **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. rev. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230 p. (Embrapa Solos. Documentos, 132).

FERNANDES, M. M.; PEREIRA, M. G.; MAGALHÃES, L. M. S.; CRUZ, A. R.; GIÁCOMO, R. G. Aporte e decomposição de serapilheira em áreas de floresta secundária, plantio de sabiá (*Mimosa caesalpinaefolia* Bent.) e andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.) na Flona Mário Xavier, RJ. **Ciência Florestal**, v. 16, n. 2, p. 163-175, jun. 2006.

FERNANDES, V. L. B. (Coord.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado do Ceará**. Fortaleza: Imprensa Universitária, 1993. 247 p.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, nov./dez. 2011.

FISHER, M. J.; RAO, I. M.; AYARZA, M. A.; LASCANO, C. E.; SANZ, J. I.; THOMAS, R. J.; VERA, R. R. Carbon storage by introduced deep-rooted grasses in the South American savannas. **Nature**, v. 371, p.236-238, Sep. 1994.

FUJISAKA, S.; CASTILLA, C.; ESCOBAR, G.; RODRIGUES, V.; VENEKLAAS, E. J.; THOMAS, R.; FISHER, M. The effects of forest conversion on annual crops and pastures: estimates of carbon emissions and plant species loss in a Brazilian Amazon colony. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 69, n. 1, p. 17-26, May 1998.

FUNCEME. **Gráfico de chuvas dos postos pluviométricos**: gráfico de chuva mensal: Sobral, chuvas do mês de janeiro de 2014. Fortaleza, 2014. Disponível em: <<http://www.funceme.br/index.php/areas/23-monitoramento/meteorol%C3%B3gico/548-gr%C3%A1fico-de-chuvas-dos-postos-pluviom%C3%A9tricos#site>>. Acesso em: 15 jun. 2017.

GIONGO, V. Carbono no Semiárido brasileiro. In: LEITE, L. F.C.; MACIEL, G. A.; ARAÚJO, A. S. F. de (Ed.). **Agricultura conservacionista no Brasil**. Brasília, DF: Embrapa, 2014. p. 289-308.

HOWLETT, D. S.; MOSQUERA-LOSADA, M. R.; NAIR, P. K.; NAIR, V. D.; RIQUEIRO-RODRÍGUEZ, A. Soil carbon storage in silvopastoral systems and a treeless pasture in northwestern Spain. **Journal Environmental Quality**, v. 40, n. 3, p. 825-832, May/June. 2011.

IWATA, B. F.; LEITE, L. F. C.; ARAÚJO, A. S. F.; NUNES, L. A. P. L.; GEHRING, C.; CAMPOS, L. P. Sistemas agroflorestais e seus efeitos sobre os atributos químicos em Argissolo Vermelho-Amarelo do Cerrado piauiense. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 7, p. 730-738, 2012.

LAL, R. Sequestering carbon in soils of arid ecosystems. **Land Degradation & Development**, v. 20, n. 4, p. 441-454, July/Aug. 2009.

LIMA, S. S. de; AQUINO, A. M. de; LEITE, L. F. C.; VELÁSQUEZ, E.; LAVELLE, P. Relação entre macrofauna edáfica e atributos químicos do solo em diferentes agroecossistemas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 3, p. 322-331,

mar. 2010.

MACHADO, F. A.; BEZERRA NETO, E.; NASCIMENTO, M. do P. S. C. B.; SILVA, L. M.; BARRETO, L. P.; NASCIMENTO, H. T. S.; LEAL, J. A. Produção e qualidade da serapilheira de três leguminosas arbóreas nativas do nordeste do Brasil. **Archivos de Zootecnia**, v. 61, n. 235, p. 323-334, 2012.

MAFRA, A. L.; MIKLÓS, A. A. W.; VOCURCA, H. L.; HARKALY, A. H.; MENDOZA, E. Produção de fitomassa e atributos químicos do solo sob cultivo em aléias e sob vegetação nativa de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 22, n. 1, p. 43-48, jan./mar. 1998.

MAIA, S. M. F.; XAVIER, F. A. da S.; OLIVEIRA, T. S. de; MENDONÇA, E. de S.; ARAÚJO FILHO, J. A. de. Impactos de sistemas agroflorestais e convencional sobre a qualidade do solo no semi-árido cearense. **Revista Árvore**, v. 30, n. 5, p. 837-848, 2006.

NOGUEIRA, R. da S.; OLIVEIRA, T. S. de; MENDONÇA, E. de S.; ARAÚJO FILHO, J. A. Formas de fósforo em Luvisolo Crômico Órtico sob sistemas agroflorestais no município de Sobral-CE. **Revista Ciência Agronômica**, v. 39, n. 4, p. 494-502, out./dez. 2008.

ROCHA, J. E. da S.; TONUCCI, R. G.; FERNANDES, F. E. P. **Produção de variedades e híbridos de sorgo em condições de sequeiro em sistema agrossilvipastoril durante a safra de 2012 a 2014, no estado do Ceará**. Sobral: Embrapa Caprinos e Ovinos, 2015. 7 p. (Embrapa Caprinos e Ovinos. Comunicado técnico, 147).

SOUTO, P. C.; SOUTO, J. S.; NASCIMENTO, J. A. M. do. Liberação de nutrientes de esterco em Luvisolo no semiárido paraibano. **Revista Caatinga**, v. 26, n. 4, p. 69-78, out./dez. 2013.

TONUCCI, R. G.; NAIR, P. K. R.; NAIR, V. D.; GARCIA, R.; BERNARDINO, F. S. Soil carbon storage in silvopasture and related land-use systems in the Brazilian Cerrado. **Journal of Environmental Quality**, v. 40, n. 3, p. 833-841, May/Jun. 2011.

Embrapa

Meio-Norte

MINISTÉRIO DA
**AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO**



CGPE 14364